



El campo  
es de todos

Minagricultura

Propuesta presentada por la  
Autoridad Nacional de Acuicultura y  
Pesca – AUNAP al Comité Ejecutivo  
para la Pesca 2022.

Carlos Guillermo Barreto Reyes



**AUNAP**  
AUTORIDAD NACIONAL  
DE ACUICULTURA Y PESCA

"Acuicultura y Pesca con responsabilidad"



El campo  
es de todos

Minagricultura

## AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA –AUNAP

**Nicolás del Castillo Piedrahita**  
Director General

**Javier Ovalle Martínez**  
Director Regional Barrancabermeja

**Jenny Rivera Camelo**  
Directora Técnica de Inspección y Vigilancia

**Jorge Roa Barros**  
Director Regional Barranquilla

**Jhon Jairo Restrepo Arenas**  
Director Técnico de Administración y Fomento

**Carlos Augusto Borda Rodríguez**  
Director Regional Bogotá

**Maria Rosa Angarita Peñaranda**  
Jefe Oficina de Generación del Conocimiento y  
la Información

**Sandra Angulo Cabezas**  
Directora Regional Cali

**Katerin García Marrugo**  
Directora Regional Magangué

**Edwin Muñoz Díaz**  
Director Regional Medellín

**Maritza Casallas Delgado**  
Regional Villavicencio

### **Equipo Técnico AUNAP**

#### **Autores:**

Carlos G. Barreto Reyes

Vianys Agudelo Martínez

Ana Isabel Sanabria Ochoa

Claudia Sánchez Páez

#### **Colaboradores**

Vladimir Puentes Granada – Oficina de Generación del Conocimiento y la Información

Wilberto Angulo Viveros– Dirección Técnica de Inspección y Vigilancia

**Citar como:** Barreto et al. 2022. Documento Técnico Base Para el Establecimiento de Cuotas Globales de Pesca para la Vigencia 2022. (Ed.). Documento Técnico de propuesta para el Comité Ejecutivo de la Pesca – CEP. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP- ©. Dirección técnica de Inspección y Vigilancia (DTIV), Oficina de Generación del Conocimiento la Información (OGCI) y Dirección Técnica de Administración y Fomento. 584 p.

## INDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I</b> .....	14
1. ANTECEDENTES.....	14
1.1 Diagnóstico mundial de la pesca .....	14
1.2 Situación de la pesca en Colombia.....	15
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
2. METODOLOGÍA.....	21
2.1 Descripción del área .....	21
2.2 Aproximación metodología para el Análisis.....	27
2.2.1 Análisis de información.....	31
<b>CAPÍTULO III</b> .....	51
3. Análisis de biodiversidad en los muestreos realizados .....	51
3.1 Comparación entre las biomazas agrupadas por tallas entre los años 2007 – 2019	51
3.1.1 Cuenca de Pacífico:.....	51
3.1.2 Cuenca de Caribe .....	55
3.1.3 Cuenca del Magdalena .....	59
3.1.4 Cuenca del Amazonas.....	62
3.1.5 Cuenca del Atrato.....	66
3.1.6 Cuenca de la Orinoquia.....	68
3.2 Estimación de la biodiversidad de la pesca en el año 2021 .....	73
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	84
4. Resultados de modelación de las pesquerías del Pacífico colombiano.....	84
4.1 Peces.....	84
4.1.1 Pesquerías del jurel común [ <i>Caranx caninus</i> Gunther, 1867].....	84
4.1.2 Pesquerías de berrugate [ <i>Lobotes pacificus</i> Gilbert, 1898] .....	93
4.1.3 Pesquerías del pargo rojo [ <i>Lutjanus peru</i> , Nichols & Murphy, 1922] .....	109
4.1.4 Pesquerías del burique ( <i>Caranx caballus</i> Günther, 1868). .....	125
4.1.5 Pesquerías de la pelada ( <i>Cynoscion phoxocephalus</i> Jordan & Gilbert, 1882 ..	135



4.1.6	Pesquerías del dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758) .....	149
4.1.7	Pesquerías del robalo ( <i>Centropomus viridis</i> Lockington, 1877).....	157
4.1.8	Pesquerías de la sierra ( <i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks, 1895) .....	167
4.1.9	Pesquerías de la merluza ( <i>Brotula clarkae</i> Hubbs, 1944) .....	181
4.1.10	Pesquerías de la sardinata ( <i>Elagatis bipinnulata</i> (Quoy & Gaimar, 1825)) .....	195
4.1.11	Pesquerías del Zafiro ( <i>Cynoponticus coniceps</i> (Jordan & Gilbert, 1882)) .....	203
4.1.12	Pesquerías del pámpano ( <i>Trachinotus rhodopus</i> Gill, 1863) .....	211
4.1.13	Pesquerías de machetajo ( <i>Centropomus medius</i> Günther, 1864).....	220
4.1.14	Pesquerías del mero ( <i>Epinephelus quinquefasciatus</i> (Bocourt, 1868) .....	230
4.1.15	Pesquerías del espejuelo ( <i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866) .....	240
4.1.16	Pesquerías del gualajo ( <i>Centropomus armatus</i> Gill, 1863).....	248
4.1.17	Pesquerías del guayaípe ( <i>Seriola peruana</i> Steindachner, 1881).....	263
4.1.18	Pesquerías de la cherna ( <i>Mycteroperca xenarcha</i> Jordan. 1888).....	273
4.1.19	Pesquerías de la carduma ( <i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867)).....	281
4.1.20	Pesquerías de la botellona ( <i>Menticirrhus panamensis</i> (Steindachner, 1876))	288
4.2	Atunes .....	296
4.2.1	Pesquerías de atún aleta amarilla ( <i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)) ..	296
4.2.2	Pesquerías de barrilete ( <i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)) .....	300
4.2.3	Pesquerías de patudo ( <i>Thunnus obesus</i> (Lowe, 1839).....	304
4.3	Crustáceos.....	309
4.3.1	Pesquerías del camarón blanco ( <i>Penaeus occidentalis</i> , Streets, 18719).....	309
4.3.2	Pesquerías del camarón titi ( <i>Xiphopenaeus riveti</i> Bouvier, 1907). .....	328
4.3.3	Pesquerías del camarón café <i>Penaeus californiensis</i> Holmes, 1990 .....	340
4.3.4	Pesquerías de camarón rojo <i>Penaeus brevirostris</i> Kingsley, 1878.....	347
4.3.5	Pesquerías de camarón de Aguas profundas <i>Solenocera agassizii</i> (Faxon, 1893.)	353
4.4	Moluscos.....	359
4.4.1	Pesquerías de la piangua [ <i>Anadara tuberculosa</i> , Sowerby I, 1833] .....	359
4.4.2	Pesquerías del calamar ( <i>Lolliguncula diomedea</i> , (Hoyle, 1904)).....	369
4.4.3	Pesquerías del calamar pota (d'Orbigny [in 1834-1847], 1835) .....	376
4.5	Consideraciones generales del litoral Pacífico.....	378
4.6	Cálculos complementarios sobre especies del Pacífico colombiano. ....	380



4.7	Conclusiones generales.....	380
<b>CAPÍTULO V</b> .....		382
5.	Resultados de la modelación de las pesquerías del del Caribe Colombiano .....	382
5.1	Peces.....	382
5.1.1	Pesquerías del pargo chino [ <i>Lutjanus synagris</i> . Linnaeus, 1758].....	382
5.1.2	Pesquerías de robalo ( <i>Centropomus undecimalis</i> , Bloch, 1792).....	397
5.1.3	Pesquerías de la sierra [ <i>Scomberomorus cavalla</i> , Cubier, 1829].....	412
5.1.4	Pesquerías de la cherna ( <i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860).....	426
5.1.5	Pesquerías de la corvina ( <i>Cynoscion jamaicensis</i> (Günther, 1864). ....	434
5.1.6	Pesquerías pargo rojo ( <i>Lutjanus purpureus</i> (Poey, 1866) .....	444
5.2	Crustáceos.....	458
5.2.1	Pesquerías del camarón de aguas someras ( <i>Litopenaeus schmitti</i> (Burkenroad, 1936))	458
5.3	Consideraciones generales del litoral Caribe.....	468
6.	Propuesta de nuevos recursos de pesca.....	469
6.1	Cálculos complementarios sobre las especies del Caribe colombiano.....	482
<b>Capítulo VI</b> .....		484
7.	Dinámica de la comercialización de peces ornamentales durante el año 2021 .....	484
8.	Resultado de la modelación de las pesquerías de peces ornamentales.....	486
8.1	Peces.....	488
8.1.1	Pesquerías del cardenal <i>Paracheirodon axelrodi</i> (Schultz, 1956). ....	488
8.1.2	Pesquerías del escalar altum <i>Pterophyllum altum</i> Pellegrin, 1903 .....	491
8.1.3	Pesquerías de cucha cúcuta ( <i>Ancistrus triradiatus</i> Eigenmann, 1918).....	496
8.1.4	Pesquería de estrigata marta ( <i>Carnegiella marthae</i> Myers, 1927).....	500
8.1.5	Pesquerías de nariz de borracho ( <i>Hemigrammus bleheri</i> Géry & Mahnert, 1986)	505
8.1.6	Pesquerías de catalina común ( <i>Bunocephalus amaurus</i> Eigenmann, 1972)..	509
8.1.7	Pesquerías de corredora concolor ( <i>Corydoras concolor</i> Weitzman, 1961). ....	515
8.1.8	Pesquerías de la corredora verde ( <i>Corydoras melanotaenia</i> Regan, 1912) ....	519
8.1.9	Pesquerías de cucha piña ( <i>Panaqolus maccus</i> , Schaefer & Stewart, 1993)...	524
8.1.10	Pesquerías de estrigata mármol ( <i>Carnegiella strigata</i> ; Günther, 1864).....	528
8.1.11	Pesquerías del pencil cola roja <i>Nannostomus eques</i> Stendachner, 1876 .....	536



8.1.12	<i>Pesquerías de la cucha roja (Hemiancistrus guahiborum Werneke, Armbruster, Lujan &amp; Tarphon, 2005)</i> .....	541
8.1.13	<i>Pesquerías de pacamú enano (Microglanis iheringi Gomes, 1946)</i> .....	546
8.1.14	<i>Pesquerías de leporino rayado Leporinus fasciatus (Bloch, 1794)</i> .....	550
8.1.15	<i>Pesquerías de otocinco colarayaada (Otocinclus vittatus Regan, 1904)</i> .....	554
8.1.16	<i>Pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (Chaetostoma dorsale Eigenmann, 1922)</i> .....	558
8.1.17	<i>Pesquerías de albina lisa punto verde Chaetostoma formosae Ballen, 2011</i> .	562
8.1.18	<i>Pesquerías de ramirezi (Mikrogeophagus ramirezi; Myers &amp; Harry, 1948)</i> .....	566
<b>Capítulo VII</b> .....		571
9.	Comparación de los resultados entre análisis realizados 2020 a 2021. ....	571
9.1	Evaluación recursos del pacífico.....	571
9.2	Evaluación recursos del Caribe.....	574
9.3	Evaluación recursos ornamentales.....	575
<b>Capítulo VIII</b> .....		577
10.	Recomendación final propuesta de cuotas.....	577
10.1	PACÍFICO .....	577
10.2	CARIBE .....	582
10.3	Ornamentales .....	586
11.	BIBLIOGRAFIA .....	588



## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>a</b>	Factor de condición, constante en la relación longitud peso
<b>b</b>	Constante en la relación longitud peso
<b>B<sub>t</sub></b>	Biomasa de un recurso determinado en un evento de tiempo
<b>π</b>	Relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro 3.141592.....
<b>α</b>	Factor constante de proporcionalidad
<b>σ</b>	Desviación estándar de la población
<b>e</b>	Numero irracional que proporciona una base constante al logaritmo natural 2.717281.....
<b>S<sup>2</sup>, s</b>	Varianza y desviación estándar de una muestra de una población de recurso pesqueros
<b>B<sub>t+1</sub></b>	Variación de la biomasa en el tiempo
<b>B<sub>0</sub></b>	Biomasa inicial de un recurso antes de la explotación se asimila a la biomasa virgen
<b>B/R</b>	Biomasa por recluta
<b>C</b>	Captura en número de individuos
<b>CMS o MSY</b>	Captura Máxima Sostenible
<b>c</b>	Amplitud (0 - 1) (programa ELEFANT)
<b>C</b>	Captura de una especie en un momento dado
<b>CPUE</b>	Captura por unidad de esfuerzo
<b>E</b>	Tasa de explotación (F/Z)
<b>f</b>	Esfuerzo de pesca
<b>F</b>	Coefficiente de mortalidad por pesca o tasa instantánea (por unidad de tiempo)
<b>Fac. f</b>	Factor multiplicativo de F (Thompson y Bell), X



<b>H</b>	Factor de mortalidad natural, establecido de acuerdo con el análisis de cohorte basado en Jones
<b>k</b>	Tasa metabólica de crecimiento
<b>K</b>	Capacidad de carga de la especie en el ecosistema
<b>L</b>	Longitud, talla
<b>L<sub>t</sub></b>	Longitud total
<b>L<sub>s</sub></b>	Longitud estándar
<b>L<sub>h</sub></b>	Longitud horquilla
<b>L<sub>c</sub></b>	Longitud al 50% si se aplica a modelos o Longitud caparazón si se aplica a morfometría
$\bar{L}$	Talla media
<b>L<sub>r</sub></b>	Longitud al periodo de reclutamiento
$\bar{W}$	Peso medio de un grupo de individuos de una especie determinada
<b>L<sub>ct</sub></b>	Longitud cefalotórax
<b>L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub></b>	Desde la talla 1 hasta la talla 2
<b>L<sub>∞</sub></b>	L infinito, longitud asintótica (talla media de los peces más viejos)
<b>L<sub>l</sub></b>	Determinada talla en la que todos los peces de esa longitud y más grandes se están explotando plenamente (límite inferior del correspondiente intervalo de talla)
<b>L<sub>c50</sub></b>	Talla en la que el 50% de los peces quedan retenidos por el arte y 50% escapan
<b>TM</b>	Talla de madurez de una especie determinada
<b>T.M.C.</b>	Talla media de captura
<b>M</b>	Coefficiente de mortalidad natural o tasa instantánea de mortalidad natural (por unidad de tiempo)
<b>N</b>	Número de sobrevivientes (APV)
<b>n</b>	Número de individuos de una muestra



<b>dB, dt</b>	Derivadas con respecto a la biomasa o al tiempo
<b>N<sub>(t)</sub></b>	Número de sobreviviente de una cohorte en la edad t
<b>P<sub>i</sub></b>	Proporción de hembras maduras sexualmente a la longitud total (LT)
<b>q</b>	Coefficiente de capturabilidad
<b>Rn</b>	Coefficiente de correlación superficial de la curva de crecimiento
<b>r<sup>2</sup></b>	Coefficiente de determinación
<b>r</b>	Tasa intrínseca de crecimiento de una especie determinad
<b>Σf*I</b>	Sumatoria de las frecuencias por el intervalo de clase
<b>E.E.</b>	Error estándar
<b>λ</b>	Indicador, en tiempo, de la vida útil de una especie para la pesquería
<b>s.d. (x)</b>	Desviación estándar de la longitud
<b>s.d.(y)</b>	Desviación estándar del peso
<b>t</b>	Magnitud Tiempo, generalmente en años
<b>Δt</b>	Diferencial de tiempo
<b>T°</b>	Temperatura ambiente en grados centígrados °C
<b>t̂</b>	Evaluador de la prueba de t de Student
<b>t<sub>0</sub></b>	t-cero, parámetro de condición inicial (en años)
<b>Ts</b>	Punto de invierno
<b>U</b>	$1 - \frac{L_c}{L_\infty} 1 - \frac{L_c}{L_\infty}$ fracción de crecimiento después de entrar a la fase de explotación
<b>V</b>	Precio de primera compra de los productos pesqueros
<b>W</b>	Peso, usualmente de un ejemplar
<b><math>\bar{x}</math></b>	Media aritmética



<b>X factor</b>	Factor multiplicativo (Thompson y Bell)
<b>Y</b>	Rendimiento
<b>Y/R</b>	Rendimiento por recluta
<b>(Y/R) ´</b>	Rendimiento relativo por recluta
<b>Z</b>	Coeficiente de mortalidad total, tasa instantánea de mortalidad total, tasa de mortalidad total (por unidad de tiempo)
<b>Φ´</b>	(fi prima) $\ln K + 2 * \ln L_{\infty}$
<b>B/K y B/Bmsy</b>	Tasas de biomasa relativas, aplica igualmente para cualesquiera relaciones de biomasa
<b>Fmsy</b>	Mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible MSY o RMS
<b>F/(r/2) o F/Fmsy</b>	Tasa de explotación o aprovechamiento
<b>PPVR</b>	Relación de varianza prior y posterior

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento es una revisión de los recursos pesqueros tanto marinos como continentales aprovechados en el territorio colombiano; los análisis realizados son producto de los registros de base de datos históricos y recientes que se obtuvieron por parte de la Subgerencia de pesca del INDERENA, la División de Sistemas y Estadísticas del INPA, La Subgerencia de Pesca y Acuicultura del INCODER (2001); los recopilados por la Corporación Colombia Internacional (CCI) durante los años 2007 - 2010, así como la información obtenida por la AUNAP a través del SEPEC, operado por la Universidad del Magdalena (2012 - 2021).

Se evaluaron datos referentes a captura, esfuerzo, talla, peso, madurez sexual y sexo como parte integral en la aplicación de modelos pesqueros que permitieron formular la propuesta de cuotas globales de pesca para la vigencia del 2023.

Teniendo en cuenta que el Código de Conducta para la Pesca Responsable y la Ley 13 de 1990 junto con su Decreto Reglamentario 2256 de 1991, permite aplicar el principio de mejor evidencia científica, se hizo una evaluación de las pesquerías para cada una de las cuencas donde se detectó actividad y se presenta los posibles escenarios que pueden ser acogidos para determinar las cuotas de pesca que regirán para 2023.

Para el desarrollo de los cálculos se utilizaron 8 modelos diferentes los cuales fueron divididos en dos etapas: los utilizados tradicionalmente como producción excedente por remuestreo “Bootstrap”, rendimiento por recluta de Beverton y Holt, Modelo bioeconómico de Thompson y Bell, Modelo bioeconómico de Schaefer Gordon, Modelo Bayesiano con 7 escenarios de condiciones ambientales, Modelo de producción excedente con remuestreo por cadenas de Márkov Montecarlo (MCMC), y una segunda etapa con los nuevos modelos de estimación de biomazas bayesianas por frecuencias de longitudes (LBB) y de producción bayesiano (CMSY)

Se tuvieron en cuenta puntos de referencia considerados por la FAO, que aconseja la utilización de Puntos de Referencia Objetivo (PRO) y Puntos de Referencia Límite (PRL). Bajo estas circunstancias se estimaron los Rendimientos Máximos Sostenibles (RMS) como un PRL, los Rendimientos Máximos Económicos (RME) como un PRO y 10% de la pendiente de los modelos tradicionales como punto PRO (Caddy & Sharp, 1988).

El análisis de la información muestra que los recursos pesqueros colombianos están siendo aprovechados por encima de los PRO y PRL, por lo cual se sugiere que la autoridad nacional pesquera debe tomar medidas de ordenación drásticas que permitan que los mismos puedan recuperarse para asegurar su sostenimiento en el tiempo y en el espacio. Se prenden las alarmas especialmente con los recursos pesqueros del Río Magdalena que están en los límites de producción y que ya han pasado a niveles de agotamiento alarmantes.

Uno de los principales retos enfrentados en el análisis de información se relaciona con la existencia de pesquerías con diferentes artes y métodos de pesca multipropósito, que unido a la gran variedad de especies hizo muy complejo el análisis de resultados. De otra parte, todavía existen confusiones sobre la operatividad de la pesca y su acción en la operatividad de las capturas incidentales confundiéndolos con recursos pesqueros objetivo, especialmente en lo relacionado con los recursos ícticos (mal nombrados como pesca blanca) que dificultaron la aplicación de modelos pesqueros.

## INTRODUCCIÓN

La administración y el manejo de los recursos pesqueros lleva consigo trabajar en la búsqueda de un rendimiento sostenible, que garantice la cantidad máxima que se puede extraer de la biomasa para que la población sea capaz de sostener un equilibrio entre lo que se remueve frente a la biomasa que el recurso tiene para seguir persistiendo dentro de la ecología del sistema. Para administrar una pesquería al máximo rendimiento sostenible, los investigadores deben estimar cómo será la renovación y la mortalidad natural, para que, por diferencia, se pueda determinar cuál es el nivel de captura que se puede permitir. El análisis de esas variables lleva a la determinación de la cuota global de pesca que van a permitir un aprovechamiento óptimo de los recursos pesqueros, lo que va a garantizar su sostenibilidad y por ende seguir ofreciendo alimento a las futuras generaciones (Allen, 1971)

En Colombia la Ley 13 de 1990 en su Artículo 7 deja claro que el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca definirán conjuntamente los volúmenes de los recursos pesqueros que serán aprovechados de manera sostenible. El Decreto 2256 de 1991 (compilado en el Decreto 1071 de 2015) dispone de las normas que permitan definir las especies, los volúmenes susceptibles de ser aprovechados y las tallas mínimas permisibles; esta misma medida dictamina la creación del Comité Ejecutivo para la Pesca (CEP), integrado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, quien lo presidirá, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Sobre la base de la normatividad referida, la AUNAP lidera el proceso que comienza con la recopilación de la información disponible que tiene la autoridad pesquera sobre los volúmenes de captura que recopila a través del Sistema Estadístico Pesquero de Colombia - SEPEC-, el Programa de Observadores Pesqueros y las investigaciones que realizan en colaboración de centros de investigación y ONG'S; esta información es la base para realizar los análisis y modelos respectivos que se consideran como la mejor evidencia disponible.

La AUNAP genera y consolida los análisis de la información recolectada que son enriquecidos con las discusiones y aportes de todas las entidades que desean participar con información recopiladas bajo el ejercicio de sus funciones; así como con los insumos técnicos aportados por instituciones que deciden enviar sus informes, presentaciones y a veces datos, a la AUNAP.

De esta manera, la AUNAP elabora el presente documento, en el que consolida la base técnica, con la mejor evidencia científica disponible, como el principal insumo para que el CEP determine las cuotas globales de pesca para la siguiente vigencia. Los integrantes del CEP se reúnen en agosto de cada año, analizan y determinan dichas cuotas, cuyos resultados se ven reflejados en un acto administrativo que MINAGRICULTURA expide anualmente, de acuerdo con la normativa ya mencionada.

Una vez expedida la resolución de cuotas globales, éstas son repartidas entre pesca industrial y pesca artesana y, a su vez, las cuotas de pesca industrial son asignadas a los permisionarios que AUNAP establece de acuerdo con el procedimiento para ello.

El presente documento es la recopilación de toda la información histórica existente en las bases de datos que la AUNPA tiene en sus archivos, ordenada y analizada bajo los modelos establecidos con el fin de realizar un diagnóstico sobre el estado de salud de los recursos pesqueros capturados en Colombia y que permitan ser la columna vertebral en la toma de decisiones del CEP.

# CAPÍTULO I

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Diagnóstico mundial de la pesca

La FAO reporta, para el año 2018, una producción mundial de pesca fue de 179 millones de toneladas, de las cuales 84.4 millones de toneladas fueron de la pesca marina y 12 millones de toneladas de la pesca continental. De otra parte, la acuicultura representó 82.1 millones de toneladas, que representaron 51.3 millones de toneladas de la acuicultura continental y 30.8 millones de toneladas de la acuicultura marina; esto permitió cuantificar un total de 178.5 millones de toneladas producidas por los recursos pesqueros de pesca y acuicultura (FAO, 2020)

ya que la pesca en muchas circunstancias o está estable o ha entrado en procesos de decrecimiento. Sin embargo, las exportaciones del 2018 fueron de 7.800 millones de USD. Por lo que las exportaciones en el planeta han tenido un aumento del 3% en las tasas anuales (FAO, 2020)

Es interesante resaltar que el consumo *per cápita*, pasó de 9 kg en 1961 a 20.2 kg en el 2015. (FAO, 2018). Para Colombia el cambio ha sido también apreciable ya que se pasó de 3.5 kg a 6.5 kg para el 2016 (FAO, 2020).

De otra parte, el balance que existe entre la pesca marina y continental muestra que para el primero el valor porcentual está en 87.2%, mientras que para el segundo es de 12.8% de la producción mundial. (FAO, 2018). Esta proporción es muy parecida en lo que ocurre para Colombia, aunque es importante resaltar que los niveles altos en la pesca marina del país se deben a las capturas de atunes, en especial teniendo en cuenta que las pesquerías de sardinas (carduma) se han suspendido desde el 2013, por lo que se asume que los recursos marinos podrían ser un poco más altos.

Es importante registrar que en cuanto a la generación de empleo se ha registrado un total de 59.6 millones de empleos entre permanentes y ocasionales, de los cuales 19.3 millones los ejerce la acuicultura y 40.3 millones la pesca de extracción. (FAO, 2018).

En el contexto mundial el aprovechamiento de los recursos pesqueros se ha podido determinar que los que se categorizan como biológicamente sostenibles han descendido del 90% en 1974 al 66.9% en 2015. (FAO, 2018), por lo tanto, es fácil deducir que las especies que no son biológicamente sostenibles han ido en aumento y por lo tanto los recursos subexplotados han venido disminuyendo apreciablemente, en conclusión, se ha podido determinar que 33.1% están siendo sobreexplotadas. (FAO, 2018). (Figura 1-1)

Dentro del contexto mundial China es el país que produce más recursos pesqueros, tanto si son de pesca como de acuicultura; en acuicultura por ejemplo además de china, India, Indonesia, Vietnam, Bangladesh, Egipto y Noruega, son los países con más alta producción de los recursos cultivados. (FAO, 2018).

De acuerdo con las estadísticas del mundo la cantidad de embarcaciones con motor se estimó en 2.8 millones cifra que no se ha movido desde 2014, de estas solo el 2% corresponde a embarcaciones con más de 24 metros de eslora alrededor de 100 toneladas de registro bruto. (FAO, 2018).

La pesca continental a nivel mundial alcanzó para el 2016 las 11.6 millones de toneladas y 16 países acaparan el 80% de esta producción y la mayoría están ubicados en Asia; es importante recalcar que la pesca continental constituye en una fuente importante dentro de la seguridad alimentaria de muchas regiones del planeta. Para Latinoamérica Brasil y México son los países como mayores capturas cerca de las 200 mil toneladas. (FAO, 2018).

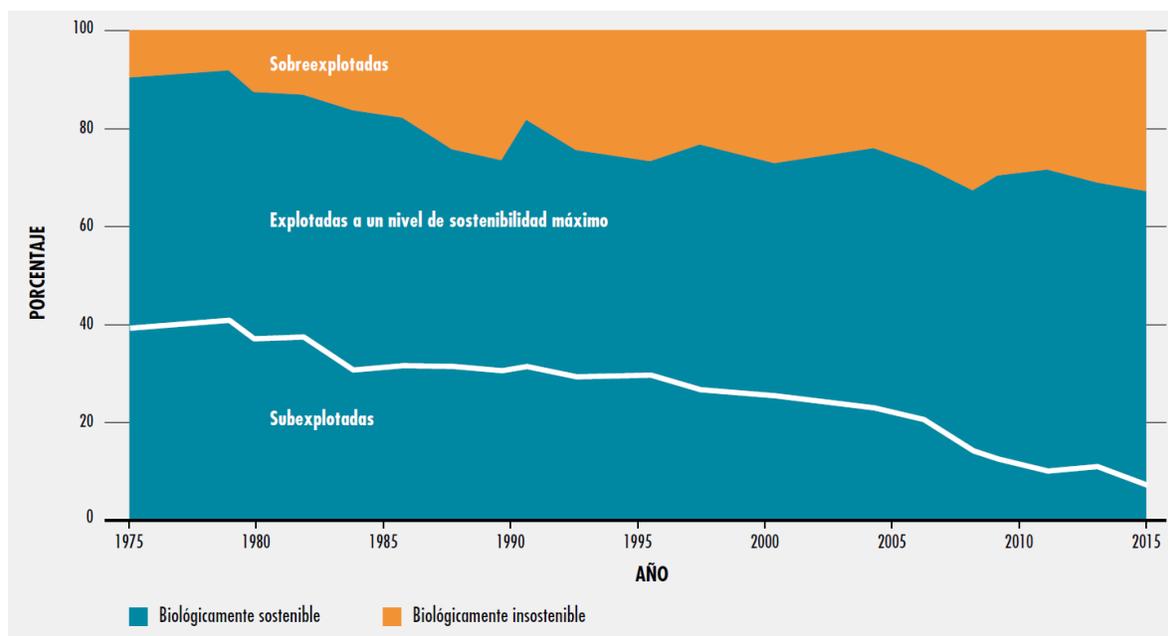


Figura 1-1. estado mundial de los recursos pesqueros. fuente FAO 2018.

## 1.2 Situación de la pesca en Colombia

La investigación de la pesca, en Colombia ha tenido varias etapas en su desarrollo, desde que en el INDERENA y con el apoyo de la FAO y agencias internacionales de investigación como la Agencia de Cooperación Japonesa JICA, entre otras ofrecieron su colaboración para adelantar estudios sobre el estado de los recursos pesqueros; este tipo de evaluaciones se iniciaron con procesos de toma de información tanto marinas como continentales, y la aplicación de algunos modelos holísticos como de Schaefer y Fox, en especial para la pesca de camarón del Pacífico colombiano y en la parte continental el diseño de un sistema estadístico pesquero que aún hoy tiene vigencia y es aplicable.

La segunda etapa de la investigación pesquera se dio con la aparición de los computadores y la informática que dieron un vuelco en el desarrollo del conocimiento pesquero; es así como se empezaron estructurar otro tipo de análisis y se realizaron estudios de la estimación de la biomasa con metodología avanzadas de eointegración. Se aplicaron modelos muchos más

sofisticados como el modelo analítico de Thompson y Bell que requiere de operaciones bastante complejas y que con el apoyo de la tecnología permitieron facilitar mucho su aplicación.

En la actualidad el avance del conocimiento a nivel mundial ha permitido que los esfuerzos en el estudio de las pesquerías de Colombia sean una estructura mucho más compleja y la utilización de nuevas teorías como la recientemente enfoque Bayesiana en modelos de producción.

Sin embargo, el gran inconveniente, para Colombia aún no cuenta con una estructura personal y un sistema de investigación pesquera que permita que se cuenten con todas las herramientas que la ciencia de las pesquerías exige para disponer de los parámetros suficientes para determinar con claridad cómo se comportan los recursos hidrobiológicos que son susceptibles de ser aprovechados.

Este problema de datos empobrecidos no es solo del Colombia, pues en muchos otros países se da igual; ¿por qué sucede esto? Y la respuesta es básicamente muy sencilla, la investigación pesquera requiere de presupuestos considerables y los gobiernos no invierte mucho en investigación a pesar de que las ganancias de la pesca son bastante grandes.

Con este panorama, varios investigadores e instituciones que realizan evaluaciones de recursos pesqueros con información pobre han producido alternativas de varios modelos. Para el presente estudio se escogieron dos que son evaluación de biomazas utilizando teoría bayesiana LBB (por sus siglas en inglés) y CMSY (por su siglas en inglés).

Estos se utilizaron como complemento a los ya establecidos para otras evaluaciones desarrollados para años anteriores a 2019 y que se utilizaron para comparar lo ya realizado con los nuevos modelos.

La problemática de la pesca de Colombia es una eventualidad que se percibe en la mayoría de los países pesqueros. Por ello, la FAO comenta que bajo las directrices de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible la visión de la pesca debe estar enmarcada en “*un mundo justo y sostenible, libre de pobreza, hambre y mal nutrición*” todo esto con el fin de encontrar que la pesca y la acuicultura sean sostenibles y económicamente rentable, es importante recalcar que la misma reunión solicita apoyar a los países en desarrollo para unificar los enfoques de planificación (FAO, 2018).

### **Situación de la pesca en Colombia durante el año 2021**

La producción de la pesca en Colombia fue estimada en 107,641.6 toneladas de las cuales 62,516.8 toneladas correspondieron a la pesca artesanal y 45,124.7 toneladas fueron reportadas para la pesca industrial (SEPEC 2021).

Esta información se obtuvo mediante la toma de información del SEPEC en cada una de las cuencas monitoreadas; las cuales están clasificadas en estratos estadísticos basados en tres criterios: (i) características Limnológicas u Oceanográficas, (ii) composición por especie de las capturas y (iii) tipos de artes de pesca empleados. Para efectos de este documento se graficó la estimación de los volúmenes desembarcados a nivel nacional con el fin de ilustrar a los lectores mostrando la representatividad por departamento; bajo esta visión encontramos en cada una de las cuencas los siguientes resultados:

**Caribe.** En esta cuenca la más alta producción fue obtenida para el departamento de Bolívar con el 67 % de los desembarcos, seguido por La Guajira 14 % y Antioquia con el 13% como los más representativos. Para el Choco se registró información referente únicamente al Golfo de Urabá (Figura 1-2)

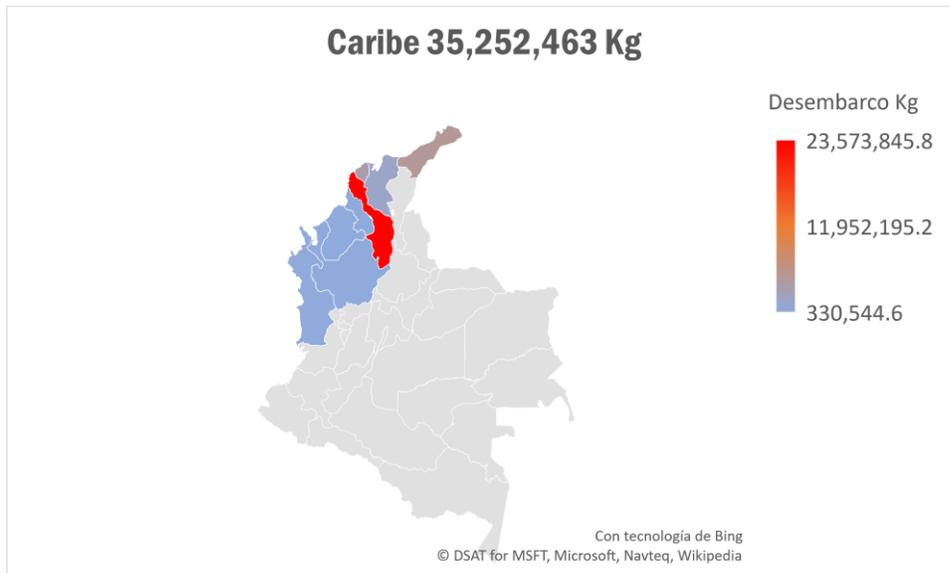


Figura 1-2. Producción desembarcada en la cuenca del Caribe, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

**Pacífico.** Para el 2021 los departamentos que acapararon la producción fueron Nariño con el 44 % y el Valle del Cauca con el 43 %, lo demás departamentos no fueron significativos . (Figura 1-3)

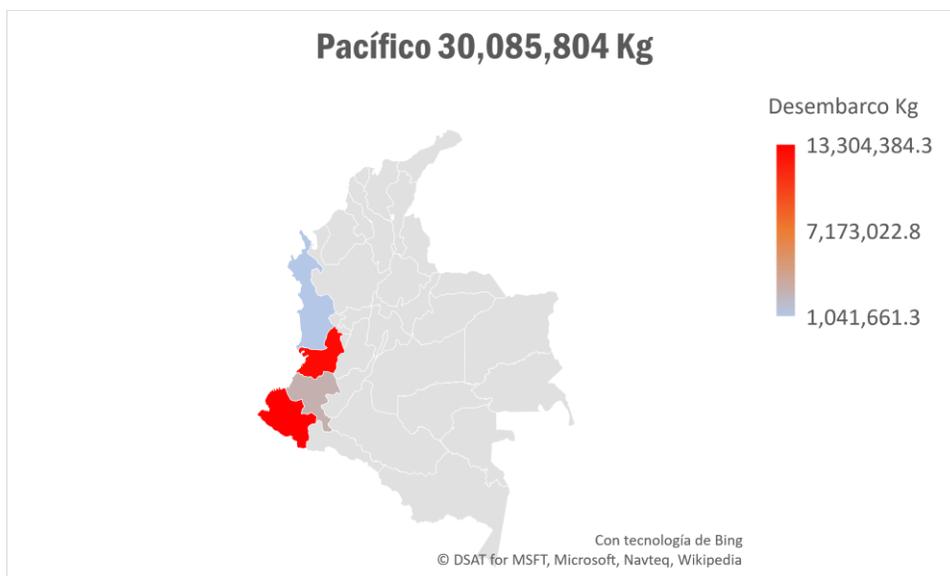


Figura 1-3. Producción desembarcada en la cuenca del Pacífico, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

**Magdalena.** Esta cueca es uno de los sistemas productivos más importantes del país en el ámbito de las pesquerías continentales, el SEPEC registra información para 12 departamentos dentro de los cuales Bolívar (18%) y Santander (18%) ocuparon los desembarcos más, seguidos por Antioquia (13%) y Sucre (13%) y Cesar (10%) completan un total de 72% de la producción desembarcada en los puntos de acopio a lo largo de la cuenca del río grande del Magdalena. (Figura 1-4)

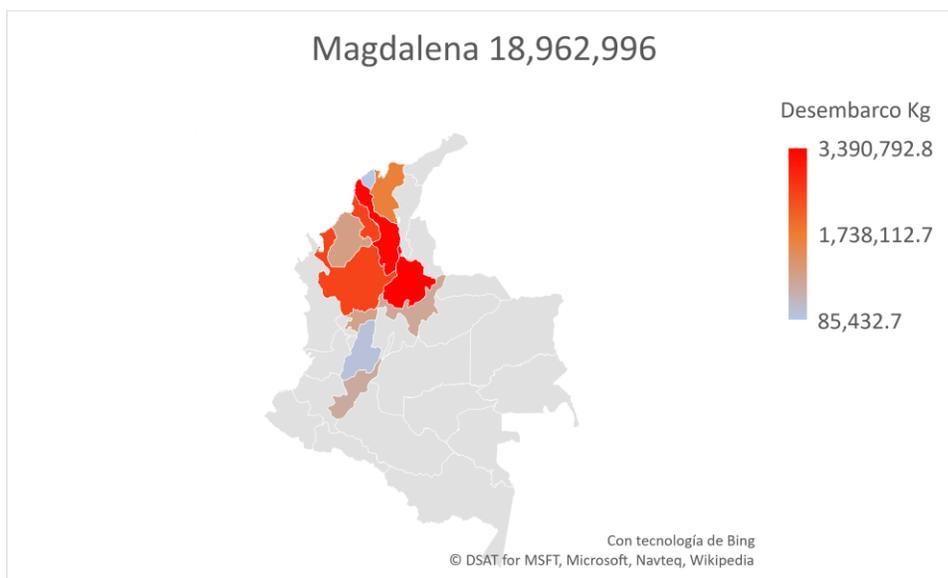


Figura 1-4. Producción desembarcada en la cuenca del Magdalena, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

**Amazonas.** Este sistema pesquero representa una de las ecorregiones más importantes del planeta, ya que su biodiversidad y el aporte en oxígeno al medio ambiente es de vital importancia para la vida en la tierra. A pesar de que Colombia solo tiene cerca de 100 kilómetros de río Amazonas si cuenta con un dominio de las pesquerías en sus afluentes como el río Putumayo, el Caquetá y el Vaupés, como los más importantes.

Para el año 2021 el departamento del Amazonas represento el más alto registro de esta actividad con el 59% de los productos de la pesca artesanal del territorio, el otro departamento con un importante aporte fue el Putumayo con el 33%.

Los registros de pesca del año 2019, 2020 y 2021 ha sido uno de los más altos en los últimos 10 años por lo que se puede asegurar que las relaciones comerciales de oferta y demanda ha estado en aumento. (Figura 1-5).

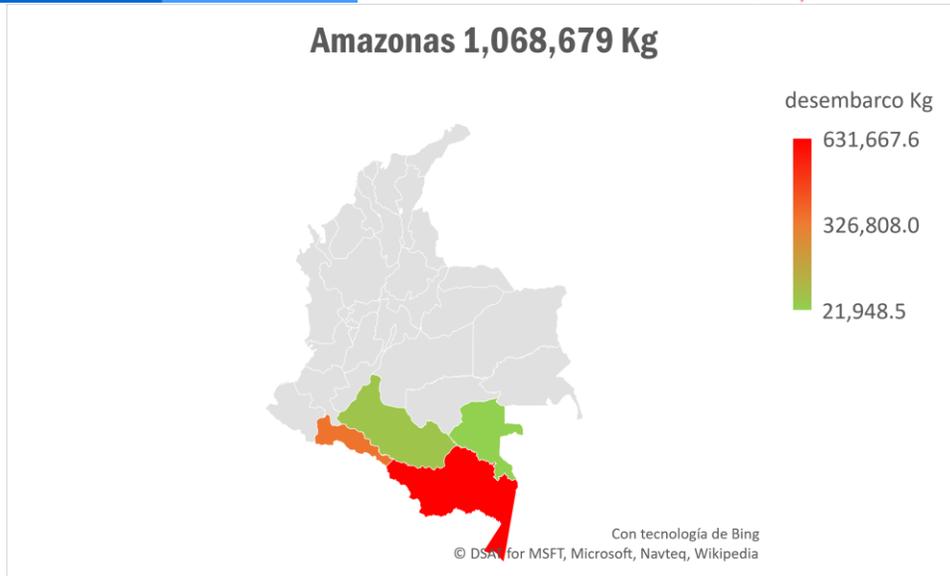


Figura 1-5. Producción desembarcada en la cuenca del Amazonas, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

**Orinoquia.** Esta cuenca es un ecosistema estratégico ya que comparte muchos sistemas acuáticos con Venezuela especialmente con el río Orinoco, que representa una interesante fuente de ingresos para los pescadores artesanales de la región. Dentro de esta estructura ecológica, el departamento que más altos registros de pesca mostró fue Arauca con el 27% de las capturas desembarcas en puerto, los otros departamentos con registros altos fue Meta con el 23% y Casanare 23 % de la producción. (Figura 1-6)

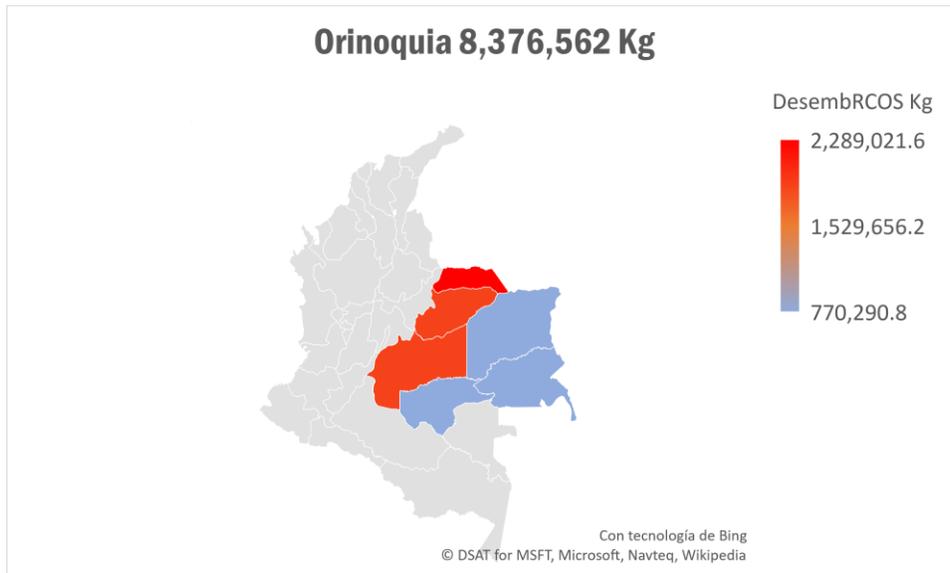


Figura 1-6. Producción desembarcada en la cuenca del Orinoquia, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

**Atrato.** La cuenca del río Atrato es el ecosistema por excelencia que contiene en su haber toda la estructura propia de un sistema selvático, solamente está conformado por los departamentos de Antioquia y Chocó siendo este último el que apporto el 64% de la producción desembarcada. (Figura 1-7)

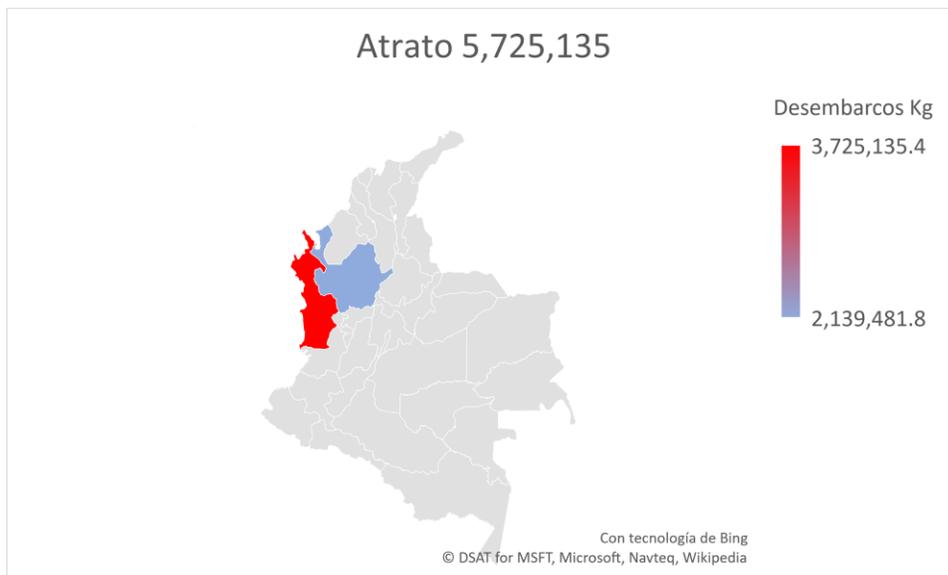


Figura 1-7. Producción desembarcada en la cuenca del Atrato, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Descripción del área

Colombia, ubicada en la esquina de Sur América, cuenta con una variedad de climas, entre otras razones por estar ubicado en la Zona de Convergencia Intertropical que lo hace pertenecer a una eco-región de corte tropical. Gran parte del país tiene temperaturas superiores a los 24°C principalmente en las regiones Caribe, Pacífica, Amazónica y Orinoquia.

En el Caribe las temperaturas oscilan entre 24°C a 28°C, aunque en la zona de La Guajira estos registros llegan hasta los 30°C, igualmente al sur oriente de los departamentos del Atlántico y Sucre. Tanto en la Amazonía como en la Orinoquía la temperatura se encuentra en un rango entre 24°C y los 28°C (MINAMBIENTE, 2007). Colombia, por estas circunstancias climáticas y por su ubicación con dos océanos y un recurso de aguas dulces bastante grande tiene un lugar estratégico dentro de la geografía de la región ya que está en la esquina de América Latina. (Ilustración 2-1)



Ilustración 2-1. Ubicación de Colombia en el contexto continental y mundial.

El clima se ve profundamente afectado por las precipitaciones, las cantidades de lluvia varían de acuerdo con las diferentes regiones del país, sus configuraciones geomorfológicas y las corrientes húmedas que se originan en los océanos y en la Amazonía. Por ello los diferentes pisos térmicos van desde el ecuatorial hasta el árido de tipo desértico (Ilustración 2-2)

### Clasificación climática de Köppen en Colombia

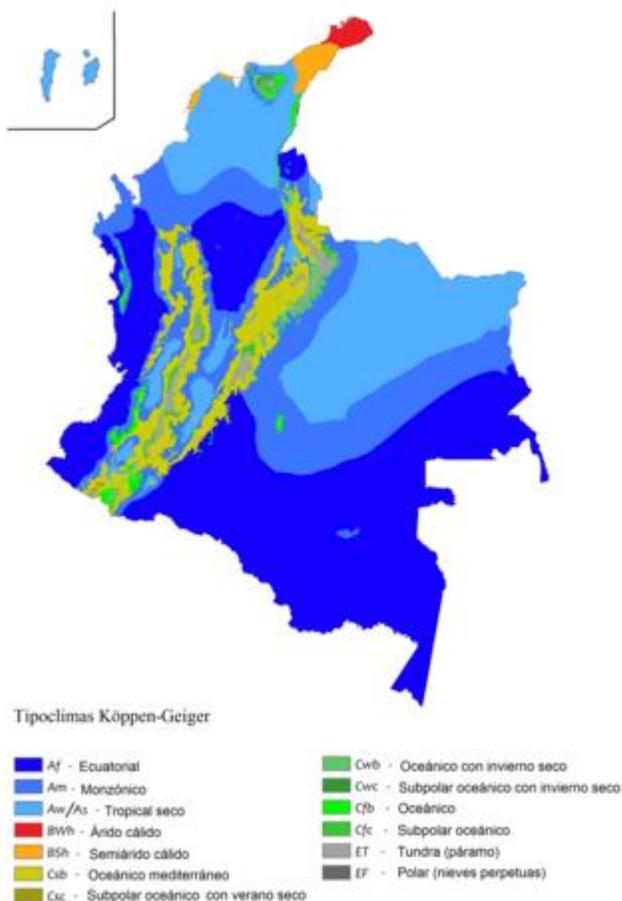


Ilustración 2-2. Mapa de clima en Colombia. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clima\\_de\\_Colombia](https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Colombia)

En Colombia se pueden presentar dos patrones de lluvias, uno mono modal caracterizado por concentrar un amplio periodo de lluvias con una estación seca, el cual se encuentra especialmente concentrado en la zona norte y sur; y otro bimodal con dos períodos de lluvia seguidos por una estación de clima seco que es ampliamente detectado en la zona central (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Autoridad Nacional de Licencias Ambientales., 2014).

Los cuerpos de aguas de Colombia están formados por la conjunción entre las características geomorfológicas y ambientales que lo hacen disponer de una gran variedad de estructuras hídricas amplias que van desde humedales hasta zonas marinas profundas. La hidrología del país depende en gran medida del aporte en lluvias, variando de forma amplia, puesto que se puede encontrar precipitaciones desde 267 mm anuales promedio en La Guajira, hasta los 9.000 mm anuales en algunas regiones del Chocó. La costa Caribe colombiana es una de las más secas del país, no supera los 2.200 mm promedio anual. La región de los llanos orientales es una de las zonas que presentan una riqueza de condiciones meteorológicas puesto que tiene ambientes pluviométricos

que van desde los 1.500 mm hasta los 3.500 mm promedio anual. De otra parte, la región de la Amazonía colombiana presenta precipitaciones que oscilan entre los 3.000 a los 4.000 mm promedio anual. (Molano & Batista, 1967)

Colombia cuenta con una alta diversidad de sistemas acuáticos, pues dispone de varios tipos de aguas: como lluvias, aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas termo minerales, aguas marinas y oceánicas y aguas de alimentación glacial. Por lo anterior el país cuenta con 5 vertientes principales: Pacífico, Caribe, magdalena, Orinoco y Amazonas. La vertiente del Caribe es de las más importantes del país puesto que agrupa en gran porcentaje la actividad económica, social e industrial. (IDEAM, 2010).(Ilustración 2-3)

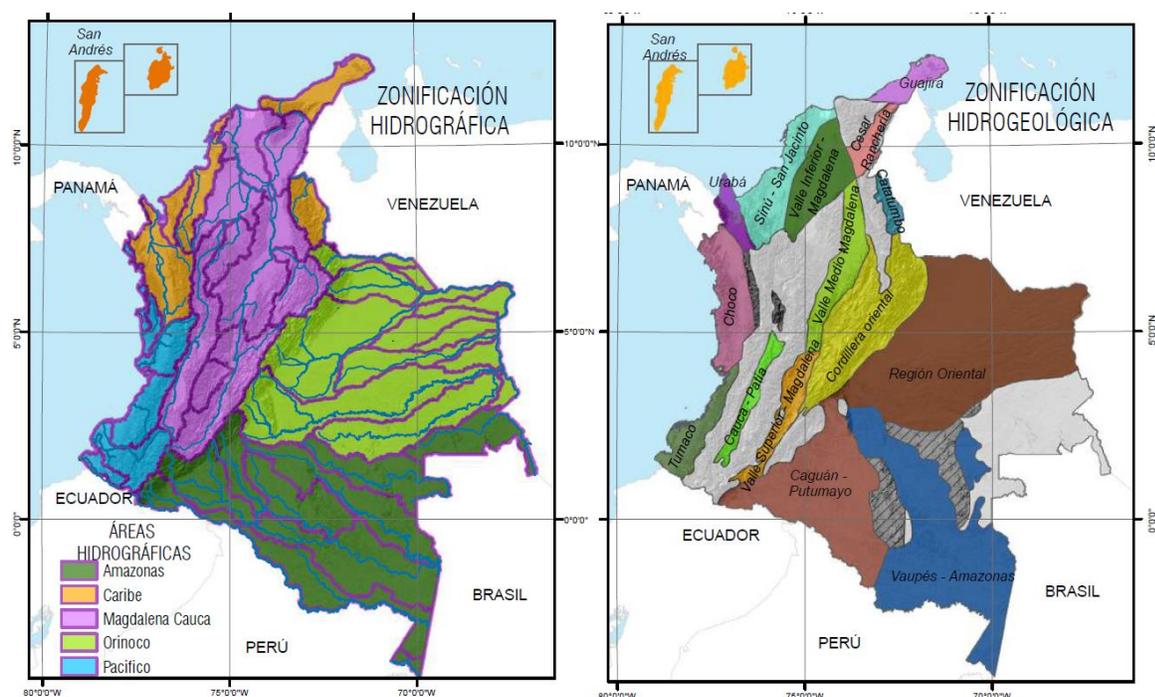


Ilustración 2-3.Zonificación hidrológica de Colombia. Fuente IDEAM-ENA2010.

Otra cuenca de gran importancia es la del río Magdalena, con una cobertura total de 256,622 km<sup>2</sup> y prácticamente atraviesa el país de sur a norte; es indudable que la formación de sistemas acuíferos es de vital importancia para el país y le da al territorio nacional una amplia riqueza de ambientes acuáticos que le dan una buena posibilidad de aprovechamiento de sus recursos naturales de tipo pesquero. (Ilustración 2-4).

Presenta una precipitación media de 2,150 mm/año. Tiene un caudal del 7,154 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, trasporta cerca de 180 M ton de sedimentos (año 2015) que aporta un total 710 ton/km<sup>2</sup>/año, esto significa que esta cuenca está catalogada entre las 10 con mayor aporte de sedimentos en el mundo (Restrepo, Cárdenas-Rozo, Paniagua-Arroyave, & Jiménez-Segura, 2020).

La cuenca del Magdalena es relativamente joven ya que su historia se remonta hace uno 80 millones de años con el levantamiento de la cordillera central y posteriormente de la cordillera oriental, esto permitió que en el mioceno (15 a 20 millones de años) se formara el sistema hidrológico con el actual valle (Restrepo, Cárdenas-Rozo, Paniagua-Arroyave, & Jiménez-Segura, 2020).

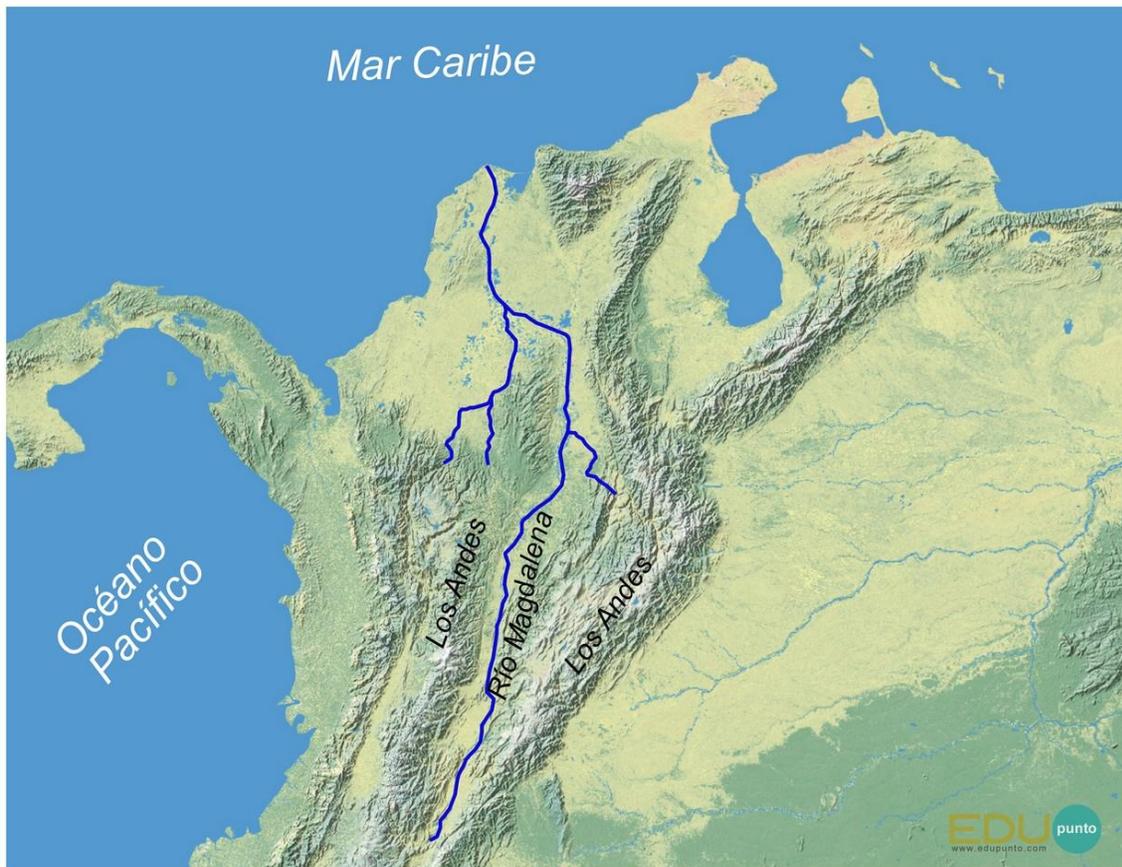


Ilustración 2-4. cuenca del Río grande de la magdalena. Fuente: [www.edupunto.com](http://www.edupunto.com).

El sistema hidrográfico del Orinoco comprende grandes ríos como el Orinoco, Guaviare, Meta e Inírida, los cuales tienen su origen en el sistema montañoso de la cordillera Oriental y alcanza incluso a formar parte del sistema hídrico de Venezuela. Suele ser una de las principales despensas pesqueras, en especial en lo referente a las especies de peces ornamentales.

La formación de suelos de la Orinoquia es tan especial que no tiene comparación con otros ecosistemas ni con sus similares de Venezuela; son estructuras en formación, como casi todos los suelos de Colombia, sus procesos geoquímicos no están terminados. (Cortés, 2004).

La vertiente Amazónica está compuesta por ríos que tienen su origen en el sistema montañoso y por el río Amazonas que baña el extremo sur del país, el cual constituye un conglomerado fluvial de alto contenido de sedimentos. Esta estructura forma un factor pesquero de especial interés. Las características de los suelos de esta región los constituyen un ecosistema difícil de entender en especial por los aportes de materia proveniente del levantamiento Andino que en general hacen que los suelos sean de bajo contenido férrico y sin horizontes oxácidos destacables.

La costa Caribe colombiana está formada por llanuras; su litoral es relativamente plano con algunas ondulaciones, apartándose de esta estructura de la Sierra Nevada de Santa Marta la cual registra alturas cercanas a los 5,770 m. Los accidentes geográficos principales son la Península de La Guajira, el delta del Río Magdalena, el Golfo de Morrosquillo y el Golfo de Urabá. (Invemar., 2018).

La riqueza hídrica del litoral Caribe colombiano es sorprendente, en especial en los departamentos de Bolívar y Magdalena, pues allí se cuenta con la Ciénaga grande de Santa Marta que es el mayor sistema cenagoso del país con un volumen de agua de 2,232 millones m<sup>3</sup>, y otras que le dan a la región un importante aporte de aguas dulces. (Invemar., 2018).

Se destaca también la gran reserva de aguas subterráneas de La Guajira, Magdalena, Bolívar y Antioquia. (Invemar., 2018).

El Caribe colombiano está directamente influenciado por los vientos Alisios, los cuales generan la llamada corriente del Caribe cuyo sentido de circulación es de oriente a occidente, este sistema de corrientes llega a Panamá y cambia su dirección hacia el sur y luego al este, lo que da origen a la corriente Panamá Colombia que se desplaza a lo largo de la costa colombiana (Andrade, 2015), que muestran un sistema de corrientes definido. (Ilustración 2-5)

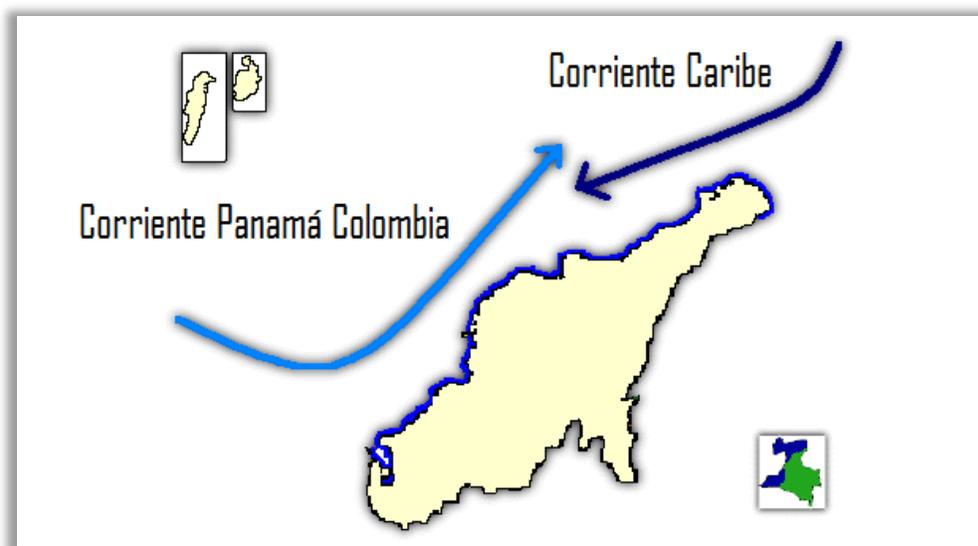


Ilustración 2-5. Identificación del sistema de corrientes para el Caribe Colombiano. Modificado del documento de Internet Biodiversidad.

El Pacífico colombiano está enmarcado dentro de dos cordilleras submarinas que se unen a la plataforma de las Galápagos, la cual se eleva desde los 3.700 m hasta 1.000 m de profundidad que impiden el intercambio de aguas profundas. Bajo este aspecto geomorfológico se dice que la Costa Pacífica de Colombia (CPC) es una piscina cerrada por frontera de aguas líquidas (Andrade, 2015).

La CPC se localiza al margen occidental de la placa continental suramericana que choca con la plaza de Nazca ésta al hundirse produce la fosa peruano - chilena formando una zona de subducción de 200 a 300 kilómetros que se desplaza con una velocidad media de 6 cm/año, a esta zona pertenece la fractura de Panamá que determina las características costeras de Colombia (Navas-Camacho, 2003).

El régimen climático se encuentra enmarcado dentro de la influencia de desplazamiento Sur-Norte-Sur sobre la franja Ecuatorial de la llamada Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT); igualmente

el régimen climático de la región está influenciado por fenómenos naturales como el de “El Niño – La Niña”.

Las principales corrientes marinas superficiales que afectan la cuenca del Pacífico colombiano están directamente influenciadas por los vientos y el desplazamiento del cinturón de convergencia intertropical. Se puede decir que las corrientes de Humboldt y de Perú no afectan a la ensenada de Panamá (Cantera, Neira, & Ricaurte, 1998).

Se ha determinado que las principales corrientes superficiales que tiene influencia sobre la costa Pacífica son (Figura 22):

- Corriente Ecuatorial del Norte
- Contra corriente Ecuatorial del Norte
- Corriente del Golfo de Panamá
- La corriente de Colombia.



Ilustración 2-6. Identificación de sistema de corrientes para el Pacífico colombiano. Modificado de documento Internet Biodiversidad.

El comportamiento ambiental de la región se ve afectado por fenómenos naturales como “El Niño – La Niña”, que hacen cambios estructurales en el normal desarrollo del ecosistema.

El primero en ser estudiado fue el “El Niño, Oscilación del Sur” (ENOS), que es un cambio climático del sistema océano-atmósfera cuya duración puede ser entre 10 a 18 meses; su impacto se registra en muchos lugares de la tierra por lo que su influencia está considerada como impacto global. (Cantera, Neira, & Ricaurte, 1998).

Para cuantificar este fenómeno sir Gilbert Walker en 1924 dijo que cuando los sistemas de presiones altas aumentan, disminuyen los sistemas de presiones bajas. Para evaluar estos

impactos este sistema fue entonces definido como Índice de Oscilación del Sur -IOS-. Cuando este índice es positivo se dice que el sistema es estable y cuando el índice es negativo ocasiona disminución en las lluvias monzónicas de verano y de los vientos. Las presiones más altas y positivas provocan sequías en la costa afectando la velocidad de los vientos del sur y el flujo de aguas hacia el norte, que caracterizan el fenómeno natural de “La Niña”. (Cantera, Neira, & Ricaurte, 1998).

## 2.2 Aproximación metodología para el Análisis

La información analizada en el presente documento tiene como base la información almacenada con bases en los datos recopiladas por el INDERENA, INPA, INCODER, ICA, CCI (información recolectada hasta el 2021); mediante sistemas de recolección que van desde información de registros administrativos hasta bases de datos recopiladas por entes de orden público e institutos de investigación.

Tabla 2-1 Recuento histórico de la información almacenada por especies para el Caribe colombiano

Especie/años	Capturas	Esfuerzo	Tallas
<i>Lutjanus synagris</i>	1991 2021	1991 2021	2008 2021
<i>Lutjanus purureus</i>	1992 2021	1991 2021	2006 2021
<i>Mycteroperca bonaci</i>	1991 2021	1992 2021	
<i>Cynoscion jamisensis</i>	1991 2021	1992 2021	
<i>Coryphaena hippurus</i>	1991 2021	1992 2021	
<i>Caranx hippos</i>	1991 2021	1991 2007	2006 2021
<i>Epinephelus itajara</i>	1991 2021	1991 2009	
<i>Eugerres plumieri</i>	1991 2021	1993 2008	
<i>Centropomus undecimalis</i>	1991 2021		2006 2021
<i>Hamulon plumieri</i>	1991 2021		
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	1991 2021	1991 2006	
<i>Scomebromorus cavalla</i>	1991 2021	1991 2018	2006 2021
<i>Sepioteuthis sepioidea</i>	1991 2021	1993 2008	
<i>Callinectes sapidus</i>	2008 2018		2017 2018
<i>Callinectes bocourti</i>	2009 2018		2018 2018
<i>Panulirus argus (conti.)</i>	1991 2021	1991 2009	2006 2019
<i>Panulirus argus (Archi.)</i>	1979 2018		

Tabla 2-2 Recuento histórico de la información almacenada por especies para el Pacífico colombiano

Especie/años	Capturas	Esfuerzo	Tallas
<i>Scomberomorus sierra</i>	1991 2021		2006 2021
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	1991 2008	1992 2008	
<i>Coryphaena hippurus</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	1991 2021	1991 2018	2012 2021
<i>Lutjanus peru</i>	1991 2021	1991 2018	
<i>Centropomus viridis</i>	1991 2021	1993 2008	

Especie/años	Capturas	Esfuerzo	Tallas
<i>Caranx caninus</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Centropomus armatus</i>	1991 2021	1993 2008	2006 2021
<i>Seriola lalandi</i>	1991 2021	1994 2008	
<i>Caranx cavallus</i>	1991 2021	1991 2018	
<i>Caulolatilus affinis</i>	1991 2021	1994 2008	
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	1992 2021	1991 2008	
<i>Lobotes pacificus</i>	1992 2021	1992 2008	2006 2021
<i>Brotula clarkae</i>	1993 2021	1995 2008	2007 2021
<i>Cynoponticus coniceps</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1991 2021	1992 2008	
<i>Bagre panamensis</i>	1992 2021	1992 2009	
<i>Polydactylus opercularis</i>	1993 2021	1995 2008	
<i>Sciades dowii</i>	1992 2021	1992 2009	
<i>Sphyraena ensis</i>	1993 2021	1994 2018	2006 2021
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	1992 2021	1992 2009	
<i>Selene peruvianus</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Menticirrhus panamensis</i>	1991 2021	1996 2008	
<i>Seriola peruana</i>	1991 2021	1993 2008	
<i>Centropomus medius</i>	1992 2021	1994 2008	
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1991 2021	1994 2008	
<i>Penaeus occidentalis</i>	1957 2021	1957 2020	2006 2021
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	1975 2021	1976 2020	2012 2021
<i>Solenocera agassizii</i>	1991 2021	1991 2009	
<i>Farfantepenaeus brevisrostris</i>	1992 2021	1991 2008	
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	1991 2021	1991 2008	
<i>Anadara tuberculosa</i>	1996 2012	1996 2012	2004 2018
<i>Lolliguncula diomedae</i>	1991 2021	1991 2008	

En los recientes años (2012 -2021) la AUNAP por intermedio de la Universidad del Magdalena desarrollaron el Servicios Estadístico Pesquero SEPEC que tiene como fin la toma de información sobre la actividad pesquera que se efectúa en todo el territorio nacional (Ilustración 2-7); esto equivale a que tanto en aguas marinas como interiores, continentales o aguas dulces son constantemente monitoreadas por el SEPEC, el cual utilizando dos tipos de metodología, de acuerdo con la capacidad de toma de información, una mediante un muestreo probabilístico y la segunda como un sistema censal, los datos obtenidos proviene de mediciones tipo biológico y pesquero.

El trabajo del SEPEC se dividió en tres fases que son:

1. Fase de campo donde se eligieron los principales puntos de toma de información, dividida en 5 regiones que cubrían tanto la pesca marina como la continental (Ilustración 2-5),
2. Un diseño de bases de datos y,



El campo  
es de todos

Minagricultura



AUNAP  
AUTORIDAD NACIONAL  
DE ACUICULTURA Y PESCA

3. Una fase de gabinete que consistió principalmente en el análisis de la información recolectada en campo.

La información de campo recolectada consistió principalmente en la toma de datos de captura, esfuerzo e información biológica (talla, peso, sexo y madurez sexual). Con las bases de datos obtenidas durante el año 2021, se hizo un control de calidad y un análisis del comportamiento de los microdatos; una vez realizado este proceso tomó la información de estas bases de datos históricos ya almacenadas y revisadas previamente y, finalmente se efectuó el proceso de modelación las pesquerías para obtener los parámetros indispensables en el estudio de la dinámica poblacional de los recurso pesqueros sometidos al aprovechamiento pesquero; este camino permitió proporcionar las pautas para estimar las cuotas globales de aprovechamiento de los recursos pesqueros de Colombia que serán utilizados para la vigencia de 2023. Por las características del muestreo en términos de tiempo, los análisis consignados aquí se consideran **preliminares** presentando **tendencias** que deben ser reforzados para el año 2023.



Ilustración 2-7. Puntos de toma de información pesquera, realizada por el SEPEC, durante el año 2019.

Los aspectos de campo fueron cubiertos por personal de encuestadores, los cuales fueron divididos en tomadores de volúmenes de desembarco y profesionales (biólogos e ingenieros pesqueros) que se encargaron de los aspectos biológicos y pesqueros.

Los aspectos biológicos se relacionan con la toma de tallas, peso, sexo y madurez sexual, evaluada por inspección ocular bajo la siguiente directriz: inmaduro, madurando, maduro y desovado. Éstas fueron clasificadas por grupos de tallas y por sexo.

En cuanto a la información relacionada sobre peces ornamentales, ésta fue tomada por los encuestadores del SEPEC en los puntos de acopio de las principales ciudades como Puerto Carreño, Inírida y Leticia; así mismo, se usó la información biológico pesquera tomada por FUNINDES, durante 2019 y 2020, que se relacionó con datos de CPUE, madurez sexual y tallas y peso individual de los recursos que fueron obtenidos como muestras de los individuos que se murieron entre el transporte y los centros de acopio.

Hace falta realizar una evaluación en el lugar de la pesca de ornamentales para determinar aspectos claves del comportamiento de las poblaciones que conforman esta actividad económica.

### 2.2.1 Análisis de información

Relación longitud y peso y talla media de captura (utilizados como descriptores estadísticos en todos los modelos analíticos)

Con las bases de datos recolectadas sobre tallas se realizó una agrupación utilizando los procedimientos estadísticos tradicionales descritos en varios documentos (Zar, 1999; Sokel & Rohlf, 1969), para los cuales se hicieron histogramas de frecuencias donde se determinó la talla promedio de captura:

$$\bar{X} = \frac{\sum f \cdot l}{n} \quad (1)$$

De datos agrupados por frecuencias de tallas:

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{n} \quad (2)$$

Su varianza

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n - 1} \quad (3)$$

Erro estándar

$$E.E. = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Se procedió a determinar el comportamiento de la relación peso contra longitud (estándar o total si los peces presentaban aletas duras o blandas), de acuerdo con la metodología tradicional (Ricker, 1975; Pauly, 1983; Csirke, 1980; Sparre & Vennema, 1997, Agudelo, y otros, 2011).

$$W = a * L^b \quad (5)$$

Igualmente se trabajó la relación que existe ente la longitud total y la longitud estándar para estimar los valores predictivos de la longitud total bajo la siguiente expresión.

$$L_t = a + b * L_s \quad (6)$$

Para evaluar si el crecimiento tiene alguna tendencia (isométrico o alométrico) se comprobó mediante la prueba de hipótesis de valoración con t estimada (Pauly D. , 1984).

$$\hat{t} = \frac{s.d.(x)}{s.d.(y)} * \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2} \quad (7)$$

La ecuación 2 indica que el peso (w) es proporcional a la potencia (b) de la longitud. Se valoró el factor de condición como la proporción entre el peso (w) y la longitud (Pauly D. , 1983) (Pauly D. , 1984). Este valor se fue utilizado para medir el estado de nutrición de los organismos según la escala de Wilson.

Análisis de crecimiento: (utilizados para los cálculos de modelos de Thompson y Bell y el cálculo de población virtual en los modelos de biomasas y rendimiento por recluta, Anexo 1)

Una vez dispuestos los datos de frecuencias y sus histogramas se introdujo esta información en los programas FISAT II y LFDA, mediante los cuales se analizó el crecimiento utilizando la ecuación de crecimiento (Usados para los cálculos de los modelos de rendimiento por recluta). (von Bertalanffy, 1938)

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (8)$$

Si los análisis demuestran un crecimiento oscilatorio se emplea la ecuación propuesta por (Pauly D. , 1984).

$$L_t = L_{\infty} \left( 1 - e^{-k(t-t_0) + c \frac{k}{2\pi} \text{sen} 2\pi(t-t_s)} \right) \quad (9)$$

Los análisis se utilizaron realizando la descomposición de progresión modal, lo cual implica la separación de distribución de frecuencias mediante el método de (Battacharya, 1967) (se consigna, como ejemplo, en los resultados el máximo nivel de grupos modales), la estimación de K y  $L_{\infty}$  utilizando el método de (Gulland J. , 1966):

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = K * L_{\infty} - K * \overline{L(t)} \quad (10)$$

Para la cuenca de la Orinoquia, que presenta un efecto muy particular debido a que por el comportamiento migratorios de las especies pesqueras de la zona comprendida entre la parte baja de la cuenca (Venezuela) hacia la parte alta (Colombia) y por lo tanto hace que su distribución de crecimiento considere que los individuos juveniles estén en la parte baja y los adultos en la parte

alta, por lo anterior los registros estadísticos de la toma de información registran las tallas para los grandes bagres en niveles de adultos por lo que no permitieron realizar estimaciones sobre los parámetros de crecimiento; para salvar este impase se utilizó la metodología establecida por FAO, y los parámetros establecidos en las bases de Fishbase 2020 con la cual se pudieron realizar los corrimientos de los modelos utilizados.

Análisis de reclutamiento. (utilizados para los cálculos de rendimiento por recluta de Beverton y Holt)

Se determinó el patrón de reclutamiento teniendo en cuenta una proyección hacia atrás de los datos de frecuencia de longitudes (Pauly D. , 1984)

El cálculo del patrón de reclutamiento se realizó después de calcular los resultados de crecimiento bajos las siguientes características:

- a. La posición exacta en el eje del tiempo se conoce sólo cuando se identifica, y además se conoce el tercer parámetro de la curva de crecimiento del modelo de von Bertalanffy, la abscisa del patrón de reclutamiento no se fija en tiempo real, y por lo tanto se clasifica dentro de “un año” (Figura 2-1).

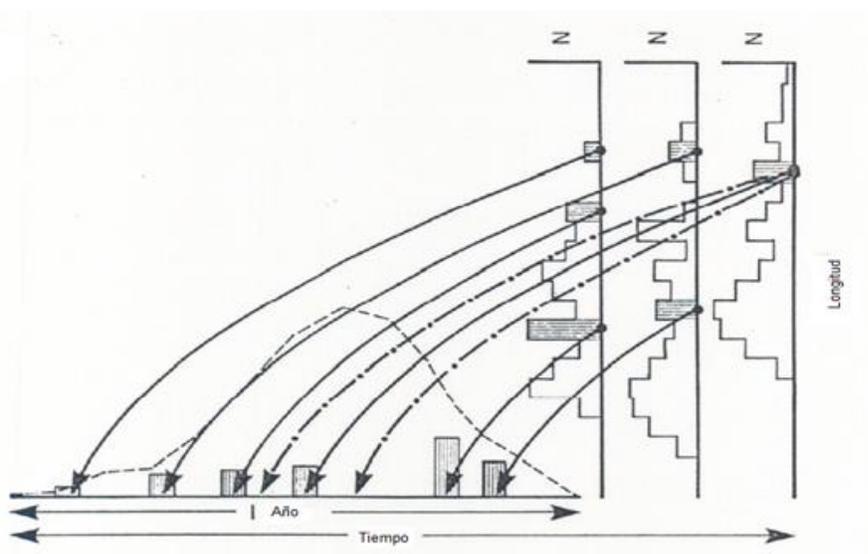


Figura 2-1. Esquema teórico sobre los patrones de reclutamiento

- b. Siempre se incluye un mes con reclutamiento en cero. Esto se debe al hecho de que cuando las frecuencias de longitudes se proyectan en el eje del tiempo al terminar este aspecto el valor más bajo de cada uno de los 12 meses de aparente reclutamiento queda eliminado, esto se hace para reducir el “ruido” que se produce debido a los parámetros utilizados en la evaluación del crecimiento.

Mortalidad (utilizados en modelos de Thompson y Bell, bayesianos)



Mortalidad total: El seguimiento de los recursos se hizo mediante la evaluación de la tasa de mortalidad total:

$$Z = M + F \quad (11)$$

Donde Z corresponde al coeficiente instantáneo de mortalidad total (Ricker, 1975; Pauly D. , 1983; Pauly D. , 1984; Csirke, 1980; Sparre & Vennema, 1997; Cadima, 2003).

La mortalidad total fue estimada por varios métodos, con base en las frecuencias de tallas:

1. Estimación de Z a partir de la curva de captura linealizada. (Sparre & Vennema, 1997).

$$\ln \frac{C(L1, L2)}{\Delta(L1, L2)} = t_0 - \frac{1}{k} * \ln \left( 1 - \frac{L1 + L2}{2 * L_{\infty}} \right) \quad (12)$$

Se evaluaron los límites de confianza de Z como  $Z \pm K t_{n-2} * sb$ .

2. La curva de captura acumulativa basada en datos de la composición por tallas. Método de Jones y van Zaling. (Sparre & Vennema, 1997).

$$\ln C(L, L_{\infty}) = A + \frac{Z}{k} * \ln(L_{\infty} - L) \quad (13)$$

3. A partir de la captura media mediante el método de Beverton y Holt (Pauly D. , 1983)

$$Z = \frac{k(L_{\infty} - \bar{L})}{\bar{L} - L'} \quad (14)$$

En algunas ocasiones se utilizó el método de Powell Wetherall, cuando los métodos descritos anteriormente no pudieron ser utilizados.

$$\bar{L} - L' = a + b * L' \quad (15)$$

Estimación de M y F donde se calculó además el coeficiente de capturabilidad q, esta fue determinada como una prueba de ensayo y error entre diferentes valores de la mortalidad por pesca que fueron incluidos en el ensayo de máxima verosimilitud para determinar valores de la capacidad de carga del recurso evaluado y la biomasa media, cuando se disponía de información publicada se utilizó ese valor.

$$Z = M + qf \quad (16)$$

La mortalidad natural se estimó utilizando varias estrategias que incluyen:

1. La ecuación empírica de Pauly que para peces (Pauly D. , 1984) fue:

$$M = 0,8 * e^{[-0.0152 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T^{\circ}C]} \quad (17)$$

2. Y para crustáceos (cruz, 1983):

$$M = -0.0277 - 0.000L_{\infty} + 0.539K + 0.0119 T^{\circ} \quad (18)$$

3. Relación de M con la longevidad ecuación de Tanaka (Cadima, 2003):

$$M = \left(\frac{1}{\lambda}\right) * \ln(p) \quad (19)$$

Donde p vario entre 1% y 5%.

4. Método de Richter y Efanov (Cadima, 2003):

$$M = \frac{1.52}{(t_{m\ 50\%})^{0.72}} - 0.16 \quad (20)$$

5. Determinación de mortalidades utilizando M para cada talla de la distribución (pseudoeidades) variación de la propuesta de Cadima (Cadima, 2003):

$$E_i = \frac{C_i}{N_i - N_{i+1}} \quad (21)$$

$$Z_i = \ln(N_i) - \ln(N_{i+1}) \quad (22)$$

$$M_i = Z_i * (1 - E_i) \quad (23)$$

De acuerdo con los aspectos teóricos, la mortalidad natural sería superior en las tallas pequeñas (larvas, juveniles), y la misma va disminuyendo a medida que el recurso incrementa su tamaño (edad) hasta llegar a un punto en que las especies son lo suficientemente fuerte como para perdurar en el tiempo sin que la mortalidad natural sea un parámetro determinante del stock.

Posteriormente al ingresar los recursos a las pesquerías la mortalidad por pesca es el factor crítico en el equilibrio del stock, a partir de esta etapa de aprovechamiento y dependiendo de la especie, la mortalidad natural empieza desde un valor bajo hasta un valor alto, además cuando la cohorte es vieja la mortalidad natural adquiriría un valor alto y permanente.

Para el presente estudio se realizó un análisis de mortalidad natural a partir de la fase de plena explotación, para lo cual se estudiaron las diferentes fases por las que atraviesa un recurso desde sus inicios hasta cubrir las etapas de plena explotación.

6. Estimación de M mediante la ecuación de Taylor (en Borda & Cruz, 2004):

$$M = \frac{2.996}{A_{95\%}} \quad (24)$$

$$A_{95\%} = \left( \frac{2.996}{K} \right) + t_0 \quad (25)$$

#### Mortalidad por pesca (Utilizados para el cálculo de DPUE y modelos bayesianos CMSY)

Básicamente se utilizó la estimación de mortalidad por pesca como la acción ejercida por el hombre en la extracción de un recurso pesquero y está determinada por:

$$F = qf \quad (26)$$

En muchos casos se calculó F teniendo como estimativo inicial la ecuación (13) conociendo Z y M. sin embargo para el desarrollo del modelo de Thompson y Bell se utilizó una interacción para la estimación de la mortalidad por pesca de la siguiente manera:

$$\frac{F}{Z} = \frac{c_{(L1,L2)}}{(N_{(L1)} - N_{(L2)})} \quad (27)$$

$$F = M \frac{\frac{F}{Z}}{1 - \frac{F}{Z}} \quad (28)$$

#### Crterios utilizados para utilizar los índices de mortalidad

Teniendo en cuenta que se contó con varios modelos para estimar la mortalidad total Z y la mortalidad natural se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos teóricos:

Para la estimación de la mortalidad total se generaron una serie de valores utilizando un sistema estadístico de remuestreo con el fin de construir una tabla de resultados la cual se construyó con diferentes simulaciones. Se utilizó la teoría estadística de análisis de varianza y análisis no paramétricos. Para evaluar la validez de los datos utilizados se empleó un nivel de seguridad del 1 y 5% para las diferentes circunstancias que se presentaron en el estudio de acuerdo con la

metodología propuesta por diferentes investigadores (Zar, 1999; Tsokos, 1991; Sokel & Rohlf, 1969; Martínez & Martínez, 1997).

Para la determinación de la mortalidad natural se utilizaron criterios tomados de Cadima (2003):

$$1 \leq M/K \leq 2 \text{ Para peces pequeños}$$

$$2 \leq M/K \leq 3 \text{ Para peces demersales}$$

Sin embargo, el ajuste final se utilizó realizando iteraciones del f terminal con las estimaciones de todos los modelos descritos. De tal manera que ajustes realizados mostraran una estimación desproporcionada en el modelo de crecimiento, por lo que fueron eliminadas; cuando las estimaciones fueron similares, se usó un promedio de los datos estimados y éste fue el que se ingresó en los diferentes modelos.

Debe anotarse que para el caso de los recursos pesqueros marinos se utilizaron los datos de mortalidades reportados por Barreto y otros. (Barreto & Borda, 2008).

Análisis de poblaciones. (utilizado para los modelos bioeconómicos de Thompson y Bell y para el cálculo de Biomosas)

Una vez que se tuvieron evaluados los aspectos de crecimiento y mortalidad se procedió a estructurar medidas de población virtual. El primer método utilizado fue el análisis de cohortes con base en los registros de tallas. Se partió de la estimación de edades relativas con base en las tallas. (Sparre & Vennema, 1997).

$$t(L1) = t_0 - \frac{1}{K} \ln \left[ 1 - \frac{L1}{L\infty} \right] \quad \Delta t = t(L2) - t(L1) = \frac{1}{K} \ln \left[ \frac{L\infty - L1}{L\infty - L2} \right] \quad (29)$$

La fracción de los que sobreviven sobre los que mueren se calculó como:

$$H(L1, L2) = \left[ \frac{L\infty - L1}{L\infty - L2} \right]^{M/2K} \quad (30)$$

La estimación de las capturas se dio mediante la propuesta:

$$C(L1, L2) = N(L1) * \frac{F}{Z} * [1 - e^{(-Z*\Delta t)}] \quad (31)$$

Bajo este esquema se procedió a modelar las pesquerías con base en dos estructuras principales:

El modelo bioeconómico de Thompson y Bell (basado en tallas):

Teniendo como base el intervalo de talla  $i = (L_i, L_{i+1})$  las variables de entrada son:

Mortalidad de pesca calculada utilizando las ecuaciones (27) y (28):

La captura en un intervalo de clase determinado, donde se calculó de acuerdo con:

$$C_i = [N_{(L1)} - N_{(L2)}] \frac{F_i}{Z_i} \quad (32)$$

El peso promedio de los especímenes por intervalo de tallas fue calculado de la siguiente manera:

$$\bar{W}_i = a \left[ \frac{(L_i + L_{i+1})^b}{2} \right] \quad (33)$$

En esta ecuación  $a$  y  $b$  son las constantes de la regresión longitud y peso.

El rendimiento de las capturas esta dado por intervalos los cuales tiene como base:

$$R_i = C_i \bar{W}_i \quad (34)$$

La biomasa media de intervalo se calculó bajo la fórmula:

$$\bar{B}_i \Delta t_i = \bar{N}_i \Delta t_i \bar{W}_i \quad (35)$$

Se valoró el factor alométrico con base en la relación talla longitud, si el parámetro era estadísticamente similar a 3, que equivale a un crecimiento isométrico, se procedió a la aplicación del modelo de rendimiento por recluta (Ricker, 1975; Csirke, 1980; Sparre y Vennema, 1997 y Cubillos, 2001):

$$sb^2 = \frac{1}{n-2} \left[ \left( \frac{sy}{sx} \right)^2 - b^2 \right] \quad (36)$$

$$sa^2 = sb^2 \left[ \frac{n-1}{n} sx^2 + \bar{x}^2 \right] \quad (37)$$

Finalmente, con las ecuaciones integradas en el modelo se puede estudiar la situación particular de recursos que se está estudiando (Figura 2-2).

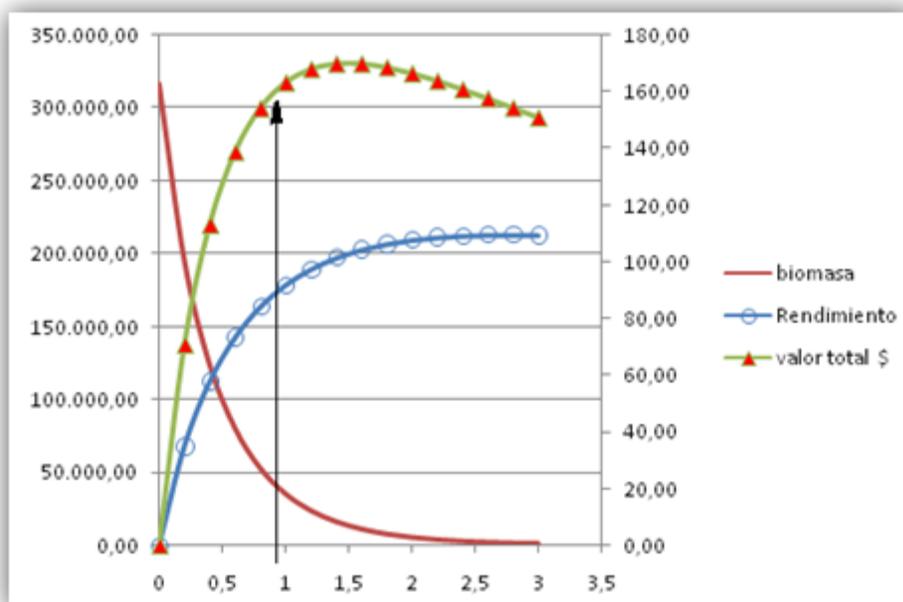


Figura 2-2. Esquema teórico del comportamiento del modelo bioeconómico de Thompson y Bell.

línea continua indica la posición 1 de eje de las ordenadas que es el indicador que muestra la situación actual del recurso, en este caso particular se pudo observar que la línea indica que no se ha alcanzado el Rendimiento Máximo Económico (línea verde con marcador triangular rojo), ni el rendimiento máximo sostenible (Línea azul con marcador transparente).

El modelo bioeconómico de Gordon Schaefer basado en el modelo logístico de crecimiento (Seijo, Defeo, & Salas, 1997).

El modelo requiere de información de captura y esfuerzo (secuencia histórica de la flota industrial registrada), costos fijos y costos variables (para la flota artesanal se usó información por averiguación directa con pescadores artesanales de Tumaco y Buenaventura) con base en la ecuación:

$$\frac{dB}{dt} = rB(t) \left( 1 - \frac{B(t)}{K} \right) \quad (38)$$

Donde  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional,  $B(t)$  biomasa de la población en el tiempo  $t$  y  $K$  es la capacidad de carga del ecosistema.

La captura está dada por:

$$C = qfK \left( 1 - \frac{qf}{r} \right) \quad (39)$$

Para determinar los costos totales de la pesquería se utilizó:

$$CT = \left( \frac{cr \left[ \frac{1-B}{K} \right]}{q} \right) \quad (40)$$

El esfuerzo óptimo se calculó mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{qKr}{2q^2K} \quad (41)$$

Y la captura en rendimiento máximo sostenible se estimó como:

$$C_{MRS} = \frac{Kr}{4} \quad (42)$$

Modelos analíticos de rendimiento por recluta de Beverton y Holt basado en tallas, el esquema utilizado fue el de Ricker (1975) y Sparre & Vennema (1997).

$$Y/R = F * A * w_{\infty} * \left[ \frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z + K} + \frac{3 * U^2}{Z + 2K} - \frac{U^3}{Z + 3K} \right] \quad (43)$$

El cálculo de la anterior ecuación tiene como valor de A:

$$A = \left[ \frac{L_{\infty} - Lc}{L_{\infty} - Lr} \right] \quad (44)$$

Como un complemento para el análisis pesquero de los recursos evaluados se analizó la tasa de explotación como un primer indicador del estado de las poblaciones.

$$E = \frac{F}{Z} \quad (45)$$

#### Análisis de madurez sexual (T.M.)

De todos los datos recopilados se separaron los individuos maduros de los inmaduros y se evaluaron los individuos que presentaron las categorías visuales establecidas, esto es: en maduración, maduros, desovados e inmaduros. Para el análisis de madurez sexual se utilizó la siguiente propuesta, en donde el porcentaje de hembras maduras (%M) en cada intervalo de tallas es igual a la proporción de hembras maduras ( $N_{HM}$ ) sobre hembras totales ( $N_{TH}$ ) (Borda & Cruz, 2004).

$$\%M = \frac{N_{HM}}{N_{TH}} \quad (46)$$

Para el ajuste de regresión entre la marca de clase y la madurez se determinaron las constantes a y b y la talla de madurez (TM) (Roa, Ernst, & Tapia, 1999)

$$TM = \frac{1}{[1 + e^{(a-(b*l))}]} \quad (47)$$

Finalmente, para determinar el valor probabilístico de la talla media de madurez sexual y la edad relativa correspondiente. Igualmente se utilizó la técnica de remuestreo de Montecarlo para definir diferentes escenarios y poder establecer los valores óptimos, para este resultado se utilizando el programa MATSIM VER 1.3 y PASGEAR II (Roa, Ernst, & Tapia, 1999) (Kolding J. , 2009).

De otra parte, se comparó con una prueba estadística de t de Student si existen diferencias significativas entre machos y hembras, para lo cual los resultados fueron evaluados con un nivel de significancia del 5%.

### Modelo bayesiano aplicado a las pesquerías de Colombia

Según consideraciones teóricas las bases fundamentales en la evaluación de los recursos pesqueros de una forma cuantificable es la de poder establecer el estado actual de los stocks que están siendo sometidos a pesquerías. (Punt & Hilbor, 2011).

Es importante considerar que las productividades están siendo directamente determinadas por la acción metabólica de incremento del tejido vivo lo que conlleva a un aumento en la biomasa de una población específica (Allen, 1971), este sistema puede ser considerado como productividad latente, considerado como la tasa instantánea de producción de biomasa P la cual es determinada en un escenario sin pesca y que tiene relación directa con el tamaño del stock. (Sierra Rodríguez, 2004)

$$P(b) = \frac{dB}{dt} \quad (48)$$

Por lo tanto, la producción excedente en función de la ecuación diferencia derivada de (54) en un año determinado está dada por (Sierra Rodríguez, 2004):

$$PE_t = \int_t^{t+1} P(B)dt = B_{t+1} - B_t \quad (49)$$

Pero esta producción excedente debe estar acorde con la situación pesquera del momento por lo tanto una ecuación más realista sobre la producción excedente sería:

$$PE_t = B_{t+1} - B_t + C_t \quad (50)$$

Se plantea esta ecuación como un modelo dinámico ordenado la ecuación (56) para que finalmente se tenga la expresión:

$$B_{t+1} = B_t - C_t + PE_t \quad (51)$$

Con el fin de aplicar tablas de decisiones se partió de la propuesta de ecuación dinámica y se ajustó al siguiente modelo (Punt & Hilborn, 2001):

$$\beta_{t+1} = \frac{\lambda\beta_0(\beta_t - C_t)}{\beta_0 + (\lambda - 1)(\beta_t - C_t)} \quad (52)$$

Como estrategia de cálculo se utilizó una función de captura que tiene como constante la tasa de aprovechamiento  $k$  (Punt & Hilborn, 2001):

$$C_t = kB_t \quad (53)$$

Con el fin de estimar la influencia de las variaciones ambientales el modelo de dinámica poblacional se estimó la biomasa como (Punt & Hilborn, 2001):

$$B_{t+1} = \frac{\lambda B_0 (B_t - C_t) e^{\sigma_v \varepsilon_t}}{B_0 + (\lambda - 1)(B_t - C_t)} \quad (54)$$

En donde  $\sigma_v$  es la variación de la biomasa debido a las fluctuaciones ambientales y  $\varepsilon_t$  es un número aleatorio con distribución normal de media 0 y desviación estándar 1:  $\varepsilon \sim N(0, 1^2)$ .

La función de verosimilitud se construyó con base en el supuesto que los datos son independientes y normalmente distribuidos:

$$L(D|\theta) = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(d_i - \hat{d}_i(\theta))^2}{2\sigma^2}} \quad (55)$$

En donde  $d_i$  es el  $i^{\text{th}}$  dato puntual,  $\hat{d}_i(\theta)$  es el valor estimado del modelo  $d_i$  y  $\sigma$  es la desviación estándar del error observado.

También se utilizó una función de verosimilitud basada en las hipótesis formuladas durante el desarrollo del trabajo bajo el supuesto:

$$L(D|\theta) = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln d_i - \ln \hat{d}_i(\theta))^2}{2\sigma^2}} \quad (56)$$

El fundamento de la regla de Bayes considerada como probabilidad relativa o probabilidad posterior se utilizó con información previa y se fundamenta el planteamiento teórico general (Punt & Hilborn, 2001):

$$\pi(H_i) = \frac{L(D|H_i)p(H_i)}{\sum_j L(D|H_j)p(H_j)} \quad (57)$$

Donde  $\pi(H_i)$  Es la probabilidad posterior de la hipótesis  $i$ ,  $L(D|H_i)$  es la verosimilitud del grupo de datos  $D$  para la hipótesis  $H_i$ , y  $P_i$  Es la probabilidad prior de la hipótesis.

Se consideró la determinación de incluir en la modelación la estimación de dos parámetros  $r$  y  $K$  por lo que el modelo de Bayes fue reajustado como (Punt & Hilborn, 2001):

$$\pi(\theta_{1,i}, \theta_{2,j}) = \frac{p(\theta_{1,i}, \theta_{2,j})L(D|\theta_{1,i}, \theta_{2,j})}{\sum_k \sum_i L(D|\theta_{1,k}, \theta_{2,j})p(\theta_{1,k}, \theta_{2,j})} \quad (58)$$

La distribución posterior es casi imposible determinarla mediante procesos analíticas por lo tanto una serie de métodos numéricos se emplearon para determinar estos aspectos bajo los siguientes términos:

$$\pi(\underline{\theta}) \propto L(D|\underline{\theta})p(\underline{\theta}) \quad (59)$$

Se consideró un modelo único estructural que resumen de forma sencilla los planteamientos Bayesianos para el análisis del recurso (Punt & Hilborn, 2001):

$$B_{t+1} = sB_t + \bar{R} - C_t \quad (60)$$

Donde  $s$  es la tasa de supervivencia del recurso calculada como  $S = e^{-Z}$  y  $\bar{R}$  es el promedio del reclutamiento.

Teniendo en cuenta que los errores de este modelo tienen distribución normal las tasas de biomasa estaría en la siguiente función de verosimilitud:

$$L(D|\underline{\theta}) = \prod_t \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t}} e^{\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln I_t - \ln(qB_t))^2\right)} \quad (61)$$

Donde  $I_t$  es la captura por unidad de esfuerzo para el año  $t$ ,  $q$  es el factor de capturabilidad y  $\sigma$  es la desviación estándar de la capturabilidad.

El investigador Sierra (2001) en su tesis de maestría hace un resumen muy interesante sobre el proceso del algoritmo Bayesiano y su funcionamiento expuesto de la siguiente manera: (Figura 2-3)

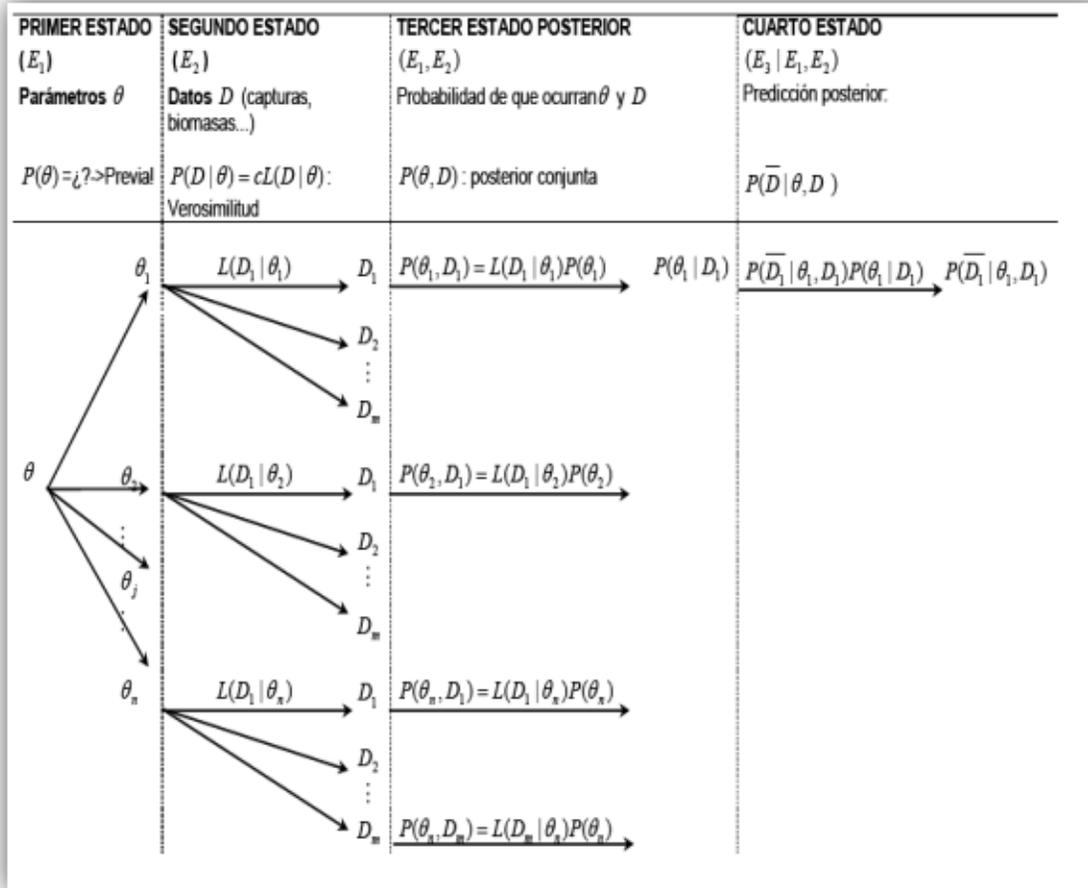


Figura 2-3. Esquema general de la regla de Bayes aplicado a las pesquerías

Sierra Rodríguez (2004) planteó que en un estudio de evaluación de recursos lo primero que se detecta es el segundo estado  $E_2$  debido que el primer evento ya ocurrió  $E_1$ , esto significa que por lo general en la mayoría de las pesquerías los aspectos normales de información disponible se refieren al segundo evento ( $E_2$ ) o sea los datos  $D = (D_1, D_2, D_3, \dots, D_n)$  que por lógica fueron generados mediante un modelo determinado por  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_n)$  que son los parámetros del primer estado. Finalmente, el estado cuatro ( $E_4$ ) representa la solución matemática al modelo general de Bayes.

En el planteamiento descrito en la tabla 1 muestra que el tercer estado ( $E_3$ ) es un evento posterior dado después de que los dos eventos anteriores ocurrieron. Una vez que se tiene la estructura de funcionamiento se pueden realizar inferencias sobre capturas y biomاسas ( $\bar{D}$ ) que es lo que esta propuesto en el estado cuatro de la tabla 1 ( $E_3 | E_1, E_2$ ).

Modelo de estimación de biomاسas bayesianas por frecuencias de longitudes (LBB).

El desarrollo conceptual del modelo parte del planteamiento de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy [1938] tal y como lo planteo Beverton & Holt (1966). De la ecuación (8)

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k[t-t_0]}]$$

Donde  $L_t$  es la longitud a la edad  $t$ ,  $L_\infty$  es la longitud asintótica,  $K$  es la tasa por la cual  $L_\infty$  se acerca, y  $t_0$  es la edad teórica en la longitud cero [Froese, et al. 2018], estos dos últimos parámetros se deducen de la manera tradicional (Gulland, 1966; Csirke, 1980; Gulland J. , 1983; Pauly D. , 1984; Haddon, 2001).

El modelo ya no estima tasas absolutas sino en la tasa de mortalidad natural  $[M]$  en relación con la tasa de crecimiento somático  $[M/K]$  y la tasa de mortalidad por pesca  $[F]$ , en relación con la tasa de crecimiento somático  $[F/K]$ , con el objetivo de estimar la **mortalidad relativa media de la pesca**  $[F/M]$  y la biomasa actual relativa a la biomasa no pescada  $B/B_0$ . (Froese, y otros, 2018).

Para el desarrollo del modelo se partió de algunos supuesto teóricos como fijar una tasa de crecimiento somático  $M/K$  de aproximadamente 1.5, tomado como un valor de referencia para las especies con crecimiento constante que alcanzan el tamaño máximo a la edad máxima [Taylor, 1958; Jensen, 1996, Hordyk et al. 2015, Froese et.al. 2016: tomado de Froese, y otros, 2018]. La abundancia absoluta se calcula mediante la cantidad de individuos estimados relacionados con las variables de crecimiento y mortalidad (Froese, y otros, 2018):

$$\frac{N_L}{\sum N_L} = \frac{\left(\frac{L_\infty - L}{L_\infty - L_{ini}}\right)^{Z/k}}{\sum \left(\frac{L_\infty - L}{L_\infty - L_{ini}}\right)^{Z/k}} \quad (62)$$

Donde  $N_L$  es en número de individuos a una longitud dada,  $Z$  es la tasa instantánea de mortalidad total y  $L_{ini}$  es la longitud inicial en cada intervalo de la estimación.

Finalmente se calcula la probabilidad de sobrevivir a una tasa de longitudes  $L/L_\infty$  como función de cociente de  $M/k$ .

$$P_{L/L_\infty} = \left(1 - \frac{L}{L_\infty}\right)^{M/k} \quad (63)$$

Para estimar la longitud correspondiente a una probabilidad dada se estima como (Froese, y otros, 2018):

$$L_p = \frac{\alpha L_c - \log\left(\frac{1}{P} - 1\right)}{\alpha} \quad (64)$$

Donde  $L_c$  es la longitud al 50% de los individuos retenidos por el arte de pesca y  $\alpha$  define la inclinación de la ojiva de selección (Sparre & Venema, 1997).

Con estas directrices matemáticas se calcula finalmente la curva de captura ajustada a una ecuación diferencial para estimar  $L_\infty$ ,  $L_c$ ,  $\alpha$  M/K Y F/K simultáneamente (Froese, y otros, 2018).

$$N_{L_i} = N_{L_{i-1}} S_{L_i} F \left( \frac{L_\infty - L_i}{L_\infty - L_{i-1}} \right)^{\frac{K}{K+F} S_{L_i}} \quad (65)$$

Donde  $N_{L_i}$  es el número de individuos en la clase de longitud  $L_i$ ,  $N_{L_{i-1}}$  que en resumen es el número en la clase de longitud anterior,  $S_{L_i}$  es la curva de selectividad. Los demás parámetros ya se referenciaron anteriormente.

Algunas estimaciones de parámetros pesqueros fueron estimadas como:

$$L_{opt} = L_\infty \left( \frac{3}{3 + \frac{M}{K}} \right) \quad (66)$$

$$L_{c\_opt} = \frac{L_\infty \left( 2 + 3 \frac{F}{M} \right)}{\left( 1 + \frac{F}{M} \right) \left( 3 + \frac{M}{K} \right)} \quad (67)$$

Froese, y otros, 2018, proponen que para estimar el estado del stock con un nuevo enfoque la tasa de biomasa relativa se calcula como:

$$\frac{B}{B_0} = \frac{\frac{CPUE'}{R}}{\frac{B'_0 > L_c}{R}} \quad (68)$$

#### Modelo de capturas bayesianas CMSY.

El segundo modelo utilizado que se encuentra recientemente desarrollado y es el Monte Carlo [CMSY], utilizado para la estimación de los puntos de referencia de la pesca, por intermedio de las capturas, la resiliencia y la información de estado del stock cualitativo sobre las existencias de datos limitados. También presenta una aplicación del estado-espacio bayesiano del modelo de producción de Schaefer [BSM], fijado para la captura y biomasa, o para los datos de captura por unidad de esfuerzo [CPUE]. (Froese T., Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017).

El método se basa en la relación entre la capacidad de carga del ecosistema [k] frente a la tasa intrínseca de crecimiento poblacional [r], obtenida de una serie histórica de datos de captura, las cuales proceden de las bases de datos [captura y CPUE] de entidades como el INDERENA, el INPA, el ICA, el INCODER y del SEPEC –Servicio Estadístico Pesquero y la de la AUNAP - Autoridad Nacional Acuícola y Pesquera.

En la serie temporal de datos obtenidos es analizada mediante la relación de un espacio temporal bayesiano, que tiene como base el modelo de Schaefer, con el cual se hacen predicciones de las parejas de datos de r y K. Finalmente la dinámica de la biomasa se calcula bajo la ecuación (Froese T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017):

$$B_{t+1} = B_t + r \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) B_t - C_t \quad (69)$$

Donde  $B_{t+1}$  es la biomasa explotada en el año subsecuente t+1,  $B_t$  es la biomasa corriente, y  $C_t$  es la captura en el año t.

Es importante resaltar que cuando el tamaño del stock está severamente agotado, afecta el reclutamiento, se deberá tener en cuenta la disminución lineal del excedente de producción como función del reclutamiento del crecimiento somático y mortalidad natural (Schnute & Richards 2002, en Froese T., Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017) la cual se incorpora si la biomasa cae por debajo de  $\frac{1}{4}$  de K (Froese T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017).

$$B_{t+1} = B_t + 4 \frac{B_t}{K} r \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) B_t - C_t \left| \frac{B_t}{K} < 0.25 \quad (70)$$

El término  $4 \frac{B_t}{K}$  supone una disminución lineal de reclutamiento por debajo de la mitad de la biomasa que es capaz de producir RMS -Rendimiento Máximo Sostenible-.

Finalmente, y como una guía de comparación se adoptó de Froese R., Demirel, Coro, & Winkler [2019] los rangos de biomasa relativa las siguientes referencias que permiten determinar el estado de aprovechamiento de los recursos analizados, y la relación de la Resiliencia con la tasa intrínseca de crecimiento poblacional:

Agotamiento muy fuerte	Agotamiento fuerte	Agotamiento medio	Bajo agotamiento	Casi inexplorado
0.01 - 0.2	0.01- 0.4	0.2 - 0.6	0.4 - 0.8	0.75 - 1.0

Resiliencia	Rango prior r
-------------	---------------

Alta	0.6 - 1.5
Media	0.2 - 0.8
Baja	0.05 - 0.5
Muy baja	0.015 - 0.1

### Estimación de la biodiversidad en el sector pesquero

Este análisis permite establecer la composición de la captura total en número y peso (kg), así como la frecuencia de ocurrencia (FRQ) en la configuración de la flota de pesca artesanal que operó en el área durante los años de muestreo y revisando el tamaño del ojo de malla de las redes de enmalle (es decir, si la especie estaba presente o no, independientemente de la abundancia). Cada uno de estos valores también se expresa en porcentaje del total (no es que la frecuencia de porcentaje de ocurrencia % FRQ no se suma a 100, como el total es el número total de ajustes). Como una medida de la abundancia relativa o carácter común de cada especie (I) en la composición de las capturas, se utiliza un índice de importancia relativa % IRI (Kolding J. , 1989)

$$\%IRI_i = \frac{(\%W_i + \%N_i)\%F_i}{\sum_{j=1}^s (\%W_j + \%N_j)\%F_j} * 100 \quad (71)$$

Donde %W<sub>i</sub> y %N<sub>i</sub> es el peso porcentual y número de cada especie de la captura total, %F<sub>i</sub> es la frecuencia de ocurrencia porcentual de cada especie en el número total de configuraciones, y S es el número total de especies.

Este índice se compatibiliza con el índice de Shannon de diversidad (H´) y la uniformidad relativa (J´) definido mediante la ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i) \quad (72)$$

$$J' = \frac{H'}{H_{MAX}}; \text{ donde } H_{max} = \ln(s) \quad (73)$$

Donde  $P_i$  es la abundancia relativa, es decir, el número de individuos de cada especie dividida por el número total de individuos de todas las especies ( $S$ ) de cada muestra (Begon, Harper, & Townsend, 1990).

### Modelo de series de tiempo ARIMA.

Para los recursos ornamentales que no tiene información disponible se trabajaron grandes grupos que fueron calculados en vigencias anteriores y que soportan las cuotas integrales de este tipo de recursos.

series de tiempo utilizando el modelo de autoregresión Integrada de Medias Móviles ARIMA. Este modelo pretende construir una serie temporal que explique la estructura espacio temporal del comportamiento de la población y prevea su evolución en el tiempo (Ferrán, 2001).

El origen de la metodología de debe a Box y Jenkins que en 1970 desarrollaron un sistema que se explicara por sí solo sin variables exógenas ya que utilizando información meramente histórica es capaz de hacer modelación del comportamiento futuro de cualquier sistema (Arce y Mahia, 2005).

La función de autocorrelación está definida como (Ferrán, 2001).

$$\rho(t, k) = \text{Corr}(X_t, X_{t+k}) \quad (74)$$

En donde  $k$  es la función de retardos entre los valores absolutos de  $t - t'$ .

La correlación entre  $X_t$  y  $X_{t+k}$  depende únicamente de los retardos que las separan:

$$\rho(t, k) = \rho_k \quad (75)$$

Proceso autoregresivo de orden AR ( $p$ ):

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t + c \quad (76)$$

Donde  $a_t$  es el ruido blanco.

El operador retardo  $B$ :

$$BX_t = X_{t-1}, \dots, B^k X_t \quad (77)$$

De donde se puede platear que

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p \quad (78)$$

Proceso de media móvil de orden q

$$X_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} + c \quad (79)$$

Proceso autoregresivo de media móvil ARMA (p, q)

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p \quad (80)$$

Proceso autoregresivo integrado de medias móviles ARIMA (p, d, q)

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \nabla^d X_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t + c \quad (81)$$

Proceso autoregresivo de medias móviles estacionales ARIMA (p, d, q) (P,D,Q).

$$\phi_P(B^S) \phi_p(B) (1 - B)^d (1 - B^S)^D X_t = \theta_Q(B^S) \theta_q(B) a_t + c \quad (82)$$

Herramientas de ayuda.

Finalmente, para aquellos recurso que cuyos límites de seguridad no se pudieron aplicar para determinar la cuota de pesca se utilizó el 10% de la pendiente del modelo que da un punto de referencia objetivo.

## CAPÍTULO III

### 3. Análisis de biodiversidad en los muestreos realizados

#### 3.1 Comparación entre las biomásas agrupadas por tallas entre los años 2007 – 2019

Para generar un análisis con enfoque holístico se describe en este capítulo el impacto de la pesca en la biomasa de los principales recursos de cada cuenca basados en las tallas, a fin de tener elementos de análisis para la definición de las cuotas.

Como un antecedente sobre el comportamiento de los recursos pesqueros se compararon las biomásas por grupos de tallas entre los años 2007 a 2019. Se acogieron estos dos años por representar una diferencia en tiempo y porque estos dos años mostraron tener la más completa información que pueda hacer una comparación en tiempo de las pesquerías de Colombia.

De la misma manera las comparaciones se hicieron por cuencas para mostrar cómo se comportaron las pesquerías por ecosistemas, esta estructura se utilizó teniendo en cuenta los reportes en puerto tanto de talla como en peso; por lo tanto, la misma es una muestra de los datos tomados por los encuestadores en puerto y no representa la composición de las capturas.

Para los siguientes análisis se utilizaron las ecuaciones (71), (72) y (73)

##### 3.1.1 Cuenca de Pacífico:

El grupo de recursos analizado presentó diferentes especies entre los años comparados, mientras que para el 2007 la predominancia estuvo entre los rangos de tallas entre 26 a los 70 cm de Lt., para el 2021 este rango se amplió entre los 23 a los 138 cm de Lt., por lo que se aprecia que en esta cuenca la demanda de los recursos naturales no ha presionado demasiado mostrando que las poblaciones de peces tiene una ligera recuperación; aunque se debe destacar que siempre las capturas están soportadas por las especies de menor tamaño.(Figura 3-1, Figura 3-2, Tabla 3-2)

Analizando de manera individual las especies que aportaron las mayores biomásas por tallas fueron, para el 2007, la barracuda (*Sphyraena ensis*), la corvina (*Cynoscion sp*), la sierra (*Scomberomorus sierra*), el bravo (*Seriola lanandei*) y el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*). Para el 2019 la composición cambia y los aportes en biomásas por grupos de tallas fue para el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), para el pargo (*Lutjanus novemfasciatus*), para el pargo chino (*Lutjanus guttatus*), estos cambios en el tipo de especies muestran los cambios que el ecosistema tiene en la composición de las estructuras poblacionales. (Figura 3-1, Figura 3-2, Tabla 3-1, Tabla 3-2)

Todas las especies del Pacifico

Nota solamente se muestran las especies mas importantes

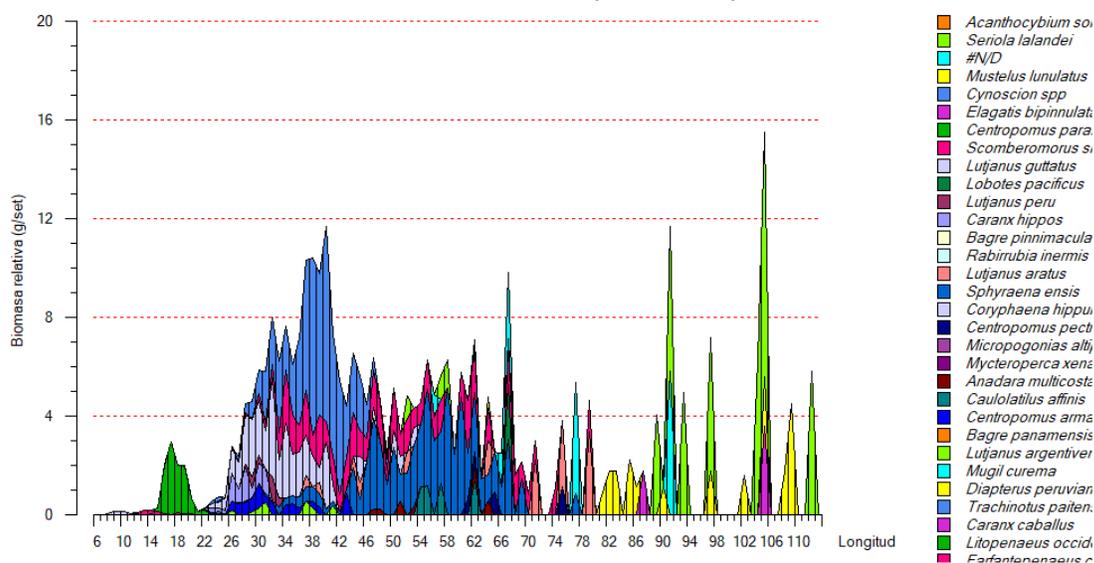


Figura 3-1. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Pacifico durante el año 2007. Fuente CCI

Tabla 3-1. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca del Pacifico colombiano durante el año 2007. Fuente CCI

Especies	Total	Promedio L (mm)	MAX L(cm)
<i>Sphyraena ensis</i>	140.8	504	78.2
<i>Cynoscion spp</i>	136.2	388	107.5
<i>Scomberomorus sierra</i>	102.9	478	99
<i>Seriola lalandei</i>	100.3	826	116
<i>Lutjanus guttatus</i>	75.1	374	95.4
<i>Mustelus lunulatus</i>	48.9	880	109
<i>sin identificar</i>	34.4	744	115.5
<i>Lutjanus aratus</i>	27.9	481	79.2
<i>Litopenaeus occidentalis</i>	22.1	148	24
<i>Centropomus armatus</i>	14	377	52.5
<i>Caranx hipos</i>	13.1	336	92.1
<i>Elagatis bipinnulata</i>	12	583	105
<i>Caulolatilus affinis</i>	10.9	573	62.4
<i>Centropomus pectinatus</i>	7.3	409	75.3
<i>Anadara multicostata</i>	5.4	481	64.7
<i>Lutjanus argentiventris</i>	5.1	325	41.2
<i>Lobotes pacificus</i>	5	566	94.5
<i>Lutjanus peru</i>	5	500	93.5
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	1.5	145	20.2



Especies	Total	Promedio L (mm)	MAX L(cm)
<i>Solenocera agassizii</i>	1.1	97	15.4
<i>Trachinotus paitensis</i>	0.2	261	32.7
<i>Acanthocybium solandri</i>		1027	117.5
<i>Centropomus parallelus</i>		988	103.5
<i>Bagre pinnimaculatus</i>		776	92
<i>Rabirrubia inermis</i>		807	88
<i>Coryphaena hippurus</i>		477	76.6
<i>Micropogonias altipinnis</i>		430	72.2
<i>Mycteroperca xenarcha</i>		525	67
<i>Bagre panamensis</i>		340	46
<i>Mugil curema</i>		295	34.2
<i>Diapterus peruvianus</i>		275	33.9
<i>Caranx caballus</i>		256	27.4
Total	769.2	417	117.5

Todas las especies deL PACIFICO

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

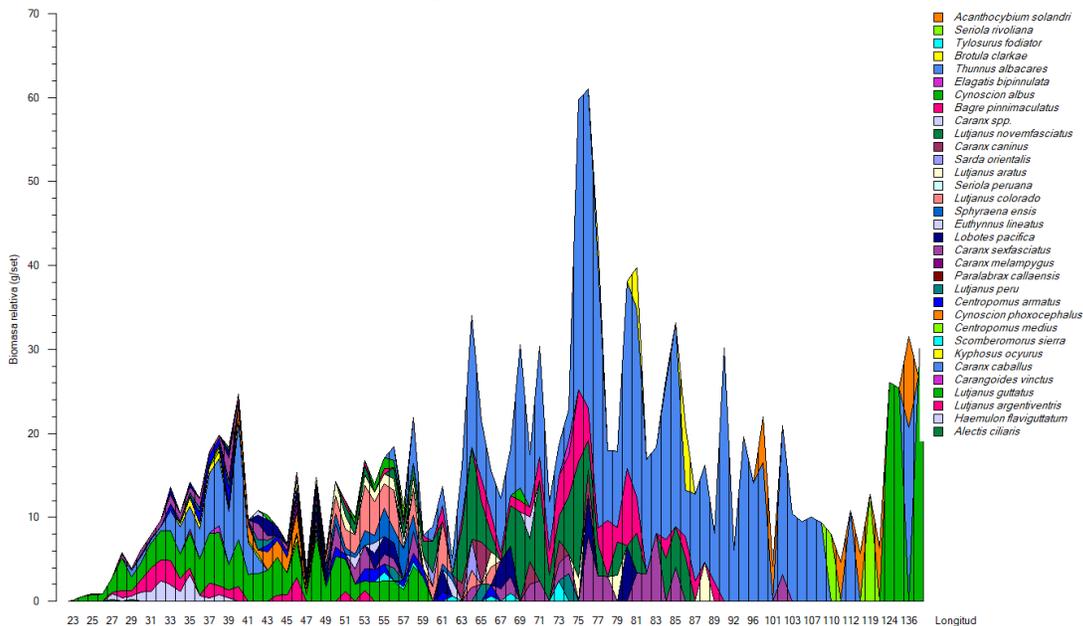


Figura 3-2. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Pacifico durante el año 2021. Fuente SEPEC

Tabla 3-2. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca del Pacífico colombiano durante el año 2019. Fuente SEPEC.

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Acanthocybium solandri</i>	37.1	1129	136.7
<i>Seriola rivoliana</i>	22.1	955	119
<i>Tylosurus fodiator</i>	0.6	845	84.5
<i>Brotula clarkae</i>	15.1	824	86
<i>Thunnus albacares</i>	550.1	789	136
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1.8	748	74.8
<i>Cynoscion albus</i>	84.5	732	138.1
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	77.5	724	89.9
<i>Caranx spp.</i>	2.6	706	70.6
<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	126	686	86.9
<i>Caranx caninus</i>	16.5	660	76.3
<i>Sarda orientalis</i>	5.3	632	64.6
<i>Lutjanus aratus</i>	25.2	591	88.4
<i>Seriola peruana</i>	1.1	572	57.2
<i>Lutjanus colorado</i>	39	558	66.7
<i>Sphyraena ensis</i>	18.4	543	62.5
<i>Euthynnus lineatus</i>	5.1	528	62
<i>Lobotes pacifica</i>	38.2	502	80.8
<i>Caranx sexfasciatus</i>	78.4	500	102
<i>Caranx melampygus</i>	1.1	464	46.4
<i>Paralabrax callaensis</i>		450	45
<i>Lutjanus peru</i>	11.7	448	74.4
<i>Centropomus armatus</i>	21.9	441	66.4
<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	14.5	436	48.7
<i>Centropomus medius</i>	2.3	407	48.5
<i>Scomberomorus sierra</i>	7	386	73.8
<i>Kyphosus ocyurus</i>	4.7	377	46.3
<i>Caranx caballus</i>	56.4	376	48.1
<i>Carangoides vinctus</i>	1.1	373	38.2
<i>Lutjanus guttatus</i>	113.5	372	59.7
<i>Lutjanus argentiventris</i>	26	348	53.5
<i>Haemulon flaviguttatum</i>	14.7	329	39.8
<i>Alectis ciliaris</i>	0.3	284	29.7
Total	1420	493	138.1

### 3.1.2 Cuenca de Caribe

La comparación entre los dos años mostró que la diferencia entre el 2007 y el 2019 es tangible ya que mientras el año 2007 la mezcla de especies fue alta y desigual para el año 2019 fue mucho más uniforme. El rango de tallas estuvo, para el 2017 concentrada entre los 16 a los 91 cm de Lt., mientras que para el 2019, este rango estuvo entre los 15 a los 91 cm de Ls., pero con una diferencia y es que para el primer año se tuvieron peces que alcanzaron 210 cm de Ls., mostrando una ligera decadencia en cuanto a los organismos de mayor tamaño. (Figura 3-3, Figura 3-4, Tabla 3-3. Tabla 3-4)

Las especies más predominantes, en biomasa por tallas y por muestreo, en este estudio fueron, para el 2007 el róbalo (*Centropomus undecimalis*) el jurel (*Caranx hippos*), sable (*Trichiurus lepturus*), sierra (*Scomberomorus regalis*), sábalo (*Tarpón atlanticus*) sierra común (*Scomberomorus caballa*) y la langosta (*Panulirus argus*), para el 2021 hay cambios en la composición se mantiene la supremacía del róbalo (*C. undecimalis*), seguido por la lisa (*Mugil incilis*), por el jurel (*Caranx crysos*), el Sábalo (*Megalops atlanticus*), la sierra (*Scomberomorus cavalla*) y la corvina (*Haemulon Plumieri*), en general se puede considerar que la composición de las capturas se ha mantenido más o menos estable. (Figura 3-3, Figura 3-4, Tabla 3-3, Tabla 3-4).

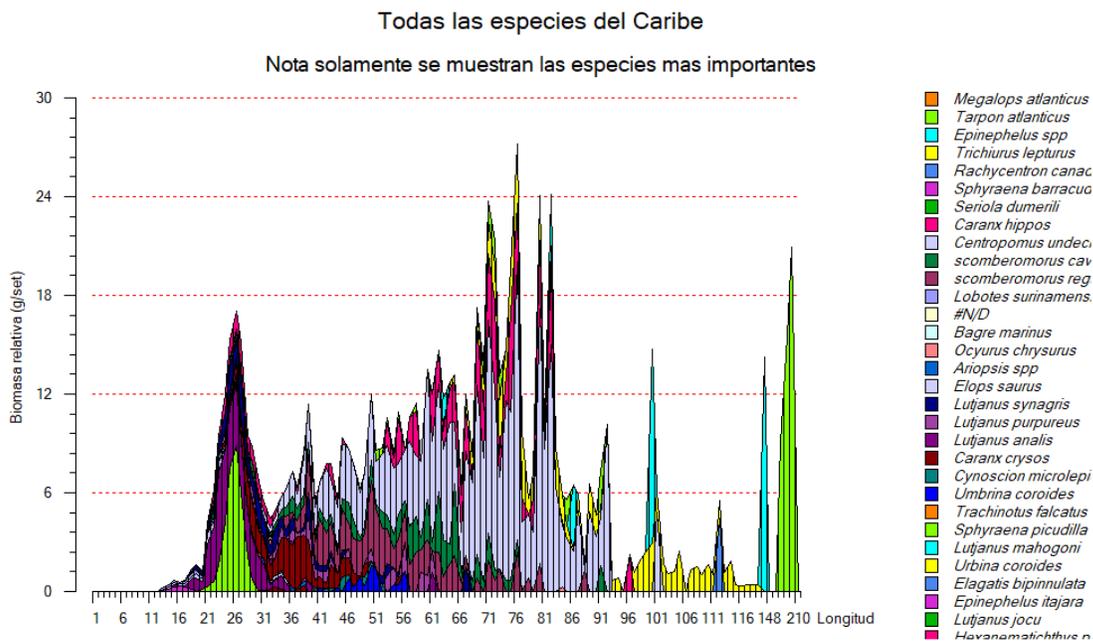


Figura 3-3. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Caribe durante el año 2009. Fuente CCI

Tabla 3-3. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca del Pacífico colombiano durante el año 2007. Fuente CCI.

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Centropomus undecimalis	311.1	550	101
Caranx hippos	80.4	359	101.5
Trichiurus lepturus	74.1	803	120.1
scomberomorus regalis	69.4	489	88
Tarpon atlanticus	57.5	807	198
scomberomorus cavalla	48.4	436	96
Panulirus argus	40.3	243	39.5
Epinephelus spp	34.9	926	170
Caranx crysos	34.8	291	69
Selar crumenophthalmus	31.9	258	30.5
Lutjanus synagris	22.8	273	73.1
Lutjanus purpureus	17.2	344	71.4
Umbrina coroides	7.6	498	56
Rachycentron canadum	4.4	1120	112
Menticirrhus sp	2.9	207	41.3
Cynoscion microlepidotus	2.8	453	57
Conodon nobilis	2.5	196	45
Lutjanus analis	2.4	324	70.5
Centropomus ensiferus	1.7	277	42
Litopenaeus schmitti	1.3	154	21.5
Macrodon ancylodon	1.1	341	39
Ocyurus chrysurus	0.8	349	84
Sarda sarda	0.8	269	46
#N/D	0.6	292	85.3
Pomadasys corvinaeformis	0.6	282	46
Trachinotus falcatus	0.3	341	55.3
Lutjanus griseus	0.3	236	45.4
Megalops atlanticus		805	210
Sphyraena barracuda		709	106
Seriola dumerili		924	105
Lobotes surinamensis		487	88
Bagre marinus		517	84.5
Ariopsis spp		726	83
Elops saurus		508	81
Sphyraena picudilla		422	51
Lutjanus mahogoni		349	50.5
Urbina coroides		214	49
Elagatis bipinnulata		392	48
Epinephelus itajara		369	48
Lutjanus jocu		360	47
Hexanematichthys proops		375	46
Mugil incilis		262	44.3
Mugil liza		434	43.5
Hexanematichthys bonillai		335	42.3
Cynoscion macrodon		321	41
Euthynnus alletteratus		317	40
Sphyraena guachancho		304	36.2
Chaetodipterus faber		195	34.5
Eugerres plumieri		255	31
Chloroscombrus chrysurus		218	29
Kyphosus incisor		238	24.9
Thunnus obesus		231	23.1
Farfantapenaeus brasiliensis		97	20
Gerres cinereus		171	20
Xiphopenaeus kroyeri		75	10.4
Melongena melongena		60	9.3
Crassostrea rhizophorae		49	6.5
Anomalocardia brasiliana		21	2.9
Total	853	397	210

Todas las especies del CARIBE

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

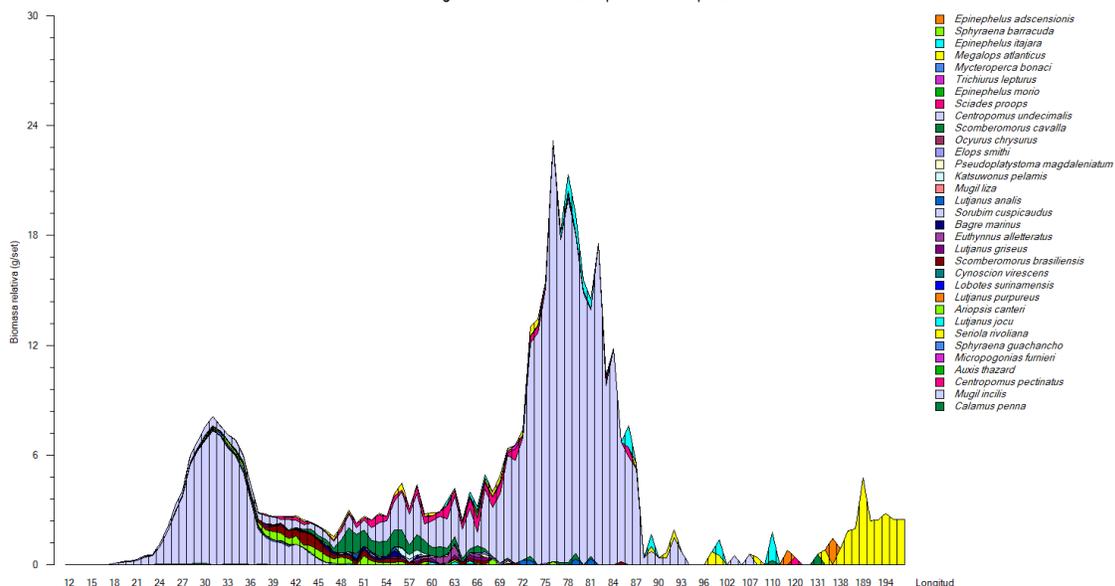


Figura 3-4. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Caribe durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Tabla 3-4. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca del Caribe colombiano durante el año 2021. Fuente SEPEC

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Epinephelus adscensionis</i>	2.2	937	136
<i>Sphyræna barracuda</i>		866	86.6
<i>Epinephelus itajara</i>	8.5	807	110.3
<i>Megalops atlanticus</i>	30.2	792	197.3
<i>Mycteroperca bonaci</i>		732	73.2
<i>Trichiurus lepturus</i>	1.3	719	86.6
<i>Epinephelus morio</i>	0.3	660	66
<i>Sciades proops</i>	12.5	637	120
<i>Centropomus undecimalis</i>	268.9	631	107
<i>Scomberomorus cavalla</i>	15.6	623	131.5
<i>Ocyurus chrysurus</i>		610	61
<i>Elops smithi</i>	0.7	605	75.6
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	0.6	592	70.3
<i>Katsuwonus pelamis</i>	1.1	550	59.1
<i>Mugil liza</i>	0.2	531	55.2
<i>Lutjanus analis</i>	1.8	526	81.5
<i>Sorubim cuspidatus</i>	0.9	508	60.4
<i>Bagre marinus</i>	1.7	507	58.3



Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Euthynnus alletteratus	2.2	499	66.7
Lutjanus griseus	1.6	462	67.2
Scomberomorus brasiliensis	7.8	460	85
Cynoscion virescens		454	45.4
Lobotes surinamensis		430	44.7
Lutjanus purpureus		392	62.7
Ariopsis canteri	7.6	391	76.3
Lutjanus jocu	0.8	383	65.2
Seriola rivoliana	0.2	357	41.5
Sphyaena guachancho	1.4	352	65.7
Micropogonias furnieri	0.3	341	48.3
Auxis thazard	0.1	339	34.8
Centropomus pectinatus	0.1	323	35.2
Mugil incilis	74.2	298	48
Calamus penna	0.6	289	38.9
Caranx hippos	23.4	279	87.5
Trachinotus carolinus	0.1	274	28.7
Trachinotus falcatus	0.1	274	29.5
Selar crumenophthalmus	0.9	273	29.8
Caranx crysos	30.8	268	51.5
Lutjanus synagris	11.9	268	50.2
Caranx bartholomaei	0	267	26.7
Macrodon ancylodon	0.1	264	27.9
Menticirrhus littoralis	0	263	26.3
Conodon nobilis	0.1	262	29.5
Caranx latus	0.4	255	70.7
Nebris microps		246	25.6
Haemulon plumieri	15.2	246	37.2
Haemulon bonariense	0.8	245	28.3
Cathorops mapale	3.2	239	30.3
Centropomus ensiferus	3.1	236	33.1
Rhomboplites aurorubens	0.1	233	24.5
Oligoplites saurus	0	233	26.7
Mugil curema	0.1	224	26.5
Haemulon steindachneri	0.8	217	24.5
Chloroscombrus chrysurus	0.1	206	22.4
Eugerres plumieri	1.4	190	33.5
Chaetodipterus faber	0	185	18.5
Total	535.7	338	197.3

### 3.1.3 Cuenca del Magdalena

La arteria fluvial más importante del país es la comprendida por el complejo hídrico de los ríos Magdalena y Cauca. Esta es el centro de desarrollo económico y social ya que comprende casi el 80% de los habitantes de Colombia. Desde el punto de vista geográfico influencia a 18 de departamentos y 728 municipios.

Revisada la estructura de biomasa por tallas se encontró una gran diferencia entre los años 2007 a 2021, en el primero la estructura de las muestras presentó un amplio cubrimiento en la distribución de las especies, aunque hay un grupo principal entre los 18 a los 66 cm de Ls., se nota que las especies de mayor tamaño estuvieron ampliamente representadas; mientras que para el 2021 la composición se reduce a un grupo predominante entre los 14 a los 151 cm de Ls., la dominancia de las tallas menores está cumpliendo con el comportamiento de las pesquerías de agua dulce descrito para África en las evaluaciones de estos recursos de agua dulce (Jul-Larse, Kolding, Overa, Raakjaer Nielsen, & van Zwieten, 2003), este tipo de situaciones se ve la influencia de los cambios en la disponibilidad de los recursos, que indican claramente que después de algún tiempo las pesquerías terminan siendo afectada por las tallas menores. (Figura 3-5, Figura 3-6, Tabla 3-5, Tabla 3-6)

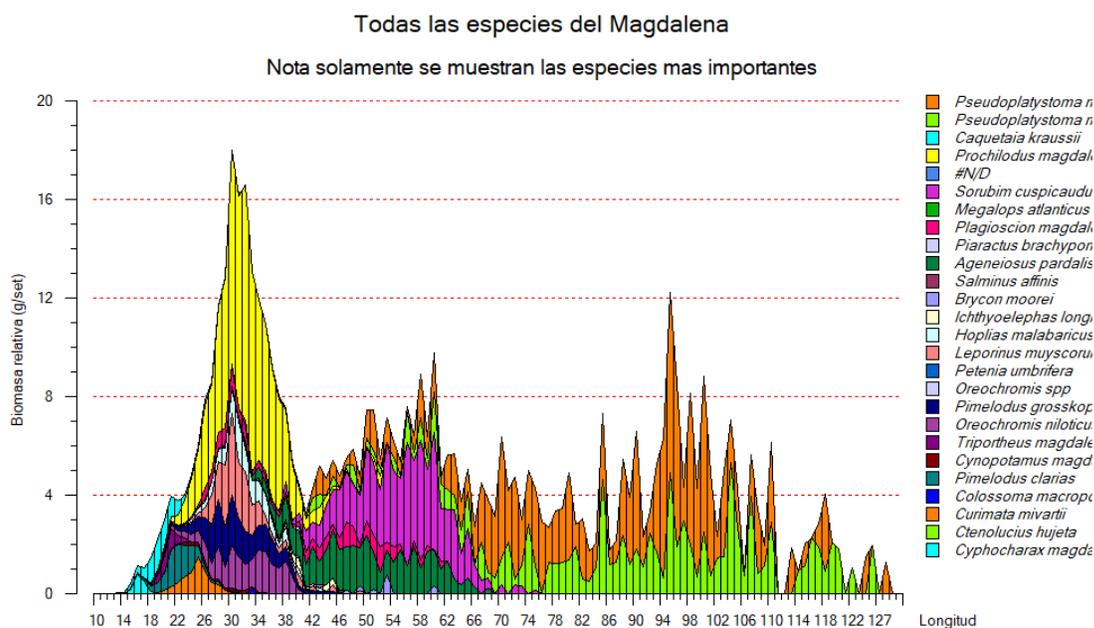


Figura 3-5. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Magdalena durante el año 2007. Fuente CCI.

Para el 2007 la importancia en la evaluación de las biomasa por tallas fue para el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*), la doncella (*Ageneiosus pardalis*), que representaron el 65% de las biomasa. Los cambios que se dieron para el año 2020 consistió en que el recurso más importante

fue el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), seguido por el bagre rayado (*P. magdaleniatum*), el nicuro (*Pimelodus grosskopfii*), ingresa a este sistema la aparición de la tilapia como una especie exótica (*Oreochromis niloticus*), indicando que las especies que se le adicionan al ecosistema puede llegar a ser parte importante del ecosistema (Figura 3-5, Tabla 3-5)

Tabla 3-5. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la cuenca del Magdalena colombiano durante el año 2007. Fuente CCI.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	170	679	138
<i>Prochilodus magdalenae</i>	90.4	298	110.5
<i>Sorubim cuspidatus</i>	66.9	520	85.7
<i>Ageneiosus pardalis</i>	40.1	419	72
<i>Pimelodus grosskopfii</i>	19.3	298	45.9
<i>Leporinus muyscorum</i>	18.3	295	49
<i>Oreochromis niloticus</i>	18.1	299	44
<i>Plagioscion magdalenae</i>	15.2	356	77
<i>Hoplias malabaricus</i>	10.5	317	52.4
<i>Pimelodus clarias</i>	7.9	205	34
<i>Caquetaia kraussii</i>	6.6	197	117.8
<i>Curimata mivartii</i>	6	238	31
<i>Brycon moorei</i>	2.4	449	65.4
<i>Triportheus magdalenae</i>	2.4	209	43.5
<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	1.8	377	58.5
<i>Cyphocharax magdalenae</i>	1.6	165	19.5
<i>Cynopotamus magdalenae</i>	1.4	246	38
<i>Piaractus brachypomus</i>	0.3	521	74.5
<i>Colossoma macropomum</i>	0.2	330	33
<i>Salminus affinis</i>	0.1	272	68.4
sin indentificar		765	87.6
<i>Megalops atlanticus</i>		731	84
<i>Petenia umbrifera</i>		307	49
<i>Oreochromis spp</i>		298	49
<i>Ctenolucius hujeta</i>		249	30.2
Total	565.1	333	138

Todas las especies de L MAGDALENA  
Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

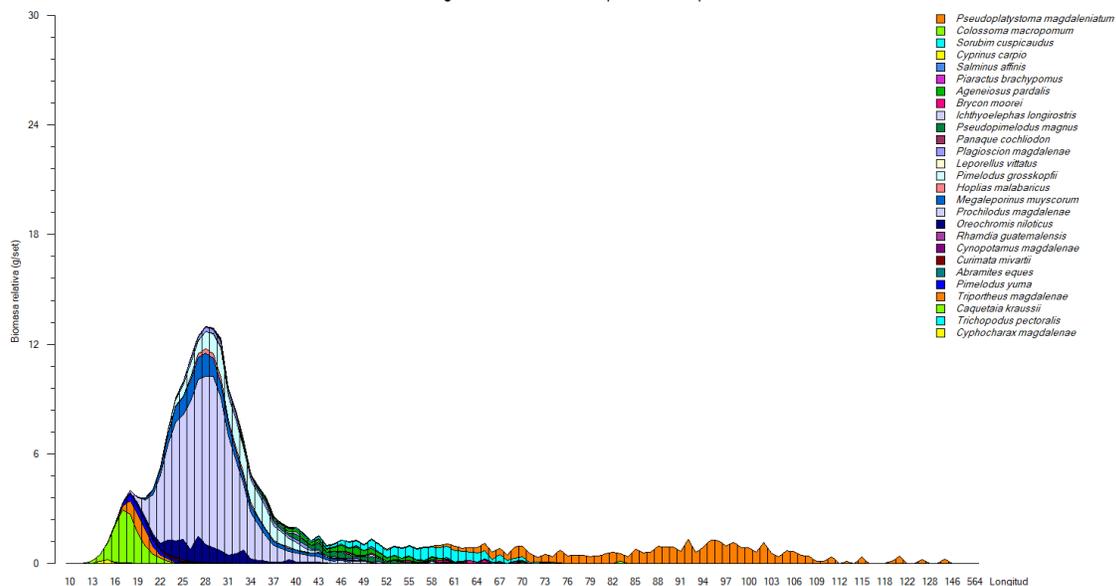


Figura 3-6. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Magdalena durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Tabla 3-6. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la cuenca del Magdalena colombiano durante el año 2021. Fuente CCI.

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	32.6	759	146.1
<i>Colossoma macropomum</i>	0.2	543	89.3
<i>Sorubim cuspicaudus</i>	11.2	543	564
<i>Cyprinus carpio</i>	0	487	48.7
<i>Salminus affinis</i>	1	463	73.2
<i>Piaractus brachypomus</i>	0.1	461	65.8
<i>Ageneiosus pardalis</i>	4.6	453	75.3
<i>Brycon moorei</i>	1.6	429	70.8
<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	1.2	420	62.7
<i>Pseudopimelodus magnus</i>	5.1	401	74.8
<i>Panaque cochliodon</i>	0	368	36.8
<i>Plagioscion magdalenae</i>	4.3	340	73.8
<i>Leporellus vittatus</i>	0.1	305	38.4
<i>Pimelodus grosskopfii</i>	17.3	303	48.2
<i>Hoplias malabaricus</i>	2.6	299	43.2
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	12.7	277	51.3
<i>Prochilodus magdalenae</i>	95.2	271	227.4

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Oreochromis niloticus</i>	11.4	258	44.2
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	0	257	30.3
<i>Cynopotamus magdalenae</i>	0.3	247	35.4
<i>Curimata mivartii</i>	0.6	230	28.5
<i>Abramites eques</i>	0	206	21.1
<i>Pimelodus yuma</i>	2.3	202	31.6
<i>Triportheus magdalenae</i>	3.8	196	28.6
<i>Caquetaia kraussii</i>	12.6	175	32.8
<i>Trichopodus pectoralis</i>	0.1	166	20.6
<i>Cyphocharax magdalenae</i>	0.4	151	17.7
Total	221.5	282	564

### 3.1.4 Cuenca del Amazonas

Aunque la influencia de Colombia sobre el río Amazonas es muy baja, si tiene influencia en los ríos tributarios río Putumayo, el Caquetá y el Vaupés. Las diferencias entre el 2007 y el 2021, son bastante claras, ya que para el 2007, los muestreos mostraron la diferencia entre las diferentes especies, ya que las capturas fueron casi que dirigidas hacia tallas específicas, que mostraron como las artes de pesca utilizados en esos años tenían un sistema de selectividad muy diferenciadas, mientras que ese comportamiento se pierde para el 2021, donde las artes de pesca son más uniformes; este sistema mostró como las mediciones de biomasa tuvieron cambios importantes, puesto que los rendimientos para el 2007 fueron un 80% superiores a los registrados para el 2021. De la misma manera, el rango de tallas fue más estrecho en el 2009 con un rango entre 10 a 100 cm de Ls., ya para el 2021 este rango se amplió entre 16 a 192 cm de Ls., y una concentración de los grupos de especies en las tallas 93 a 133 cm de Ls., este aumento en el sistema muestra que las pesquerías están en una fase de ascenso con un desarrollo más acelerado. (Figura 3-7, Figura 3-8, Tabla 3-7, Tabla 3-8)

De otra parte, para el 2007, el 87% de la biomasa muestreada se concentró en el valentón (*Brachyplatystoma filamentosum*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), tucunaré (*Cicla* sp) y el guaracu (*Leporinus* sp.). esta estructura cambio diametralmente para el 2021 ya que se pasó de un reporte de 16 especies a un reporte de 50; donde el 80% de los muestreos en biomasa se dieron para el bagre rayado (*Pseudoplatystoma punctifer*), dorado plateado (*Brachyplatystoma filamentosum*), el amarillo (*Zungaro zungaro*), el bagre tigre (*Pseudoplatystoma tigrinum*) (Figura 3-7, Tabla 3-7).

Todas las especies del Amazonas

Nota solamente se muestran las especies mas importantes

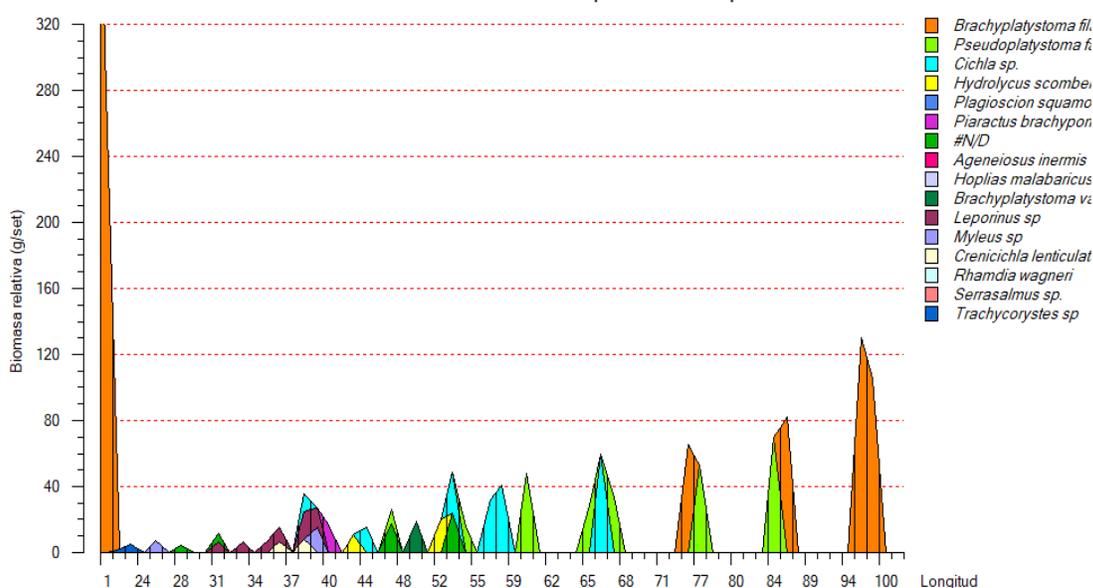


Figura 3-7. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Amazonía durante el año 2007. Fuente CCI.

Tabla 3-7. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la Amazonía colombiano durante el año 2007. Fuente CCI.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Brachyplatystoma filamentosum	661.3	841	114
Pseudoplatystoma fasciatum	256.6	662	95
Cichla sp.	182.7	580	70
Leporinus sp	58	332	39
sin identificar	50.5	398	53
Hydrolycus scomberoides	31.2	525	63
Myleus sp	22.3	288	39
Brachyplatystoma vaillantii	18.6	490	49
Piaractus brachypomus	16.4	420	60
Crenicichla lenticulata	15	370	38
Trachycorystes sp	7	215	22
Plagioscion squamosissimus		630	63
Ageneiosus inermis		443	52
Hoplias malabaricus		460	50
Rhamdia wagneri		325	37
Serrasalmus sp.		300	30
Total	1319.6	536	114

Todas las especies de la MAGDALENA

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

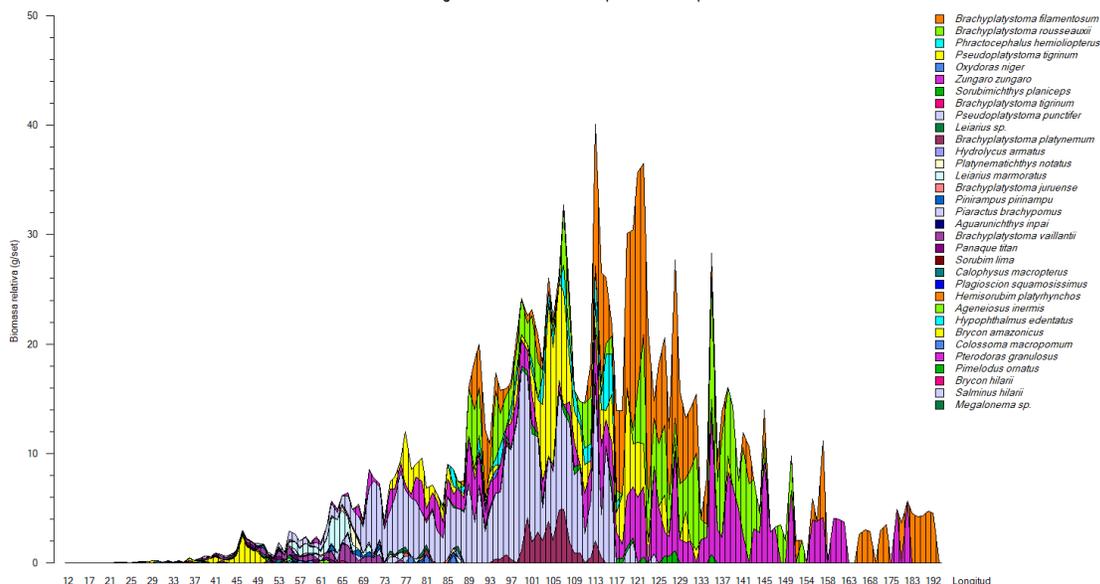


Figura 3-8. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Amazonía durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Tabla 3-8. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la Amazonía colombiano durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	297.3	1210	193.1
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	210	1152	152.5
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	38.5	1035	126.1
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	149.1	1001	138.4
<i>Oxydoras niger</i>	1.3	970	103.6
<i>Zungaro zungaro</i>	253.1	957	182.1
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	14.5	917	135.7
<i>Brachyplatystoma tigrinum</i>	1.4	834	96.2
<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>	326.9	802	124.3
<i>Leiarius sp.</i>	2.2	741	87.9
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	39.2	739	114
<i>Hydrolycus armatus</i>	0.7	699	87.9
<i>Platynematichthys notatus</i>	3.3	666	86.3
<i>Leiarius marmoratus</i>	18.8	658	87.6
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	1.5	656	87.4
<i>Pinirampus pinirampu</i>	4.3	635	88.2
<i>Piaractus brachypomus</i>	6.1	619	82.9
<i>Aguarunichthys inpai</i>	0.7	555	68.9



Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	13.9	549	76
<i>Panaque titan</i>	2.4	529	77.3
<i>Sorubim lima</i>	0.3	504	60.5
<i>Calophysus macropterus</i>	1.3	500	68.4
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	0.7	498	68.8
<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	0.5	482	61.6
<i>Ageneiosus inermis</i>	1.2	424	64.9
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	0.1	420	45.5
<i>Brycon amazonicus</i>	10.1	411	57.6
<i>Colossoma macropomum</i>	3.6	405	86.5
<i>Pterodoras granulosus</i>	0.6	402	54.6
<i>Pimelodus ornatus</i>		401	46.5
<i>Brycon hilarii</i>	0.5	391	65.3
<i>Salminus hilarii</i>	0.1	371	50.1
<i>Megalonema sp.</i>	0.1	371	42.2
<i>Cichla monoculus</i>	0.5	343	45.8
<i>Myloplus schomburgkii</i>	0.2	327	33.1
<i>Hoplias malabaricus</i>	1.1	322	39.1
<i>Megaleporinus trifasciatus</i>	0.2	320	40.1
<i>Mylossoma aureum</i>	0.3	313	33.4
<i>Leporinus subniger</i>	0.5	313	37.8
<i>Prochilodus nigricans</i>	2.9	298	49.5
<i>Schizodon fasciatus</i>	1.4	294	39.2
<i>Prochilodus rubrotaeniatus</i>	23.3	293	45.6
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	0.1	265	29.3
<i>Brycon melanopterus</i>	1.6	261	42.5
<i>Astronotus ocellatus</i>	2	245	28.6
<i>Pimelodus blochii</i>	0.2	241	32.6
<i>Potamorhina altamazonica</i>	0.3	230	24.8
<i>Semaprochilodus insignis</i>	0.5	225	27.1
<i>Mylossoma albiscopum</i>	4.8	214	35.7
<i>Myloplus asterias</i>	0.1	189	21.1
Total	1444.2	539	193.1

### 3.1.5 Cuenca del Atrato

Este sistema ecológico cobra importancia desde que la región del Choco es considerada como una de las zonas de mayor biodiversidad del planeta, por ello se consideró evaluar el impacto de las biomasas por grupos de tallas. Para el 2007 la composición del sistema fue bastante uniforme con un rango de tallas entre los 22 a los 55 cm de Ls., este rango se amplía para el 2019 entre los 20 a los 73 cm de Ls., (Figura 3-9, Figura 3-10,

Tabla 3-9, Tabla 3-10).

En cuanto a la composición de las especies el 2007 de las 6 especies muestreadas el bocachico (*P. magdalenae*), el moncholo (*Hoplias malabaricus*) y la doncella (*Ageneiosus pardalis*) representaron el 77% de la biomasa muestreada; esta composición cambio para el 2021 la diversidad aumento y por lo tanto el 93% de los recursos estuvieron concentrados en el bocachico (*P. magdalenae*), la mueluda (*Megaleporinus muyscorum*), moncholo (*Hoplias malabaricus*), doncella (*Ageneiosus pardalis*) y la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussi*) (Figura 3-9,

Tabla 3-9).

Todas las especies del Atrato

Nota solamente se muestran las especies mas importantes

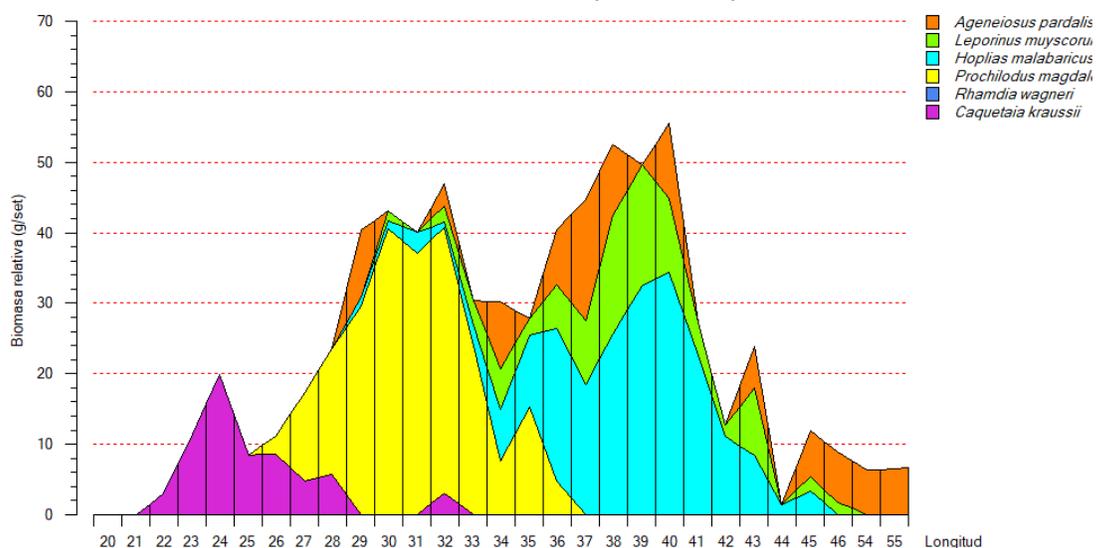


Figura 3-9. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Atrato durante el año 2007. Fuente CCI.

Tabla 3-9. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca del Atrato colombiano durante el año 2007. Fuente CCI.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Prochilodus magdalenae	229.6	303	37
Hoplias malabaricus	206	377	45.1
Ageneiosus pardalis	100.2	363	55
Leporinus muyscorum	94.6	378	46
Caquetaia kraussii	65	250	32.5
Rhamdia wagneri		321	35
Total	695.5	321	55

Todas las especies de L ATRATO

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

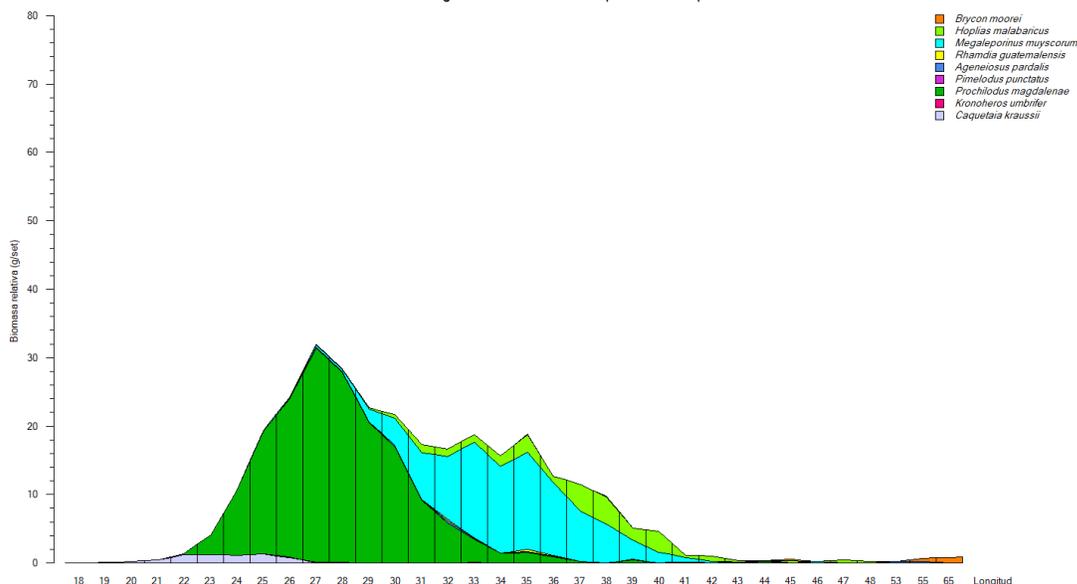


Figura 3-10. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Atrato durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Tabla 3-10. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la cuenca del Atrato colombiano durante el año 2019. Fuente SEPEC.

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Brycon moorei</i>	1.7	479	65
<i>Hoplias malabaricus</i>	24.3	362	48.9
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	92.9	341	46.4
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	0.7	337	36.4
<i>Ageneiosus pardalis</i>	2.2	335	55.1
<i>Pimelodus punctatus</i>	0.4	293	32.1
<i>Prochilodus magdalenae</i>	173	277	44.1
<i>Kronoheros umbrifer</i>	0.3	255	27.4
<i>Caquetaia kraussii</i>	6.5	240	33.5
Total	301.8	297	65

### 3.1.6 Cuenca de la Orinoquia

Esta cuenca tiene una superficie de 991.587 km<sup>2</sup>, de los cuales 347.165 km<sup>2</sup>, están dentro del territorio colombiano. Se le considera el tercer río más caudalosos del mundo. Nace en Venezuela

en la Sierra Parima cerca de la frontera con Brasil y en su recorrido bordea el escudo Guayanés para desembocar en el Océano Atlántico.

Las pesquerías de este sistema comprenden una alta diversidad de peces que al comparar sus rendimientos de biomasa por tallas se encontró que en el 2007 los rangos de tallas estuvieron entre los 17 cm de Ls., hasta los 200 cm de Ls., en los muestreos las biomasa de las especies fueron representativas en casi todas las tallas; mientras que para el 2021 se notaron dos grupos importantes el primero entre el rango de tallas de 20 a los 108 cm de Ls., y un segundo grupo entre los 108 hasta los 150 cm de Ls., sorprendentemente, para este último año los peces de mayor tamaño representaron las biomasa más altas, ya que casi siempre se espera que sea al revés (Jul-Larse, Kolding, Overa, Raakjaer Nielsen, & van Zwieten, 2003). Lo anterior podría indicar que por el aislamiento de la ecorregión los recursos naturales se encuentran en un estado de desarrollo estable ( )

Para el 2007, los aportes en biomasa por especies estuvieron representados en 89% por las especies bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma orinocoense*), amarillo (*Zungaro zungaro*), bagre tigre (*P. metense*), valentón (*P. filamentosum*), blancopobre (*B. vaillantii*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), cachama (*Colossoma macropomum*), sapuara (*Semaprochilodus laticeps*), yaque (*Leiarius marmoratus*) pacora o curvinata (*Plagioscion squamosissimus*) y el yamú (*Brycon sp.*); de otra parte, para el 2021 el 88% de las biomasa muestreadas correspondió al amarillo (*Z. zungaro*) dorado (*B. rousseauxii*), bagre tigre (*P. metense*), bagre rayado (*P. orinocoense*), (*B. platynemum*), baboso (*B. platynemum*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). (Figura 3-11)

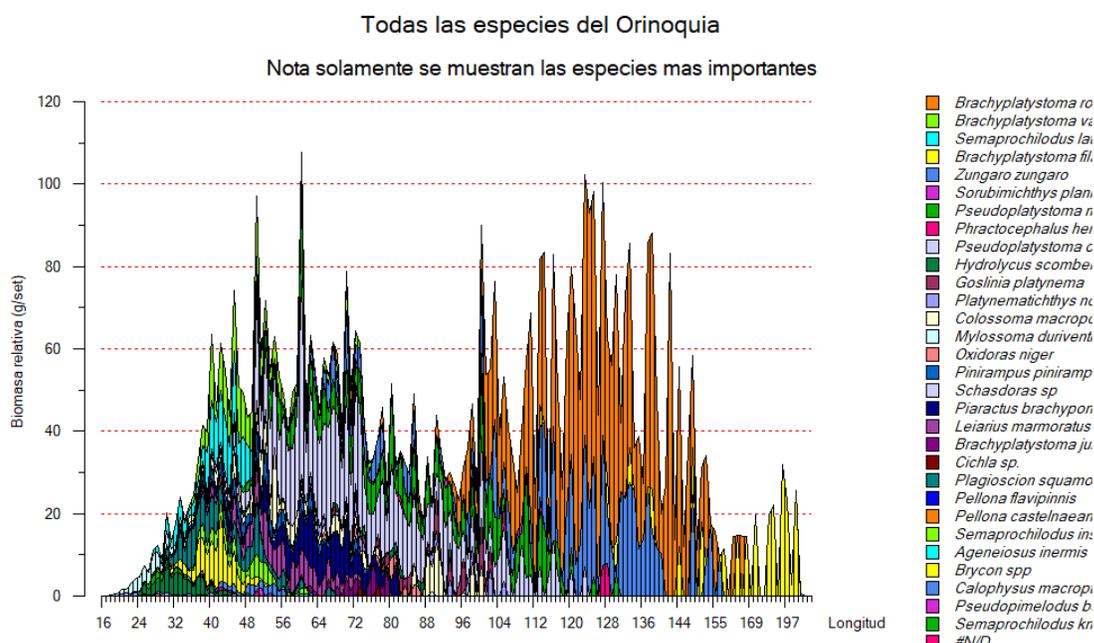


Figura 3-11. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Orinoquia durante el año 2007. Fuente CCI.

Tabla 3-11. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la Orinoquia colombiano durante el año 2007. Fuente CCI.



Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	1872.3	1207	1129
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	217.4	487	784
<i>Semaprochilodus laticeps</i>	166.7	421	475
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	271.6	1516	200
<i>Zungaro zungaro</i>	759.2	947	156
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	37.2	906	138
<i>Pseudoplatystoma metense</i>	496.1	757	133
<i>Phractocephalus hemioliopus</i>	29.2	922	128
<i>Pseudoplatystoma orinocoense</i>	982.3	650	123
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	32.2	657	105
<i>Goslinia platynema</i>	78	778	105
<i>Platynemichthys notatus</i>	51.6	712	105
<i>Colossoma macropomum</i>	191.4	544	100
<i>Oxidoras niger</i>	27	674	86
<i>Pinirampus pinirampu</i>	94.5	480	81
<i>Schadoras</i> sp	2.3	638	81
<i>Piaractus brachypomus</i>	200.9	601	81
<i>Leiarius marmoratus</i>	155.9	518	79
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	38.6	689	79
<i>Cichla</i> sp.	8.5	456	77
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	147.3	402	73
<i>Pellona flavipinnis</i>		610	68
<i>Pellona castelnaeana</i>		670	67
<i>Semaprochilodus insignis</i>	67.2	445	61
<i>Ageneiosus inermis</i>	2.2	494	61
<i>Calophysus macropterus</i>	31	450	60
<i>Brycon</i> spp	104.2	408	60
<i>Pseudopimelodus bufonius</i> (cf)	2.7	547	58
<i>Semaprochilodus kneri</i>	11.3	304	55
<i>Sorubim lima</i>		393	50
<i>Prochilodus mariae</i>	62.9	321	49
<i>Brycon siebenthalae</i>		411	47
<i>Pygocentrus cariba</i>	7.9	265	45
<i>Mylossoma duriventre</i>	39.8	256	40
<i>Potamorhina altamazonica</i>	0.1	333	36
<i>Leporinus agassizzi</i>	0.1	350	35
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	1.3	267	31
<i>Pimelodus blochii</i>		241	28
Total	6195.8	554	1129

Todas las especies de la Orinoquia

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

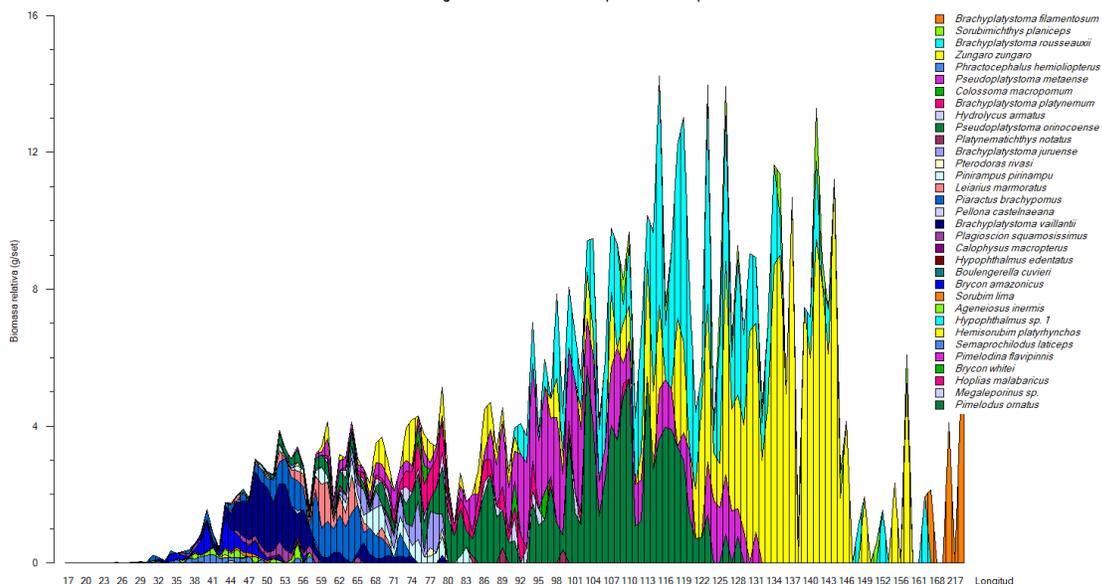


Figura 3-12. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Orinoquia durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Tabla 3-12. Distribución de las especies por el aporte en biomasa con relaciona a las tallas obtenidas por los muestreos en los puntos de desembarco en la cuenca de la cuenca del Cuenca de la Orinoquia durante el año 2021. Fuente SEPEC.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Brachyplatystoma filamentosum	11.3	1459	219.1
Sorubimichthys planiceps	11.7	1161	157.6
Brachyplatystoma rousseauxii	113.9	1125	162.2
Zungaro zungaro	183.1	1003	168.4
Phractocephalus hemiliopterus		926	141.4
Pseudoplatystoma metaense	73.8	861	137.5
Colossoma macropomum	2.6	826	96.5
Brachyplatystoma platynemum	14.8	793	109.2
Hydrolycus armatus	5.7	791	105.6
Pseudoplatystoma orinocoense	105.9	732	132.9
Platynemichthys notatus	1.8	706	105.2
Brachyplatystoma juruense	8.4	698	87.8
Pterodoras rivasi	0.6	690	82.1
Pinirampus pirinampu	9.6	610	96
Leiarius marmoratus	7.5	559	75.6
Piaractus brachypomus	19.5	549	85.4
Pellona castelnaeana	0.3	531	74.7
Brachyplatystoma vaillantii	22.5	509	95.4
Plagioscion squamosissimus	3.1	501	67.2
Calophysus macropterus	0.3	495	60.4
Hypophthalmus edentatus	0.1	457	50.4
Boulengerella cuvieri	0	441	48.1
Brycon amazonicus	5.3	433	59.1
Sorubim lima	0.8	432	60.3
Ageneiosus inermis	2.2	429	66.1
Hypophthalmus sp. 1		426	48.6
Hemisorubim platyrhynchos	0.2	409	53
Semaprochilodus laticeps	2.3	401	61.8
Pimelodina flavipinnis	0.1	394	46.9
Brycon whitei		380	45
Hoplias malabaricus		375	43
Megaleporinus sp.	0.1	373	45.6
Pimelodus ornatus		371	43.7
Duopalatinus peruanus		364	43.8
Schizodon scotorhabdotus		360	38.5
Semaprochilodus kneri		343	34.8
Ageneiosus dentatus	0.1	341	35.9
Pterygoplichthys multiradiatus		320	39.1
Prochilodus mariae	12.3	297	50.3
Mylossoma aureum	0.5	276	35.7
Pimelodus blochii	0.1	268	32.1
Potamorhina altamazonica	0.1	257	26.2
Mylossoma albiscopum	11.8	257	40.4
Pygocentrus cariba	0.1	252	34.5
Serrasalmus spp.	0	251	25.5
Pimelodus sp.		241	30.4
Astronotus ocellatus	0.3	239	29.5
Caquetaia kraussii		215	22.8
Total	632.7	568	219.1

### 3.2 Estimación de la biodiversidad de la pesca en el año 2021

1. Dependiendo de los muestreos realizados en cada una de las cuencas donde se realiza la pesca, se estimó el Índice de Abundancia Relativa (IRI), donde se encontró que para el Pacífico que las especies más representativa en peso fueron el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*); seguido del pargo (*Lutjanus guttatus*) y el jurel (*Caranx caballus*); mientras que la composición en cantidad por número de individuos fue pargo (*Lutjanus guttatus*) seguido por el jurel (*Caranx caballus*) y por el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.646 y de uniformidad relativa fue de 0.76. (Figura 3-13, Tabla 3-13)

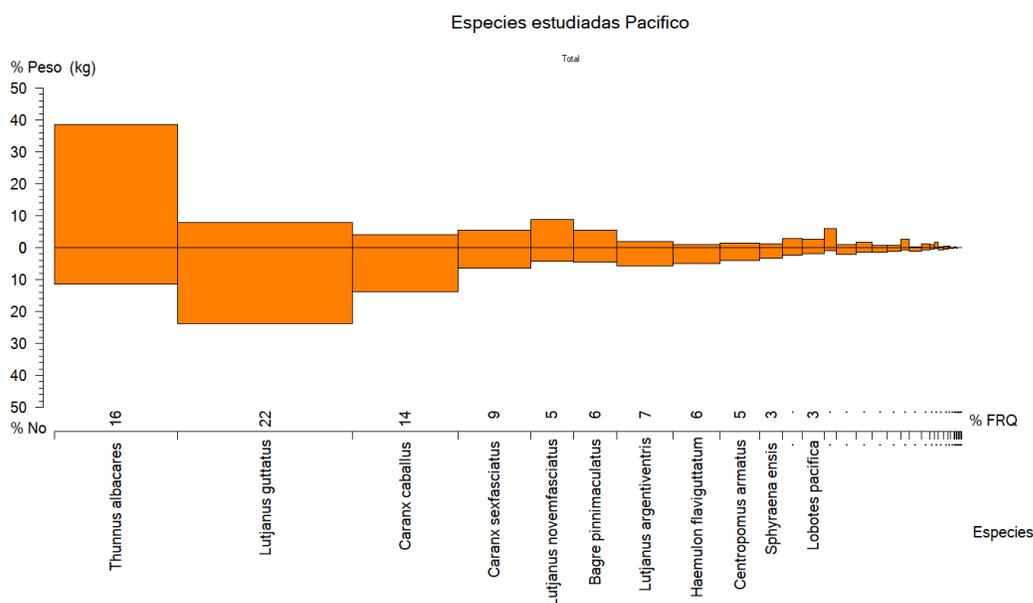


Figura 3-13. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Pacífico colombiano año 2021.

Tabla 3-13. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados en el Pacífico colombiano año 2021.

Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H`	J`
Thunnus albacares	124	11.4	828.866	38.7	107	15.8	791	36.1	0.248	
Lutjanus guttatus	259	23.9	170.958	8	152	22.4	714	32.6	0.342	
Caranx caballus	151	13.9	84.947	4	92	13.6	243	11.1	0.274	
Caranx sexfasciatus	71	6.5	118.164	5.5	63	9.3	112	5.1	0.178	
Lutjanus novemfasciatus	46	4.2	189.852	8.9	37	5.5	71	3.3	0.134	
Bagre pinnimaculatus	50	4.6	116.783	5.4	38	5.6	56	2.6	0.142	
Lutjanus argentiventris	63	5.8	39.215	1.8	49	7.2	55	2.5	0.165	
Haemulon flaviguttatum	54	5	22.188	1	41	6	36	1.7	0.149	
Centropomus armatus	44	4.1	33.047	1.5	34	5	28	1.3	0.13	
Sphyraena ensis	35	3.2	27.671	1.3	20	2.9	13	0.6	0.111	
Lutjanus colorado	27	2.5	58.699	2.7	17	2.5	13	0.6	0.092	
Lobotes pacifica	21	1.9	57.486	2.7	19	2.8	13	0.6	0.076	
Cynoscion albus	11	1	127.26	5.9	11	1.6	11	0.5	0.047	
Cynoscion phoxocephalus	24	2.2	21.805	1	17	2.5	8	0.4	0.084	
Lutjanus aratus	16	1.5	38.039	1.8	14	2.1	7	0.3	0.062	
Scomberomorus sierra	16	1.5	14.623	0.7	13	1.9	4	0.2	0.062	
Lutjanus peru	13	1.2	17.683	0.8	12	1.8	4	0.2	0.053	
Acanthocybium solandri	7	0.6	55.851	2.6	7	1	3	0.2	0.033	
Kyphosus ocyurus	12	1.1	7.117	0.3	11	1.6	2	0.1	0.05	
Caranx caninus	7	0.6	24.858	1.2	7	1	2	0.1	0.033	
Brotula clarkae	5	0.5	22.815	1.1	4	0.6	1	0	0.025	
Seriola rivoliana	3	0.3	33.295	1.6	3	0.4	1	0	0.016	
Centropomus medius	8	0.7	3.539	0.2	5	0.7	1	0	0.036	
Euthynnus lineatus	4	0.4	7.693	0.4	4	0.6	0	0	0.021	
Sarda orientalis	3	0.3	7.965	0.4	2	0.3	0	0	0.016	
Carangoides vinctus	3	0.3	1.718	0.1	3	0.4	0	0	0.016	
Caranx spp.	1	0.1	3.89	0.2	1	0.1	0	0	0.006	
Elagatis bipinnulata	1	0.1	2.715	0.1	1	0.1	0	0	0.006	
Alectis ciliaris	2	0.2	0.498	0	1	0.1	0	0	0.012	
Caranx melampygus	1	0.1	1.695	0.1	1	0.1	0	0	0.006	
Seriola peruana	1	0.1	1.692	0.1	1	0.1	0	0	0.006	
Tylosurus fodiator	1	0.1	0.955	0	1	0.1	0	0	0.006	
Paralabrax callaensis	1	0.1			1	0.1	0	0	0.006	
Total	1085	100	2143.58	100	-	-	2191	100	2.646	0.76

Para el Caribe la diversidad se comportó de la siguiente manera las especies más representativas en cuanto al peso fueron la lisa (*Mugil incilis*) el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*), seguido

por jurel (*Caranx crysos*), las demás especies no son tan importantes como las mencionadas; cuando se miró la cantidad, en número, se encontró que los recursos más abundantes fueron la lisa rayada, seguida por la cojinúa negra (*Caranx crysos*) y el pargo chino (*Lutjanus synagris*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.3 y de uniformidad relativa fue de 0.57. (Figura 3-14, Tabla 3-14)

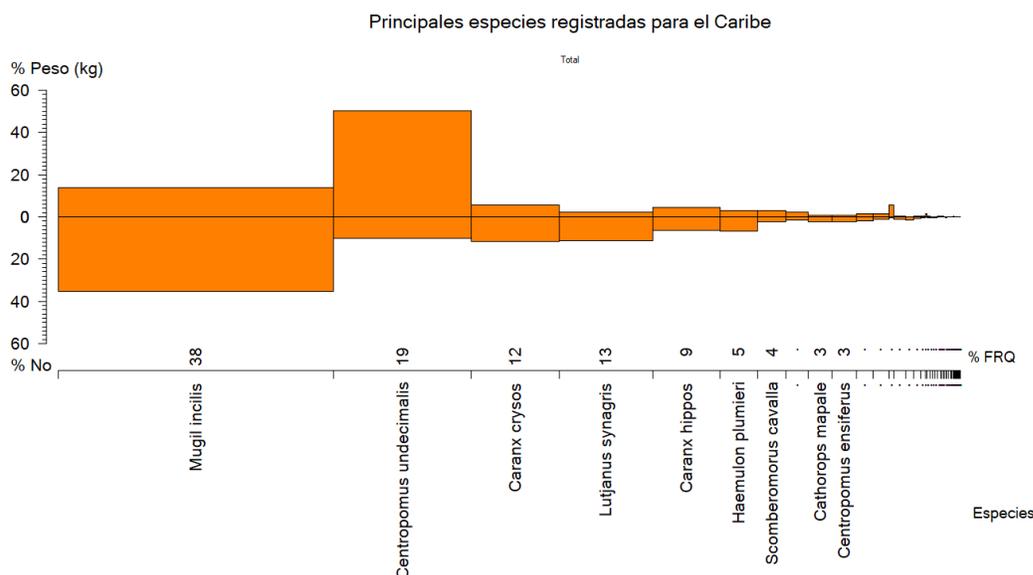


Figura 3-14. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Caribe colombiano año 2021.

Tabla 3-14. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados en el Caribe colombiano año 2021.

Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Mugil incilis	8513	35.3	1575.455	13.8	3669	38.4	1885	51.5	0.37	
Centropomus undecimalis	2445	10.1	5711.659	50.2	1840	19.2	1161	31.7	0.23	
Caranx crysos	2835	11.7	654.887	5.8	1171	12.2	214	5.9	0.25	
Lutjanus synagris	2692	11.2	253.605	2.2	1246	13	174	4.8	0.25	
Caranx hippos	1564	6.5	496.646	4.4	904	9.5	103	2.8	0.18	
Haemulon plumieri	1625	6.7	323.557	2.8	500	5.2	50	1.4	0.18	
Scomberomorus cavalla	585	2.4	331.407	2.9	378	4	21	0.6	0.09	
Sciades proops	329	1.4	265.557	2.3	296	3.1	11	0.3	0.06	
Cathorops mapale	568	2.4	68.516	0.6	316	3.3	10	0.3	0.09	
Centropomus ensiferus	504	2.1	65.349	0.6	331	3.5	9	0.3	0.08	
Scomberomorus brasiliensis	416	1.7	164.766	1.4	214	2.2	7	0.2	0.07	
Ariopsis canteri	266	1.1	161.475	1.4	215	2.2	6	0.2	0.05	
Megalops atlanticus	76	0.3	642.411	5.6	66	0.7	4	0.1	0.02	



Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H`	J`
Eugerres plumieri	295	1.2	29.545	0.3	152	1.6	2	0.1	0.05	
Calamus penna	358	1.5	13.44	0.1	113	1.2	2	0.1	0.06	
Sphyaena guachancho	138	0.6	29.317	0.3	88	0.9	1	0	0.03	
Trichiurus lepturus	128	0.5	28.66	0.3	70	0.7	1	0	0.03	
Epinephelus itajara	16	0.1	181.266	1.6	16	0.2	0	0	0.01	
Lutjanus analis	55	0.2	37.711	0.3	42	0.4	0	0	0.01	
Haemulon steindachneri	117	0.5	16.321	0.1	33	0.3	0	0	0.03	
Haemulon bonariense	91	0.4	16.456	0.1	38	0.4	0	0	0.02	
Selar crumenophthalmus	83	0.3	19.315	0.2	32	0.3	0	0	0.02	
Lutjanus griseus	37	0.2	33.739	0.3	34	0.4	0	0	0.01	
Bagre marinus	32	0.1	35.233	0.3	25	0.3	0	0	0.01	
Euthynnus alletteratus	27	0.1	46.964	0.4	18	0.2	0	0	0.01	
Micropogonias furnieri	41	0.2	6.748	0.1	26	0.3	0	0	0.01	
Lutjanus purpureus	56	0.2			24	0.3	0	0	0.01	
Sorubim cuspicaudus	28	0.1	18.156	0.2	19	0.2	0	0	0.01	
Caranx latus	29	0.1	8.142	0.1	25	0.3	0	0	0.01	
Lutjanus jocu	14	0.1	16.421	0.1	13	0.1	0	0	0	
Mugil curema	28	0.1	1.728	0	19	0.2	0	0	0.01	
Katsuwonus pelamis	10	0	24.04	0.2	9	0.1	0	0	0	
Epinephelus adscensionis	5	0	47.21	0.4	4	0	0	0	0	
Elops smithi	11	0	13.815	0.1	8	0.1	0	0	0	
Pseudoplatystoma magdaleniatum	9	0	12.055	0.1	6	0.1	0	0	0	
Chloroscombrus chrysurus	21	0.1	1.506	0	8	0.1	0	0	0.01	
Macrodon ancylodon	15	0.1	3.174	0	8	0.1	0	0	0.01	
Conodon nobilis	12	0	2.512	0	10	0.1	0	0	0	
Rhomboplites aurorubens	11	0	1.618	0	9	0.1	0	0	0	
Seriola rivoliana	8	0	4.043	0	4	0	0	0	0	
Trachinotus carolinus	8	0	2.259	0	4	0	0	0	0	
Oligoplites saurus	7	0	0.576	0	5	0.1	0	0	0	
Trachinotus falcatus	5	0	1.455	0	5	0.1	0	0	0	
Centropomus pectinatus	5	0	1.499	0	4	0	0	0	0	
Mugil liza	3	0	3.585	0	3	0	0	0	0	
Nebris microps	7	0			4	0	0	0	0	
Auxis thazard	4	0	1.444	0	3	0	0	0	0	
Epinephelus morio	1	0	5.48	0	1	0	0	0	0	
Lobotes surinamensis	2	0			2	0	0	0	0	
Menticirrhus littoralis	1	0	0.24	0	1	0	0	0	0	
Caranx bartholomaei	1	0	0.227	0	1	0	0	0	0	
Chaetodipterus faber	1	0	0.19	0	1	0	0	0	0	



Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Ocyurus chrysurus	1	0			1	0	0	0	0	
Mycteroperca bonaci	1	0			1	0	0	0	0	
Sphyraena barracuda	1	0			1	0	0	0	0	
Cynoscion virescens	1	0			1	0	0	0	0	
Total	24142	100	11381.38	100	-	-	3663	100	2.3	0.57

En cuanto a los recursos continentales la cuenca del Amazonas mostró que los recursos más representativos, en peso, fueron el bagre (*Pseudoplatystoma punctifer*), el amarillo (*Zungaro zungaro*); mientras que revisando esta proporción por el número de individuos el bagre (*Pseudoplatystoma punctifer*), seguido por el bagre rayado (*P. punctifer*) el bagre rayado (*P. punctifer*) y el dorado plateado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) y el bocachico cola negra (*P. nigricans*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.765 y de uniformidad relativa fue de 0.71. (Figura 3-15, Tabla 3-15)

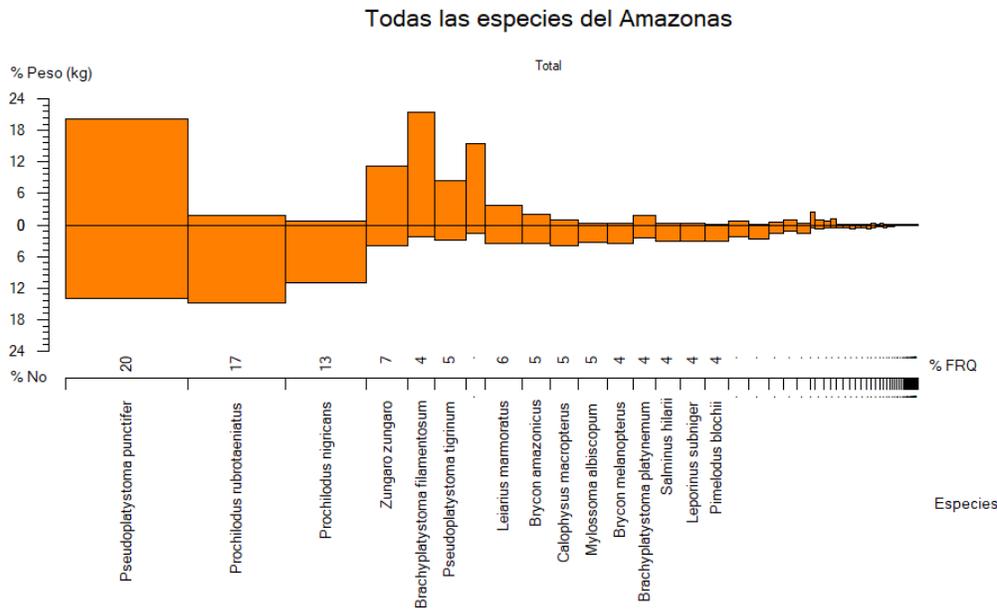


Figura 3-15. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros de la Amazonía colombiana.

Tabla 3-15. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados en la Amazonía colombiana.

Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Pseudoplatystoma punctifer	2035	17.5	5013.372	22.6	1537	22.3	893	43	0.305	
Prochilodus rubrotaeniatus	2302	19.8	357.59	1.6	1513	21.9	469	22.6	0.32	



Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H`	J`
<i>Prochilodus nigricans</i>	2035	17.5	45.166	0.2	1065	15.4	273	13.1	0.305	
<i>Zungaro zungaro</i>	448	3.8	3881.748	17.5	401	5.8	124	6	0.125	
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	308	2.6	4559.627	20.6	285	4.1	96	4.6	0.096	
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	365	3.1	2286.133	10.3	330	4.8	64	3.1	0.109	
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	202	1.7	3221.1	14.5	189	2.7	45	2.1	0.07	
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	470	4	601.465	2.7	351	5.1	34	1.7	0.13	
<i>Mylossoma albiscopum</i>	360	3.1	74.282	0.3	271	3.9	13	0.6	0.107	
<i>Schizodon fasciatus</i>	290	2.5	21.674	0.1	218	3.2	8	0.4	0.092	
<i>Ageneiosus inermis</i>	270	2.3	19.129	0.1	220	3.2	8	0.4	0.087	
<i>Leiarius marmoratus</i>	194	1.7	288.382	1.3	173	2.5	7	0.4	0.068	
<i>Calophysus macropterus</i>	261	2.2	20.022	0.1	189	2.7	6	0.3	0.085	
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	174	1.5	221.78	1	154	2.2	6	0.3	0.063	
<i>Brycon melanopterus</i>	242	2.1	24.594	0.1	172	2.5	5	0.3	0.08	
<i>Brycon amazonicus</i>	227	1.9	154.53	0.7	142	2.1	5	0.3	0.077	
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	201	1.7	22.865	0.1	179	2.6	5	0.2	0.07	
<i>Phractocephalus hemioliopus</i>	67	0.6	590.076	2.7	64	0.9	3	0.1	0.03	
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	127	1.1	213.618	1	99	1.4	3	0.1	0.049	
<i>Pinirampus pirinampu</i>	94	0.8	65.684	0.3	90	1.3	1	0.1	0.039	
<i>Sorubim lima</i>	108	0.9	4.393	0	96	1.4	1	0.1	0.043	
<i>Astronotus ocellatus</i>	108	0.9	30.796	0.1	81	1.2	1	0.1	0.043	
<i>Leiarius sp.</i>	94	0.8	33.415	0.2	84	1.2	1	0.1	0.039	
<i>Piaractus brachypomus</i>	69	0.6	92.838	0.4	65	0.9	1	0	0.03	
<i>Aguarunichthys inpai</i>	64	0.5	10.675	0	63	0.9	1	0	0.029	
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	61	0.5	8.281	0	56	0.8	0	0	0.028	
<i>Leporinus subniger</i>	60	0.5	7.847	0	46	0.7	0	0	0.027	
<i>Pimelodus blochii</i>	60	0.5	3.74	0	45	0.7	0	0	0.027	
<i>Hoplias malabaricus</i>	48	0.4	17.243	0.1	42	0.6	0	0	0.023	
<i>Semaprochilodus insignis</i>	45	0.4	8.214	0	37	0.5	0	0	0.021	
<i>Platynemichthys notatus</i>	28	0.2	50.906	0.2	27	0.4	0	0	0.014	
<i>Brycon hilarii</i>	35	0.3	7.298	0	29	0.4	0	0	0.017	
<i>Colossoma macropomum</i>	24	0.2	55.076	0.2	20	0.3	0	0	0.013	
<i>Panaque titan</i>	22	0.2	37.102	0.2	14	0.2	0	0	0.012	
<i>Potamorhina altamazonica</i>	27	0.2	4.32	0	15	0.2	0	0	0.014	
<i>Brachyplatystoma tigrinum</i>	15	0.1	21.715	0.1	15	0.2	0	0	0.009	
<i>Cichla monoculus</i>	15	0.1	7.85	0	11	0.2	0	0	0.009	
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	11	0.1	10.292	0	11	0.2	0	0	0.007	
<i>Pterodoras granulosus</i>	10	0.1	9.124	0	8	0.1	0	0	0.006	
<i>Hydrolycus armatus</i>	8	0.1	10.77	0	8	0.1	0	0	0.005	
<i>Mylossoma aureum</i>	10	0.1	4.061	0	9	0.1	0	0	0.006	



Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Myloplus asterias	10	0.1	1.649	0	8	0.1	0	0	0.006	
Megalonema sp.	8	0.1	1.046	0	8	0.1	0	0	0.005	
Pimelodus ornatus	7	0.1			7	0.1	0	0	0.004	
Megaleporinus trifasciatus	6	0.1	2.833	0	6	0.1	0	0	0.004	
Oxydoras niger	3	0	19.625	0.1	3	0	0	0	0.002	
Hoplerythrinus unitaeniatus	6	0.1	1.168	0	6	0.1	0	0	0.004	
Salminus hilarii	6	0.1	0.916	0	6	0.1	0	0	0.004	
Hypophthalmus edentatus	6	0.1	2.143	0	4	0.1	0	0	0.004	
Myloplus schomburgkii	4	0	2.671	0	3	0	0	0	0.003	
Total	11650	100	22150.84	100	-	-	2077	100	2.765	0.71

En la cuenca del Atrato se forma casi una pirámide de las mismas proporciones entre el número y el peso; de esta manera se detectó que los recursos más representativos fueron el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) el cuatro ojos (*Megaleporinus muyscorum*) y el moncholo (*Hoplias malabaricus*). Los índices en general la diversidad fueron de 1 y de uniformidad relativa fue de 0.3. (Figura 3-16, Tabla 3-16)

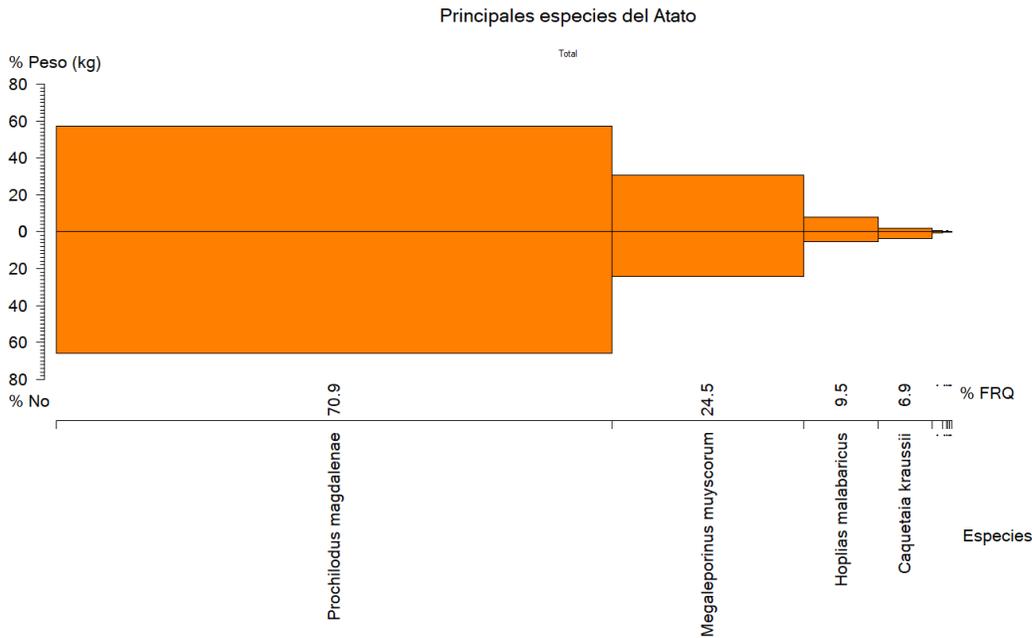


Figura 3-16. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Atrato colombiano.

Tabla 3-16. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados en la Amazonía colombiana.

Especie	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
<i>Prochilodus magdalenae</i>	3429	65.7	925.545	57.3	1708	70.9	8722	85.2	0.3	
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	1260	24.1	496.954	30.8	591	24.5	1347	13.2	0.3	
<i>Hoplias malabaricus</i>	280	5.4	129.98	8	228	9.5	127	1.2	0.2	
<i>Caquetaia kraussii</i>	189	3.6	34.583	2.1	166	6.9	40	0.4	0.1	
<i>Ageneiosus pardalis</i>	37	0.7	11.843	0.7	33	1.4	2	0	0	
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	10	0.2	3.561	0.2	10	0.4	0	0	0	
<i>Brycon moorei</i>	5	0.1	9.026	0.6	5	0.2	0	0	0	
<i>Pimelodus punctatus</i>	8	0.2	1.999	0.1	7	0.3	0	0	0	
<i>Kronoheros umbrifer</i>	5	0.1	1.511	0.1	5	0.2	0	0	0	
Total	5223	100	1615	100	-	-	10238	100	1	0

La importante cuenca del Magdalena presenta como recursos más sobresalientes en peso el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), seguido por el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), con este último hay una alternancia con el capaz (*Pimelodus grosskopfii*) ya éste es representa más peso que el bagre rayado, pero menos cantidad. Los índices en general la diversidad fueron de 1.928 y de uniformidad relativa fue de 0.59. (Figura 3-17,

Tabla 3-17).

Principales especies del Magdalena

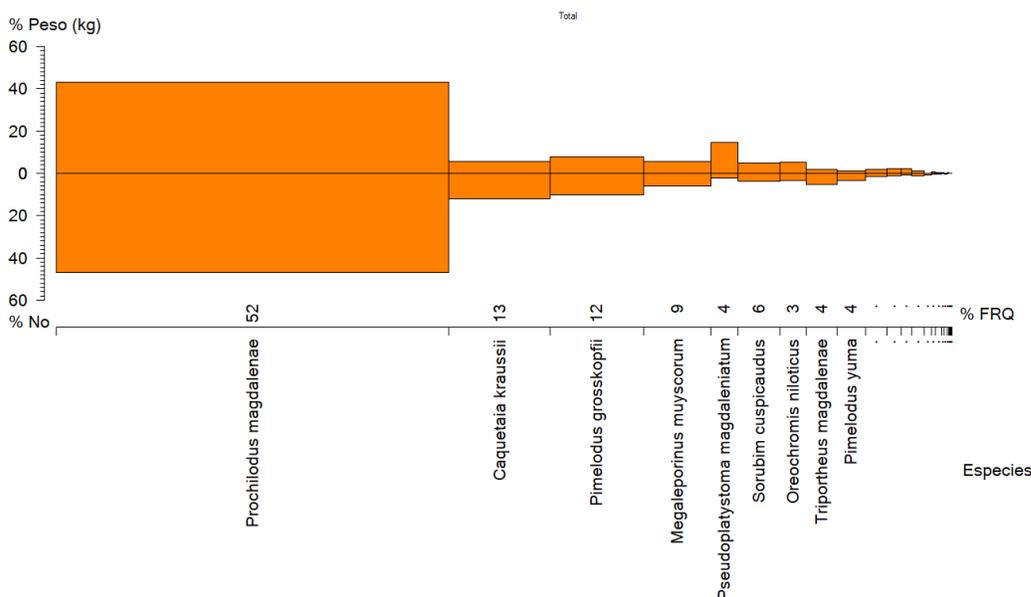


Figura 3-17. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Magdalena colombiana.

Tabla 3-17. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados del Magdalena colombiana.

Especies	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Prochilodus magdalenae	42519	46.9	7790.32	43	19219	52.2	4691	85.7	0.355	
Caquetaia kraussii	11030	12.2	1032.95	5.7	4932	13.4	239	4.4	0.256	
Pimelodus grosskopfii	9316	10.3	1420.23	7.8	4587	12.5	226	4.1	0.234	
Megaleporinus muyscorum	5377	5.9	1038.58	5.7	3290	8.9	104	1.9	0.168	
Pseudoplatystoma magdaleniatum	2030	2.2	2668.01	14.7	1314	3.6	60	1.1	0.085	
Sorubim cuspicaudus	3483	3.8	916.444	5.1	2086	5.7	50	0.9	0.125	
Oreochromis niloticus	2991	3.3	937.051	5.2	1270	3.4	29	0.5	0.113	
Triportheus magdalenae	4666	5.2	311.232	1.7	1506	4.1	28	0.5	0.153	
Pimelodus yuma	3214	3.5	190.648	1.1	1398	3.8	17	0.3	0.118	
Plagioscion magdalenae	1503	1.7	351.859	1.9	1068	2.9	10	0.2	0.068	
Ageneiosus pardalis	1025	1.1	374.825	2.1	697	1.9	6	0.1	0.051	
Pseudopimelodus magnus	537	0.6	414.081	2.3	481	1.3	4	0.1	0.03	
Hoplias malabaricus	858	0.9	214.19	1.2	635	1.7	4	0.1	0.044	
Cyphocharax magdalenae	621	0.7	32.147	0.2	332	0.9	1	0	0.034	
Brycon moorei	260	0.3	129.828	0.7	221	0.6	1	0	0.017	
Curimata mivartii	462	0.5	45.315	0.2	277	0.8	1	0	0.027	

Ichthyoelephas longirostris	137	0.2	98.654	0.5	124	0.3	0	0	0.01	
Cynopotamus magdalenae	235	0.3	28.137	0.2	146	0.4	0	0	0.015	
Salminus affinis	106	0.1	82.159	0.5	100	0.3	0	0	0.008	
Trichopodus pectoralis	115	0.1	9.104	0.1	43	0.1	0	0	0.008	
Leporellus vittatus	46	0.1	11.421	0.1	43	0.1	0	0	0.004	
Colossoma macropomum	22	0	17.567	0.1	20	0.1	0	0	0.002	
Piaractus brachypomus	6	0	11.36	0.1	6	0	0	0	0.001	
Rhamdia guatemalensis	13	0	1.582	0	13	0	0	0	0.001	
Cyprinus carpio	1	0	1.74	0	1	0	0	0	0	
Abramites eques	2	0	0.263	0	2	0	0	0	0	
Panaque cochliodon	1	0	0.426	0	1	0	0	0	0	
Total	90576	100	18130.1	100	-	-	5472	100	1.928	0.59

Finalmente, en la Orinoquia colombiana la variación fue mucho más marcada que en las otras cuencas ya que mientras para el análisis de peso mostro un predominio para el amarillo (*Zungaro zungaro*) y el dorado plateado (*Brachyplatystoma rosseauixii*), la conformación en número de individuos fue más representativo con el pirabutón (*B. vaillantii*) seguido por el bocachico (*Prochilodus mariae*) bagre (*Pseudoplatystoma orinocoense*), el bagre tigre (*Pseudoplatystoma metaense*) y el baboso (*Brachyplatystoma platynemum*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.98 y de uniformidad relativa fue de 0.76 (Figura 3-18, Tabla 3-18).

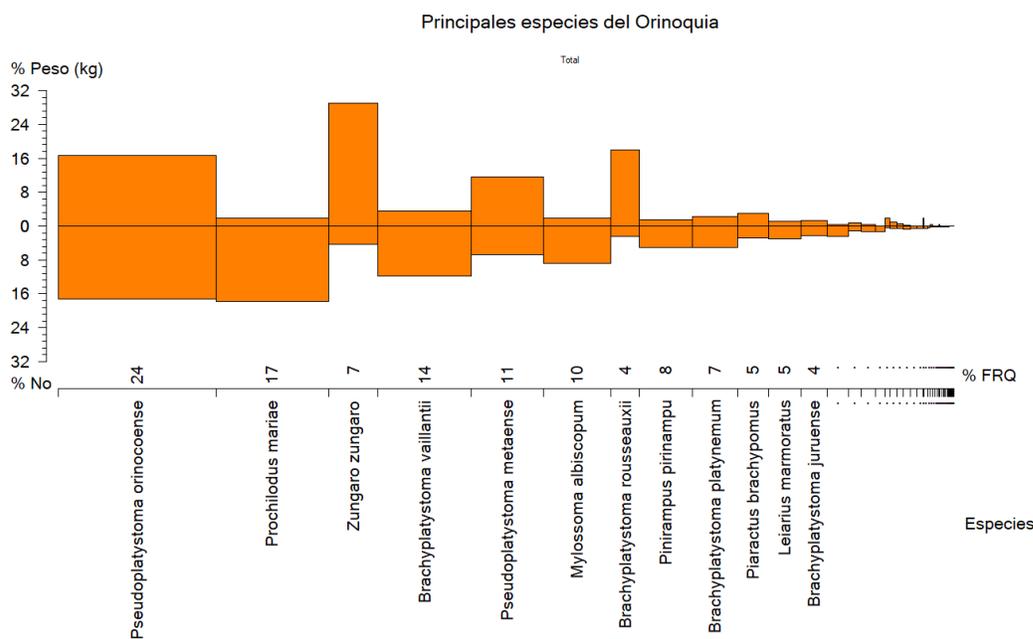


Figura 3-18. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros de la Orinoquia colombiana.

Tabla 3-18. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados del Orinoquia colombiana.

Especie	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
<i>Pseudoplatystoma orinocoense</i>	3039	17.2	2167.526	16.7	2177	23.6	802	36.7	0.3	
<i>Prochilodus mariae</i>	3159	17.9	251.064	1.9	1558	16.9	335	15.3	0.31	
<i>Zungaro zungaro</i>	777	4.4	3745.546	28.9	684	7.4	248	11.3	0.14	
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	2097	11.9	460.845	3.6	1288	14	216	9.9	0.25	
<i>Pseudoplatystoma metaense</i>	1202	6.8	1510.502	11.7	996	10.8	200	9.1	0.18	
<i>Mylossoma albiscopum</i>	1553	8.8	242.381	1.9	932	10.1	108	4.9	0.21	
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	440	2.5	2330.141	18	393	4.3	87	4	0.09	
<i>Pinirampus pirinampu</i>	881	5	197.39	1.5	733	8	52	2.4	0.15	
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	877	5	301.865	2.3	624	6.8	49	2.3	0.15	
<i>Piaractus brachypomus</i>	509	2.9	398.938	3.1	429	4.7	28	1.3	0.1	
<i>Leiarius marmoratus</i>	515	2.9	153.922	1.2	446	4.8	20	0.9	0.1	
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	400	2.3	171.492	1.3	364	4	14	0.6	0.09	
<i>Semaprochilodus laticeps</i>	429	2.4	47.968	0.4	295	3.2	9	0.4	0.09	
<i>Brycon amazonicus</i>	202	1.1	108.134	0.8	174	1.9	4	0.2	0.05	
<i>Ageneiosus inermis</i>	227	1.3	45.946	0.4	194	2.1	3	0.2	0.06	
<i>Pimelodus blochii</i>	236	1.3	1.584	0	133	1.4	2	0.1	0.06	
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	70	0.4	238.593	1.8	70	0.8	2	0.1	0.02	
<i>Hydrolycus armatus</i>	107	0.6	117.11	0.9	93	1	2	0.1	0.03	
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	108	0.6	62.692	0.5	91	1	1	0	0.03	
<i>Sorubim lima</i>	119	0.7	15.929	0.1	105	1.1	1	0	0.03	
<i>Pygocentrus cariba</i>	112	0.6	1.384	0	86	0.9	1	0	0.03	
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	87	0.5			83	0.9	0	0	0.03	
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	16	0.1	231.874	1.8	16	0.2	0	0	0.01	
<i>Mylossoma aureum</i>	90	0.5	10.191	0.1	49	0.5	0	0	0.03	
<i>Hoplias malabaricus</i>	62	0.4			39	0.4	0	0	0.02	
<i>Platynemichthys notatus</i>	29	0.2	36.623	0.3	29	0.3	0	0	0.01	
<i>Astronotus ocellatus</i>	42	0.2	5.759	0	28	0.3	0	0	0.01	
<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	36	0.2	3.659	0	32	0.3	0	0	0.01	
<i>Calophysus macropterus</i>	32	0.2	6.28	0	29	0.3	0	0	0.01	
<i>Colossoma macropomum</i>	10	0.1	52.289	0.4	10	0.1	0	0	0	
<i>Duopalatinus peruanus</i>	29	0.2			28	0.3	0	0	0.01	
<i>Pimelodus sp.</i>	26	0.1			25	0.3	0	0	0.01	
<i>Pterodoras rivasi</i>	19	0.1	11.519	0.1	17	0.2	0	0	0.01	
<i>Pterygoplichthys multiradiatus</i>	24	0.1			19	0.2	0	0	0.01	
<i>Megaleporinus sp.</i>	21	0.1	1.5	0	19	0.2	0	0	0.01	
<i>Pimelodina flavipinnis</i>	18	0.1	1.165	0	15	0.2	0	0	0.01	
<i>Hypophthalmus sp. 1</i>	22	0.1			12	0.1	0	0	0.01	
<i>Pellona castelnaeana</i>	9	0.1	6.784	0.1	9	0.1	0	0	0	
<i>Potamorhina altamazonica</i>	9	0.1	1.902	0	9	0.1	0	0	0	



Especie	No	% No	Peso (kg)	% Peso	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H`	J`
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	8	0	1.825	0	6	0.1	0	0	0	
<i>Ageneiosus dentatus</i>	6	0	1.743	0	6	0.1	0	0	0	
<i>Brycon whitei</i>	7	0			7	0.1	0	0	0	
<i>Schizodon scotorhabdotus</i>	5	0			5	0.1	0	0	0	
<i>Caquetaia kraussii</i>	4	0			4	0	0	0	0	
<i>Semaprochilodus kneri</i>	4	0			3	0	0	0	0	
<i>Pimelodus ornatus</i>	3	0			3	0	0	0	0	
<i>Serrasalmus spp.</i>	2	0	0.997	0	2	0	0	0	0	
<i>Boulengerella cuvieri</i>	2	0	0.663	0	2	0	0	0	0	
Total	17681	100	12945.73	100	-	-	2185	100	2.7	0.7

De todas las cuencas revisadas la de mayor biodiversidad fue el Amazonas y dentro de las aguas oceánicas el Pacífico es más diverso que el Caribe; mientras que los estimativos más uniformes fueron para la cuenca del Atrato.

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados de modelación de las pesquerías del Pacífico colombiano

## 4.1 Peces

### 4.1.1 Pesquerías del jurel común [*Caranx caninus* Gunther, 1867]

Nombre en inglés: Pacific crevalle Jack.

#### 4.1.1.1 Antecedentes del recurso jurel común (*Caranx caninus*)



Es un recurso que puede habitar tanto en mar abierto como en aguas salobres, con una distribución geográfica desde San Diego California [USA] hasta el Perú incluyendo el Golfo de California y las Islas Galápagos, en profundidades entre 1 a 350 m. La longitud máxima registrada es de 101 cm de Lh., y una longitud media de 60 cm de Lt., (Fishbase, 2020) (Miller & Curtis, 2008).

Los estudios sobre crecimiento y morfometría de los otolitos se han podido establecer las diferencias entre el Sagita, asteriscus y lapilus y se logró medir la estructura morfométrica de estas estructuras que son la base fundamental para determinar el crecimiento de los peces (Espino-Barr, Gallardo-Cabello, García-Boa, Cabal-Solís, & Puente-Gómez, 2006).

Con estas bases estructurales se avanzó en el conocimiento de las edades del jurel; reportándose siete grupos de edad, que han permitido estimar crecimiento diferencias entre cada año, de tal manera que para el primer año se estableció un crecimiento de 14.4 cm y para el sexto de 5.24 cm. Con esta investigación se encontró que los parámetros de crecimiento del tipo von Bertalanffy fueron de  $L_{\infty} = 83.26$  cm, una constante metabólica de  $K = 0.202$  y una edad inicial de crecimiento de  $t_0 = -0.283$  y una edad máxima de 15 años, igualmente se pudo determinar que el crecimiento más bajo ocurre entre marzo a julio. (Espino-Barr, Gallardo-Cabello, García-Boa, Cabal-Solís, & Puente-Gómez, 2006).

Se ha reportado como parte de las capturas de la pesca artesanal del pacifico central con TMC entre 24. 1 cm y 43.1 cm LT, rango de captura entre 20.8 y 31.8 cm LT en donde se le conoce también como “chupador” (Zambrano et al., 2018 a), También se reportó como parte de las capturas de la pesca artesanal de la zona sur del pacifico colombiano con una TMC de 23. 2 cm LT (Zambrano et al. 2018b),

#### 4.1.1.2 Análisis de los datos biológico de las pesquerías de jurel (*Caranx caninus*) [ecuaciones (1), (5), (6), (7), (8), (9), (11), (16), (17), (19), (20), (24), (25), (26), (27)]

De la información compilada de trabajos anteriores y teniendo en cuenta que aquí se da continuidad al documento a las investigaciones realizadas por Barreto & Borda [2009] y Gutierrez

Bonilla & Barreto [2019] se presenta un resumen de los parámetros encontrados para esta especie. (Tabla 4-1)

Tabla 4-1. Relación de los parámetros estimados para el jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano. Fuente anexo

$a$	$B$	$r^2$	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	Loo [cm]	$K$	$Z$	$M$	$F$	$E$
0.0166	2.8838	0.9878	71.6	54.5	115.6	0.21	0.6	0.27	0.33	0.55

Los parámetros estimados muestran una especie con tasa de crecimiento baja, que está en concordancia con las estimadas por el trabajo anteriormente mencionado y que se efectúa con estructuras duras -otolitos-, la principal diferencia se ubica en el Loo que es superior en los trabajos realizados en Colombia, lo cual está directamente afectado por los sistemas de toma de información -continuidad, cantidad- y por los cálculos realizados, es claro que la Loo como  $t_0$  son parámetros relativos al muestreo (Pauly D. , 1984). El crecimiento es de tipo alométrico negativo [ $b \neq 3$ ,  $P < 0.05$ ]; la estimación de parámetros de mortalidad arrojó valores bastante conservadores, con una tasa de aprovechamiento que auguraba un aprovechamiento sostenible.

#### 4.1.1.3 Análisis de los datos de dinámica poblacional del jurel (*Caranx caninus*) [ecuaciones (29), (30), (31), (33), (34), (35), (36), (37)]

Para determinar cómo realizar la evaluación y administración de este tipo de recursos, es muy importante establecer los límites de las capturas que pueden ser permitidos, para que los pescadores industriales y artesanales puedan realizar sus capturas dentro del límite deseable. La cuota estimada debería estar en un valor cercano a las 100 toneladas, en especial teniendo en cuenta que la relación de la biomasa relativa era favorable, con valor cercano al 95% y que con una tasa de aprovechamiento  $E = 0.55$ , genera certidumbre para que se concluyera que el valor es el adecuado. (Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Estimación de los principales parámetros poblacionales de jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS [ton.]	PRO [\$000]	$B/K$	$q$	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
110	4994406	0.95	N.D.	1.3	Gutiérrez-Bonilla-Bonilla & Barreto 2019.	Bayesiano con variantes de cambios de 6 escenarios.	Sobrepasa los rendimientos máximos sostenibles.

Igualmente se calculó la influencia que tuvieron los artes de pesca durante el año 2020, donde se encontró que la talla media de captura fue de 47.8 cm de Lt.  $\pm 0.61$  con un total de 884 individuos muestreados; en cuanto al efecto de los datos se encontró que para esta especie el arte de mayor influencia fue la línea de mano (Tabla 4-3, Figura 4-1). [ecuaciones (1), (2), (3), (4)]

Tabla 4-3. Resultados de los análisis de tallas para el jurel común *Caranx caninus* del pacifico colombiano. Se estima sus estadísticos como varianza, desviación y error estándar.

tipo de arte	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	55.6	239.45	15.47	0.73	446
Palangre o espinel de fondo	59.3	103.95	10.20	0.87	136
Red de enmalle camarонера	23.2	31.54	5.62	0.51	122
Red de enmalle fija marina	35.5	112.28	10.60	0.81	170

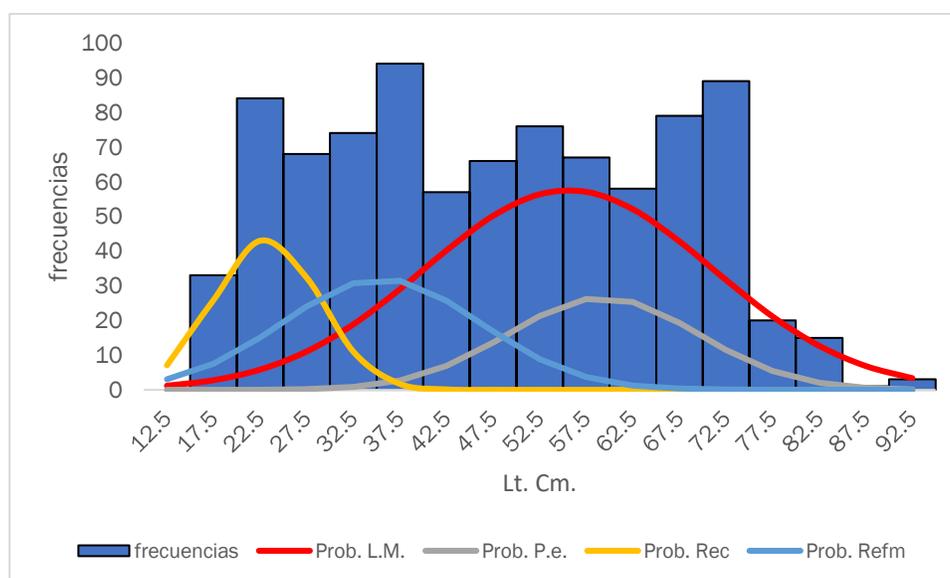


Figura 4-1. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del jurel común *Caranx caninus* en el año 2020. L.M. 0 líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rec. = red de enmalle; Refm. = red de enmalle fija marina.

#### 4.1.1.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del jurel (*Caranx caninus*) [ecuaciones (48), (49), (50), (51), (52), (53), (54), (55), (56), (57), (58), (59), (60), (61)]

En cuanto a los ajustes efectuados sobre el tipo de resultados obtenidos observamos que los datos de captura se ajustaron al modelo, pero las cifras de la CPUE tuvieron algunas variaciones sin embargo revisados los residuos de los logaritmos de CPUE estos se ajustan al nivel de dispersión esperado. (Figura 4-2).

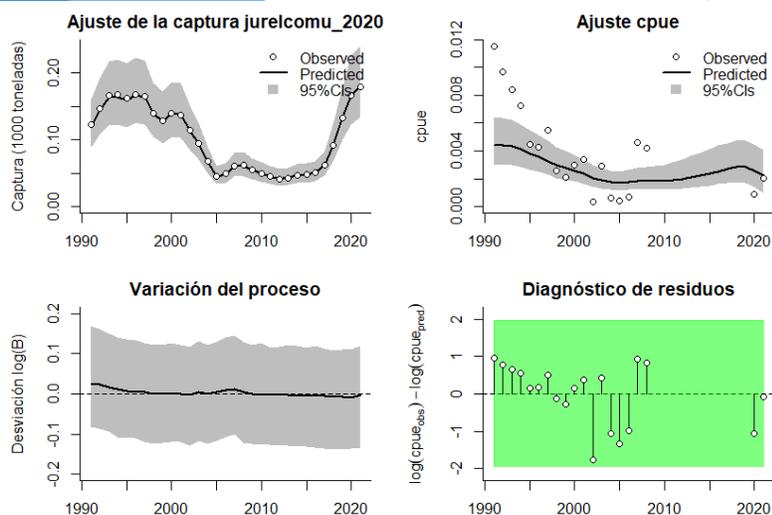


Figura 4-2. Modelación de las pesquerías de jurel común *Caranx caninus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

En cuanto al estudio de la biomasa relativa para determinar el tamaño del stock, las tasas prior variaron entre 0.2 a 0.6, hacia el 2011 esta tasa presentó el rango entre 0.01 a 0.4, y en el último año (2021) se mantuvo, por lo tanto, las pesquerías pasaron de una fase de plena explotación entre 1990 hasta 1995, luego se tuvo una disminución apreciable y finalmente una de estabilización por lo bajo. (Figura 4-3)

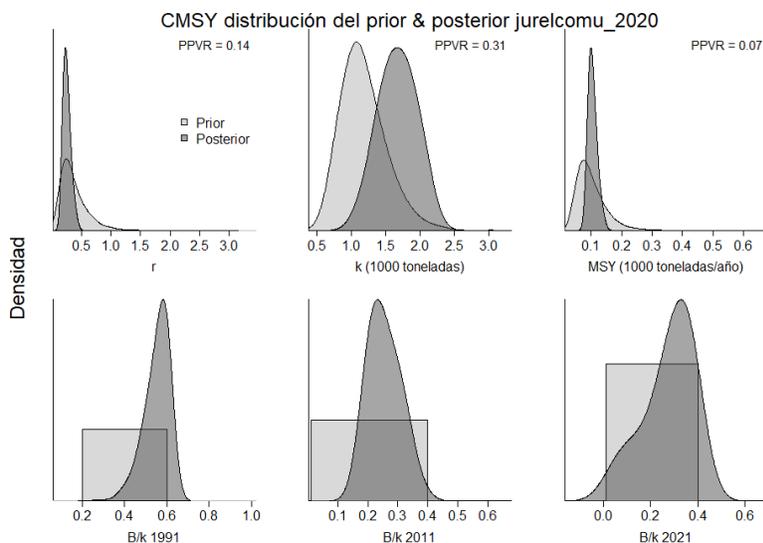


Figura 4-3. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el jurel común *Caranx caninus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento

máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior están los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

De otra parte, las tasas de explotación han estado por encima de los valores teóricos esperados, ajustes que fueron muy similares entre la producción y la CPUE, aunque para el último año (2021) este indicador aumentó casi el doble de los años anteriores (Figura 4-4, panel E)

Con los datos de producción y CPUE se construyó una curva de equilibrio, en la que se puede observar que hay muchos datos por encima de esta, que son los años donde la pesquería fue entre óptima y sostenible, cayendo luego la producción, aunque los datos más recientes muestran un nivel de recuperación (Figura 4-4, panel F).

Es importante anotar que bajo la curva se pudo determinar un rendimiento máximo sostenible de 102 toneladas, que es muy similar al a las 107 toneladas, con el modelo bayesiano de Schaefer de múltiples escenarios ambientales, pero inferior al propuesto con el bayesiano con remuestreo Bootstrap (esto como una clara demostración de la variación de resultados utilizando diferentes metodologías con datos del mismo origen. (Tabla 4-4, Tabla 4-5, Figura 4-4)

Tabla 4-4. Resultados del CMSY para las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	0.281	0.17	0.465
MSY	102	84.9	138
K	1520	1050	2200
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.305 de K	0.0381	0.397
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.73	2.1	21.9

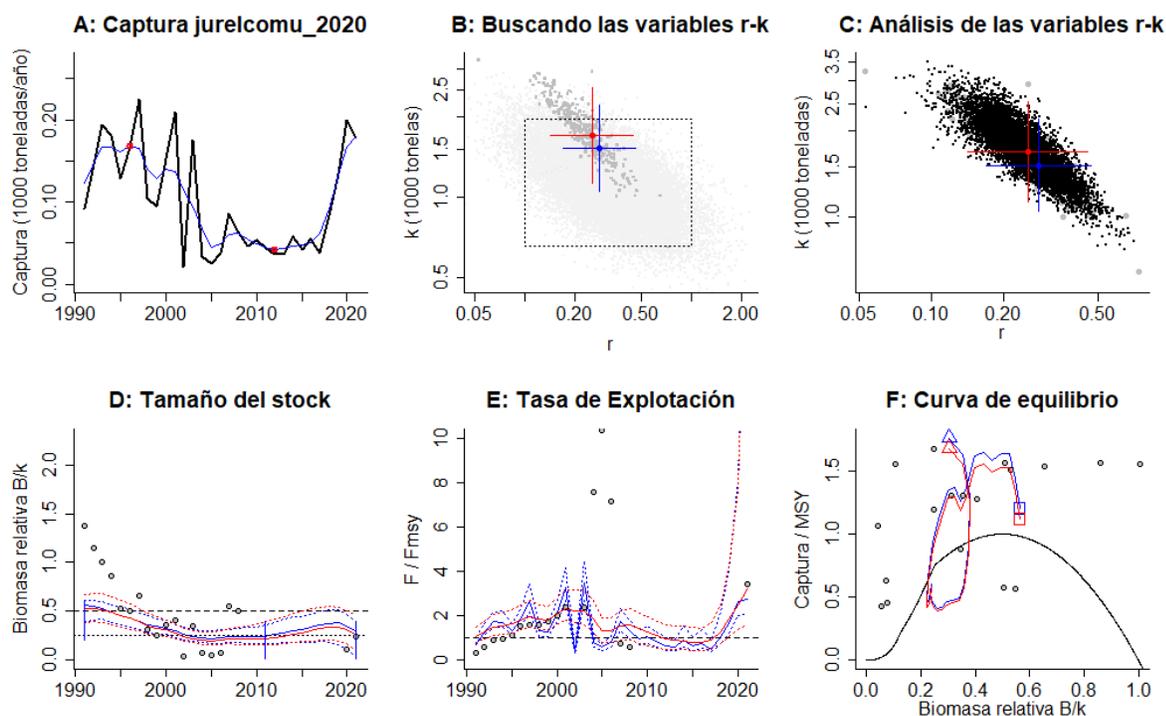


Figura 4-4. resultados del Análisis de las pesquerías del jurel común en la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r-k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de  $\text{captura}/\text{RMS}$  en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Tabla 4-5. Resultados del CMSY para las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00495	0.00303	0.00809
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.253	0.142	0.449
k	1690	1130	2550
MSY	107	77.6	148

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.267	0.102	0.455
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.2	1.64	21
$r-k$ log correlación =	-0.838		

El comportamiento de las capturas frente a la estimación del rendimiento máximo sostenible MSY, mostró que se partió de rendimientos un poco más altos que este punto de referencia y luego disminuyeron casi en un 50%, pero a partir de 2011 se recuperaron en un 30%; de otra parte, el tamaño de stock, en cuanto a las tasas relativas de biomasa descendieron hasta cruzar el límite de referencia crítico  $0.5 B/B_{msy}$ , lo que estuvo afectando el reclutamiento. Es claro que el recurso históricamente empezó en la fase de su aprovechamiento adecuado, tuvo un breve paso por la zona de plena explotación, y casi toda su historia ha estado en la fase de agotamiento, con unos pocos años de fase de recuperación. El modelo permite concluir que se tiene una pesquería que está llevando en fase de sobrepesca, con probabilidad del 99.6% que es muy alta, frente a una probabilidad de recuperación del 0.4. (Figura 4-6)

Tabla 4-6. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de *Caranx caninus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.126	0.0711	0.225	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.126</b>
Fmsy	0.126	0.0711	0.225	( $r$ y $F_{msy}$ se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	107	77.6	148		
$B_{msy}$	847	563	1280		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	452	173	770		
$B/B_{msy}$ en el último año	0.533	0.205	0.909		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.398	0.234	1.04		
Explotación $F/F_{msy}$ =	3.2	1.64	21		

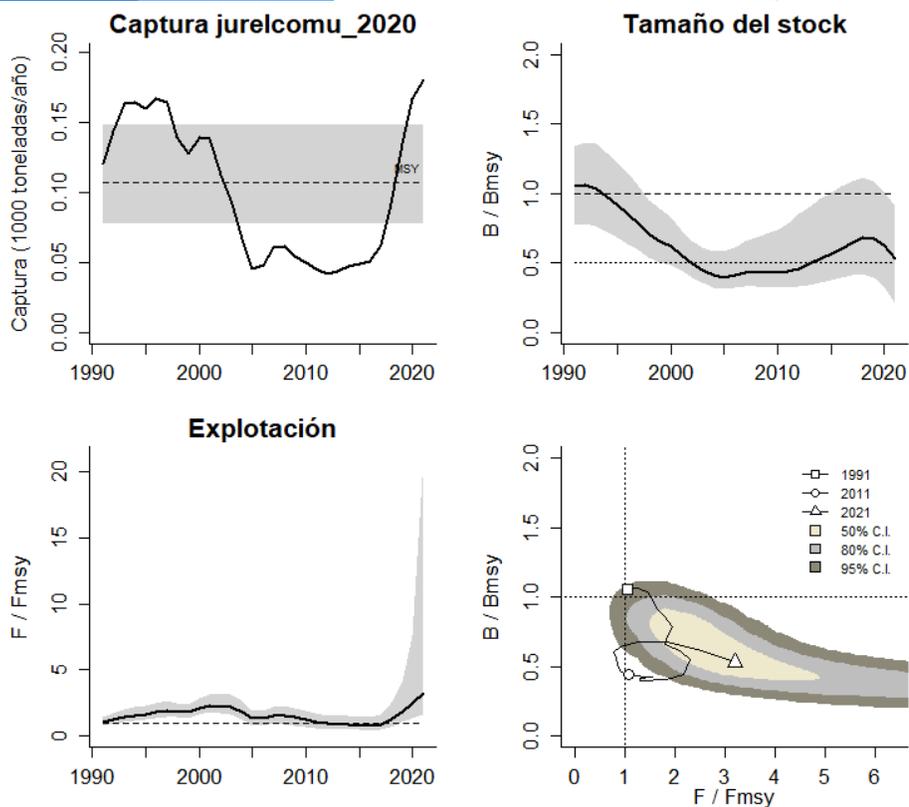


Figura 4-5. Análisis de las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

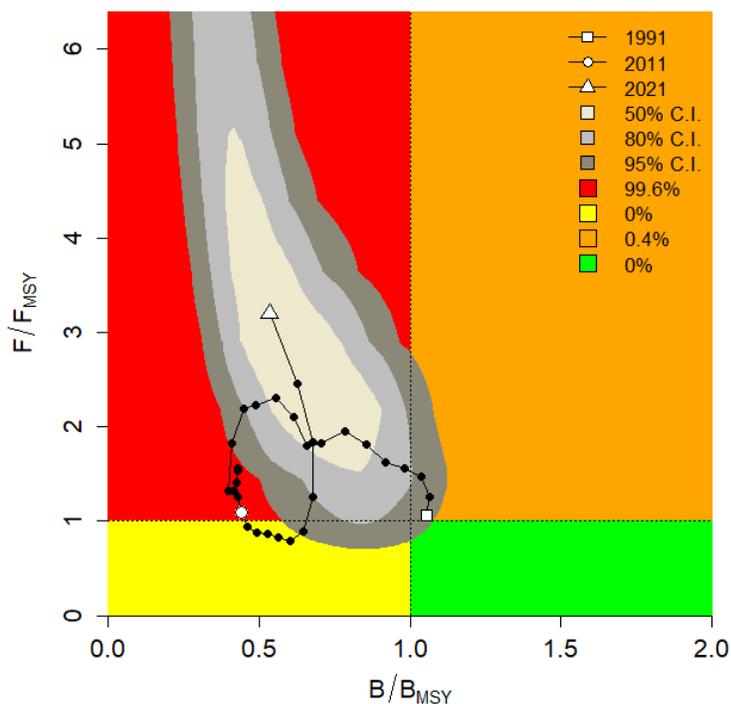


Figura 4-6. Análisis de las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.1.5 Modelación con escenarios ambientales del jurel (*Caranx caninus*). [ecuaciones (38), (52), (53), (54)]

Aplicando los modelos ambientales de tipo bayesiano y de acuerdo con las diferentes expectativas en 7 escenarios de cambios ambientales se encontró que si las condiciones (fenómenos “El Niño - La Niña”) permaneces constantes el RMS resulto en una cantidad de 101 toneladas, si los cambios son negativos el valor estaría en 94.2 toneladas y si es positivo estos cálculos resulto en 107 toneladas (Figura 4-7)

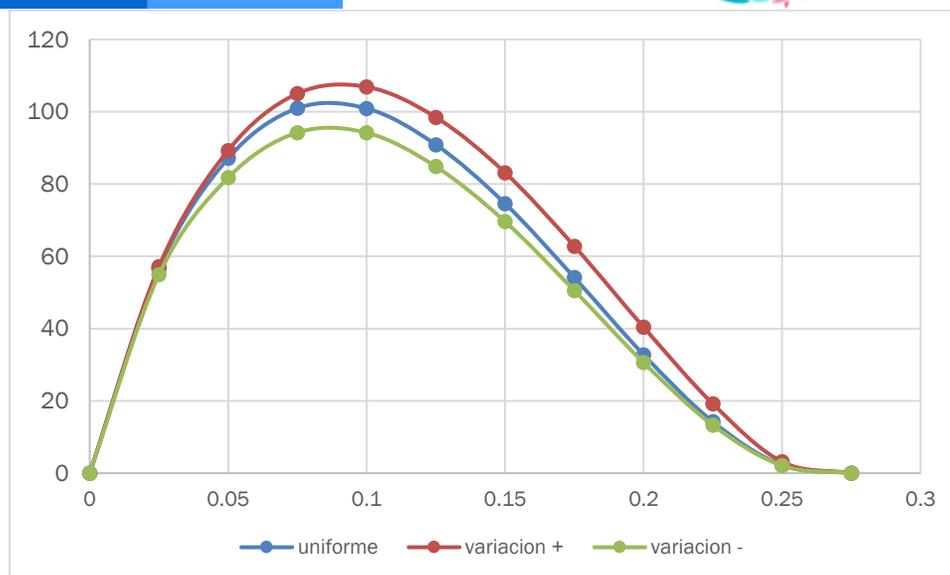


Figura 4-7. Estimación de los cambios del RMS del jurel común *Caranx caninus* frente a los cambios ambientales.

#### 4.1.1.6 Conclusiones del manejo del jurel (*Caranx caninus*)

La población pasó una fase agotamiento fuerte, pero presenta una ligera recuperación (0.4% de estar en plena explotación). Es importante hacer un seguimiento respectivo, ya que estas fases de ligera recuperación, podría ser un posible efecto de medidas de manejo como la ZEPA -Zona Exclusiva de Pesca Artesanal- de Bahía Solano, se requiere de medidas de ordenación que incluyan el manejo de artes y métodos de pesca. Se sugiere un nivel de aprovechamiento como punto de referencia límite de 94.2 toneladas bajo estricta vigilancia, para no excederlo por ningún motivo.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 3.84, una biomasa relativa de 0.232, la mortalidad por pesca actual de 0.533 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.126 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 107 ± (70.4) toneladas.

#### 4.1.2 Pesquerías de berrugate [*Lobotes pacificus* Gilbert, 1898]



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific tripletail

#### 4.1.2.1 Antecedentes del recurso berrugate (*Lobotes pacificus*)

Aunque no es una especie de grandes inversiones, dado que no es muy atractiva desde el punto de vista comercial, si es un recurso estratégico puesto que se ha logrado mantener en condiciones productivas, cuando otros muestran decadencia, siendo una alternativa productiva.

Las poblaciones son bentopelágicas, con distribución geográfica es del Pacífico Oriental desde Nicaragua hasta el Perú; México y el Mar de Cortés; se han reportado ejemplares hasta de 100 cm de Lt., aunque el tamaño medio es de 50 cm de Lt. (Fishbase, 2020).

Se ha venido pensado en la posibilidad de que este recurso sea utilizando para acuicultura, al ser una especie que ha demostrado presentar mejores rendimientos que otras peces comerciales marinas. (Chacón-Guzman, Carvajal-Oses, & Herrera-Ulloa, 2019).

Puede encontrarse en estuarios y en mar abierto, por lo general agrupado alrededor de objetos flotantes; se alimenta de crustáceos y otros peces, y su crecimiento es alométrico. (Chacón-Guzman, Carvajal-Oses, & Herrera-Ulloa, 2019).

Zambrano et al, (2018a, b) reportaron el berrugate en la pesca artesanal el pacífico central y sur con TMC de 73.6 cm LT (pacífico sur).

#### 4.1.2.2 Análisis de los datos biológico-pesqueros del berrugate *Lobotes pacificus* [ecuaciones (1), (5), (6), (7), (8), (9), (11), (16), (17), (19), (20), (24), (25), (26), (27)]

De los datos analizados en los más recientes modelos efectuados con series de datos entre 1991 y 2015, mostraron en líneas generales que es un recurso presionado, pero casi en equilibrio. (Gutiérrez Bonilla & Barreto, 2019)

Tabla 4-7. Relación de los parámetros estimados para *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano. Fuente anexo

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	L <sub>oo</sub> [cm]	<i>k</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
0.0194	2.9719	0.6859	63.1	60.3	120.6	0.194	0.73	0.256	0.47	0.65

Gutiérrez-Bonilla-Bonilla & Barreto [2019] reportan que el crecimiento es del tipo alométrico negativo [ $B \neq 3$ ,  $P < 0.05$ ], con una tasa metabólica de crecimiento que denota crecimiento lento, por lo que su crecimiento asintótico [ $L_{oo}$ ], siendo bastante alto, y que también corresponde a otras especies de tamaños grandes como bagres, tiburones, sierras, entre otros. (Tabla 4-7).

De otra parte, los niveles de aprovechamiento centrados en las tasas instantánea de mortalidad total [ $Z$ ] y la de mortalidad por pesca [ $F$ ] mostraron un rendimiento ligeramente alto; con una tasa de aprovechamiento [ $E$ ] que está en los límites de equilibrio poblacional. (Tabla 4-7).

Para el 2020 se registraron 1,071 individuos que fueron capturados por 7 artes de pesca, bajo estas condiciones, la talla media de captura fue de 63.1 cm de Lt.  $\pm$  0.51, la mayor cantidad de esfuerzo lo ejercieron las redes de enmalle (Tabla 4-8, Figura 4-8) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-8. Resultados de los análisis de tallas para el berrugate *Lobotes pacificus* del pacifico colombiano. Se estima su estadísticos como varianza, desviación y error estándar.

tipo	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Palangre o espinel de fondo	67.2	328.82	18.13	1.48	150
Red de cerco artesanal o ruche	51.7	37.01	6.08	1.30	22
Red de enmalle camaronera	40.5	167.40	12.94	3.90	11
Red de enmalle de deriva marina	61.0	245.01	15.65	0.75	440
Red de enmalle de encierro continental	67.7	151.81	12.32	1.76	49
Red de enmalle fija marina	59.1	277.13	16.65	0.97	292
Red de enmalle zangarreo	79.8	58.21	7.63	0.74	105

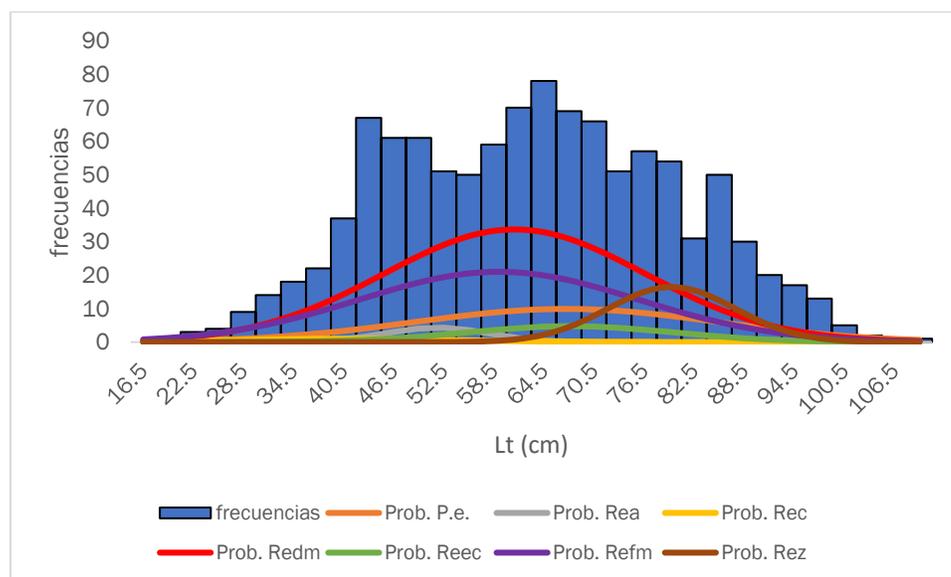


Figura 4-8. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del berrugate *Lobotes pacificus* en el año 2020. L.M. 0 líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rea = red de cerco artesanal ruche; Rec. = red de enmalle camaronera; Redm. = Red de enmalle de deriva marina; Reec. = red de enmalle de encierro continental; Reefm. = red de enmalle fija marina, Rez. = red de enmalle zangarreo.

#### 4.1.2.3 Análisis de los datos de dinámica de las poblaciones del berrugate (*Lobotes pacificus*) [ecuaciones (29), (30), (31), (33), (34), (35), (36), (37)]

Con la información existente hasta el 2015, se presentó una rendimiento máximo sostenible superior a las 100 toneladas que estuvo respaldado por una tasa relativa de biomasa [B/K] que dio un nivel de aprovechamiento del 15% de la biomasa original, denotando un sistema en equilibrio con buenos rendimientos pesqueros y con un coeficiente de capturabilidad de bajo impacto, aún más bajo que el calculado hasta 2019 con los nuevos modelos; por último, el

coeficiente de relación entre la talla de madurez [TM] sobre la talla media de capturas [TM/TMC] estuvo un poco baja indicando que se capturan individuos juveniles. (Tabla 4-9)

Tabla 4-9. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS [ton.]	PRO [\$]	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
113	140000000	0.849	0.003	0.93034826	Gutiérrez-Bonilla-Bonilla & Barreto 2019.	Bayesiano con variantes de cambios de 6 escenarios.	Sobrepasa los rendimientos máximos sostenibles.

#### 4.1.2.4 Evaluación del estado de salud del berrugate *Lobotes pacificus* con la modelación LBB [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)]

Como el modelo funciona especialmente con los datos de tallas desembarcadas; en primera instancia, se revisó el comportamiento de estas a través de los años evaluados y se encontró que en general el comportamiento fue estable, de acuerdo con la selectividad de artes (Frose T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017), exceptuando el 2009, 2014 y 2017, que presentan un pequeño subgrupo que puede ser debido a la captura de adultos que están a mayores profundidades. (Figura 4-9, Figura 4-10).

El cálculo de la longitud asintótica  $L_{\infty}$ , con este nuevo sistema, muestra que el valor prior y del último año variaron respecto al año anterior, e indudablemente más alto que los calculados para los años 1991, 2015, y más altos que los proyectados para otros trabajos. (Figura 4-11).

Comparados los valores obtenidos de  $Z/K$  prior en general, y los obtenidos para el último año (2021) del análisis, el primero es el más bajo que los siguientes dos, esto indica que el recurso está siendo presionado ya sea por circunstancias ambientales o pesqueras. (Tabla 4-10, Tabla 4-11, Tabla 4-12).

Tabla 4-10. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del berrugate *Lobotes pacificus*. Se presenta el cálculo prior de estos cálculos. Datos calculados al 95 % de seguridad.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
$L_{\infty}$	133	1.33
Z/K	2.91	2.02
F/K	1.41	
$L_c$ prior	42.8	4.28
$\alpha$ prior	27.4	2.74

Tabla 4-11. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del berrugate *Lobotes pacificus* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	126	124	128
L opt	89	L opt/Loo	0.7
Lc_opt	80	Lc_opt/Loo	0.64
M/K	1.27	0.976	1.53
F/K	2.38	2.05	2.75
Z/K	3.57	3.3	3.85
F/M	2.47	1.78	3.11
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.375		
B/Bo	0.162	0.105	0.22
Y/R $\hat{}$ F=M Lc=Lc_opt	0.0584		
Y/R $\hat{}$	0.0262	0.0131	0.0462

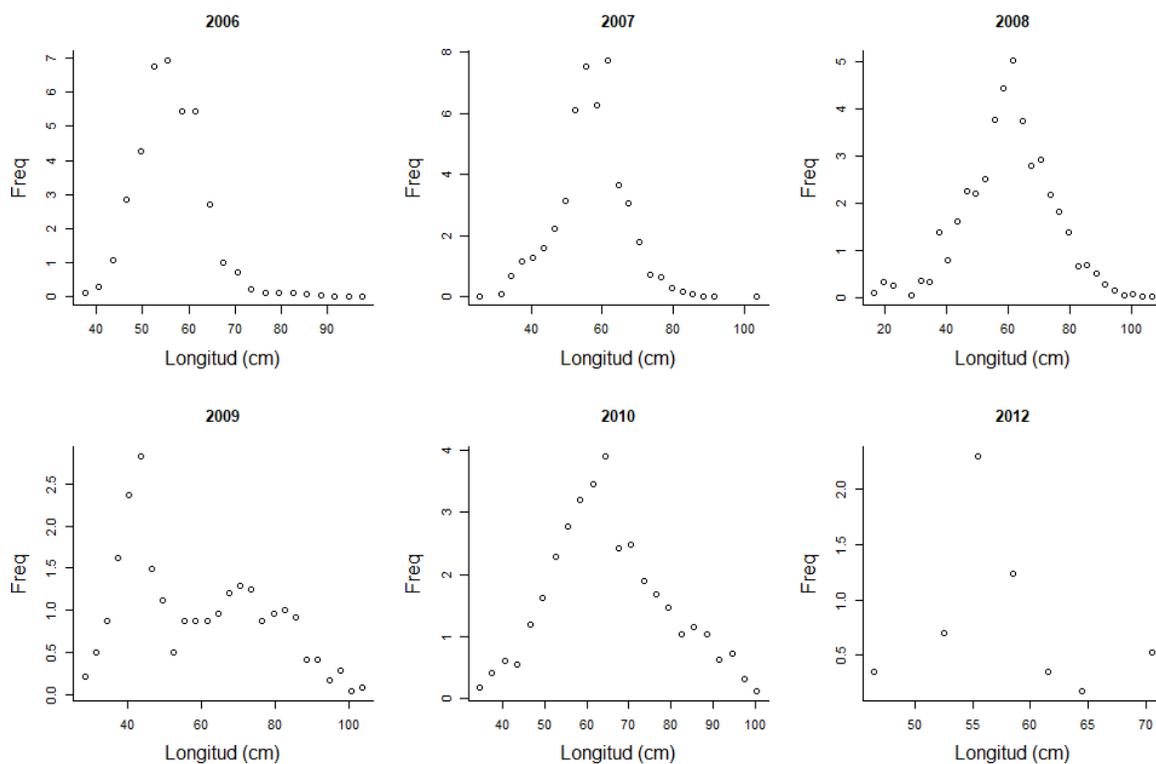


Figura 4-9. Distribución de las tallas del berrugate *Lobotes pacificus*, entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

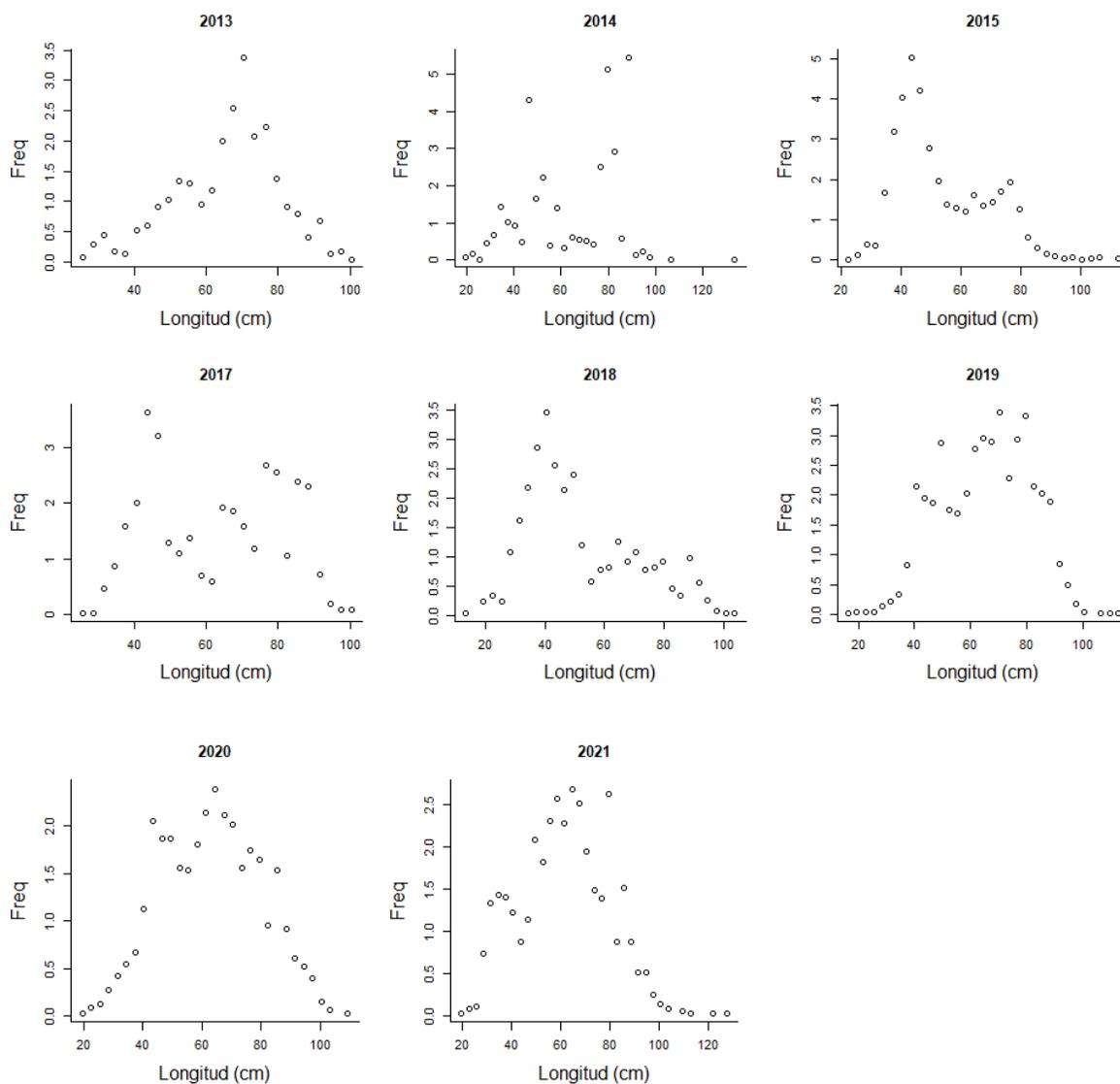


Figura 4-10. Distribución de las tallas del berrugate *Lobotes pacificus*. Entre los años 2013 a 2021. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

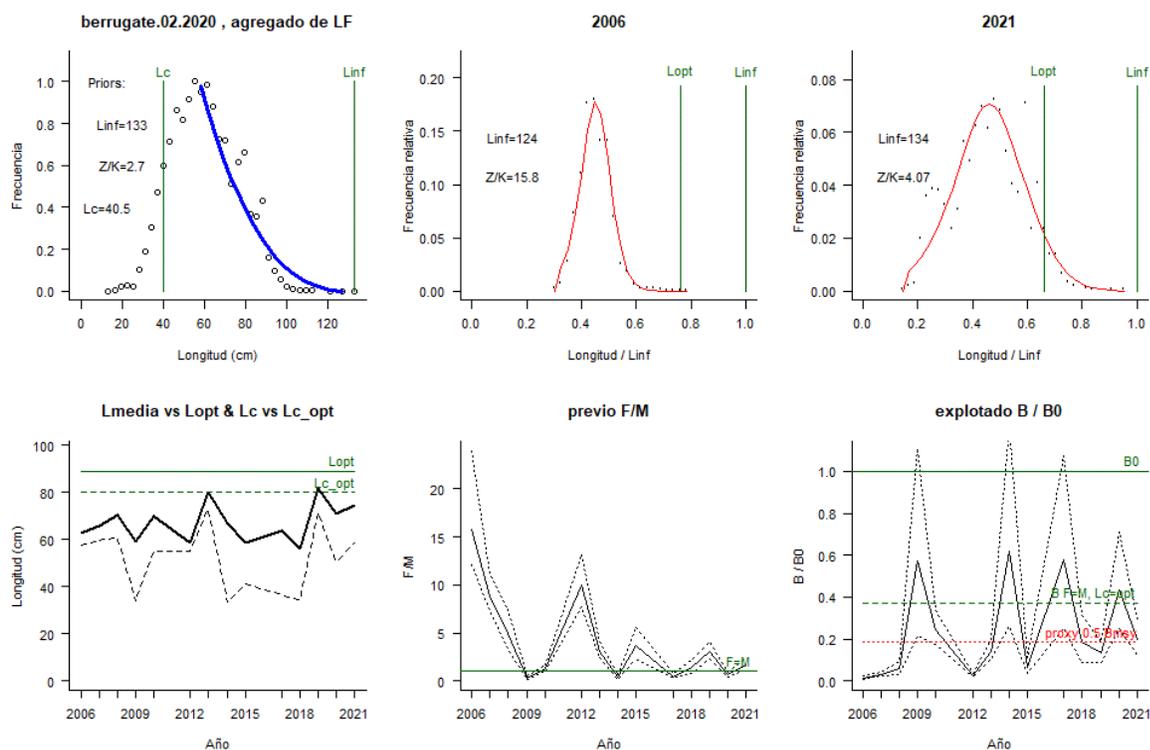


Figura 4-11. Comportamiento de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F = M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Tabla 4-12. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del berrugate *Lobotes pacificus* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	58.7	57.1	59.9
Lc/Loo	0.44	0.426	0.447
$\alpha$	13.7	13.3	14
Lmedio/Lopt	0.84		
L 95 %	128		
L 95 %/Loo	0.95		
Lm 50%	56.1	Madurez	61%
F/K	2.5	2.07	3.02

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
F/M	1.6	1.14	2.32
Z/K	4.07	3.76	4.41
Y/R	0.034	0.0205	0.0505
B/Bo	0.2	0.12	0.295
B/Bmsy	0.54	0.323	0.795

El anterior análisis se ve mucho más claro cuando se analizan las tasas relativas de la biomasa, notándose claramente, que el recurso ha estado soportando presiones que han dado como consecuencia, excepto para los años 2009, 2014 y 2017, que se han tenido periodos donde el reclutamiento se ha visto afectado, ósea que está por debajo de 0.5Bmsy. (Figura 4-11, Tabla 4-12).

#### 4.1.2.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus*. [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Estudiadas las condiciones iniciales de los datos de producción y CPUE ingresados al sistema se encuentra que con un intervalo de confianza del 95%, las capturas se ajustaron a las predicciones del modelo. Sin embargo, la CPUE no tuvo la misma respuesta, esto se puede ver tanto en los ajustes del CPUE y el diagnóstico de los residuos, que no se ajustaron a la dispersión esperada. (franja naranja en la Figura 4-12)

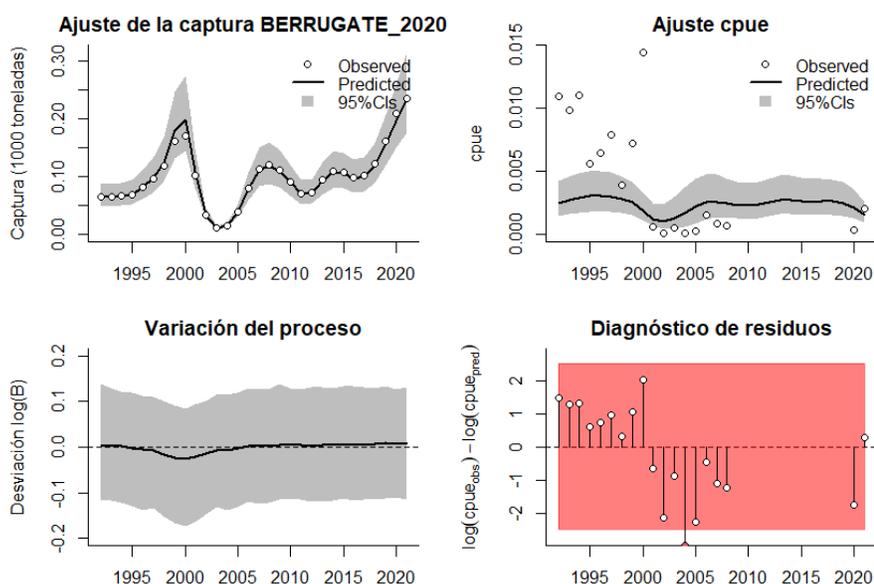


Figura 4-12. Modelación de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la

evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Parte de análisis de los datos consiste en determinar los factores probabilísticos de las densidades de los principales puntos de referencia con el fin de estimar su efecto sobre los análisis que se realizaron; resultando que, los parámetros prior y posterior por su distribución y bajo el concepto que las relaciones de varianzas, fueron, para la estimación de los parámetros: MSY, tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ), y capacidad de carga ( $K$ ) similares entre sí, concluyendo que el mejor ajuste fue para el MSY. (Figura 4-13, Tabla 4-13)

Cuando se carga la variable CPUE al sistema las densidades, se comportan de una manera similar referente a la estimación de los parámetros prior y posterior, e igualmente en el comportamiento de las tasas de biomasa relativa  $[B/K]$  en los años de referencia  $[1992, 2002 \text{ y } 2019]$ , queda claro que acerca los resultados por las dos vías que el resultado es similar  $[CMSY \text{ y } BSM]$ . (Figura 4-14)

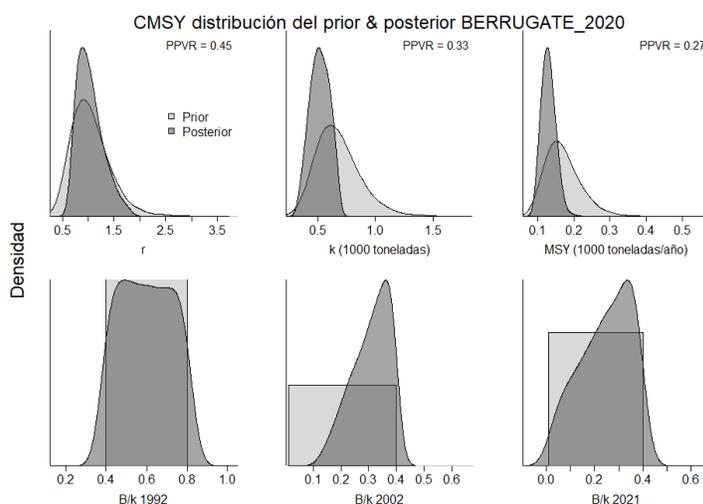


Figura 4-13. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el berrugate Lobotes pacificus, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento  $[r]$ , la capacidad de carga del ecosistema  $[K]$ , y del rendimiento máximo sostenible  $[MSY]$ . En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

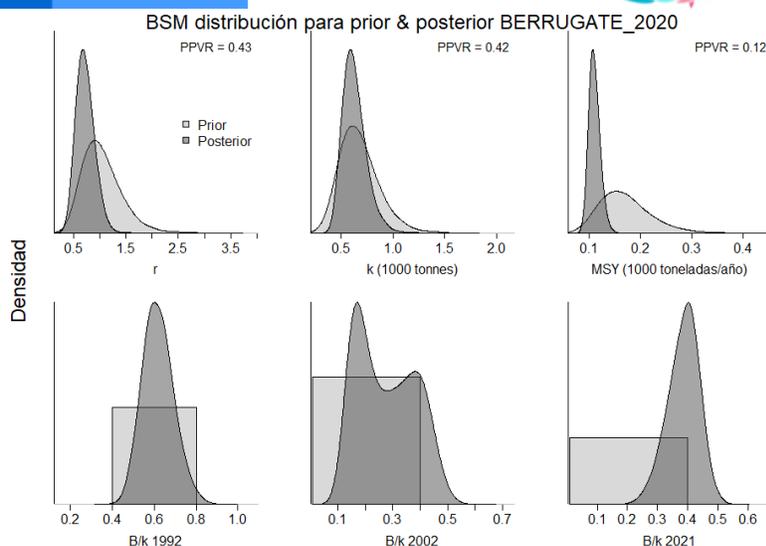


Figura 4-14. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el berrugate *Lobotes pacificus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Dentro de los resultados más determinantes, se destacan los relacionados con las producciones. Observándose variaciones destacables, para tal fin se incluyó una media móvil que suavizó estas oscilaciones, resultando que las producciones han tenido dos periodos, uno entre los años 1992 a 2000, donde creció hasta el límite de producción y luego decayó; el segundo periodo está entre 2005 al 2021, donde con algunas variaciones se ha mantenido con un ligero crecimiento. (Figura 4-15).

Analizado el tamaño del stock bajo las variaciones de la tasa relativa de las biomásas ( $B/K$ ), se encuentra que al inicio de la serie histórica, el rango estuvo, para el año 1992, entre 0.4 a 0.8; luego pasó a un rango entre 0.0 a 0.4 que fue el periodo donde se llegó a los valores más extremos, incluyendo una posibilidad de colapso de las pesquerías, como lo observado para el 2002, ésta situación varió ligeramente ya que para el año 2021 el rango fue entre 0.01 y 0.4 (Figura 4-15, Tabla 4-14, Tabla 4-15).

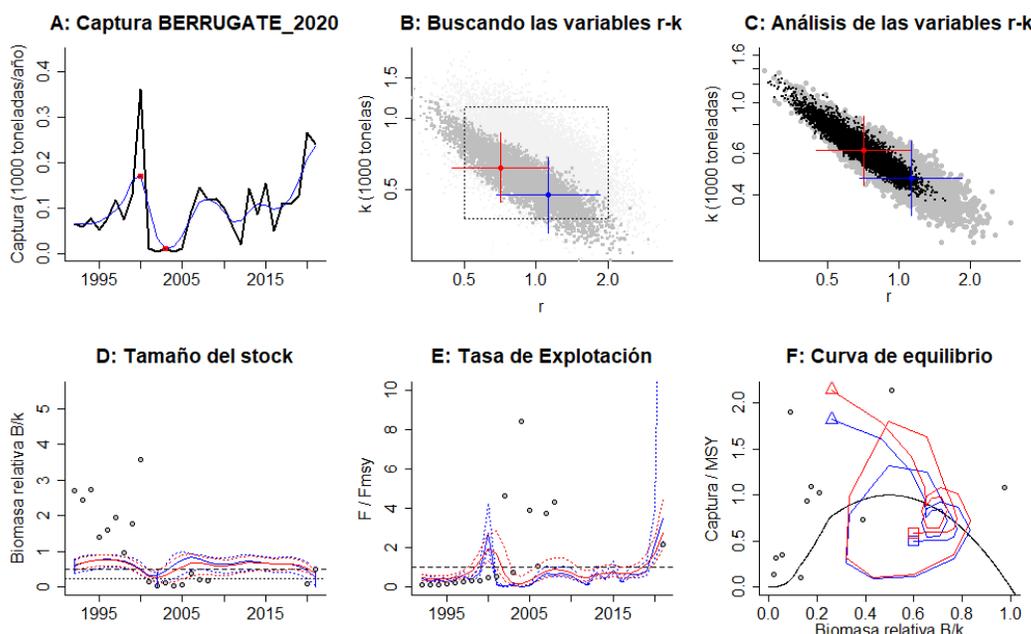


Figura 4-15. Resultados del Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Medido el impacto que la presión pesquera ejerce sobre el recurso, se encontró que, en el año 2002 se detectó la máxima preponderancia; para el último año se nota que al usar los datos de CPUE se ajustaron las tasas de presión pesquera ( $F/F_{msy}$ ) entre  $2.75 \pm 0.59$ , valores que son un poco altos para el nivel límite de 1. (Figura 4-15, Tabla 4-14, Tabla 4-15)

De acuerdo con lo establecido teóricamente, la especie se estimaba de alta resiliencia, con un coeficiente de capturabilidad más alto que el estimado anteriormente, lo cual significa un aumento en la eficiencia de los artes de pesca y un nivel de aprovechamiento catalogado como de agotamiento medio, así, como una resiliencia media. (Tabla 4-14, Tabla 4-15)

Cuando se analiza la curva de equilibrio, se encuentra que la mayoría de los datos están por debajo del punto de equilibrio, indicando que el nivel de aprovechamiento sobrepasa el punto de referencia límite, con un rendimiento máximo sostenible de 110 toneladas que es cercano al propuesto inicialmente. (Tabla 4-15)

Tabla 4-13. Resultados del CMSY para las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.12	0.669	1.87
MSY	129	96.3	171
K	473	329	681
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.262 de K	0.0296	0.393
Explotación F/(r/2) en el último año	3.47	3.31	30.7

Tabla 4-14. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00655	0.00386	0.0111
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.71	0.445	1.13
k	618	439	870
MSY	110	90.8	133
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.392 de K	0.274	0.477
Explotación F/(r/2) en el último año	2.75	1.96	4.4
r -k log correlación =	-0.936		

Tabla 4-15. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.55	0.223	0.565	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	<b>0.55</b>

Fmsy	0.55	0.223	0.565	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	110	90.8	133	
Bmsy	309	220	435	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	242	169	295	
B/Bmsy en el último año	0.783	0.548	0.995	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.971	0.796	1.39	
Explotación F/Fmsy =	2.75	1.96	4.4	

Se estableció que el comportamiento de las capturas frente al rendimiento máximo sostenible, mostró aumentos y disminuciones secuenciales, aunque la tasa relativa de biomasa (B/Bmsy), mostró que en algunos años los niveles pudieron afectar el reclutamiento; a la par con estos movimiento la tasa de presión pesquera (F/Fmsy) presentó un comportamiento similar a las anteriores, con años altos (2021) y años bajos (2004), lo cual muestra las respuestas del sistema frente a los cambios poblacionales de la especie y como una salida a las pesquería que busca su equilibrio, pero sin haberse aún recuperado tal nivel. (Figura 4-16)

Finalmente, el gráfico de fases de Kobe registra el recorrido histórico de las pesquerías de berrugate, que en valores relativos tuvo algunos años excelentes, luego entró a la fase de plena explotación, pasando casi de inmediato a los niveles de agotamiento intenso, siendo inclusive el año 2002, el que tuvo probabilidades de impactar el reclutamiento ( $< 0.5 B/B_{msy}$ ), concluyéndose que el 99.3 % de que las pesquerías están en niveles de sobre explotación, el 0.7 % en fase de plena explotación. (Figura 4-17)

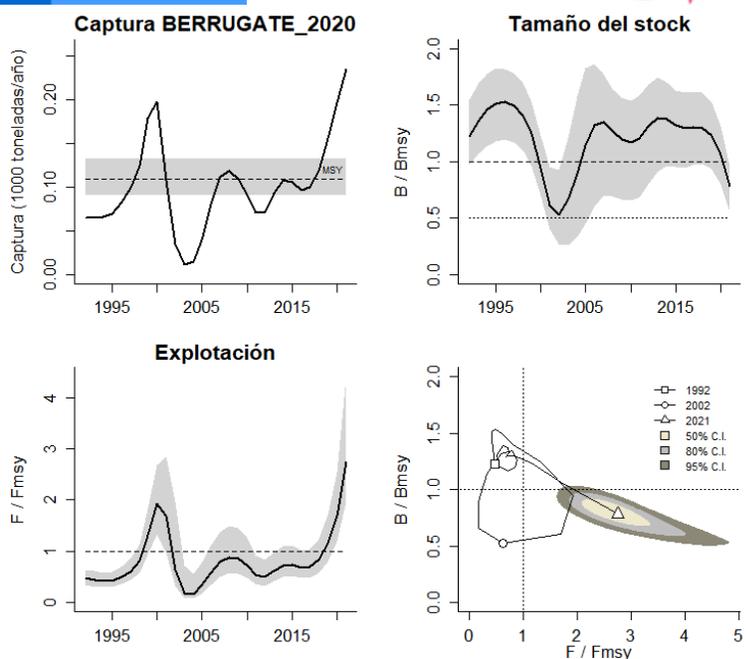


Figura 4-16. Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

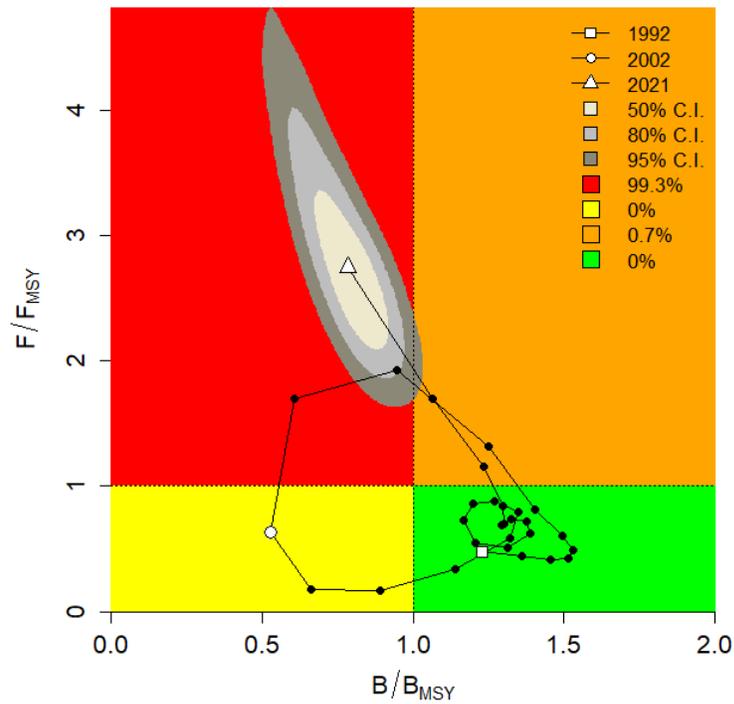


Figura 4-17. Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.2.6 Modelo Thompson y Bell berrugate *Lobotes pacificus*. [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Este modelo que incluyó información de los precios de primera venta registrados para el berrugate por lo tanto, para el 2020, las biomásas indican que el recurso se encuentra en el punto objetivo límite con un RMS de 243 toneladas, esta fue concordante con lo observado en con el modelo LBB y, con una estimación sobre el RME de \$ 1306 mil millones de pesos.

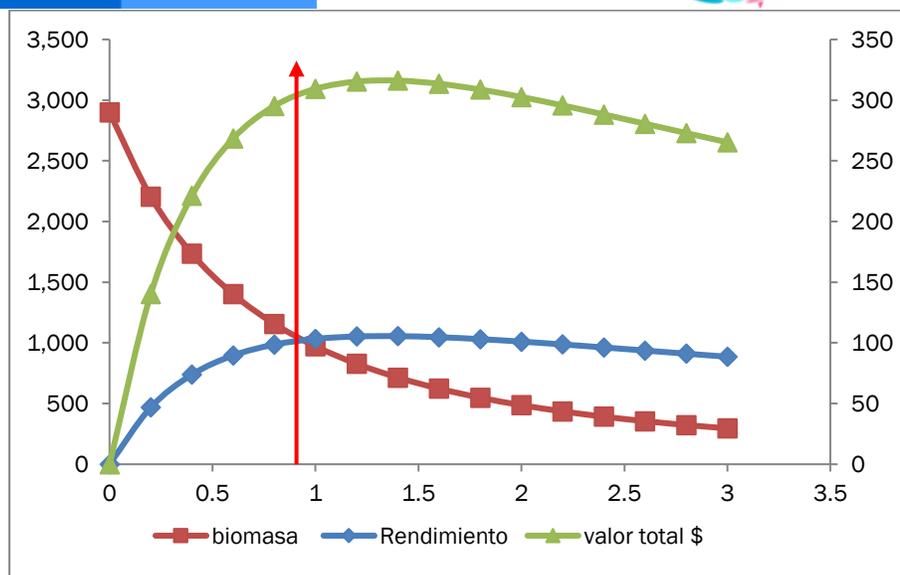


Figura 4-18. Resultados de las estimaciones del berrugate *Lobotes pacificus* utilizando el modelo de Thompson y Bell

#### 4.1.2.7 Modelación con escenarios ambientales del berrugate *Lobotes pacificus*. [ecuaciones (38), (52), (53), (54)]

La aplicación de modelos de corte ambiente muestran que, dependiendo de la situación de las variables ambientales las estimaciones de los RMS pueden variar de acuerdo con sus impactos, de esta manera si las condiciones son estable el modelo estimó 101 toneladas de RMS, si las condiciones son negativas para el recurso el RMS varía a 94.2 toneladas y si es favorable el mismo puede llegar a los 106.9 toneladas.

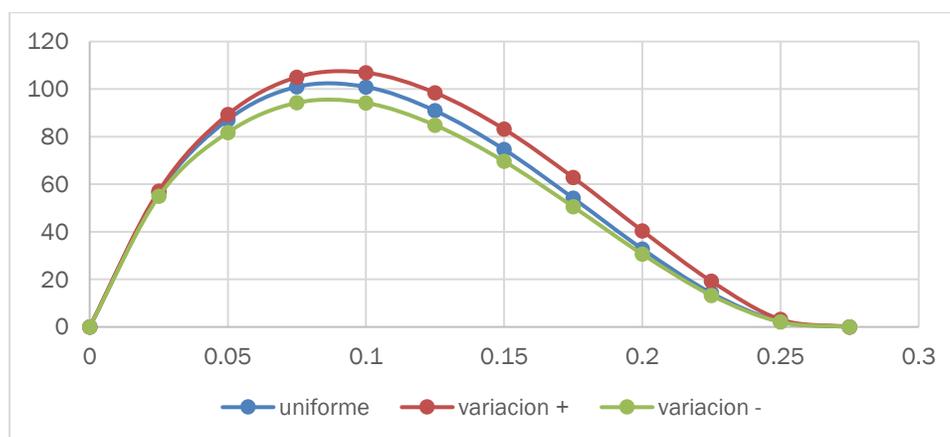


Figura 4-19. Estimación de los cambios del RMS del berrugate frente a los cambios ambientales.

#### 4.1.2.8 Conclusiones sobre el berrugate *Lobotes pacificus*

El berrugate es un recurso aprovechado como parte de las pesquerías multiespecíficas artesanales principalmente, aunque se puede aprovechar económicamente, porque forma parte de capturas incidentales de la pesquería industrial de arrastre del Camarón de Aguas Someras.

Con la evaluación de los modelos utilizados, los resultados, muestran un recurso que tiene capacidad de resiliencia y puede mantener un stock productivo a pesar de que casi todos los recursos están siendo presionados, es indiscutible que la resiliencia en este tipo de recursos afronta un papel importante para que el mismo tenga una capacidad de sostenibilidad.

Cuando hay cambios sensibles, estos se han visto bastante impactantes; el recurso en 2015 estaba aceptablemente saludable, tuvo un proceso difícil en el 2012, pero para los dos últimos años ha mostrado una sensible recuperación.

Los resultados comparativos entre los modelos LBB y CMSY solo difieren en los resultados puntuales, pero si observamos los rangos de dispersión coinciden en el cruce de sus valores, esto indica que la información sobre el estado de salud del recurso es bastante sólida.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 2.75, y un porcentaje de madurez sexual de 61%, longitud óptima  $L_{op}$  de 89 cm de Lt., la biomasa relativa (2021) de 0.783, la mortalidad por pesca actual de  $0.667 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.55 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $110 \pm 42.2$  toneladas.

#### 4.1.3 Pesquerías del pargo rojo [*Lutjanus peru*, Nichols & Murphy, 1922]



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombres en inglés: Pacific red snapper

##### 4.1.3.1 Antecedentes del recurso pargo rojo *Lutjanus peru*

Es un recurso de alto valor comercial para todas las pesquerías del país puesto, que su valor no solo es alto nacionalmente, sino que es un recurso con mercado internacional.

Se mueve dentro de ambientes tanto oceánicos como arrecifales, y se distribuye hasta los 40 m., de profundidad, se reporta en el Pacífico oriental desde México a Perú. Hay registro de individuos de hasta de 95 cm., de Lt., con una talla media de madurez sexual de 22 cm. (Fishbase, 2020).

Se ha estudiado los efectos de la temperatura y la salinidad en la supervivencia de los juveniles, encontrándose que el 86% sobreviven entre los 35 a 45 psu de salinidad. En cuanto la temperatura se encontraron efectos positivos en las tasas de crecimiento entre temperaturas desde 25 a 30 °C y salinidades desde 35 a 45 psu; pero cuando se incrementó por encima de los 45 psu los rendimientos decrecieron apreciablemente por lo que se demostró que es una especie eurihalina. (Castillo-Vargasmachuca, y otros, 2013).

Una de las problemáticas que enfrenta las pesquerías de pargo rojo se refiere a su tipo de extracción, debido a que los juveniles son capturados por redes camaroneras y adultos y juveniles son parte de la actividad de la pesca artesanal. (Díaz-Uribe, Chávez, & Elorduy-Garay, 2004).

Una investigación anterior demostró que la talla de madurez fue de 33 cm de Lt., que correspondió a 3.4 años; determinado que los organismos juveniles están sometidos a una mayor presión de pesca. De otra parte, se advierte que las capturas están de huachinango [pargo rojo], están relacionadas con fenómenos ambientales, pues muestran coincidencias con El Niño 1982/83 y 1997/98, aunque no se tiene una demostración clásica de esta eventualidad; igualmente se considera importante que las pesquerías artesanales de acceso abierto sean reguladas para que el rendimiento máximo sostenible [MSY] no sea rebasado que se considera un punto de referencia límite. (Díaz-Uribe, Chávez, & Elorduy-Garay, 2004).

El análisis del crecimiento con estructuras duras como los otolitos, mediante la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy [GFVB] permitió determinar cómo longitud asintótica  $L_{\infty}$  con un valor de 97.32 cm, y una tasa de crecimiento metabólica  $K = 0.111 \text{ año}^{-1}$ , con una estimación de  $t_0 = -0.316$ . La edad máxima fue calculada en 31 años a una longitud de 99.2 cm de Lt. y para las hembras una tasa instantánea de mortalidad total  $Z = 0.282 \text{ año}^{-1}$ , y para los machos de  $Z = 0.366 \text{ años}^{-1}$ . (Rocha-Olivares, 1997).

En 1999, el Estado de Guerrero -México-, se evaluó el estado poblacional, encontrándose que la tasa metabólica de crecimiento estuvo en  $K = 0.144$  con un  $t_0 = -0.23$  y una longitud asintótica  $L_{\infty} = 80.85$  cm. Después de verificar varios métodos encontraron un rango de mortalidad natural entre 0.14 a 0.38; estimada la biomasa arrojó un valor de 8.454 toneladas, lo que permitió establecer el rendimiento máximo sostenible en 400 toneladas; así mismo, se estimó un rango de mortalidad por pesca entre 0.06 a 1.13; con la curva potencial se estimó la relación longitud peso con los parámetros  $a = 0.0000545$  y un  $b = 2.727$ . (Santamaría & Chávez, 1999).

Así mismo, en México, durante el año 2010, se estudió el crecimiento visualizando anillos de crecimiento en escamas, con lo cual se estimó un valor de  $L_{\infty} = 81.12$  cm, una tasa metabólica de crecimiento de  $K = 0.24 \text{ años}^{-1}$ , y un  $t_0 = -0.39$ ; igualmente se encontró que los índices más altos de reproducción se encuentran en febrero y agosto y los periodos de reclutamiento al área están en enero a julio para los nacidos en agosto y de agosto a diciembre, para los nacidos en febrero. El tamaño de reclutamiento para la pesca es de 18 cm; la madurez sexual calculada para la especie fue de 25.45 cm y su máxima longevidad es de 12 años. (Gallaerdo-Cabello, Sanabria-Medez, M., Espino-Barr, & Anislado-Tolentino, 2010).

Los estudios para la especie en Colombia, se han realizado en el parque natural Isla Gorgona, donde los investigadores determinaron que la época de pesca está entre mayo agosto; y se pudo

establecer los parámetros de la relación longitud peso que fueron  $a= 0.0102$  y  $b=3.0349$ , que representa un crecimiento isométrico; para los parámetros de crecimiento se estimaron como longitud asintótica  $L_{\infty}= 81.5$  cm y una tasa metabólica de  $K=0.22$ ; pero uno de los resultados más sobresalientes fue el de la disminución de las tallas medias entre 1991 y 1992. (Caicedo, Rubio, Zapata, & Giraldo, 2006).

En un estudio adelantado sobre la reproducción se encontró que los periodos de reproducción están entre mayo y julio, aunque se detectaron pequeños periodos en septiembre y febrero a septiembre. (Dumas, Rosales-Velázquez, Contreras-Olguín, Hernández-Ceballos, & Silverg, 2004). Zambrano et al. (2018a) reportó la especie como parte de las capturas de la pesca artesanal de la zona central del pacífico colombiano con TMC entre 46.6 y 51.2 cm LT y TMM entre 59. 4 y 64.4 cm LT.

#### 4.1.3.2 Análisis de los datos biológico de las pesquerías de pargo rojo *Lutjanus peru* [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Con base en el trabajo preliminar a este documento realizado por Gutiérrez-Bonilla & Barreto [2019] se pudieron establecer varios parámetros de la historia de vida de la especie, inicialmente se encontró una relación longitud peso que dio como resultado más sobresaliente, que el crecimiento de la especies es de tipo alométrico negativo [ $b \neq 3$ ,  $P < 0.05$ ], en cuanto a la estimación de los parámetros de crecimiento se estableció que la longitud asintótica y la tasa metabólica fueron mucho más altos que los estimados por lo que se acudió a determinar el  $\Phi'$  los estudios anteriores tuvieron un rango entre 2.9 hasta 3.19, mientras que para este estudio su valor fue de 3.7. Esto puede significar dos cosas o el stock de Colombia es diferente a los de México o aquí hay individuos mucho más grandes que en la parte norte del Pacífico, ya que los sistemas para el cálculo son similares. (Gutierrez Bonilla & Barreto, 2019).

De otra parte, los resultados obtenidos para la tasa instantánea de mortalidad total, la tasa de mortalidad por pesca y la tasa de explotación, están sobrepasando los niveles de equilibrio y podría estar en sobreexplotación, puesto que estos valores son mucho más altos que los ya revisados. (Tabla 4-16)

Tabla 4-16. Relación de los parámetros estimados para pargo rojo *Lutjanus peru* de la cuenca del Pacífico colombiano.

A	b	$r^2$	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	$L_{\infty}$ [cm]	K	Z	M	F	E
0.01	3	0.9739	38.5	62	97.7	0.41	2.25	0.474	1.23	0.72

Disponiendo de los datos recopilados hasta 2015, se aplicaron varios modelos, para hacer las estimaciones tanto del rendimiento máximo sostenible, como punto del punto de referencia límite, cálculos del rendimiento máximo económico, como del punto de referencia objetivo. Los cuales, junto con la determinación de la tasa de aprovechamiento, arrojó que es un recurso en el límite de su sostenibilidad ambiental, lo cual se ve claramente reforzado por la proporción de las tallas [ $TM/TMC$ ] que se presenta como un sistema sometido a un nivel de pesca muy alto. (Tabla 4-17)

Tabla 4-17. Estimación de los principales parámetros poblacionales de pargo rojo *Lutjanus peru* para la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS	PRO	B/K	Q	TM/TMC	Fuente	E	Modelo usado	Observación
171	882,000,000	0.286	0.0011	0.62	Gutiérrez-Bonilla & Barreto 2019.	0.65	Bayesiano con variantes de cambios de 6 escenarios.	Sobrepasa los rendimientos máximos sostenibles.

Las tallas de 2020, de esta especie han podido determinar que 5 artes de pesca fueron las que ejercieron su esfuerzo para extraer el recurso, de estos la línea de mano fueron las de mayor capacidad de las diferentes tallas, seguida por los palangres o espineles (Tabla 4-18 Figura 4-20). [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-18. Resultados de los análisis de tallas para el pargo rojo *Lutjanus peru* del pacifico colombiano. Se estima sus estadísticos como varianza, desviación y error estándar.

Arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	46.3	172.00	13.11	0.48	747
Palangre o espinel de fondo	50.0	133.16	11.54	0.63	332
Red de cerco artesanal o ruche	55.2	32.82	5.73	0.70	67
Red de enmalle de deriva marina	40.0	53.50	7.31	0.70	108
Red de enmalle fija marina	34.2	82.62	9.09	0.60	232

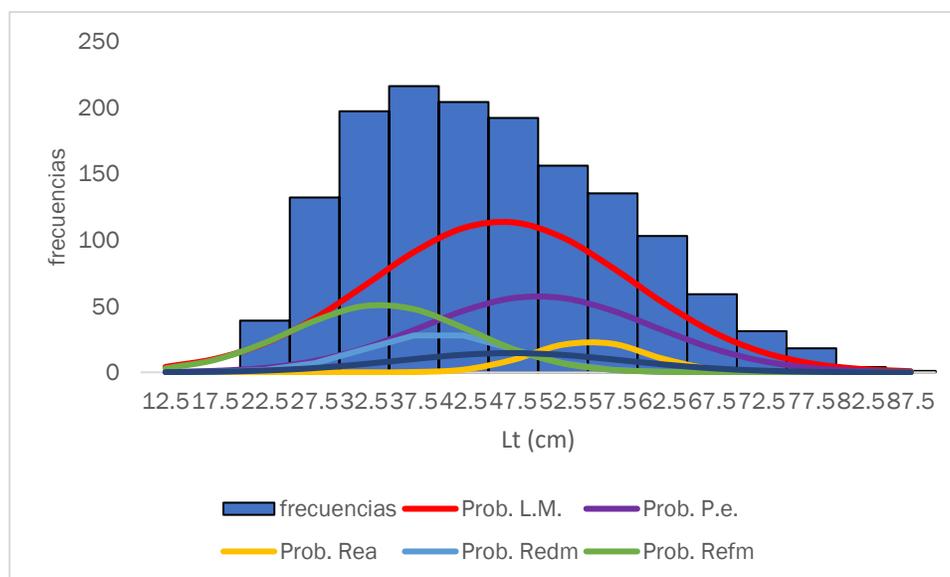


Figura 4-20. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del pargo rojo *Lutjanus peru* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rea = red de cerco artesanal ruche; Redm. = Red de enmalle de deriva marina; Reefm. = red de enmalle fija marina, Rez. = red de enmalle zangarreo.

4.1.3.3 *Modelo de tallas LBB para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)],*

Se revisaron datos correspondientes a las pesquerías realizadas entre el 2007 - 2021, en lo relacionado con las tallas y, aplicando la propuesta técnica para determinar el comportamiento de estas de acuerdo con los aspectos de selectividad, se ajustaron a una gráfica de la relación de sus tallas con la abundancia relativa; todos los años se presentaron las distribuciones de acuerdo con lo previsto teóricamente, excepto para el 2017 que registró una segunda distribución de los individuos más grandes. (Figura 4-21)

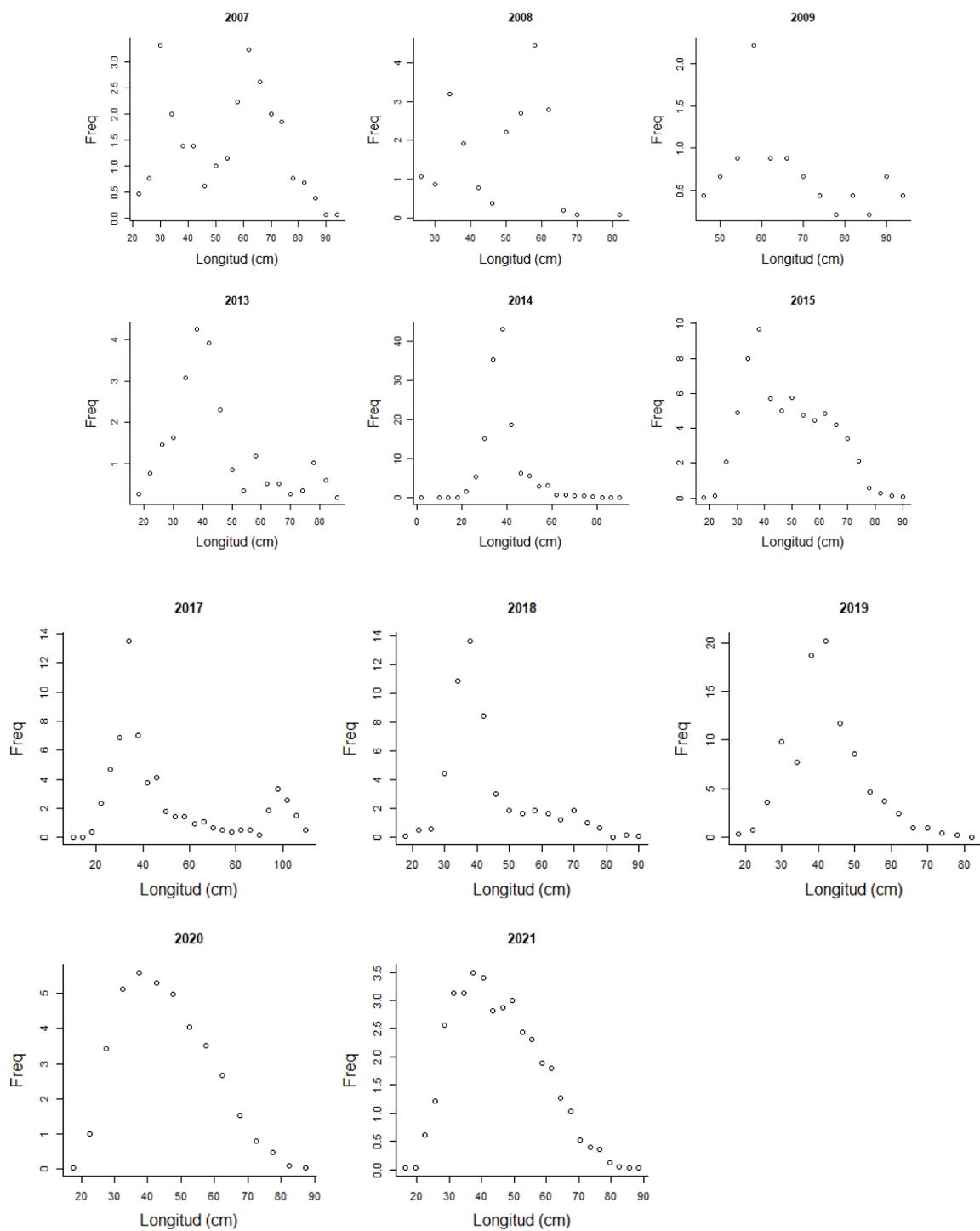


Figura 4-21. distribución de las tallas de pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano.

Los valores prior, estimados para este recurso, presenta una talla asintótica mucho más alta que la reportada por las anteriores evaluaciones para las cuotas de años anteriores, lo cual podría,

como un supuesto teórico, estar indicando que las pesquerías están buscando acceso a la especie en zonas de pesca que no habían sido exploradas anteriormente; los valores de la talla  $L_c$  o al 50% de su distribución, está cerca de la talla media de captura (TMC), obtenido para los años anteriores. (Tabla 4-19)

Tabla 4-19. Principales estimaciones de los parámetros de la dinámica poblacional del pargo rojo *Lutjanus peru* del pacífico.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	110	1.1
Z/K	2.18	4.77
F/K	0.679	
Lc prior	32.6	3.26
$\alpha$ prior	31.6	3.16

De manera general, las estimaciones de los parámetros definieron un comportamiento de las poblaciones que mostraron proyección de la longitud asintótica similar a los valores estimados mediante la estrategia de datos prior, la longitud óptima (Lop.) y la talla óptima al 50% ( $L_{c_{opt}}$ ) fue calculadas para tallas de organismos adultos mostrando que la selectividad de las artes debe estar diseñadas para la captura de individuos cuyas tallas no proporcionan los mejores rendimientos.

Las tasas de mortalidad natural relacionada con tasa metabólica son muy cercanas a los valores propuestos teóricamente; mientras que las otras (F/K, Z/K, Y F/M) son valores altos que permite diagnosticar una situación de sobrepesca. Estos valores de advertencia se evidencian en el comportamiento de las curvas de explotación B/B0 (Figura 4-22), donde se empezó con valores aceptables, pero a partir de 2013 se evidencia un decaimiento total, inclusive por debajo de proxy  $0.5B_{msy}$ , con una ligera recuperación en el 2015 y 2020, 2021, evidenciada igualmente en las tasas de aprovechamiento pesquero (F/M). (Tabla 4-20,

Tabla 4-21, Figura 4-22).

Tabla 4-20. Estimación de los principales parámetros que define el comportamiento del recurso pargo rojo *Lutjanus peru* del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	106	103	108
L opt	71	L opt/Loo	0.67
Lc_opt	59	Lc_opt/Loo	0.56
M/K	1.45	1.2	1.73
F/K	1.47	1.16	1.77
Z/K	3.09	2.8	3.31
F/M	0.896	0.666	1.33

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.368		
B/Bo	0.289	0.127	0.423
Y/R <sup>ˆ</sup> F=M Lc=Lc_opt	0.0479		
Y/R <sup>ˆ</sup>	0.0232	0.01	0.0502

Tabla 4-21. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del pargo rojo *Lutjanus peru* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	30.7	30.3	31.2
Lc/Loo	0.3	0.299	0.307
$\alpha$	32.6	31.4	33.7
Lmedio/Lopt	0.7		
L 95 %	88.5		
L 95 %/Loo	0.87		
Lm 50%	46.1	Madurez	47%
F/K	1.2	0.862	1.62
F/M	0.85	0.469	1.33
Z/K	2.69	2.43	2.93
Y/R <sup>ˆ</sup>	0.041	0.0168	0.0685
B/Bo	0.31	0.127	0.519
B/Bmsy	0.84	0.346	1.41

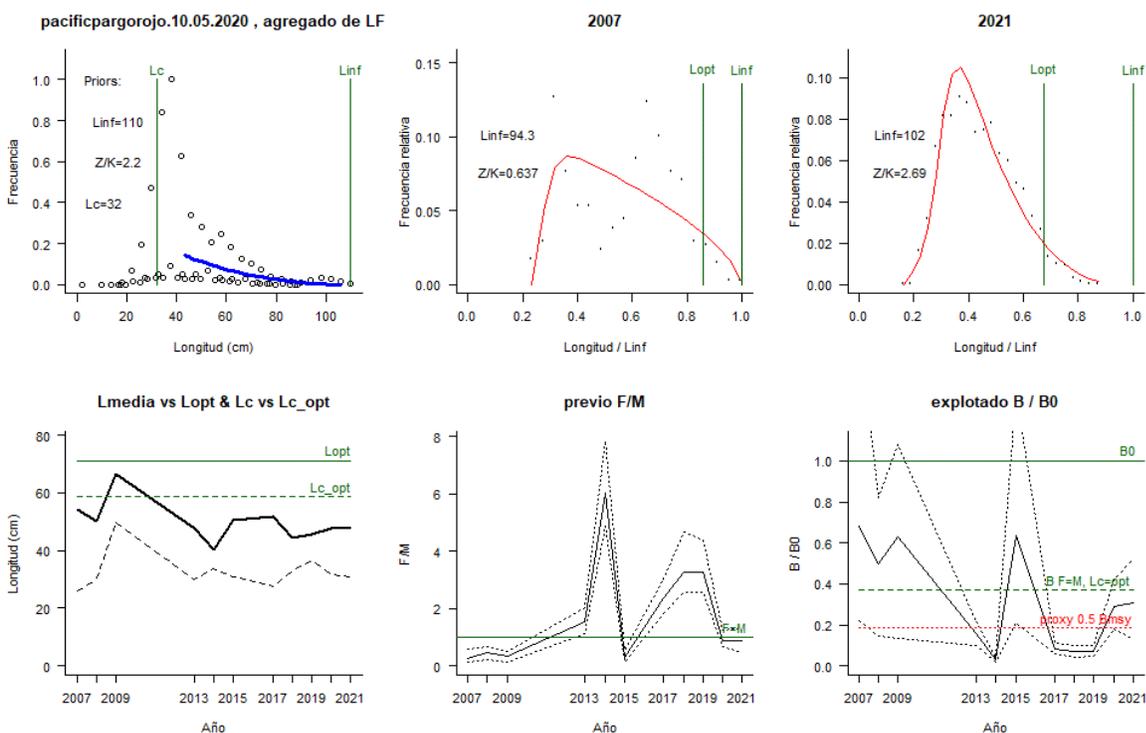


Figura 4-22. Comportamiento de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F = M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

#### 4.1.3.4 Modelo CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Se evaluaron los datos, tanto de captura como los de CPUE, con el fin de observar su proyección dentro de la dinámica poblacional del modelo utilizado. Se encontró que este recurso cumplió con todos lo supuesto, de tal manera que las observaciones y las predicciones sobre el sistema se ajustaron perfectamente y ninguno estuvo por fuera de rango de seguridad al 95% del intervalo de confianza (CI); de la misma manera en análisis de los residuos se ajustaron a los estándares teóricos establecidos (Froese, y otros, 2018); así mismo la evaluación sobre las estimaciones de biomasa mostraron los cambios permanentes que ha tenido los grupos poblacionales. (Figura 4-23)

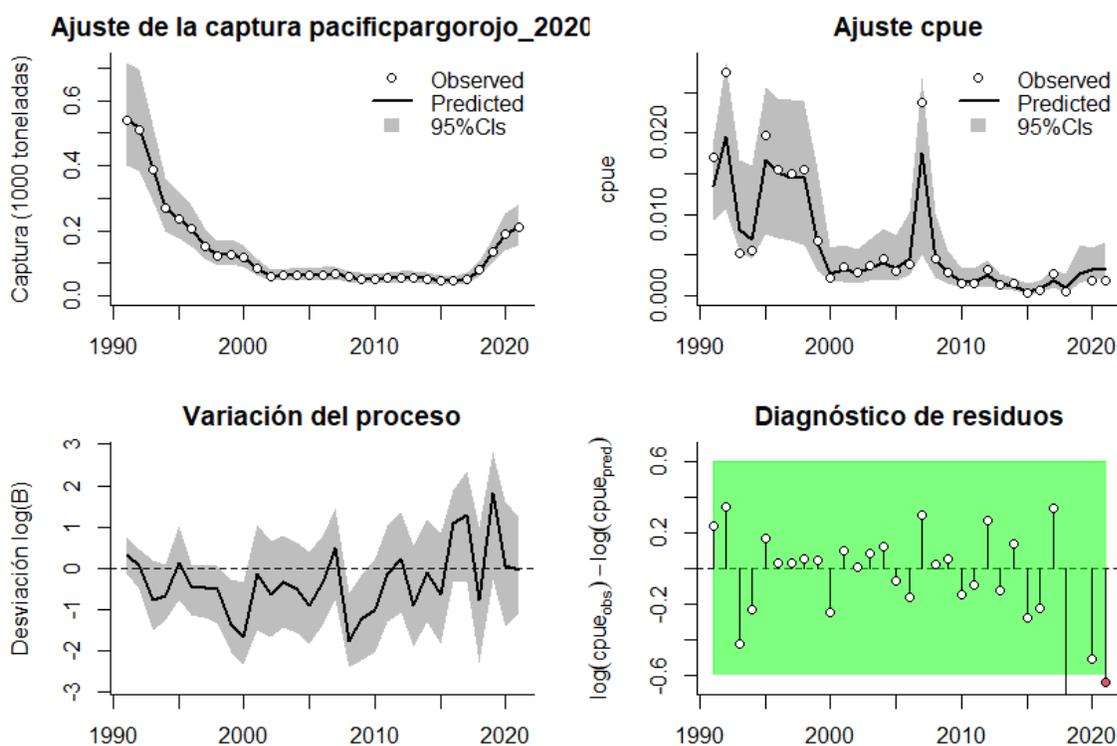


Figura 4-23. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de pargo rojo *Lutjanus peru*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Analizado el comportamiento de las densidades, utilizando los puntos de referencia (objetivos y límite), se encontró que el menor valor de las varianzas de los análisis prior y posterior fue para la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) que mostró el mejor ajuste y, en su orden están las probabilidades estadísticas de la capacidad de carga ( $k$ ) y el rendimiento máximo sostenible ( $msy$ ).

De otra parte, el análisis del comportamiento prior y posterior permitió observar cómo actuaron éstos en cada uno de los años muestreados, determinándose que las tasas relativas de las biomazas tuvieron variaciones incluyentes. Inicialmente, tuvieron densidad alta para el año 1991, luego en siguiente año de referencia fue el 2015 que mostró un descenso en el potencial de las biomazas, esto se mantuvo para el año final de 2021. (Figura 4-24, Tabla 4-22, Tabla 4-23)

El análisis, que incluyó la CPUE, mediante el modelo BSM, presentó cambios diametrales a los obtenidos por el modelo CMSY, ya que la razón de varianza mostró que el mejor ajuste es para la capacidad de carga ( $k$ ) seguido por el MSY (Figura 4-23,

Tabla 4-21, Tabla 4-22, Tabla 4-23)

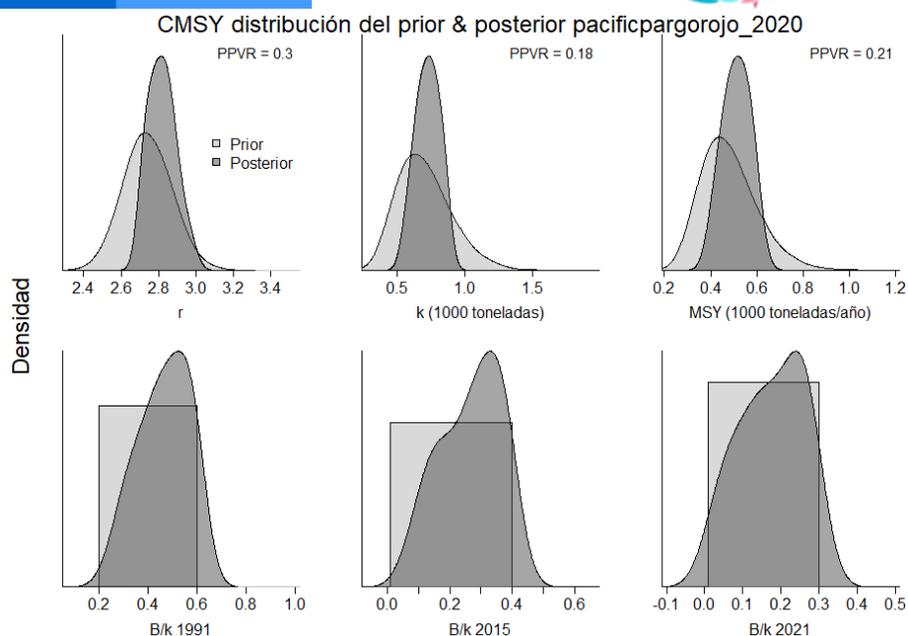


Figura 4-24. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus peru*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Tabla 4-22. Resultados del CMSY para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	2.85	2.7	3
MSY	515	395	614
K	691	539	885
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.183 de K	0.0183	0.295
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.43	0.887	14.3

Figura 4-25. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Lutjanus peru*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

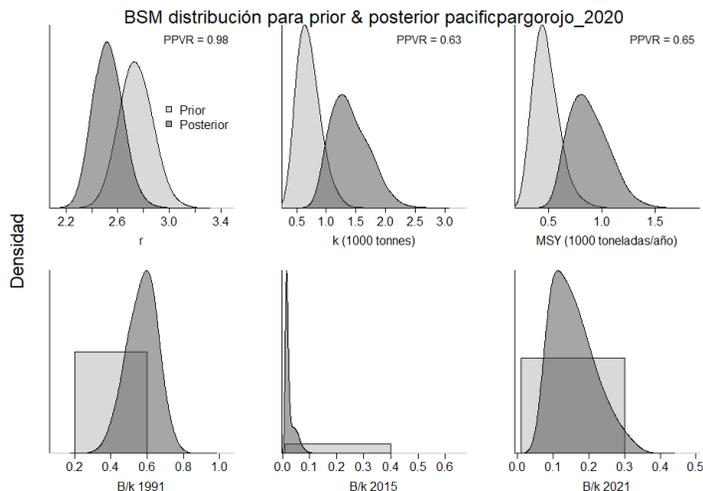


Tabla 4-23. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* en la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0174	0.0128	0.0235
		Intervalo de confianza al 95%	
r	2.52	2.31	2.75
k	1370	888	2110
MSY	862	579	1280
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.147 de k	0.0728	0.299
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.42	0.485	4.39
r-k log correlación =	-0.48		

Quando se realizó la evaluación de las capturas se encontró que, la abundancia disminuyó paulatinamente, aunque con una ligera recuperación para en los últimos años. De otra parte, el análisis mostró que, el tamaño del stock frente a la biomasa relativa a través de los años, mostraron que las captura [línea azul], frente la CPUE [línea roja] (Figura 4-26, panel D), fueron diferentes especialmente porque la CPUE se movió mucho frente a lo estático de las capturas, que posiblemente tenga que ver con las variaciones externas al sistema como cambios climáticos oceanográficos, contaminación, entre otras que hace que las comunidades de este recurso actúe de forma variante. (Figura 4-26).

De los resultados obtenidos para las tasas de aprovechamiento pesquero ( $F/F_{msy}$ ), encontramos una situación inversa a la planteada sobre el tamaño del stock; estas permanecen fijas mientras que el cambio está relacionado con la tasas estimada por el modelo BSM, esto permite visualizar que mientras las biomazas fluctúan la tasa de aprovechamiento permaneció más o menos constante (línea azul) y cuando las tasas se modificaron en relación con la CPUE (línea roja), estas tuvieron cambios apreciables. (Figura 4-26, panel E).

Se obtuvo un modelo de curva de equilibrio, donde las pesquerías empezaron en un punto de rendimiento máximo sostenible que rápidamente pasó a los registros de máximo aprovechamiento; estas tuvieron un proceso de altas y bajas sucesivas donde se pasó de un periodo corto de alta a uno de bajo producción, muchos puntos acumulados en la franja de extrema explotación que casi conllevan al sistema a un colapso (Figura 4-26). Las capturas frente a la estimación del rendimiento máximo sostenible, mostraron que, en ningún año se alcanzó el punto de referencia límite, por lo tanto, las tasas relativas (tamaño del stock) a través de los años, tuvo un valor inferior a la línea de 0.5  $B/B_{msy}$ , que indica que se incidió negativamente en el reclutamiento. (Figura 4-27, panel F)

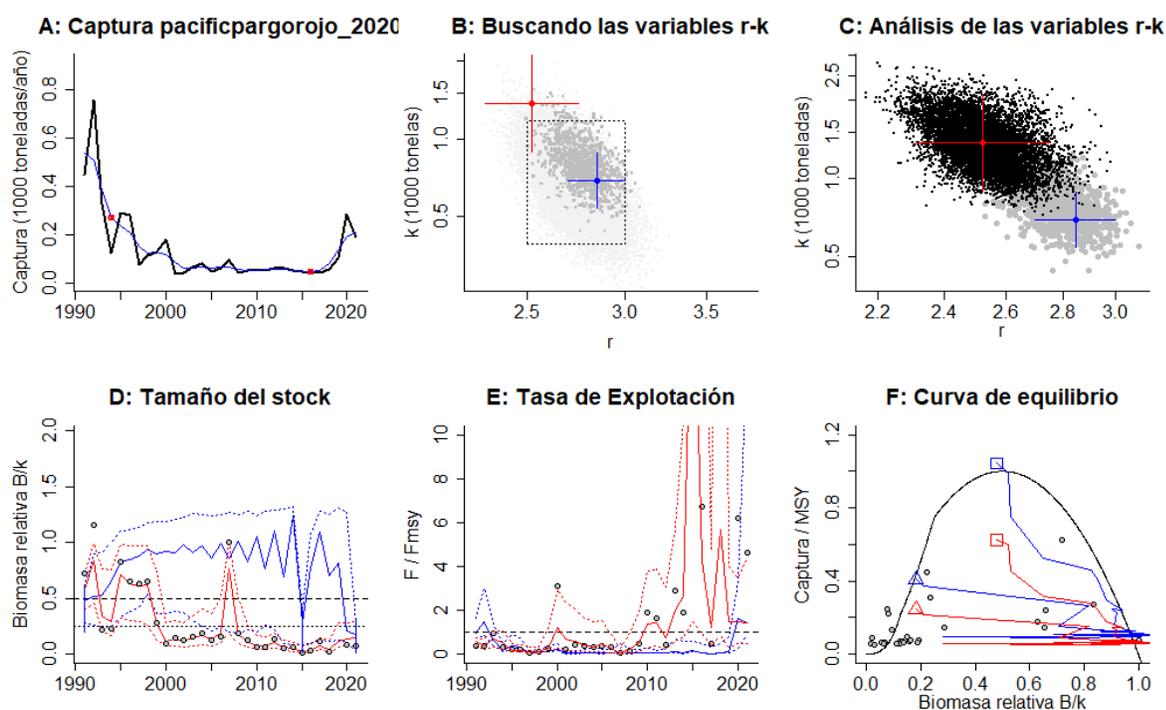


Figura 4-26 Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r-k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

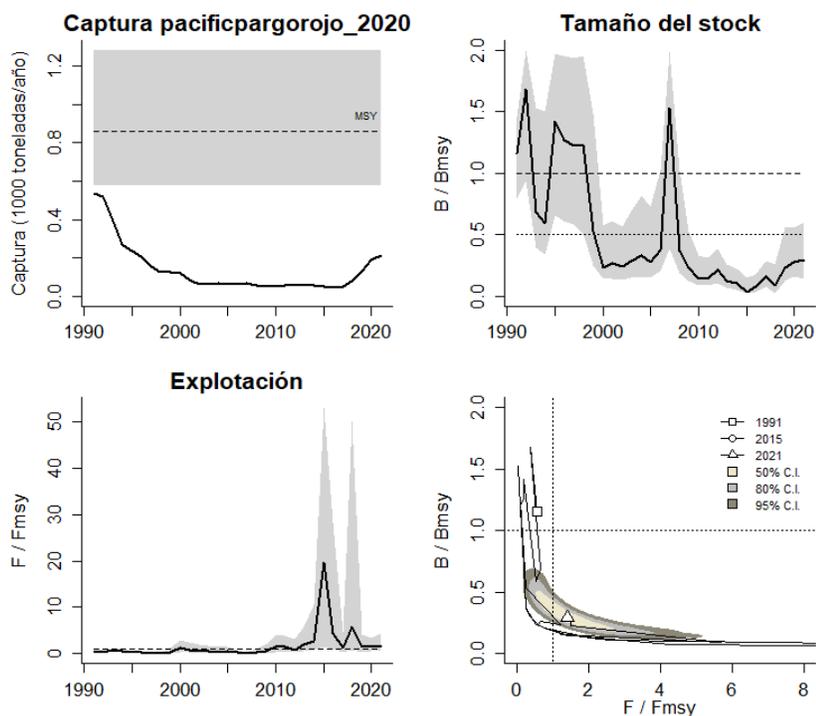


Figura 4-27 Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, con la ayuda del gráfico de fases de Kobe, se observó que la secuencia de las capturas tuvo una primera fase de subexplotación luego y luego por algunos años de fase de recuperación se entró en la fase de sobreexplotación, casi los datos de los últimos años están en la zona roja de sobreexplotación, lo que afectó el reclutamiento, pues en la mayoría de los últimos años se encuentra por debajo de la franjada de  $0.5 B/B_{msy}$  y por encima de valor límite de  $F/F_{msy}$  de 1. Sin embargo, en los dos últimos años se ha visto una ligera recuperación, por lo que, en términos probabilísticos en el 2021, el 70% estuvo en la zona crítica de las pesquerías y el 30 % en zona de recuperación. (Figura 4-30).

#### 4.1.3.5 Modelos probabilísticos ambientales pargo rojo *Lutjanus peru* [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Se, estudio el comportamiento que tendría los RMS frente a los posibles cambios que puedan presentar por variaciones de la naturaleza, de los 7 escenarios planteados se pudo determinar que si el sistema permanece estable el RMS sería de 842.4 toneladas, pero si hay cambios positivos para este recurso el valor sería de 980.1 toneladas, de otra parte, si la situación no es favorable este valor se puede reducir a 688 toneladas (Figura 4-28)

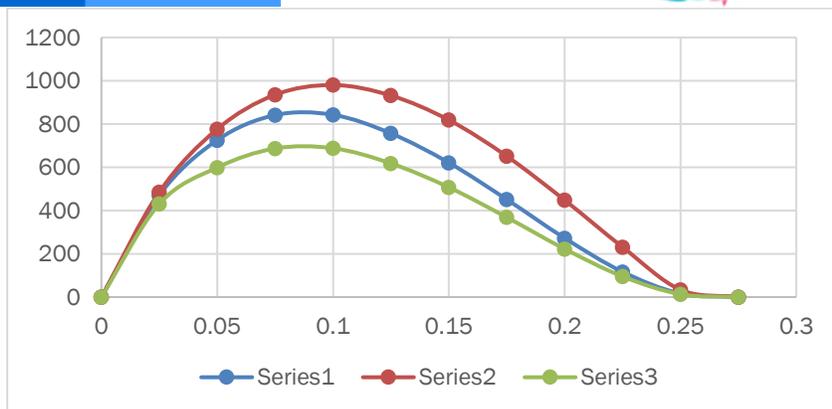


Figura 4-28 Estimación de los cambios del RMS del pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano frente a los cambios ambientales.

#### 4.1.3.6 Modelo de Thompson y Bell pargo rojo *Lutjanus peru*. [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

La modelación de este sistema, que permitió utilizar las tallas y precios de primera venta del recurso, estos registrados por el SEPE, mostraron que el RMS se pudo calcular en 1,284 toneladas, con RME de \$ 12.3 mil millones de pesos, aunque este valor se debe reevaluar con los otros modelos ya descritos puesto que ya muestra signos de sobrepesca (Figura 4-29).

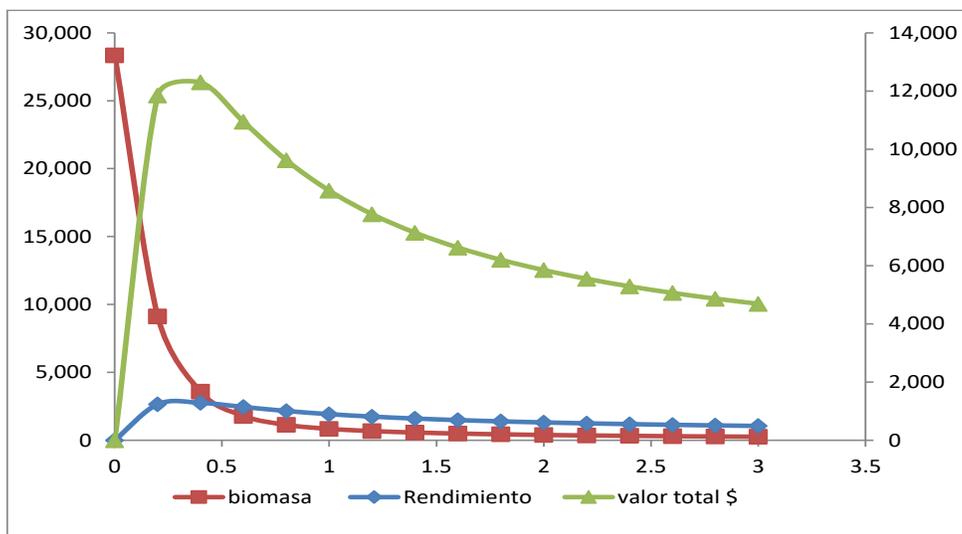


Figura 4-29. Resultados de las estimaciones del pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell

#### 4.1.3.7 Conclusiones de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru*

El pargo rojo puede ser susceptible de capturas objetivo en determinadas temporadas del año cuando es más abundante, especialmente con artes de anzuelo. Sin embargo, hace parte de las capturas aprovechadas con redes de enmalle.

De acuerdo con los análisis realizados, el pargo rojo tiene ligeros signos de recuperación; aunque no se puede pensar que esto sea muy alentador ya que aún hay que esperar que el sistema este por lo menos en la zona de recuperación plena.

Si las pesquerías siguen el camino de los últimos años, en donde se evidencia una leve recuperación, el recurso, podría mostrar un nivel de mejoras en su estabilidad ecológica en el ecosistema, pues se puede pronosticar que, si se tiene como punto de referencia que se sostenga una tasa de presión de pesca, y como punto de referencia objetivo en un rango entre 1 y 1.05, se proyectaría que en 5 años las pesquerías estarían recuperadas.

Otro punto de referencia básico es de que si se reduce la mortalidad por pesca a un valor de  $F$  entre 0.5 a 0.7, se puede esperar el efecto positivo en 5 años.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.42, biomasa relativa de 0.295, la mortalidad por pesca actual de 1.04 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 1.26 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 862 (579-1280) toneladas.

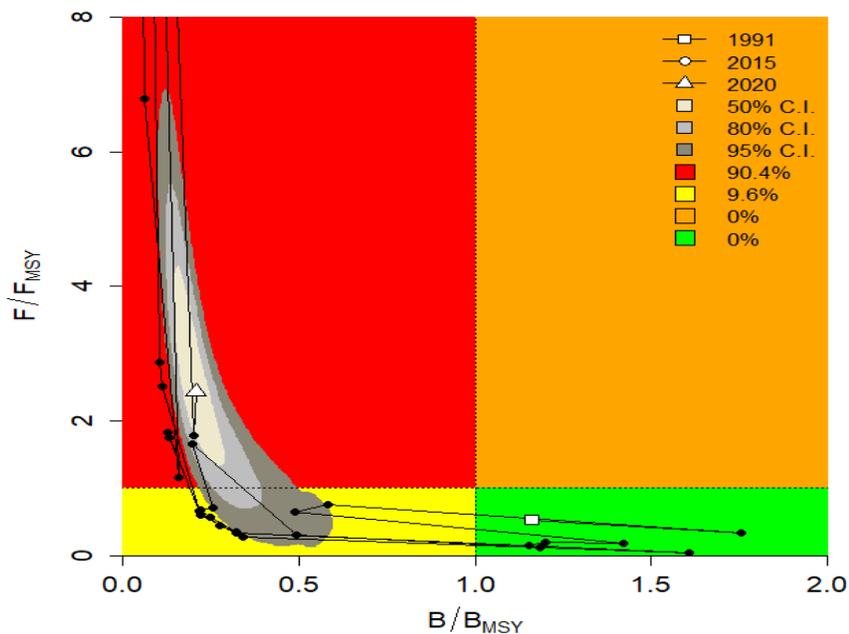


Figura 4-30. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* para la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.4 Pesquerías del burique (*Caranx caballus* Günther, 1868).



Foto: R. Robertson© (STRI)

Nombre en inglés: Green Jack

##### 4.1.4.1 Antecedentes del recuso burique *Caranx caballus*.

El burique *Caranx caballus* es una especie que tiene una distribución geográfica en la costa oeste del Pacífico desde la Isla de Santa Cruz en California, USA hasta el Perú, incluidos el Golfo de California y las Islas Galápagos; es típicamente marino de aguas salobres encontrándose desde los 3 a los 100 m., de profundidad. (Fishbase, 2020).

Para Panamá y estrictamente para el archipiélago de Las Perlas, se pudo obtener una talla promedio de  $36.1 \pm 6.4$  cm; y una talla óptima de 38.9, se pudo observar que aproximadamente del 68% incluyeron  $\pm 10\%$  de las longitudes óptimas, pero solamente el 15% fueron considerados como mega-reproductores. Los análisis realizados con la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, esta es una especie de larga vida y crecimiento rápido. La longitud estándar en un 50% madura a los 38.8 cm., pero longitud al cual maduran masivamente es de 33 cm.; los ciclos de reproducción han mostrado que esta especie puede tener dos o tres picos anuales que pueden estar en diciembre, abril y septiembre, pero muestra reclutamientos dos veces por año. (Mair, Cipriani, Guzman, & Usan, 2012).

Zambrano et al. (2018a) lo reporta como parte de las capturas de la pesca artesanal en la zona centro del pacifico colombiano, y Zambrano et al (2018 b) encontraron una TMC de 28.2 m LT para la zona sur del Pacífico colombiano.

##### 4.1.4.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del burique *Caranx caballus*. [ecuación (1), (5), (6), (7), (8), (9), (11), (16), (17), (19), (20), (24), (25), (26), (27)]

En las evaluaciones más recientes relacionados con la historia de vida y dinámica de poblaciones muestran que las estimaciones de los parámetros de crecimiento presentan que es una especie de crecimiento medio con tasas de aprovechamiento aceptables cerca del 0.5 recomendado teóricamente. (Tabla 4-24). (Fishbase, 2020)

Tabla 4-24. Relación de los parámetros estimados para el burique *Caranx caballus* en el Pacífico colombiano.

a	b	r <sup>2</sup>	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0438	2.6024	0.983	29	40	64.3	0.54	3.5	0.66	2.8	0.81

Los parámetros establecidos muestran que la especie muestra un crecimiento isométrico ( $b \neq 3$ ,  $P < 0.05$ ), que le da al recurso una capacidad de desplazamiento eficiente y ser parte de los migradores.

#### 4.1.4.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de burique *Caranx caballus*. [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)],

Revisando los datos de estudios que se hayan realizado para Colombia no se han establecido estudios previos, de tal manera que los resultados de los datos disponibles solamente permitieron disponer de un punto de referencia que fue la tasa de tallas de captura con madurez sexual que, de hecho, se percibe un poco alta. (Tabla 4-25)

Tabla 4-25. Estimación de los principales parámetros poblacionales del burique *Caranx caballus* en el Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
D.N.D.	D.N.D.	D.N.D.	D.N.D.	0.725	FishBase (2020)	Estadística descriptiva	

Nota: D.N.D = dato no disponible.

Las tallas recopiladas para este recurso durante presentan que las capturas están soportadas por tres tipos de artes, de las cuales las líneas de mano son las que capturan más individuos de todas las tallas. Con esta información se pudo estimar que la talla media de captura, de los 1,113 individuos muestreados, presenta una estimación de 29.5 cm de Lt.  $\pm 0.17$  (Tabla 4-26)[ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-26. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el burique *Caranx caballus*; se muestran sus valores estadísticos de varianza, desviación y error estándar.

arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	30.8	35.40	5.95	0.22	758
Red de enmalle camarонера	24.5	23.21	4.82	0.47	103
Red de enmalle fija marina	27.9	18.40	4.29	0.26	272

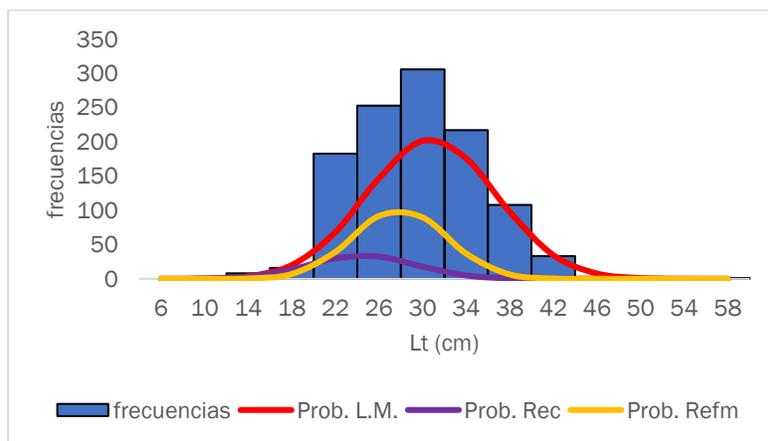


Figura 4-31. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del burique *Caranx caballus* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; Rec. = Red de enmalle camaronera; Refm = red de enmalle fija marina.

#### 4.1.4.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías burique *Caranx caballus* [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Los resultados obtenidos, en primera instancia fueron verificados utilizando los ajustes en las capturas y en la captura por unidad de esfuerzo; en ambos se pudo percibir que la información fue ajustada de acuerdo con los estándares de seguridad estadística, utilizando el diagnóstico de los residuos, por lo que se pudo constatar que se tuvieron algunos problemas de ajustes en algunos años de la serie histórica. (Figura 4-32)

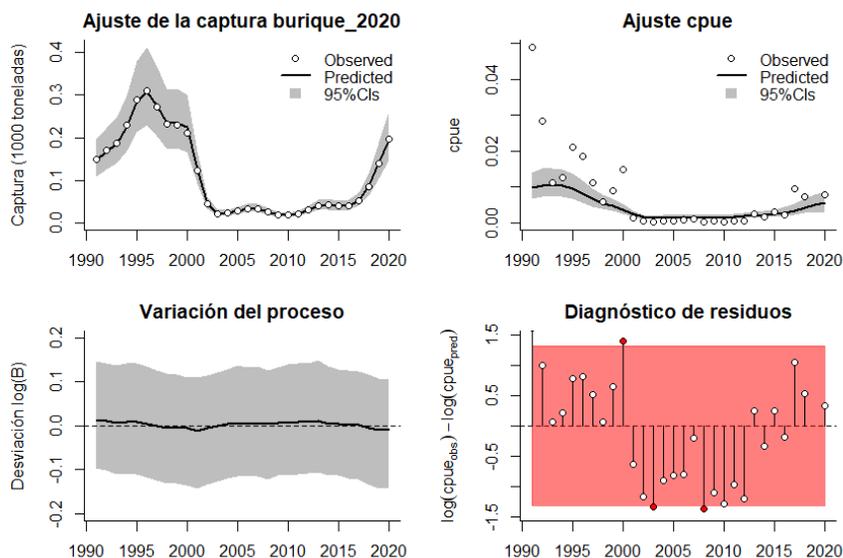


Figura 4-32. Modelación de las pesquerías del burique *Caranx caballus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado al 95 %. En el superior derecho, el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]. En el panel inferior izquierdo, el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de

seguridad al 95%. En el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Luego de analizar la distribución de las densidades que representaron los parámetros de referencia ( $r$ ,  $k$  y  $MSY$ ) que determinar el impacto que estos ejercen en el comportamiento prio y posterior de los resultados del modelo se encontró que el mejor ajuste fue el de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ) con una clara independencia de las interrelaciones del análisis bayesiano. De otra parte, se encontró una diferencia entre los datos iniciales de la tasa relativa de biomazas que mostraron una dispersión inicial entre 0.4 a 0.8, la cual decae sensiblemente entre 0.0 y 0.4. (Figura 4-33).

Cuando en el sistema se introdujo la captura por unida de esfuerzo, las situaciones no fueron las mismas, ya que bajo esta perspectiva los puntos de referencia mejor evaluados fueron el  $MSY$  y  $r$ ; sin embargo, los valores para las tasas relativas fueron muy parecidos con los efectuados anteriormente. (Figura 4-34)

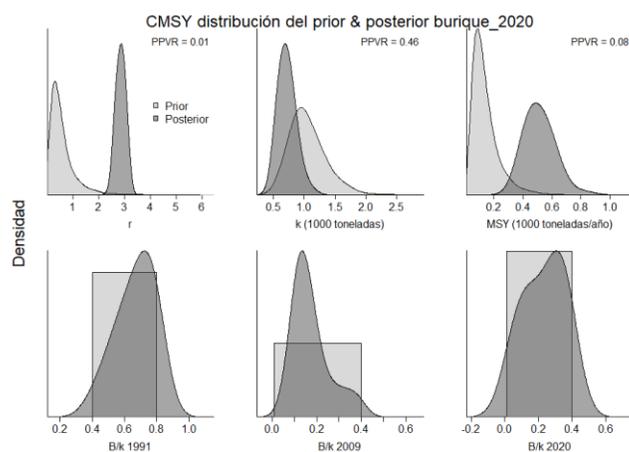


Figura 4-33. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el burique *Caranx caballus*, aplicando el modelo CSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el inferior se muestran los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

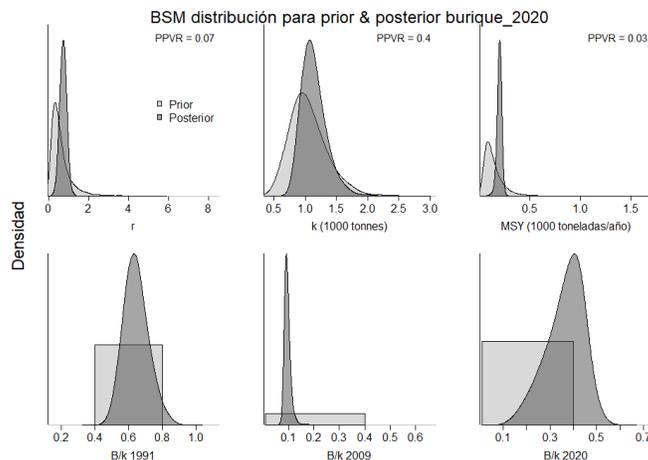


Figura 4-34. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el burique *Caranx caballus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes de la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los valores calculados con los análisis prior y posterior mostraron, con el modelo CMSY, una densidad de la tasa intrínseca ( $r$ ) diferenciales, que luego, con el modelo BMS, fue más unidad, mostrando las diferencias cuando se utiliza los valores de capturas o CPUE ; de otra parte se anota que, a pesar del comportamiento desigual para este parámetro, las densidades de los parámetros estimados de  $K$  y  $MSY$  no presentaron este comportamiento, finalmente el mejor ajuste se dio para  $r$  en algoritmo CMSY (menos valor de PPVR) mientras que para el BMS el mejor ajuste fue para el  $MSY$  (Figura 4-33, Figura 4-34)

Como una sugerencia de administración de esta pesquería, se plantea que como punto de referencia limite se designe un valor de  $MSY$  en 187 t., con una mortalidad por pesca que este alrededor de 0.309 años<sup>-1</sup>, con una tasa relativa de biomasa del 0.704; la mortalidad por pesca en el último año 0.63 (2021) fue un poco superior al valor general estimado indicando que en el 2019 se sigue aumentando el esfuerzo para la captura de este recurso. (Tabla 4-29)

Tabla 4-27. Resultados del CMSY para las pesquerías del burique *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	2.62	2.22	3.09
$MSY$	483	354	665
$K$	881	453	1710
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.26 de $K$	0.0613	0.395
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.986	0.649	4.19

Tabla 4-28. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del burique *Caranx caballus* en el Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
$q$	0.0112	0.00702	0.018
		Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0.619	0.375	1.02
$k$	1210	865	1680
$MSY$	187	146	238
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.352 de $k$	0.201	0.481

Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.04	1.35	4.9
r -k log correlación =	-0.908		

Tabla 4-29. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo del buri que *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.309	0.187	0.511	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ ) <b>0.309</b>
Fmsy	0.309	0.187	0.511	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	187	146	238	
Bmsy	603	432	841	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	425	242	580	
B/Bmsy en el último año	0.704	0.402	0.962	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.63	0.461	1.1	
Explotación $F/Fmsy =$	2.04	1.35	4.9	

En el recuento histórico de las pesquerías se encontró que el recurso ha tenido dos fases claras de aprovechamiento la primera que fue hasta el 2000 de alta productividad luego se entró en una fase de bajas capturas que muestra una pesquería en crisis; aunque para los dos años más recientes (2018 - 2021) se presentó un aumento apreciable de las capturas.

De otra parte, la comparación de la biomasa relativa que incluye, tanto las capturas como las capturas por unida de esfuerzo, muestran de manera general que las pesquerías están por debajo de los niveles críticos, esto se vio claramente demostrado cuando se calculó la tasa de explotación en donde entre el año 2000 al 2013 éstas subieron, para luego estabilizarse hasta el 2021. De otra parte y, observando lo que ocurrió con la curva de equilibrio, mostró diferencias entre las capturas (líneas azul de la Figura 4-35, panel E) y las CPUE (línea roja de la Figura 4-35, panel E) la tendencia final marca unos niveles de aprovechamiento entre la tasas de captura/MSY frente a la tasas de biomasa relativa en niveles peligrosos en la estabilidad del recurso. (Figura 4-35, panel F)

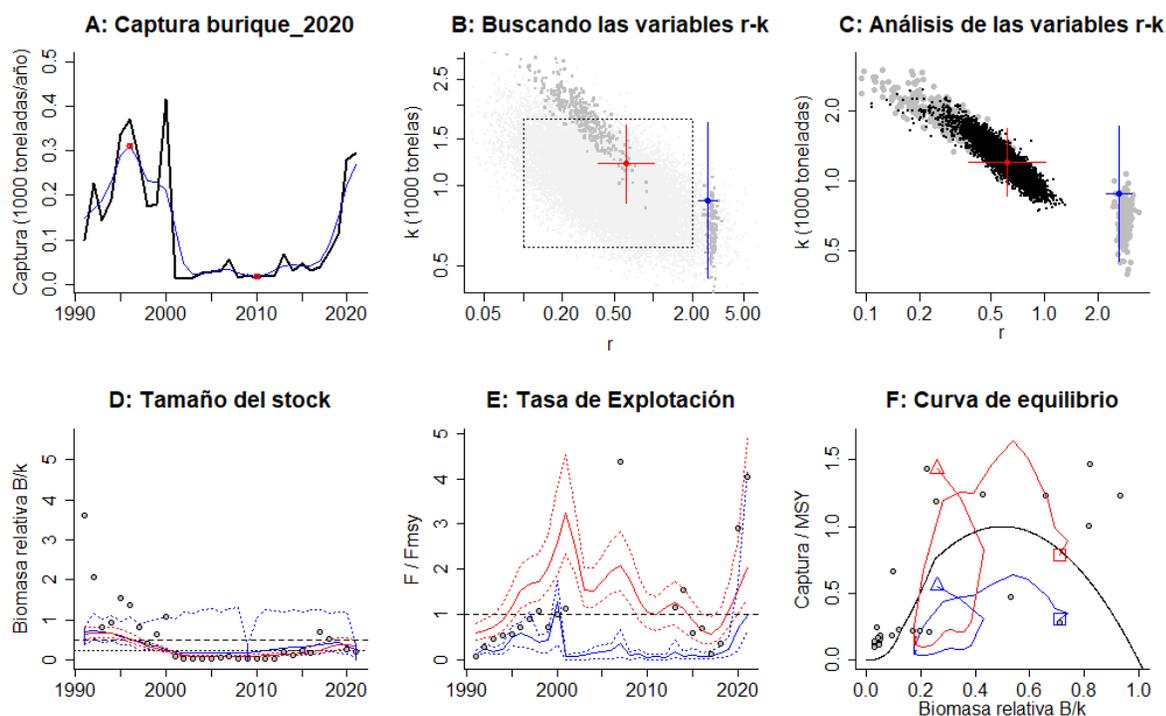


Figura 4-35. Resultados del Análisis de las pesquerías del burrique *Caranx caballus* para el Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r_2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Los datos que representa el comportamiento de las capturas frente al MSY presentaron solamente algunos años donde este fue superior y luego un descenso vertiginoso de las pesquerías, por lo tanto al estudiar el tamaño del stock se encontró que después del año 2020 se cruzó la línea de máximo peligro esto es que en esos años se estuvo por debajo del equilibrio de  $B/B_{msy}$  como el proxi del  $0.5B$ , aunque hacia el 2020 se muestra una interesante recuperación (Figura 4-36)

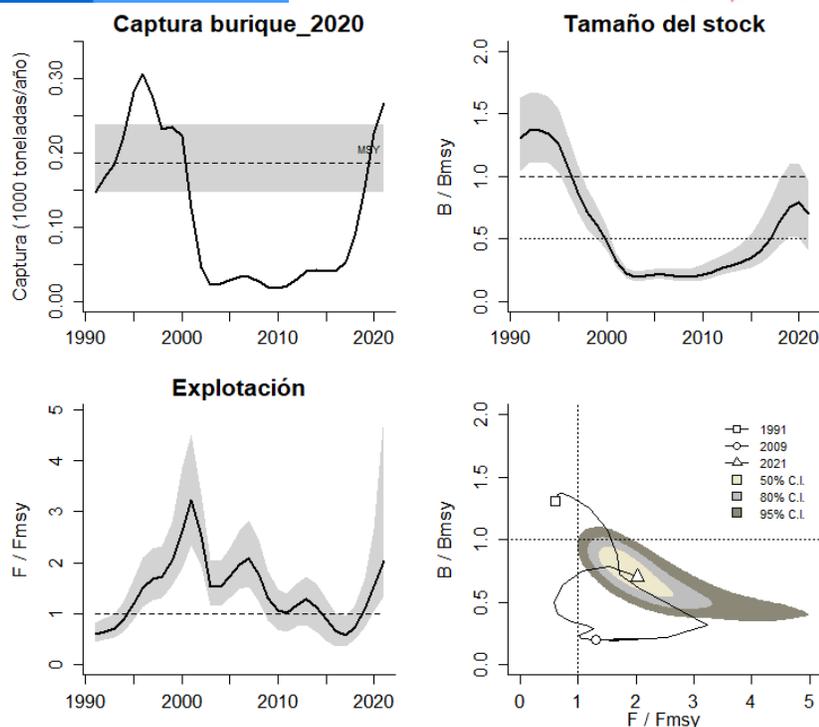


Figura 4-36. Análisis de las pesquerías del burrique *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Pero donde se puede ver claramente lo que está ocurriendo con las pesquerías de este recurso, fue en el gráfico de fases de Kobe, donde se observó que los cuatro primeros años fueron de pesquerías óptimas, pero luego se entró rápidamente en la fase de aprovechamiento pleno, casi de manera inmediata en el área de crisis. En las actuales condiciones, aunque se mantiene la posición crítica se tiene que el recurso entró, para el 2021, en una fase de recuperación hasta en una probabilidad del 0.9 (Figura 4-37)

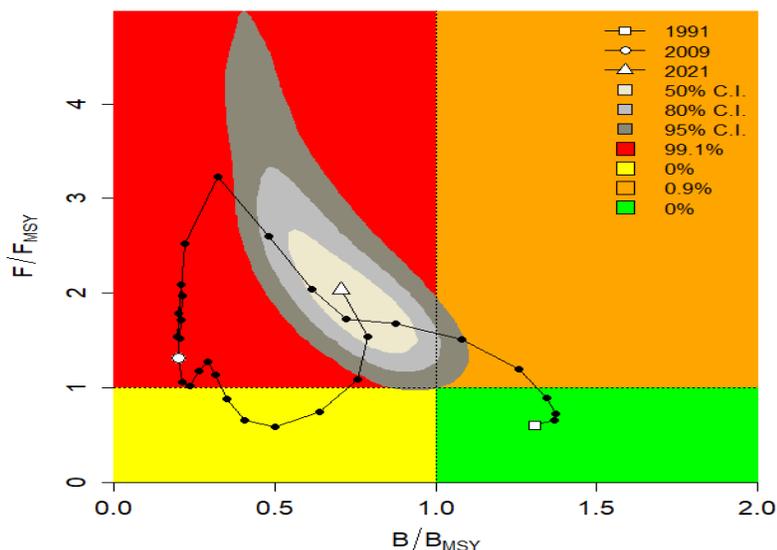


Figura 4-37. Análisis de las pesquerías del burique *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.4.5 Modelos de probabilidades ambientales de tipo bayesiano de Schaefer burique *Caranx caballus*. [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Al probar las condiciones pesqueras con cambios ambientales con 7 escenarios de este tipo de situaciones, se determinó que si las condiciones permanecen estables el RMS tiene un valor de 194 toneladas, por el contrario, si las condiciones son desfavorables para las pesquerías se podría disponer de un RMS de 158.5 toneladas, ahora si la situación ambiental es totalmente favorable el valor de RMS puede alcanzar las 225.5 toneladas (Figura 4-38).

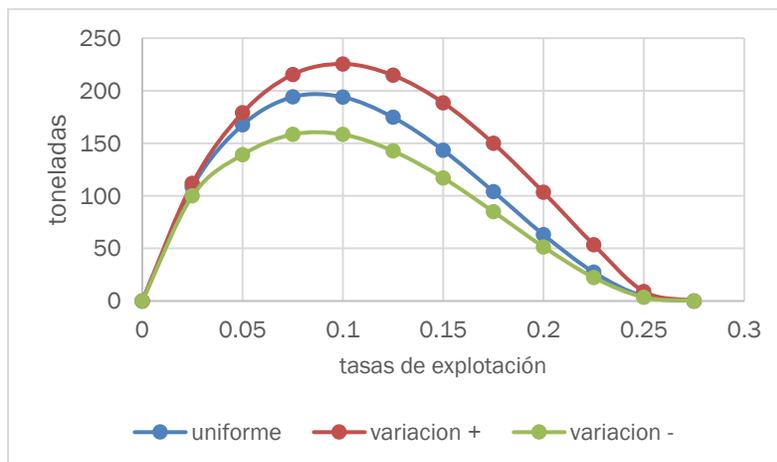


Figura 4-38. Resultados de la utilización del modelo probabilístico utilizando tres diferentes escenarios de la naturaleza.

#### 4.1.4.6 Modelo bioeconómico de Thompson y Bell [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Los resultados del uso de este modelo permitieron de terminar que los niveles de aprovechamiento sobrepasaron los puntos de referencia indicando que las pesquerías han alcanzado altos niveles de aprovechamiento; de la misma manera los resultados mostraron una estimación del rendimiento máximo sostenible de 302 toneladas con una estimación de rendimiento máximo económico de 1.206 mil millones (Figura 4-39)

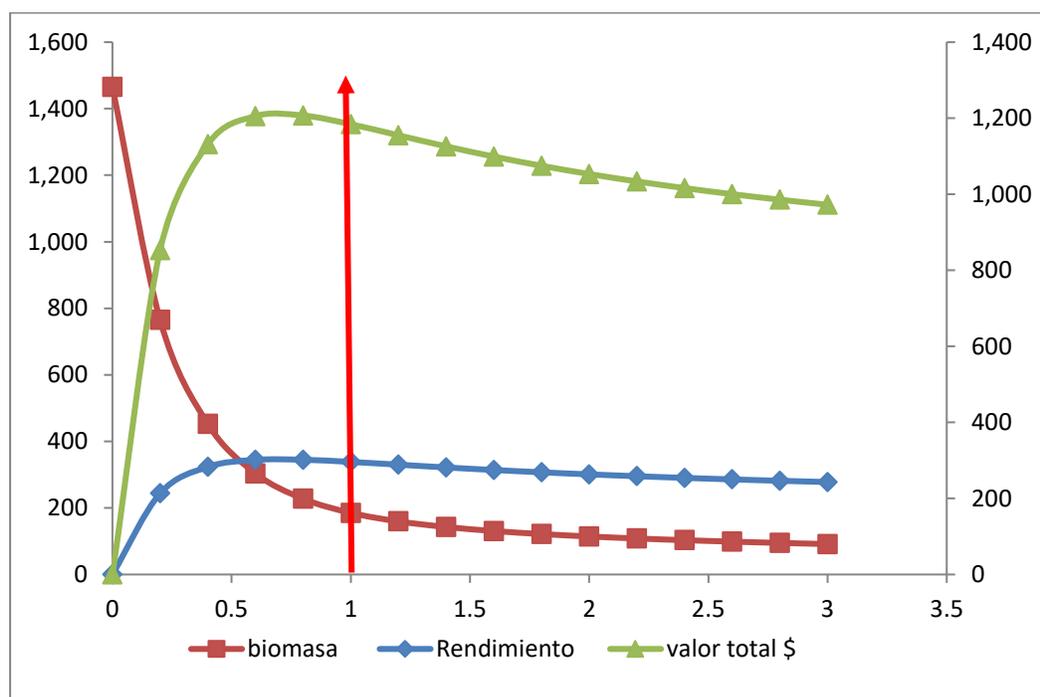


Figura 4-39. Resultados de las estimaciones del burique *Caranx caballus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 4.1.4.7 Conclusiones para el burique *Caranx caballus*.

Es una especie capturada generalmente tanto por redes de enmalle como de línea de mano de tipo artesanal.

Es notable que las pesquerías están pasando por una fase crítica; sin embargo, si se adecuan las condiciones de administración de esta pesquería el recurso puede mejorar. Lo anterior implica que se adopta como punto de referencia la biomasa relativa y se pudiera pasar del 0.5 actual a un aumento del 1% se entraría fácilmente en la fase de recuperación; igualmente si la mortalidad por pesca se disminuye en la misma proporción, este es entre 1 y 5% menos, se prevé que el recurso se recuperaría de forma satisfactoria.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 2.04, biomasa relativa de 0.704, la mortalidad por pesca actual de 0.63 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.309 año<sup>-1</sup>, se propone que, como punto de referencia, el rendimiento máximo sostenible (MSY) sea un valor de 187 ± (152 - 254) toneladas.

#### 4.1.5 Pesquerías de la pelada (*Cynoscion phoxocephalus* Jordan & Gilbert, 1882)



Foto: G.R. Allen © (Fishbase)

Nombre en inglés: Cachema weakfish.

##### 4.1.5.1 Antecedentes del recurso pelada

Esta es una especie típicamente demersal marina que se distribuye desde el Sur de México hasta Perú, con una batimetría entre los 10 a los 60m.; prefiere los ambientes costeros y estuarinos donde exista alta salinidad, es de hábitos alimenticios carnívoro que incluye principalmente peces, camarones y otros crustáceos. (Fishbase, 2020).

Se ha podido determinar que en regiones como las costas de Panamá tiene reproducción continua con picos reproductivos en octubre y marzo, así como desoves en octubre y diciembre. Igualmente se determinó que la fase de reclutamiento reproductivo ocurre antes del reclutamiento a las pesquerías (Vega, Robles, Bonicha, & Boniche, 2008).

En el Pacífico colombiano, Barreto y Borda (2008) y Polo et al (2014) hicieron estimaciones sobre parámetros biológico-pesqueros, estimando rangos de captura, TMC entre 32 y 36.3 cm LT, TMM entre 31.7 y 38.5 cm LT, rango de captura entre 20 y 60 cm LT, entre otros.

##### 4.1.5.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la pelada [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

La especie es de crecimiento alométrico negativo ( $b \neq 3$ ,  $P > 0.05$ ) con una velocidad de crecimiento medio y una tasa de explotación ligeramente alta que indicó que las pesquerías ya han sobrepasado el MSY. En general los parámetros de crecimiento estimados con los modelos tradicionales difieren un poco con los propuestos por los registros (Fishbase, 2020) de  $L_{\infty} = 62.2$  cm de Lt., y  $k = 0.3$ . (Tabla 4-30)

Tabla 4-30. Relación de los parámetros estimados para la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano.

a	b	r <sup>2</sup>	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0359	2.6641	0.6886	34.1	37	80.5	0.21	2.2	0.314	1.9	0.

La mortalidad por pesca presenta un valor más alto comparado con la mortalidad natural que indica una pesquería en expansión (Tabla 4-30).

#### 4.1.5.3 Análisis de los datos de dinámica poblacional de la pelada.[ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)],

Aunque los estudios realizados sobre la dinámica no advierten sobre una sobredimensión de las pesquerías ya que la relación con la biomasa B/K no muestra niveles preocupantes, la tasa de tallas medias de captura frente a la talla de madurez no mostró un valor que pueda genera problemas en cuento a la explotación por crecimiento. (Tabla 4-31).

Tabla 4-31. Estimación de los principales parámetros poblacionales de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
315	1,576,887,479	0.735	D.N.D.	0.9216	documento de cuotas 2019	Bayesiana, producción excedente por remuestreo	Está sobre el nivel de máximo aprovechamiento, aunque las biomásas están en buen nivel.

Durante el 2020, se estudiaron 5,854 individuos a los cuales se les determinó su composición por tallas, igualmente el SEPEC registro que la especie estuvo siendo capturada por 10 diferentes artes de pesca, de las cuales se pudo determinar que la talla media de captura fue de 40.4 cm de Lt.  $\pm$  0.07; la red de enmalle marina fue el arte de pesca de mayor influencia y más variedad de tallas (Tabla 4-32, Figura 4-40) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-32. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Chinchorro marino	41.5	40.31	6.35	0.63	100
Línea de mano	43.8	17.24	4.15	0.52	63
Red de cerco	38.9	16.55	4.07	0.67	37
Red de cerco artesanal o ruche	38.5	11.42	3.38	0.20	299
Red de enmalle camaronesa	39.5	37.73	6.14	0.32	380
Red de enmalle de deriva marina	40.9	21.56	4.64	0.08	3374

Red de enmalle de encierro continental	44.6	19.31	4.39	0.46	90
Red de enmalle de encierro marina	46.1	45.84	6.77	0.75	82
Red de enmalle fija marina	38.9	30.62	5.53	0.15	1410
Red de enmalle zangarreo	47.9	16.16	4.02	0.92	19

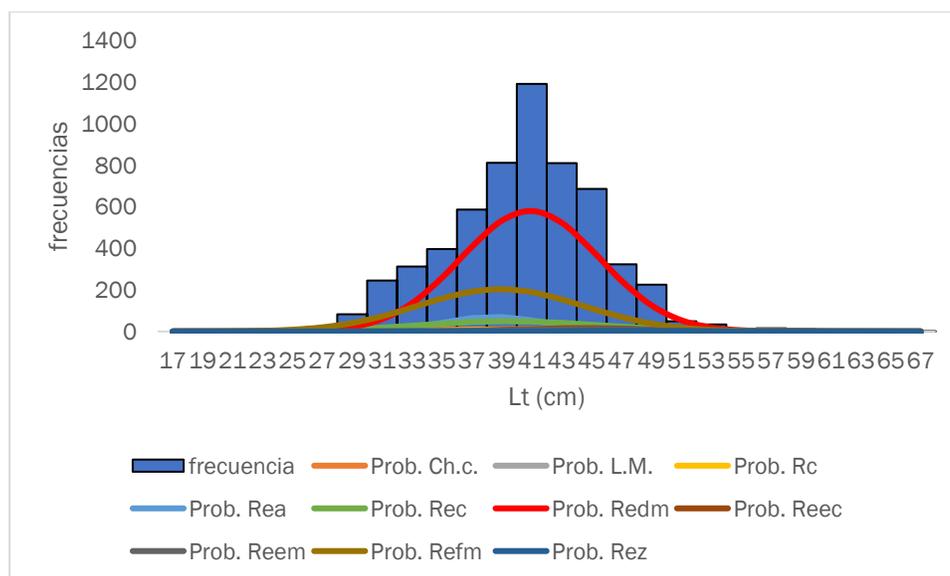


Figura 4-40. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el año 2020. Ch.c. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; Rc. = red de cerco; Rea = red de cerco artesanal o ruche; Rec = red de enmalle camaroneo; Redm = red de enmalle deriva marina; Reec = red de enmalle encierro continental; Reem = red de enmalle encierro marina; Refm = red de enmalle fija, Rez = red de enmalle sangarreo.

#### 4.1.5.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la pelada [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)]

Inicialmente se estudió el comportamiento histórico de las tallas, con el fin de verificar si su comportamiento se ajusta a los supuestos teóricos planteados; de los años revisados se encontró que todos cumplieron estos supuestos. (Figura 4-41)

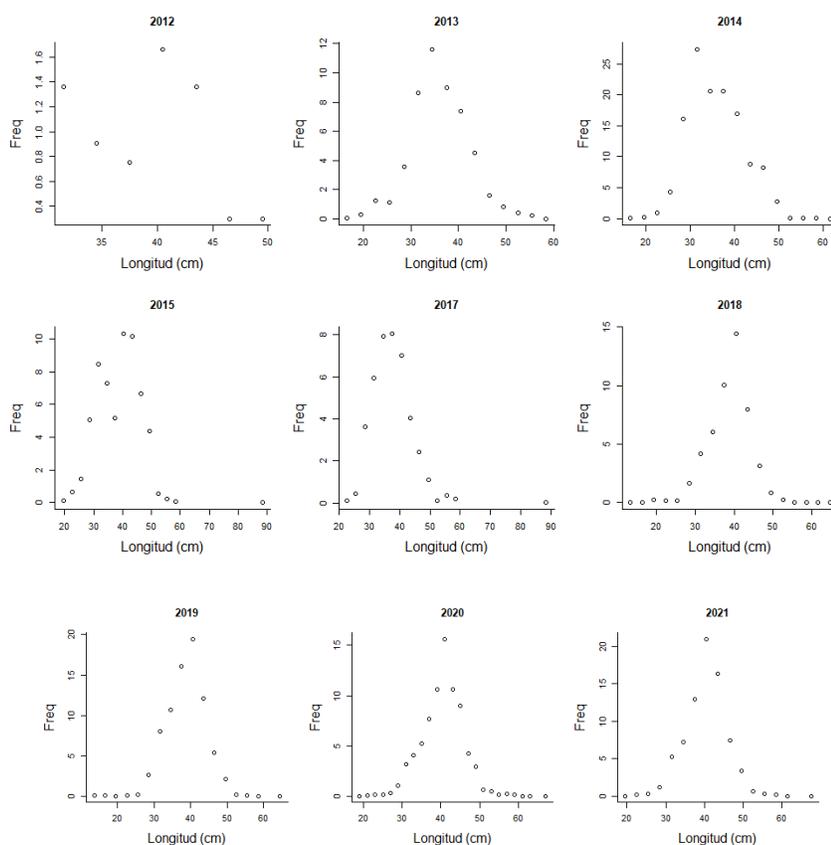


Figura 4-41. Distribución de las tallas de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. Entre los años 2012 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Con este modelo, las estimaciones prior de los parámetros de crecimiento como la longitud asintótica, así como la tasa de mortalidad natural ( $Z/M$ ) forma la estructura que describe los parámetros de comparación con la estructura general de la especie. (Tabla 4-33).

Tabla 4-33. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. se muestra el visón prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	92.7	0.927
Z/K	12	12.5
F/K	10.5	
Lc prior	35.2	3.52
$\alpha$ prior	21.3	2.31

Los cálculos desarrollados con el modelo bayesiano, en su versión generalizada, muestran un valor de la talla asintótica casi igual que la estimada en la fase prior; la tasa de mortalidad natural ( $Z/K$ )

es un poco más alta comparada con la estimada prior y estimada teóricamente para los peces (Froese, y otros, 2018); lo que si representa una estimación preocupante es la biomasa relativa ( $B/B_0$ ) ya que la misma es baja en especial teniendo en cuenta que el valor estándar es 17 veces superior ( $F = M$  y  $L_c=L_{c\_op}$ ). (Tabla 4-34).

Las estimaciones de los puntos de referencia pesqueros para esta especie efectuados para el 2021, mostraron una talla de capturas ( $L_c$ ) es estable respecto a las estimaciones realizadas de forma global comparadas con el valor óptimo ( $L_{c\_opt}$ ). De otra parte, la proporción porcentual de la talla de madurez está ligeramente por encima del límite teórico establecido del 50%. Sin embargo, lo más destacable es que las tasas relativas de biomasa ( $B/B_0$ ,  $B/B_{msy}$ ), son apreciablemente más bajas de lo esperado, que señalarían un recurso bajo presión intensa de pesca. (Tabla 4-35)

Tabla 4-34. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para todo el periodo de información en las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	91	89.7	92.7
L opt	64	L opt/Loo	0.7
Lc_opt	62	Lc_opt/Loo	0.69
M/K	1.27	0.986	1.55
F/K	16.8	15.4	18.3
Z/K	17.9	16.5	19.4
F/M	12.2	9.76	15.9
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.375		
B/Bo	0.0214	0.0155	0.0288
Y/R $\hat{}$ F=M Lc=Lc_opt	0.0587		
Y/R $\hat{}$	0.00344	0.00237	0.00516

Tabla 4-35. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías del robalo *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	42.9	42.6	43.3
Lc/Loo	0.49	0.482	0.491
$\alpha$	26.6	25.9	27.3
Lmedio/Lopt	0.69		
L 95 %	67.5		
L 95 %/Loo	0.76		
Lm 50%	38.5	Madurez	64%

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
F/K	17	15.4	18.3
F/M	16	11.5	24.4
Z/K	17.9	16.5	19.4
Y/R´	0.0034	0.00203	0.00557
B/Bo	0.015	0.00917	0.0251
B/Bmsy	0.041	0.0244	0.0668

Los valores de tallas tanto al 50% de la selectividad como la talla media de captura mostraron un comportamiento muy similar ( $L_{opt}$ ,  $L_{c_{opt}}$ ), indicando que la selectividad del arte es uniforme y estable (Figura 4-42).

El análisis del comportamiento de las tasas de aprovechamiento (F/M) mostraron que las pesquerías de año 2017 fueron las más exigentes que las reportadas para los otros años; pero el análisis más determinante se presenta con las tasas de biomasa relativa que muestran que el recurso está por debajo de todos los estándares inclusive del límite del proxi del 0.5B. (Figura 4-42)

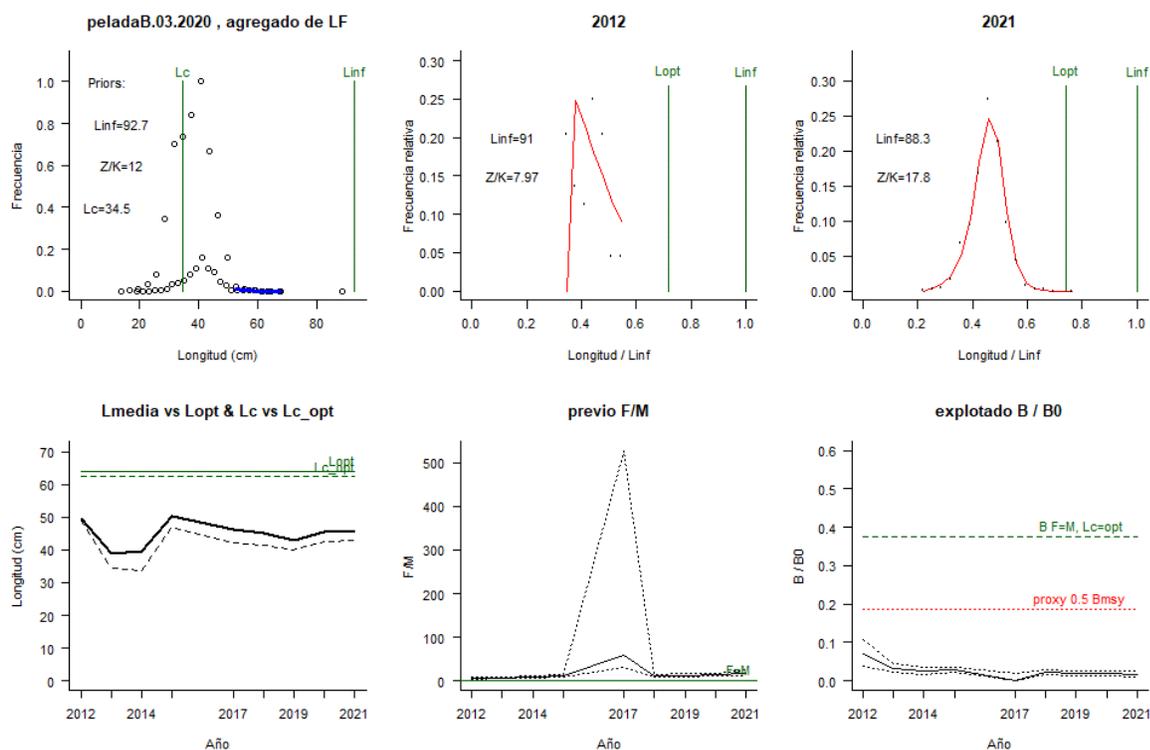


Figura 4-42. Comportamiento de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de  $L_c$ ,  $L_{oo}$  y  $Z/K$ . Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de  $Z/K$ ,  $M/K$ ,  $F/K$   $L_c$ ,  $L_{oo}$ , los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra  $L_{media}$  [curva en negrita] en relación con  $L_{opt}$  y  $L_c$ , [curva negra discontinua] con relación a la  $L_c$   $opt$ . el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo  $F/M$  [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde  $F= M$  [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa  $B/B_0$  [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxy para  $B_{msy}$  [línea discontinua verde] y un proxy para  $B_{pa}$  o 0.5 de  $B_{msy}$  [línea de puntos roja].

#### 4.1.5.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Los ajustes de los datos observados, con las herramientas estadísticas utilizadas, mostraron que las capturas se ajustaron al modelo; respecto a los datos de la CPUE se presentaron algunos desfases en algunos años, aunque es importante resaltar que el análisis de residuos mostro un muy buen ajuste. (Figura 4-43)

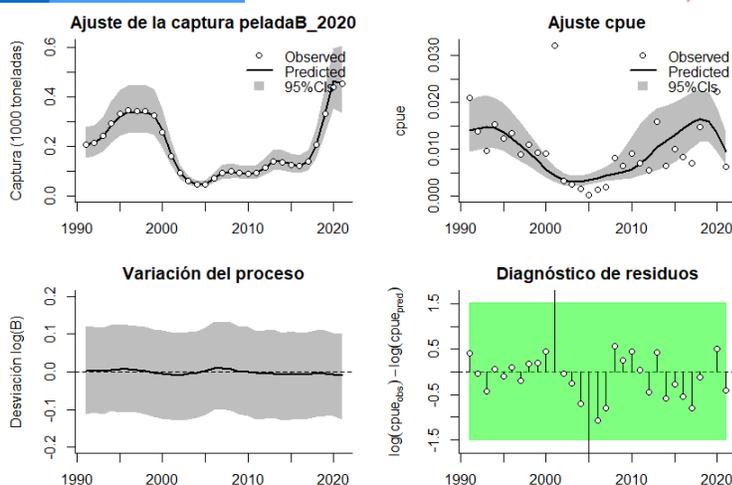


Figura 4-43. Modelación de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación de la CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Comparando las densidades de los estimadores de los puntos de referencia se encontró que el mejor ajuste estadístico fue para la capacidad de carga de la especie en el ecosistema (K) ya que su variación estadística del índice PPVR fue el más bajo; las biomazas relativas mostraron una pesquería inicial entre los rangos de 0.4 a 0.8, luego esta bajaron a los rangos de 0.01 y 0.4 como el punto de quiebre más bajo (año 2003), luego mostraron una ligera recuperación entre 0.05 hasta 0.4 para el 2021. (Figura 4-44, Figura 4-45, Figura 4-46, panel D)

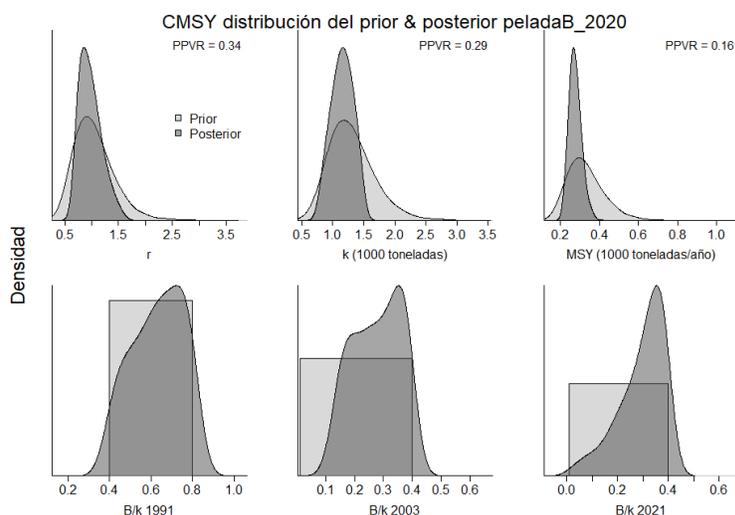


Figura 4-44 Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

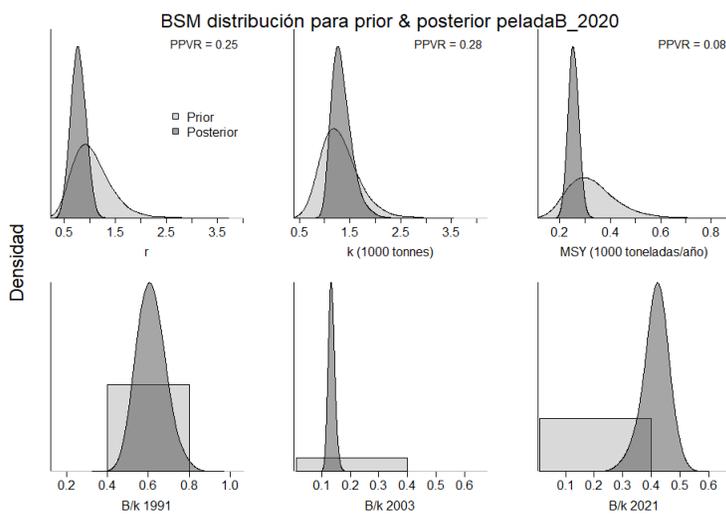


Figura 4-45. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Las variaciones del modelo frente a las estimaciones de este utilizando las CPUE mostraron los mismos resultados que los efectuados para el análisis de capturas CMSY, indicando que a pesar de algunos desajustes con los datos de la CPUE los resultados tienen la misma tendencia.

Las comparaciones entre los análisis mostraron una diferencia entre los valores de las tasas intrínsecas (r) pues hay una disminución de 23% que es la diferencia de cálculo en los algoritmos CMSY y BSM siendo más crítico el segundo. Pero el valor más importante para comparar los resultados fue el relacionado con la biomasa relativa que mostro que el aprovechamiento del recurso es aceptable y que puede entrar en una etapa de recuperación, si se ejecutan medidas de administración adecuadas. (Tabla 4-36, Tabla 4-37)

Tabla 4-36. Resultados del CMSY para las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.06	0.681	1.66
MSY	272	222	349
K	1060	749	1500
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.322de K	0.0724	0.397
Explotación F/(r/2) en el último año	1.97	1.6	8.76

Tabla 4-37. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano. límite inferior del intervalo de confianza límite superior del límite de confianza.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0172	0.0122	0.0243
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.764	0.53	1.1
k	1330	1010	1750
MSY	254	217	297
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.419 de k	0.314	0.5
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.14	1.65	3.11
r-k log correlación =	-0.917		

Como medidas de manejo, bajo las condiciones actuales se propone en MSY de 254 toneladas con un punto de referencia de mortalidad por pesca en MSY de 0.382 año<sup>-1</sup>, que pretende ser sostenible con tendencia a la fase de recuperación, en especial teniendo en cuenta que la mortalidad por pesca estuvo en l 2021 con un valor de 0.817 año<sup>-1</sup> (Tabla 4-38)

Tabla 4-38. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.382	0.265	0.551	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.382</b>
Fmsy	0.382	0.265	0.551	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	254	217	297		
Bmsy	664	503	876		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	557	417	664		
B/Bmsy en el último año	0.838	0.628	1		

Mortalidad por pesca en el último año =	0.817	0.685	1.09
Explotación F/Fmsy =	2.14	1.65	3.11

La historia de las pesquerías mostró un sistema con un alto nivel productivo o tamaño del stock entre los años 1990 hasta el 2000 luego decae abruptamente pero luego la misma se recuperan llegando a tener un alto nivel en el 2019 pero decayó peligrosamente para el 2021. (Figura 4-46, panel D), pero que como ya se ha demostrado no influyen en los resultados y presentan un stock en con algunas señales de recuperación,

Finalmente, la curva de equilibrio presentó una trayectoria muy parecida entre las capturas y la cpue (líneas azules y rojas) que no muestra una diferencia apreciable entre el inicio de las pesquerías iniciales y la posición actual (triángulos). (Figura 4-46, panel F,)

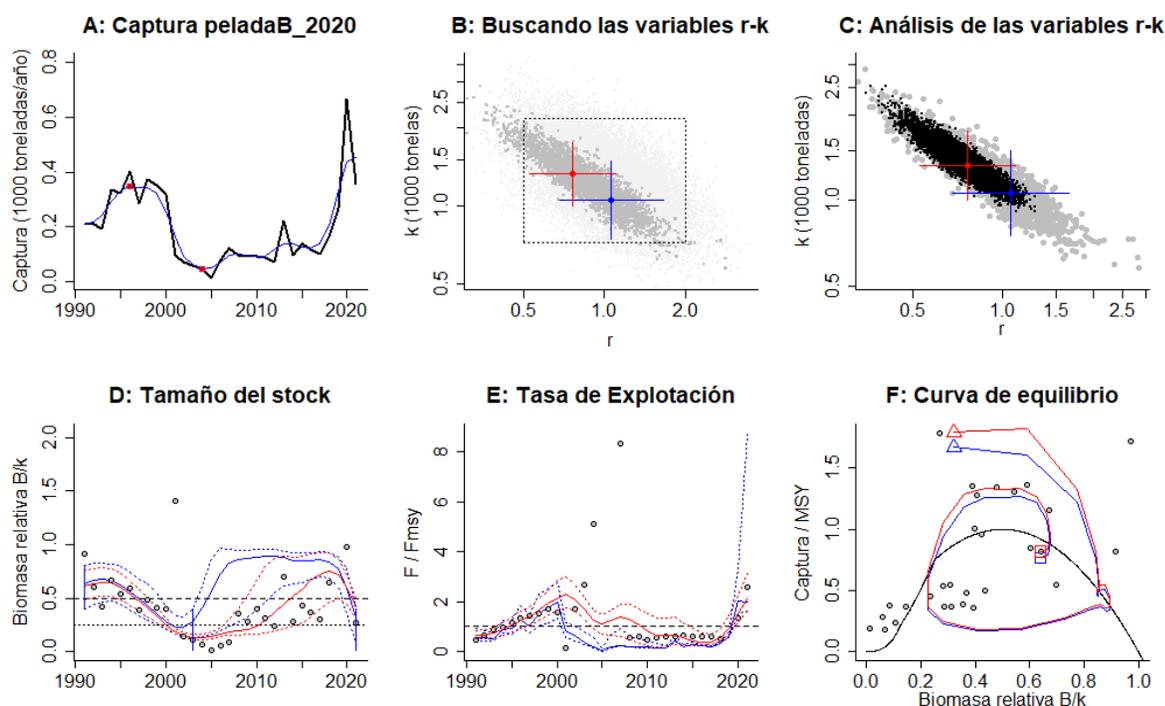


Figura 4-46. Modelación de las pesquerías. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías pelada *Cynoscion phoxocephalus* con límites de confianza aproximada al 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Al aplicar los algoritmos de Kobe, se encontró que las pesquerías tuvieron, en los primeros años con estados óptimos de salud, se pasó a la fase de máximo aprovechamiento, luego se pasó a la fase de sobre aprovechamiento con algunos años de recuperación especialmente entre 2010 al 2019, se mostró que la probabilidad que el recurso este en fase crítica es del 97.5%, mientras que el mismo este en fase de recuperación es del 2.5%. (Figura 4-47, Figura 4-48)

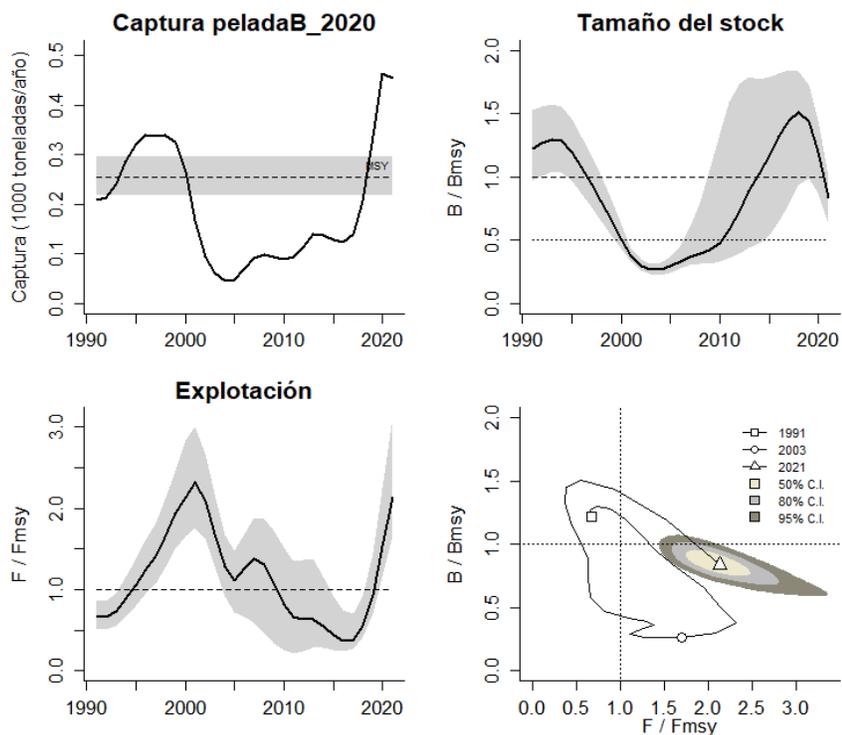


Figura 4-47. Análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al *RMS*. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

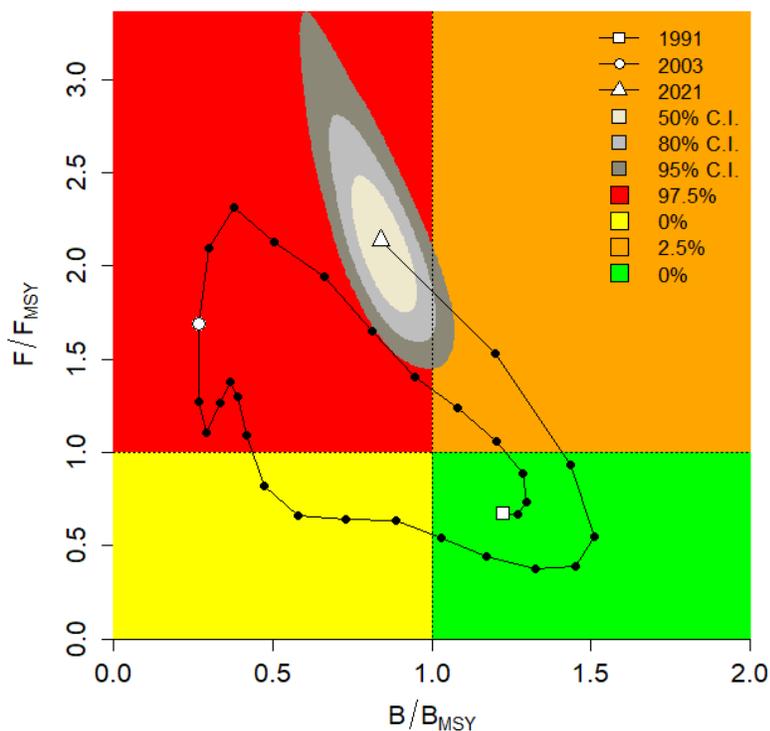


Figura 4-48. Análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.5.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Otro de los modelos probados fue el bioeconómico, para ello y contado con las tallas y precios de primera venta obtenidos por el SEPEC, se pudo establecer un valor de RMS de 99 toneladas que corresponde a un RME de \$ 851 mil millones de pesos, aunque los ajustes muestran que para el 2021 ya se superaron estos patrones de los puntos de referencia límite por lo que es necesario ajustarlos para determinar las cuotas de pesca (Figura 4-49).

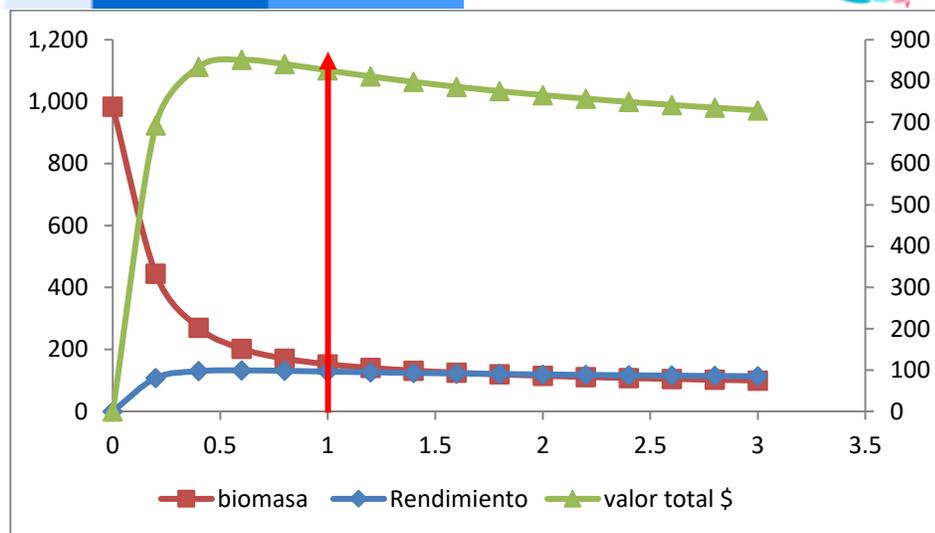


Figura 4-49. Resultados de las estimaciones de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.1.5.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la pelada [ecuaciones (38)(52)(53)(54)].

Como una variante de lo que se ha venido trabajando, se probó la realización de este modelo utilizando 7 escenarios de cambios ambientales; de este ensayo se encontró que si la situación no presenta variaciones apreciables de tipo ambiental el RMS presenta un valor de 273.8 toneladas, si la situación presenta contingencias adversas para el recurso la productividad del RMS podría bajar hasta 223.6 toneladas, pero si las condiciones son buenas para la especie el RMS alcanzaría un total de 318.3 toneladas (Figura 4-50).

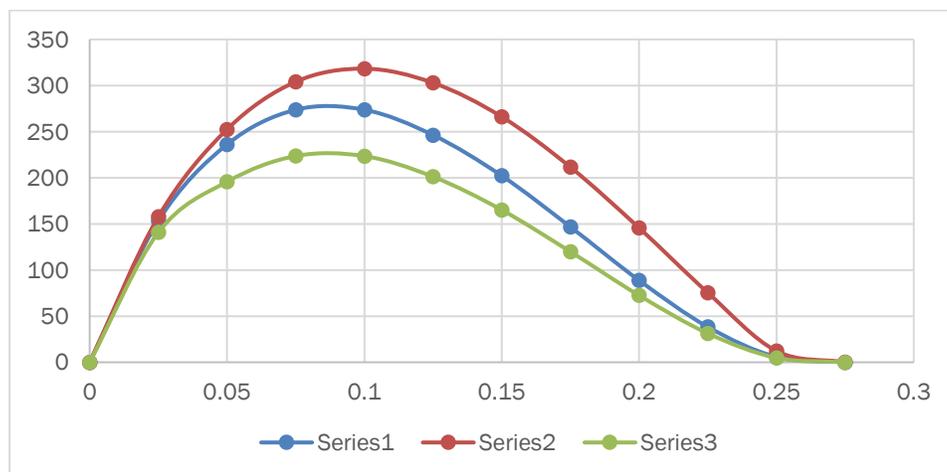


Figura 4-50. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el Pacífico colombiano utilizando modelos ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.5.8 Conclusiones de las pesquerías de la pelada

La Pelada es un recurso costero demersal asociado a plataforma continental con litorales bordados de manglares. Se accede al recurso principalmente con red de enmalle (trasmallo) de la pesca artesanal

Se encontró que existen diferencias sensibles entre el desarrollo de los modelos de longitudes LBB con el modelo de producción CMSY y con el modelo bioeconómico de Thompson y Bell, que puede ser debido a los siguientes factores:

Al haber una diferencia entre el origen de los datos hizo que las diferencias se acentuaran.

- Los datos de las tallas no tienen una secuencia tan amplia como las capturas esto hace que se pierda parte de la situación del recurso
- Existe una diferencia tangible entre la toma de información entre tallas y capturas, mientras el primero depende de los nuestros que se realicen en el lugar el segundo se puede deducir por los registros administrativos, lo que le da una diferencia en lo asertivo de los datos.
- El análisis de tallas tiene una gran dependencia de la selectividad de los artes de pesca, mientras que las capturas y la CPUE están determinados el estado integral de las pesquerías.

Por lo anterior se cree más aconsejable guiarse por los algoritmos del modelo CMSY que muestran que las pesquerías están entrando en niveles de recuperación, que no difiere demasiado con el modelo de tallas ya que el mismo también muestra una ligera mejoría. Se considera por lo tanto que es un recurso plenamente explotado que tiende a un aprovechamiento sostenible.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.419, y un porcentaje de madurez sexual de 64%, longitud óptima  $L_{op}$  de 64 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de 0.817 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.382 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $254 \pm (217 - 297)$ .

#### 4.1.6 Pesquerías del dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758)



Dibujo: Climapesca.org ©

Nombre en inglés: Common dolphinfish.

##### 4.1.6.1 Antecedentes del recurso dorado (*Coryphaena hippurus*)

Este es un recurso típicamente migratorio con un hábitat entre los 0 a los 85 m., tiene distribución tropical y subtropical, presenta una talla de madurez a los 55.8 cm de L., con un rango entre los 35 a los 93 cm de L., aplicado los parámetros de crecimiento se ha encontrado que la longitud asintótica está en 181 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 1.03 año<sup>-1</sup> y una mortalidad natural de 0.99 año<sup>-1</sup>, se ha reportado una talla máxima de 210 cm de L. (Fishbase, 2020)

Las pesquerías estos recursos para el área de Panamá y Colombia muestran un pico de capturas entre diciembre y abril, que demostró el patrón migratorio de la especie. Su dieta básica se compone principalmente de peces pertenecientes a la familia Exocoetidae, Scombridae y Signathidae), de moluscos de la familia Loliginidae y crustáceos de la familia Portunidae; la relación entre la longitud furcal y el peso mostró un valor de  $a = 0.0224$  y  $b = 2.78$  que determino un crecimiento alométrico. Puentes (1995) reporto rangos de captura entre 60 y 169 cm. Zapata et al (1998) reportaron un rango de tallas más amplio (35 y 235 cm LT). La longitud asintótico fue de 194 cm y una tasas metabólica de crecimiento de 0.91 año<sup>-1</sup>, (Lasso & Zapata, 1999). Zambrano et al (2014) caracterizaron la pesquería de Dorado en 2014, para la pesca artesanal e industrial, con rangos de talla entre 50 y 176 cm LT.

#### 4.1.6.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del dorado (*Coryphaena hippurus*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Los MSY calculados en documento de cuotas del 2019 mostro un MSY bastante alto con una biomasa relativa (B/K) superior al 0.5 que indica una pesquería sana determina que hasta cuando se realizó la evaluación el recurso estaba en un buen nivel. (Tabla 4-39)

Tabla 4-39. Estimación de los principales parámetros poblacionales del dorado *Coryphaena hippurus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
864.7		0.73	0.00046	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiana, producción excedente por remuestreo	Está sobre el nivel de máximo aprovechamiento, aunque las biomásas están en buen nivel.

#### 4.1.6.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del dorado (*Coryphaena hippurus*), [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Al estudiar el comportamiento de los datos observados y exponerlos al análisis estadístico se encontró que las capturas estuvieron dentro de los valores ajustados por el modelo, mientras que el CPUE presentó algunos desajustes con las predicciones; sin embargo, tanto la variación del proceso como el diagnóstico de residuos ajustaron los valores para que el modelo pudiese tener significancia estadística. (Figura 4-51)

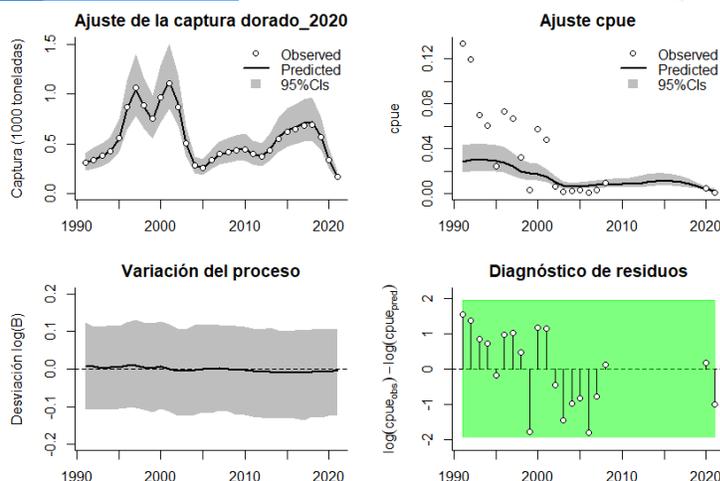


Figura 4-51. Modelación de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Al estudiar el comportamiento de la distribución de densidades de los puntos de referencia del modelo se encontró que las estimaciones mejor ajustadas de acuerdo con el índice PPVR fueron para el K y MSY; de otra parte, las biomasa relativa mostraron que al principio de las pesquerías ésta oscilo entre los 0.6 y 1; mientras que el punto más bajo en el 2004 este rango estuvo entre los 0.0 y 0.4, con una disminución en el 2021 entre 0.01 y 0.1. (Figura 4-52)

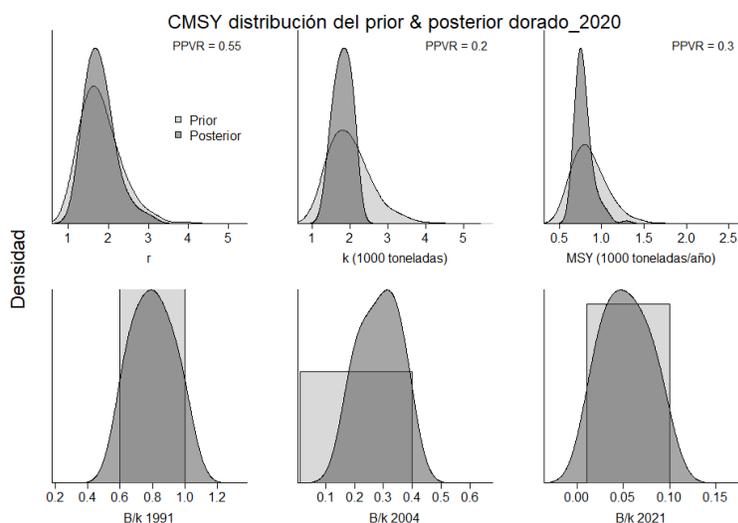


Figura 4-52. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Coryphaena hippurus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Al aplicar el algoritmo BSM, la situación se mostró diferente ya que con este sistema existe solamente un punto de referencia con el menor valor de PPVR para el MSY, pero ya que el análisis de la biomasa relativa ente los años analizados este fue idéntico al ya analizado. (Figura 4-53).

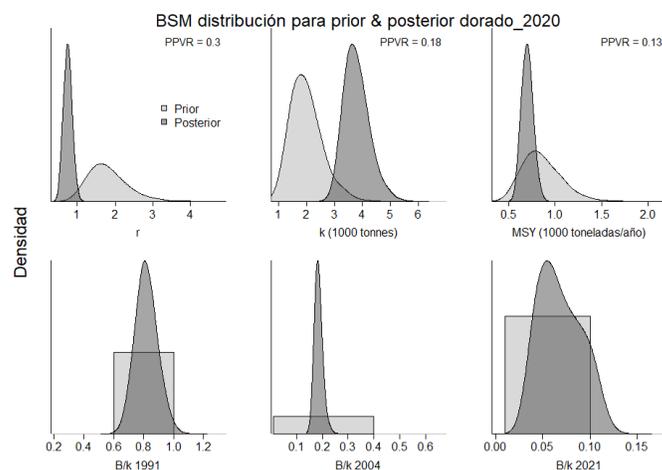


Figura 4-53. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Coryphaena hippurus*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Las diferencias más sobresalientes entre el algoritmo CMSY y BMS se vio reflejado en las estimaciones de r con una diferencia consistente apreciable con más del 60% y que claramente estuvo influenciado por la CPUE, aunque las estimaciones del punto de referencia MSY no presentaron diferencias significativas ya que ambos están cubiertos por los Índices de confianza (C.I.). (Tabla 4-40, Tabla 4-41).

Tabla 4-40. Resultados del CMSY para las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.88	1.16	3.05
MSY	767	656	1060
K	1700	1320	2200
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0515de K	0.0129	0.0966
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.11	1.66	12.4

Tabla 4-41. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00935	0.00633	0.0138
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.739	0.547	0.0999
k	3760	2990	4740
MSY	696	584	828
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0657 de K	0.0329	0.113
Explotación F/(r/2) en el último año	6.96	2.3	28.2
r-k log correlación =	-0.817		

Los datos de capturas observados presentaron dos fases: una que van desde una inicial de crecimiento hasta el 2004, una segunda de aumento y disminución entre el 2005 hasta el 2021. (Figura 4-53)

En cuanto al tamaño del stock se notaron diferencias marcadas entre las capturas y los valores del índice de cpue (línea roja), por lo que las mayores variaciones se presentaron en las capturas que a partir del 2004 tuvieron una forma de campana de gauss. (Figura 4-54)

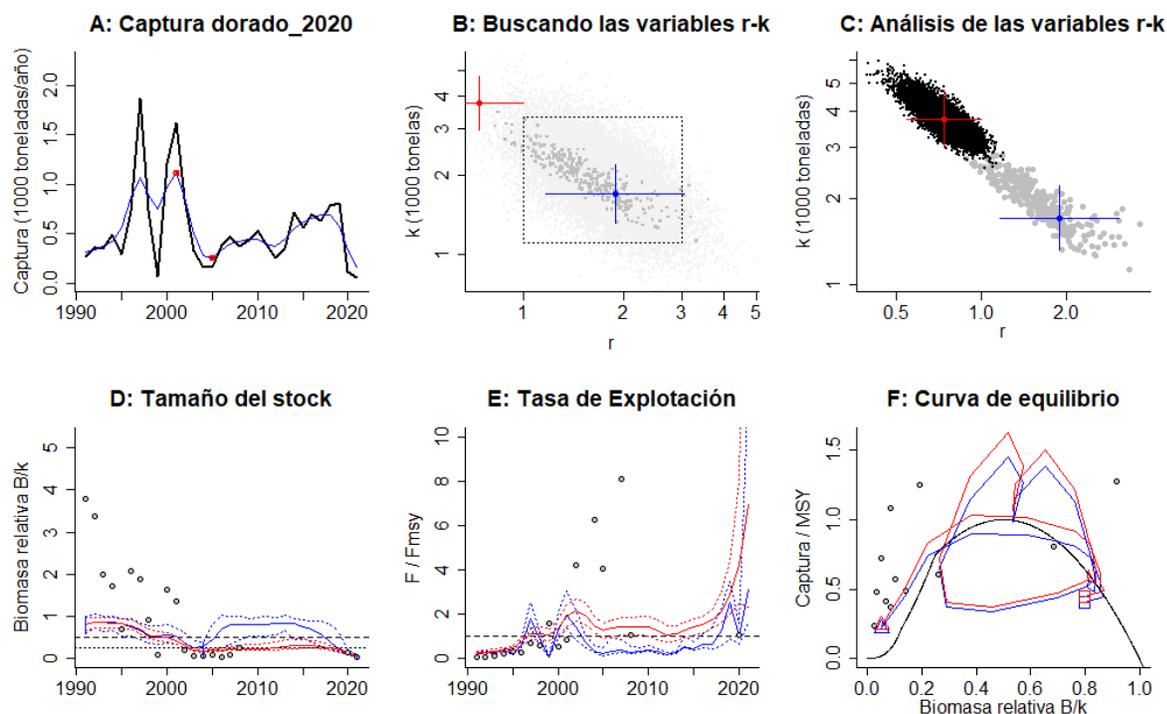


Figura 4-54. Resultados del Análisis de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la

estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r-k$  encontrados por el modelo BSM, con una cruz roja que indica el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

El análisis del estado del recurso en sus capturas frente al sistema de aprovechamiento y, de manera general respecto a los valores de MSY se presentó una etapa de máximo desarrollo hasta el 2004 con una disminución que llegó a niveles mínimos en 2005 y la última que es una recuperación hasta el 2018, pero para el 2021 está declinando de nuevo. En cuanto al tamaño del stock se observó que el mismo empezó a declinar, desde el inicio de la serie histórica, hasta un punto crítico entre los años 2000 a 2005, en donde estuvo por debajo del proxi 0.5B, pero se recuperó hasta el 2016 y se ve que está en descenso hasta el 2021; las tasas de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ) pesqueros muestran cambios entre los periodos mencionados que muestra que en los dos últimos años se está sobrepasando de nuevo el nivel adecuado. (Figura 4-55)

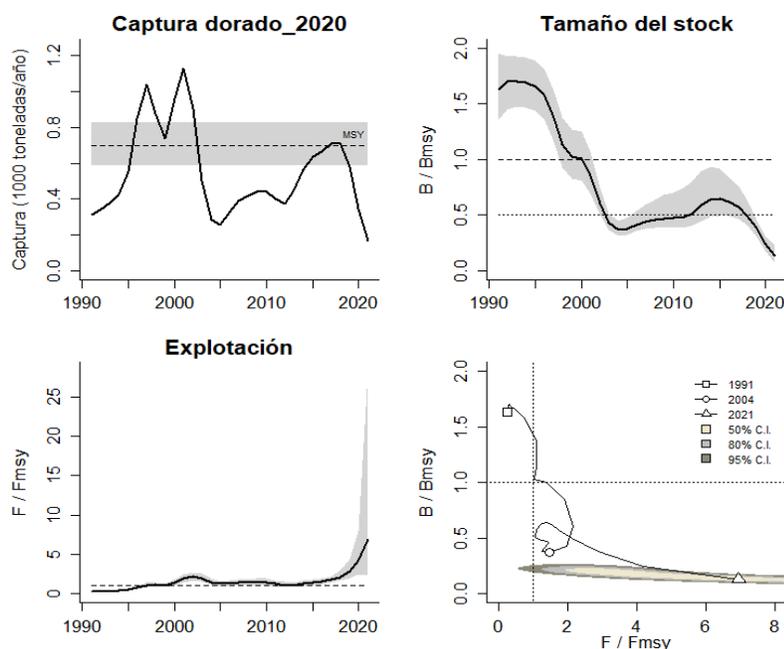


Figura 4-55. Análisis de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, la visión más clara sobre el estado de las pesquerías del dorado se muestra en el gráfico de estado de Kobe, en él se observa que los primeros años estuvieron en la zona de alta capacidad, tiene tres años de máxima producción y el resto de la serie está en la zona crítica, por lo que es preocupante que no se visualicen, como el año anterior, esquemas que alienten la

recuperación del recurso, sin embargo es muy importante comentar que estos recursos altamente migratorios no permiten tener una seguridad sobre el comportamiento de todo el stock. (Figura 4-56)

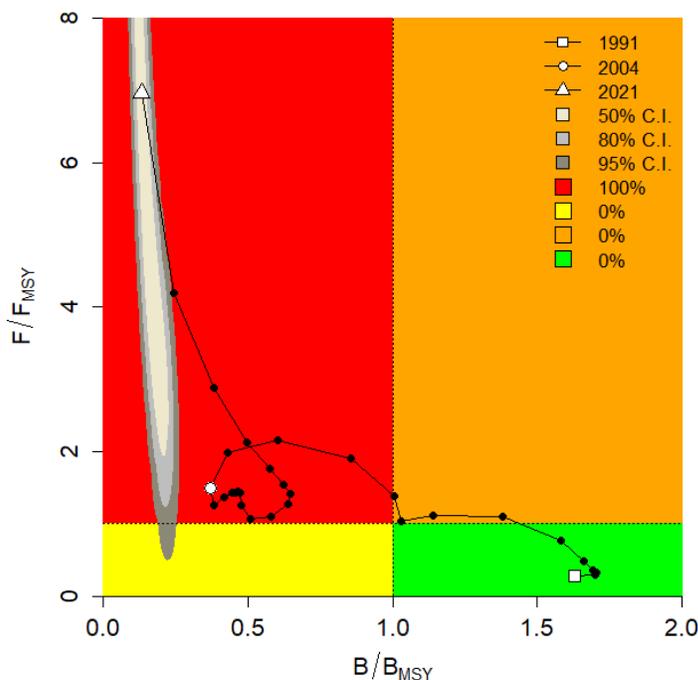


Figura 4-56. Análisis de las pesquerías el dorado *Coryphaena hippurus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.6.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del dorado *Coryphaena hippurus* [ecuaciones (38)(52)(53)(54)].

Una de las acciones interesantes fue la de mirar cómo reacciona el nivel productivo de la especie ante 7 escenarios de cambios ambientales; por lo tanto, si las circunstancias ambientales permanecen estables el RMS estará en 667.2 toneladas, por el contrario, si las condiciones son adversas la productividad del RMS baja a 544.9 toneladas y finalmente si éstas son favorables este valor sube a 767.9 toneladas (Figura 4-57).

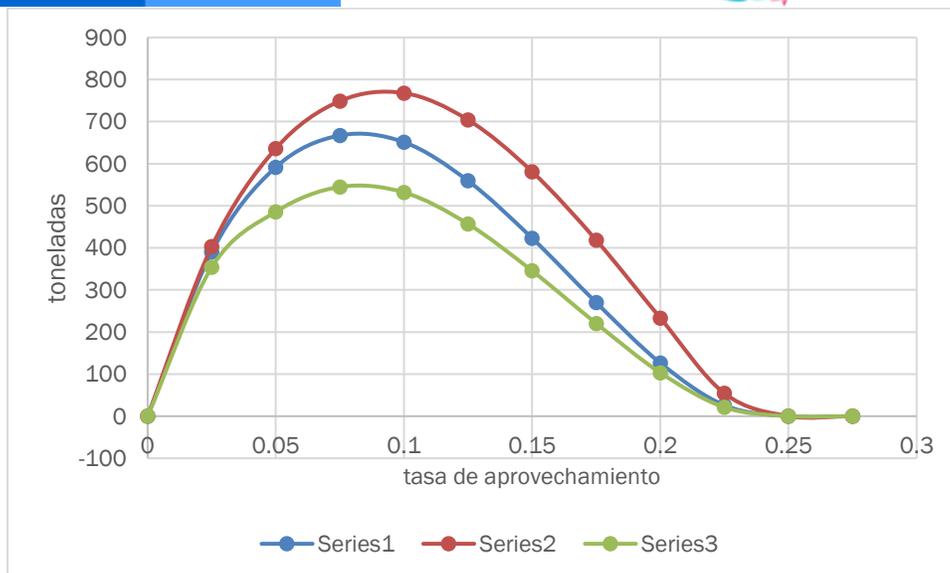


Figura 4-57. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.6.5 Conclusiones de las pesquerías del dorado (*Coryphaena hippurus*)

Es una especie que se captura por lo general en aguas costa afuera, lejos de la plataforma continental del pacifico colombiano, pero en temporada también se puede capturar con espinel (palangre artesanal de superficie) y en pesca industrial con Palangre y redes de cerco (boliches, red atunera).

El dorado se ha convertido en una pesquería que puede ser fuente potencial de aprovechamiento pero al ser un recurso altamente migratorio no nos permitió tener una idea asertiva de su verdadero estado de aprovechamiento ya que contamos con una parte del stock; se prevé que en los países donde sus capturas son altas como Ecuador, Perú y Costa Rica, pueden estar cercanos al máximo punto de referencia, por lo que es urgente que se puedan realizar estudios compartidos con estos países que determine el potencial real de la especie y poder establecer una pesquería adecuada a la circunstancia; por lo pronto se considera adecuado establecer una captura de captura cercana a la ya propuesta. No parece ser una especie en estados de alarma de sobreexplotación,

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.674, biomasa relativa de 0.131, la mortalidad por pesca actual de 0.674 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.37 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 696 ± (584 - 828) toneladas.

#### 4.1.7 Pesquerías del robalo (*Centropomus viridis* Lockington, 1877)



Foto. R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: White snook

##### 4.1.7.1 Antecedentes del recurso robalo (*Centropomus viridis*)

La especie es típicamente demersal; se distribuye desde Baja California, México, y desde el Golfo de California hasta el Perú, incluyendo las Islas Galápagos, los parámetros de crecimiento están estimados para la longitud asintótica en 133. Cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.29 cm/año, una talla de madurez de 67.5 cm de Lt., con una mortalidad natural de 0.46 año<sup>-1</sup> (Fishbase, 2020).

Este recurso prefiere las zonas de manglar y estuarios, pero prefiere realizar sus desoves en ambientes marinos; por esta característica de su comportamiento es uno de los recursos preferidos por las pesquerías artesanales.

##### 4.1.7.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del robalo (*Centropomus viridis*) [ecuaciones (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

De los datos recopilados se encontró que esta es una especie de crecimiento isométrico, que alcanza grandes tamaños, pero con una velocidad media, por la tasa de aprovechamiento E es un recurso ligeramente presionado. (Tabla 4-42)

Tabla 4-42. Relación de los parámetros estimados para el robalo *Centropomus viridis* para la cuenca del Pacífico colombiano.

a	b	r <sup>2</sup>	T.M.	T.M.C	Loo	k	Z	M	F	E
0.0107	2.93	0.9526	67.5	D.N. D.	133.1	0.29	1.39	0.46	0.93	0.67

4.1.7.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del robalo (*Centropomus viridis*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

Las estimaciones realizadas por la autoridad de pesca del país han determinado que el MSY para la especie de 14 toneladas el indicativo de las talas de aprovechamiento de las tallas marco un nivel aceptable. (Tabla 4-43)

Tabla 4-43. Estimación de los principales parámetros poblacionales del robalo *Centropomus viridis* para la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
14.4	D.N.D.	D.N.D.	0.0045	1.125	documento de cuotas 2019	bayesiano, producción excedente por remuestreo	Está sobre el nivel de máximo aprovechamiento, aunque las biomazas están en buen nivel.

4.1.7.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del robalo (*Centropomus viridis*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)].

Se realizaron todas las evaluaciones con las herramientas estadísticas mencionadas en la metodología, sobre los datos observados tanto de capturas como de CPUE; se determinó que ambas estructuras de las pesquerías fueron significativas en los ajustes realizados al modelo predictivo, igualmente se encontró que se presentaron cambios en el proceso, especialmente en los primeros años de las pesquerías, pero el resultado más positivo fue el diagnóstico de los residuos del CPUE que mostraron un ajuste no determinante. (Figura 4-58)

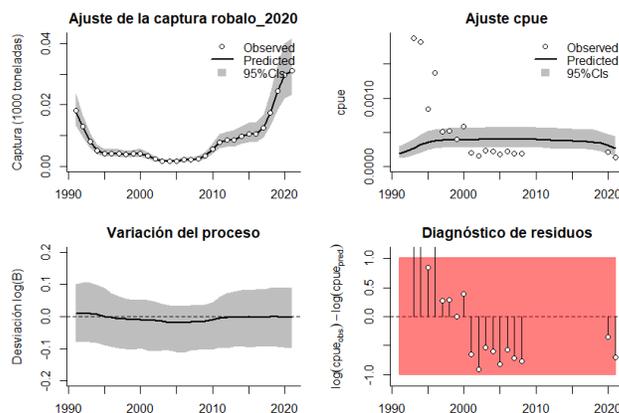


Figura 4-58. Modelación de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la

biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Con la finalidad de analizar el impacto de las evaluaciones prior y posterior de los principales puntos de referencia en el desarrollo de este modelo, se encontró que la capacidad de carga de la especie en el ecosistema fue la más productiva ya que presentó el índice PPVR más bajo, por lo anterior se estableció que el parámetro mejor ajustado fue K; de otra parte, la distribución de las densidades de la biomasa relativa presentó un rango inicial entre 0.2 a 0.6, este aumento para el 2017 entre 0.5 a 0.9 y finalmente se estabilizó entre 0.4 y 0.8 para el 2021. (Figura 4-59)

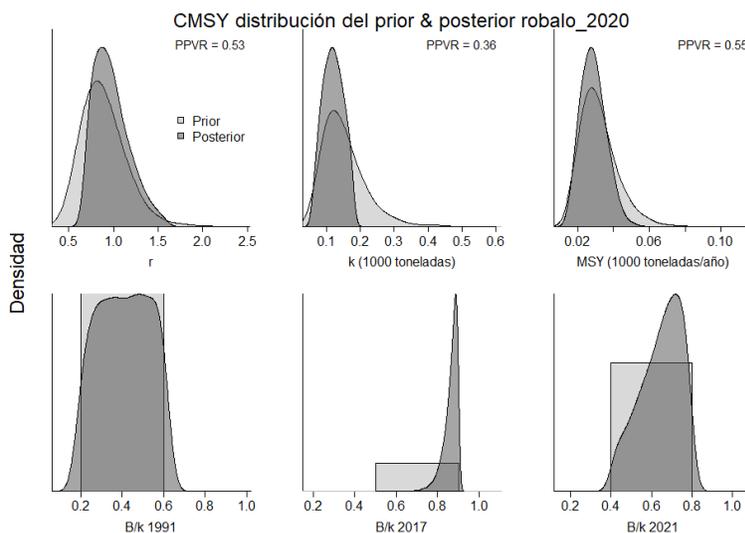


Figura 4-59. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del robalo *Centropomus viridis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Cuando se utilizó el algoritmo BSM, los resultados en la evaluación de los puntos de referencia fueron casi similar con una muy pequeña diferencia a favor de la estimación de K (Figura 4-60)

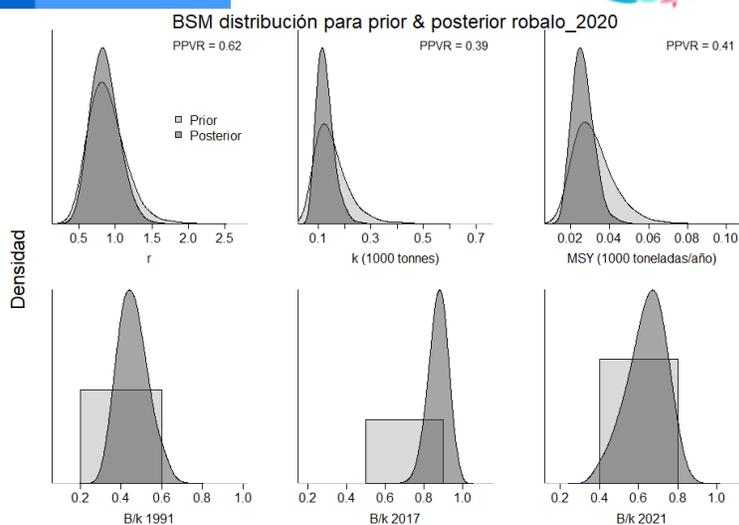


Figura 4-60. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados robalo *Centropomus viridis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

En la evaluación de los registros históricos de las capturas, encontramos que la pesquería ha pasado índices de sobrepesca y recuperación que muestra que el comportamiento de las capturas que mostraron una curva cóncava donde el vértice de la misma está ubicado para el año 2005 y sus extremos en 1990 y 2021 (Figura 4-61, panel A); de otro lado el análisis de las biomazas relativas mostraron un comportamiento diferencial por un lado los datos presentan un recuso boyante (líneas azules) pero de otra parte la CPUE (líneas rojas) es inversa a éste por lo que en los años de mayor productividad se presentaron las mayores presiones de pesca (Figura 4-61, panel D), esto es ratificado al analizar la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) que muestra como ésta tiene sus mayores impactos hacia la mitad de la secuencia histórica (Figura 4-61, panel E); cuando se construyó la curva de equilibrio se observó que, la mayoría de los datos están por debajo del  $MSY$  y, que la trayectoria de los impactos es casi idéntica al inicio y al final del recuento histórico. (Figura 4-61, Panel F)

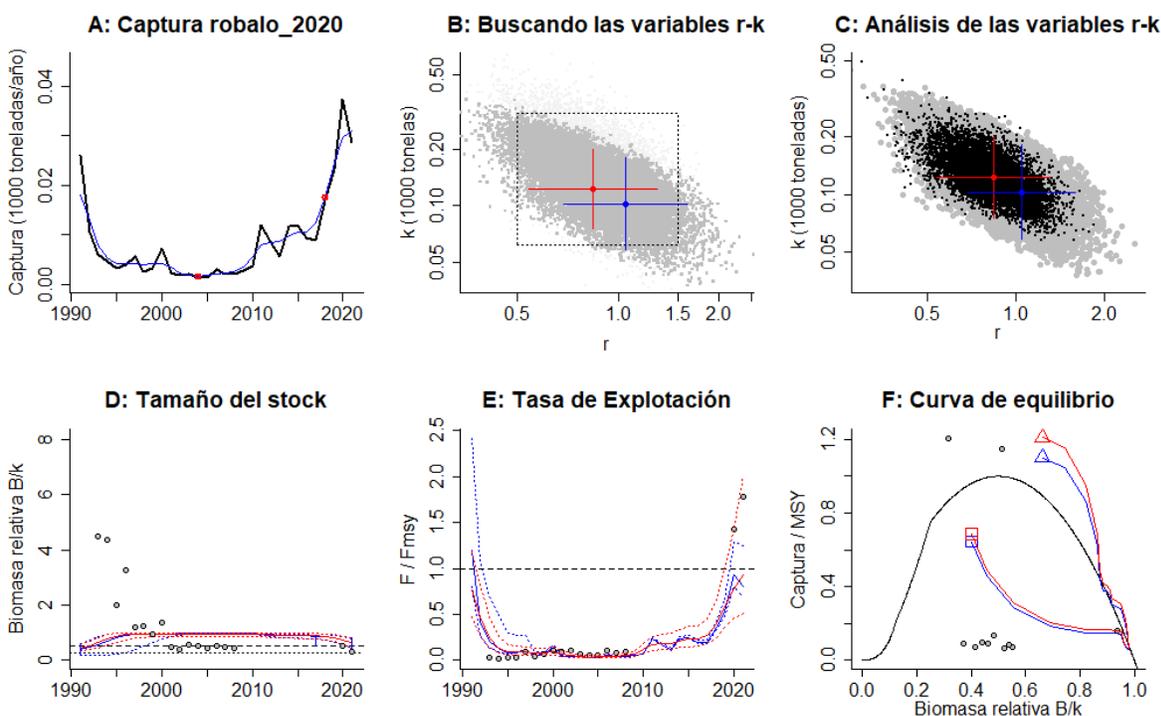


Figura 4-61. Resultados del Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r$ - $k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Los resultados entre los algoritmos utilizados de CMSY y BMS, muestran diferencias entre los puntos de muestreo ya que la estimación del parámetro de  $r$  presenta una diferencia de estimación de 0.839 hasta 1.05 que no es grande en especial teniendo en cuenta que los intervalos de confianza incluyen las respuestas para cada cálculo. De otra parte, los resultados de las biomazas relativas no se encuentran bajo altas presiones y se puede decir que el aprovechamiento es bajo, así mismo la tasa de explotación ( $F/(r/2)$ ) está cercana a 1 que es un muy buen indicativo. (Tabla 4-44, Tabla 4-45).

Tabla 4-44. Resultados del CMSY para las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.05	0.685	1.6
MSY	28.2	16.8	43.7
K	103	58.4	181
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.663 de K	0.428	0.79
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.807	0.667	1.25

Tabla 4-45. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00343	0.00211	0.00556
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.839	0.539	1.31
k	123	75	201
MSY	25.7	17.2	38.3
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.651 de k	0.42	0.813
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.929	0.517	2.01
r - k log correlación =	-0.628		

Por lo anteriormente analizado, se estableció que la mortalidad por pesca de 0.929 y un MSY de 123 toneladas muestra una buena posibilidad de administrar las pesquerías del robalo y que los niveles de explotación están en un nivel aceptable, por lo que la administración de este recurso debe conservarse en estos niveles. (Tabla 4-46).

Tabla 4-46. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de robalo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.419	0.269	0.653	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.419</b>
Fmsy	0.419	0.269	0.653	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	25.7	17.2	38.6	
Bmsy	61.4	37.5	100	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	79.9	51.6	99.8	
B/Bmsy en el último año	1.3	0.841	1.63	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.39	0.312	0.604	
Explotación F/Fmsy =	0.929	0.517	2.01	

Desde el punto de vista general, el comportamiento de las capturas frente al punto de referencia MSY ha estado en la mayoría de la serie histórica por debajo del mismo, donde es notorio que el nivel más bajo se encontró para el 2005, el tamaño de stock mostró que en la mayoría de los años estuvo Cerano a 2, aunque se nota la biomasa relativa buscó la estabilidad; que se ve mejor reflejada en la tasa de explotación que igualmente alcanzó para el último año un equilibrio. (Figura 4-62)

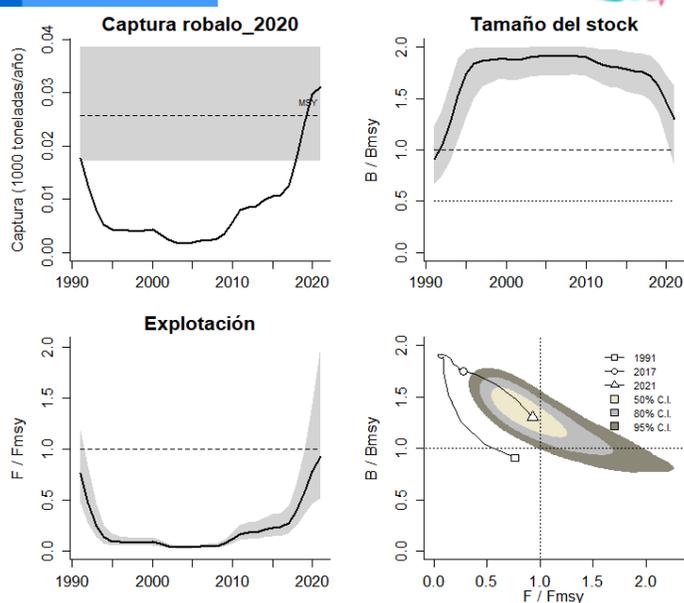


Figura 4-62. Análisis de las pesquerías del robalo *Centroponus viridis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al  $RMS$ . El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{MSY}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Todos los anteriores análisis permitieron desarrollar el modelo gráfico probabilístico de fase de Kobe, el cual mostró que las pesquerías han estado permanentemente en la zona ideal de aprovechamiento con probabilidades de 57.9% de estar en la región óptima, con un 32.4% en la zona de máxima explotación, y con un muy bajo nivel de estar en zona de peligro solo el 9.7% (Figura 4-63)

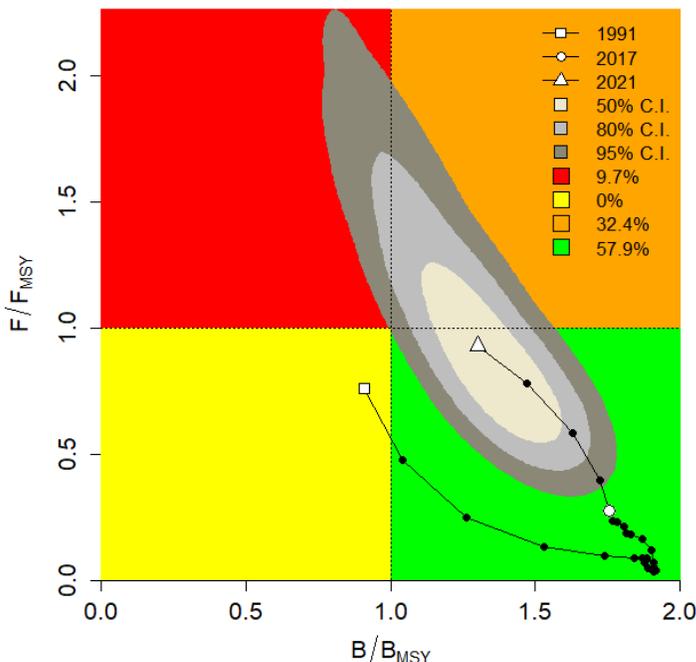


Figura 4-63. Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.7.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el robalo (*Centropomus viridis*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)].

Uno de los aspectos más importantes de las pesquerías lo constituyen los ensayos sobre la adaptabilidad a los cambios ambientales; por ello y con la idea de valorar estos sistemas en 7 escenarios diferentes se modeló la pesquería con el fin de establecer los RMS, de esta manera se estableció que si las condiciones de los parámetros ambientales son estables, el RMS estaría en 23.3 toneladas, si la situación es desfavorable este valor caería hasta las 19.2 toneladas, pero si las mismas son propicias el RMS alcanza el valor de 27.3 toneladas (Figura 4-64).

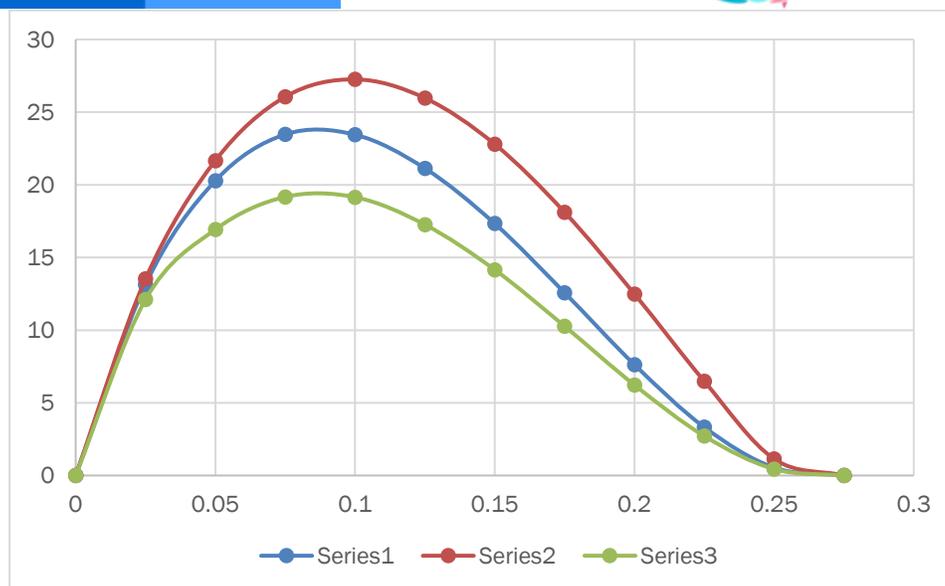


Figura 4-64. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del robalo (*Centropomus viridis*) en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.7.6 Conclusiones para las pesquerías del robalo (*Centropomus viridis*)

Es un recurso aprovechado por redes de enmalle de la pesca artesanal, en áreas costeras con presencia de manglares,

Este es uno de los recursos que muestra una interesante recuperación puesto que sus niveles de aprovechamiento siempre han mostrado indicadores de estabilidad poblacional, es importante destacar que, aunque se considera como un recurso en buen estado sus niveles de rendimientos son muy bajos por lo tanto es claro que las densidades poblacionales no son muy altas. Esto puede ser positivo y negativo al mismo tiempo ya que al no ser muy abundantes la probabilidad de ser atrapados disminuye de forma aleatoria, pero si se detectan sistemas de pesca más eficientes, también las poblaciones pueden disminuir rápidamente. Es un recurso que se encuentra al momento en un estado de aprovechamiento sostenible.

A partir de las estimaciones realizadas de la de tasa de explotación de 0.929, biomasa relativa actual de 0.651, la mortalidad por pesca para el 2021 de 0.39 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.419 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 25.7 ± (17.2 – 38.6) toneladas.

#### 4.1.8 Pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra* Jordan & Starks, 1895)



Foto: Fish of the World

Nombre en inglés: Pacific sierra.

##### 4.1.8.1 Antecedentes del recurso sierra (*Scomberomorus sierra*)

Este es un recurso de hábitos pelágicos que se distribuye entre el Sur de California hasta el Perú que incluye las Islas Galápagos, se encuentra entre los 10 a los 60 m., de profundidad; pero se tiene reportes en Antofagasta en Chile; se reporta como un recurso con una longitud asintótica de 85.8 cm de L., con una tasa metabólica de 0.37 cm/año, con una mortalidad natural de 0.61 año<sup>-1</sup>, y una talla de madurez de 45.5 cm de Lt., con una tasa instantánea de mortalidad total de 1.41 año<sup>-1</sup>, una mortalidad por pesca de 0.8 y una tasa de aprovechamiento de 0.5. (Fishbase, 2020).

Este recurso ha sido estudiado en Golfo de California México y se determinó que la especie inicia su madurez en abril y desova en mayo. La longitud de primera captura es de 398 mm de longitud furcal, luego se dedujo que la longitud de madurez sexual fue de 443 mm de longitud furcal, el 70% de las capturas correspondieron a hembras con una talla inferior a la de madurez sexual (Aguirre-Villaseñor, Morales-Bojorquez, Moran-Angúlo, Madrid-Vera, & Valdez-Pineda, 2006).

En el pacífico colombiano, Barreto y Borda (2008) y Polo et al (2014) han reportado información sobre su biología pesquera con rangos de captura entre 24 y 90 cm LT, TMC entre 46.6 y 47.9, TMM entre cm LT, entre otros.

##### 4.1.8.1 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Los estudios desarrollados por la autoridad pesquera de Colombia en evaluaciones realizadas hasta el 2008, mostraron que el recurso es de crecimiento alométrico negativo ( $P > 0.05$ ), con una tasa metabólica de crecimiento de 0.34 cm/año y una longitud asintótica grande que implican un crecimiento moderado que producen individuos de buen tamaño, se presentó una tasa de aprovechamiento con tendencia hacia los valores altos superior a 0.5. (Tabla 4-47)

Tabla 4-47. Relación de los parámetros estimados para la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano.

a	b	r <sup>2</sup>	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0071	2.8699	0.886	49	53	85.6	0.53	1.135	0.598	0.53	0.47

#### 4.1.8.1 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sierra (*Scomberomorus sierra*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

Los valores de puntos de referencia mostraron que cuando se realizaron los análisis, antes de aplicar la nueva metodología, mostraron que las pesquerías de la sierra estaban en un nivel aceptable, tanto por los indicadores de biomasa como por los de tallas. (Tabla 4-48)

Tabla 4-48. Estimación de los principales parámetros poblacionales de la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
936	4,165,550,670	0.770	0.008	0.9245	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Está sobre el nivel de máximo aprovechamiento, aunque las biomazas están en un nivel aceptable.

Durante el 2020 el SEPECA registró 14,929 individuos muestreados, los cuales fueron capturados por 11 artes de pesca diferentes, siendo la red e de enmalle camaronesa y la red de enmalle de deriva marina, las artes de más capacidad de captura tanto en número como en tallas. De manera general se pudo establecer que la talla media de captura fue de 46.3 cm de Lt.  $\pm$  0.11 (Tabla 4-49, Figura 4-65) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-49. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para la sierra *Scomberomorus sierra*. se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Chinchorro marino	39.6	171.70	13.10	2.39	30
Línea de mano	63.5	111.00	10.54	0.21	2527
Línea de mano correteo curricán o trolling	62.6	84.72	9.20	1.29	51
Palangre o espinel de fondo	52.5	114.36	10.69	1.43	56
Red de cerco artesanal o ruche	47.2	121.21	11.01	0.34	1023
Red de enmalle camaronesa	37.8	52.44	7.24	0.13	3286
Red de enmalle de deriva marina	43.6	101.60	10.08	0.14	5420
Red de enmalle de encierro continental	56.9	37.83	6.15	1.21	26
Red de enmalle de encierro marina	45.1	33.87	5.82	0.32	328
Red de enmalle fija marina	42.4	91.79	9.58	0.22	1919
Red de enmalle zangarreo	62.3	36.20	6.02	0.37	263

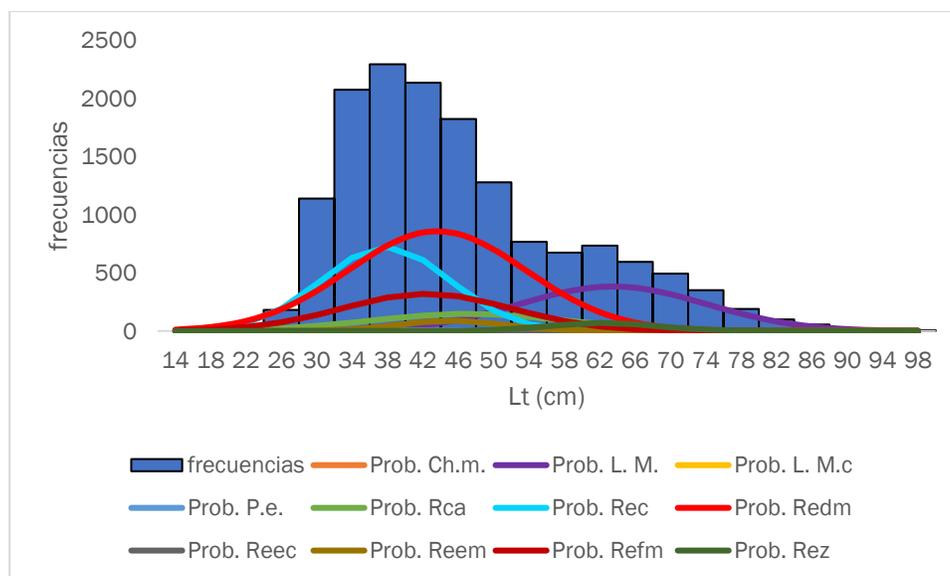


Figura 4-65. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la sierra *Scomberomorus sierra* en el año 2020. Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; L.M.c. = línea de mano correteo currican o troling; P.e. = Palangre o espinel, RCA = red de cerco artesanal o ruche; Rec. = red de enmalle camaronero; Redm = red de enmalle marina; Reec = red de enmalle encierro continental; Reem = red de enmalle encierro marino; Refm = red de enmalle fija marina; Rez = red de enmalle zangarreo.

#### 4.1.8.1 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB de la sierra (*Scomberomorus sierra*) [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)].

Con la información de las tallas recopilados durante la secuencia histórica de 14 años, se revisó cada año con la intención de conocer si estos tenían un comportamiento típico de selectividad encontrándose que todos los años cumplen con las expectativas teóricas propuestas (Froese, y otros, 2018). (Figura 4-66, Figura 4-67)

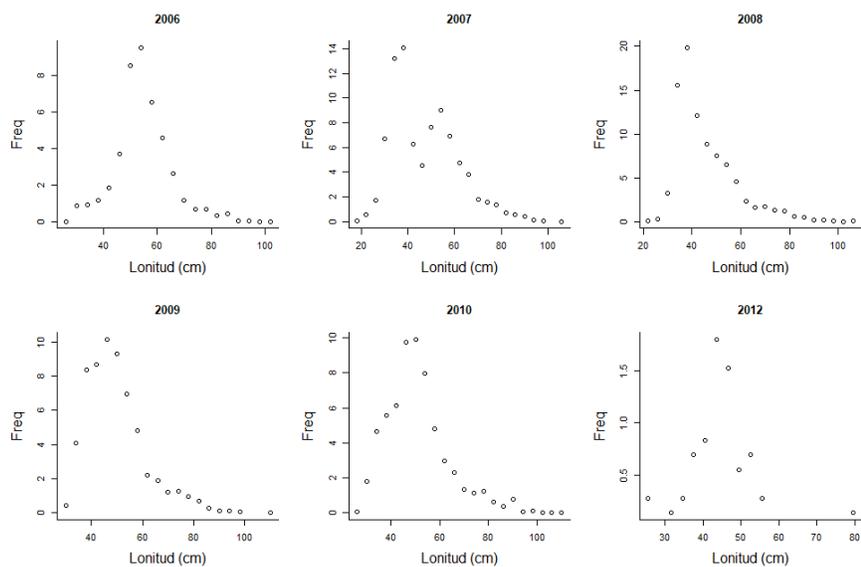


Figura 4-66. Distribución de las tallas de la sierra *Scomberomorus sierra*, entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

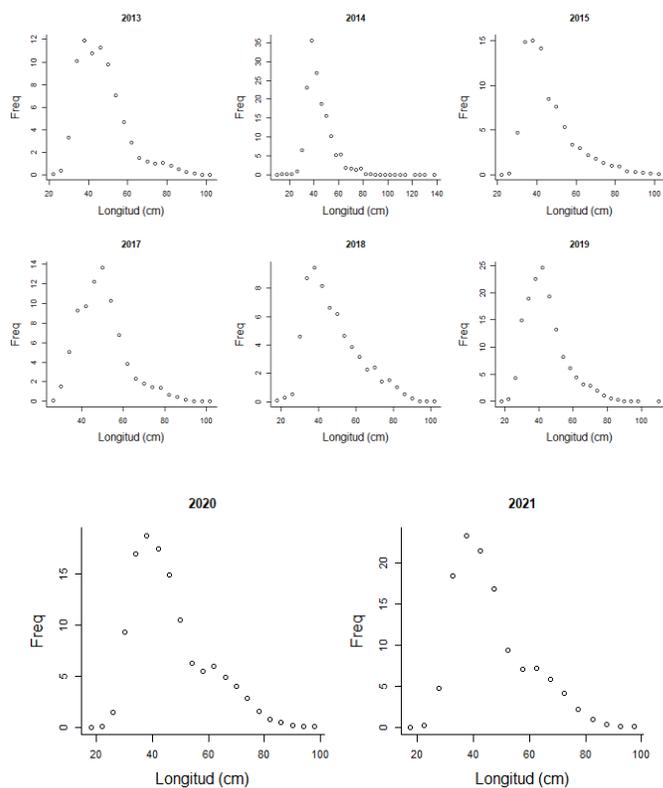


Figura 4-67. Distribución de la sierra *Scomberomorus sierra*. Entre los años 2013 a 2020. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Los análisis relativos a la proyección prior mostro una longitud asintótica superior a la encontrada en los trabajos anteriores, ya descritos, y con puntos de referencia altos respecto a lo esperado; estos resultados comparados con los realizados de manera general para la serie de tiempo fueron bastante similares, aunque se destaca que las biomasa relativas son supremamente bajos, lo que tiene una connotación de alerta para la adecuada administración del recurso. (Tabla 4-50, Tabla 4-51).

Tabla 4-50. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus sierra*. Se presenta el cálculo prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	138	1.38
Z/K	4.6	18.8
F/K	3.1	
Lc prior	34.7	3.47
$\alpha$ prior	54.5	5.45

Tabla 4-51. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus sierra* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	137	135	139
L opt	92	L opt/Loo	0.67
Lc_opt	84	Lc_opt/Loo	0.61
M/K	1.49	1.21	1.78
F/K	4.69	4.25	5.16
Z/K	6.28	5.98	6.58
F/M	3.18	2.6	4.3
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.367		
B/Bo	0.0562	0.0399	0.0825
Y/R´ F=M Lc=Lc_opt	0.0464		
Y/R´	0.00648	0.00466	0.00922

En cuanto al comportamiento de las tallas tanto la talla al 50% y la talla media de captura estuvieron casi uniformes con unas pequeñas variaciones; pero cuando se estudió el comportamiento de la tasa de aprovechamiento (F/M) casi toda la serie estuvo en niveles muy altos esta situación se vio corroborada con las biomasa relativas (B/Bo) donde prácticamente todos los años estuvieron por debajo del proxi 0.5B que demuestra una situación alarmante. (Figura 4-68).

Los puntos de referencia tomados, para el 2021, como tasas (M/K, F/K, Z/K, F/M) son muy altos de acuerdo con los estándares teóricos establecidos; de igual manera los patrones de biomasa

(B/Bo) y rendimiento por recluta (Y/R<sup>1</sup>) son bastante bajos, por lo que hay que seguir la pesquería para detectar su evolución. (Tabla 4-52)

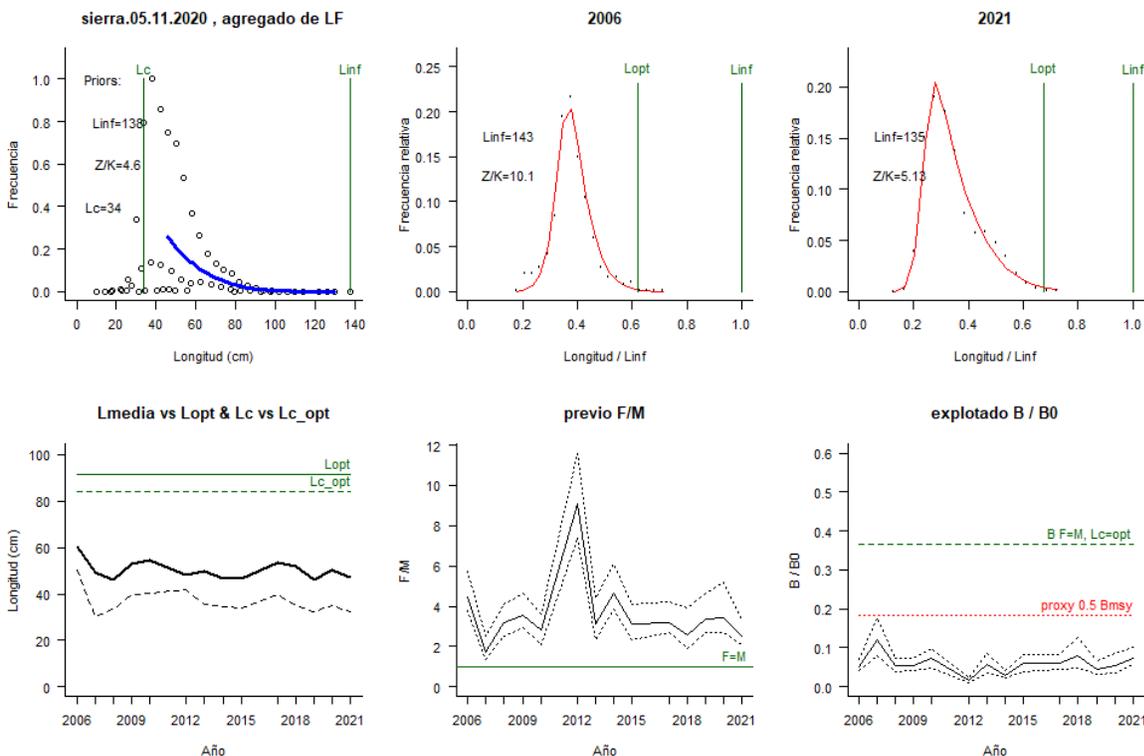


Figura 4-68. Comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F = M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxy para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxy para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	32.4	32.2	32.7
Lc/Loo	0.24	0.239	0.243
$\alpha$	58.2	55.8	59.6
Lmedio/Lopt	0.52		
L 95 %	97.5		
L 95 %/Loo	0.72		
Lm 50%	45.5	Madurez	44%

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
F/K	3.7	3.4	4.12
F/M	2.5	2.1	3.35
Z/K	5.15	4.9	5.36
Y/R´	0.0088	0.00662	0.0121
B/Bo	0.074	0.056	0.103
B/Bmsy	0.2	0.153	0.28

Tabla 4-52. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus sierra* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

#### 4.1.8.2 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

El primer ajuste realizado con la información de pesca obtenidos para esta especie fue el de valorar los datos observados, tanto las capturas como los CPUE, con el fin de revisar su comportamiento; se encontró que las capturas sigue un patrón probabilístico definido mientras que la CPUE tuvieron dispersiones considerables; sin embargo el diagnóstico de los residuos pudo comprobar que el comportamiento de los valores de CPUE observados con los pronosticados no estuvieron significativamente relacionados, en general el comportamiento de las variaciones de proceso fueron uniformes. (Figura 4-69)

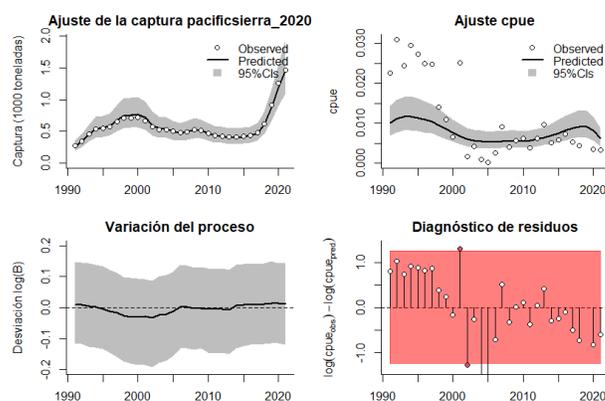


Figura 4-69. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Los análisis comparativos entre los direccionamientos prior y posterior efectuado entre los puntos de referencia paramétricos mostraron que con el indicativo PPVR el mejor ajuste se efectuó con el MSY; las biomazas relativas evolucionaron de la siguiente manera: para el inicio de la serie cronológica en 1991 se determinó que la variación de estas tasas estuvo entre 0.4 a 0.8, el punto de quiebre 2013 estuvo entre 0.0 y 0.4, pero en 2021 el sistema se recupera ligeramente estando entre 0.01 a 0.4. (Figura 4-70)

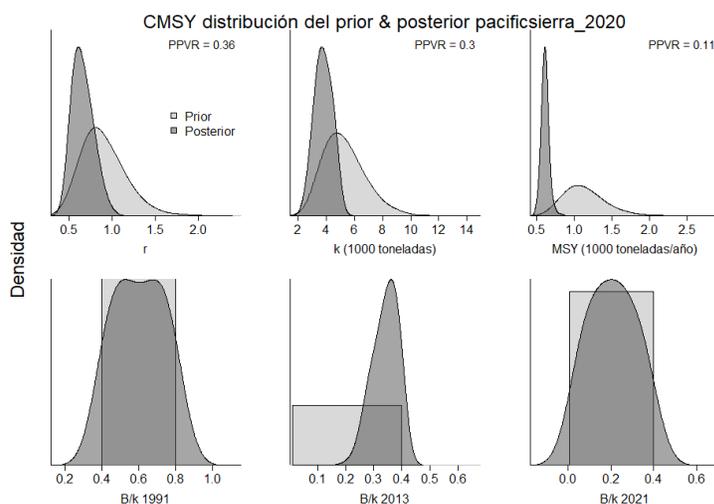


Figura 4-70. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus sierra*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Cuando se probó con el algoritmo de BMS, se encontró que, con variaciones apreciables, de esta manera se encontró que el parámetro mejor ajustado fue igualmente para MSY, lo cual da una solidez a todos los análisis realizados a partir de estos resultados. (Figura 4-71)

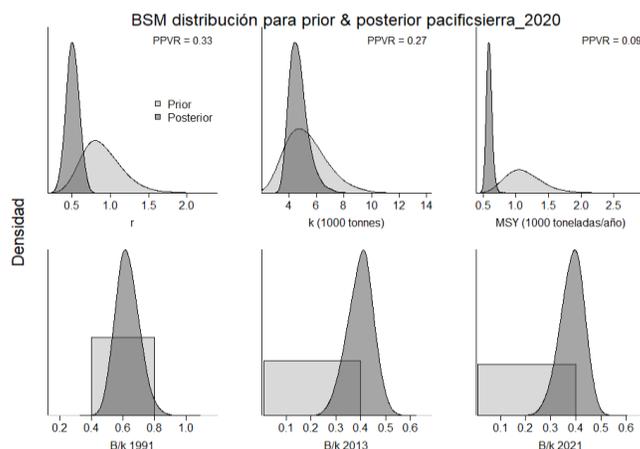


Figura 4-71. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la sierra *Scomberomorus sierra*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados, sometidos a los dos algoritmos mostraron algunas diferencias entre las estimaciones paramétricas de  $r$  y de  $MSY$ , siendo las más conservadoras las utilizadas con el sistema  $CMSY$ , de todas maneras, las tasas de las biomazas relativas muestran que el aprovechamiento está pasando a niveles peligrosos. (Tabla 4-53, Tabla 4-54)

Tabla 4-53. Resultados del  $CMSY$  para las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0.715	0.483	1.06
$MSY$	608	515	716
$K$	3440	2400	4920
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.213 de $K$	0.033	0.393
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	7.1	3.84	45.8

Tabla 4-54. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías la sierra *Scomberomorus sierra* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
$q$	0.00345	0.00242	0.00493
		Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0.509	0.37	0.7
$k$	4650	3540	6110
$MSY$	592	515	681
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.389 de $k$	0.286	0.469
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.18	2.46	4.58
$r$ - $k$ log correlación =	-0.9		

Con estas bases estructurales se concluyó que la mortalidad por pesca está determinada en  $0.807$  año<sup>-1</sup>, que frente a la tasa de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ) esta 1.06 unidades por encima este del primer valor, la tasas de biomasa relativa ( $B/B_{msy}$ ) está dentro de los límites aceptables incluso por encima 0.5; lo anterior permite afirmar que un  $MSY$  de 592 toneladas parece razonable para el aprovechamiento de esta especie. (Tabla 4-55)

Tabla 4-55. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la sierra *Scomberomorus sierra* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.254	0.185	0.35	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.254</b>
Fmsy	0.254	0.185	0.35	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	592	515	681	
Bmsy	2330	1770	3050	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	1810	1330	2180	
B/Bmsy en el último año	0.777	0.573	0.939	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.807	0.668	1.09	
Explotación $F/F_{msy} =$	3.18	2.46	4.58	

La serie de tiempo de los datos de las capturas mostró que el recurso tuvo una etapa inicial de alta productividad, hasta el año 2000, luego ésta disminuyó teniendo su pico más bajo en 2015, ya en los últimos años las pesquerías se han ido recuperando (Figura 4-72, panel A). El **tamaño del stock** muestra que las tasas relativas presentan entre las capturas y la CPUE empezaron con altos niveles, posteriormente reducidos, pero que en la actualidad tiene una tendencia hacia la estabilización de sus biomásas (Figura 4-72, panel D). Sin embargo, la **tasa de explotación** mostró ser más intensa para el año 2021 (Figura 4-72, panel E). Finalmente, la **curva de equilibrio** mostró que las trayectorias de las capturas y la CPUE presentaron un recorrido muy similar que mostraron un relativo equilibrio productivo, aunque con tendencia hacia la sobreexplotación. (Figura 4-72, panel F)

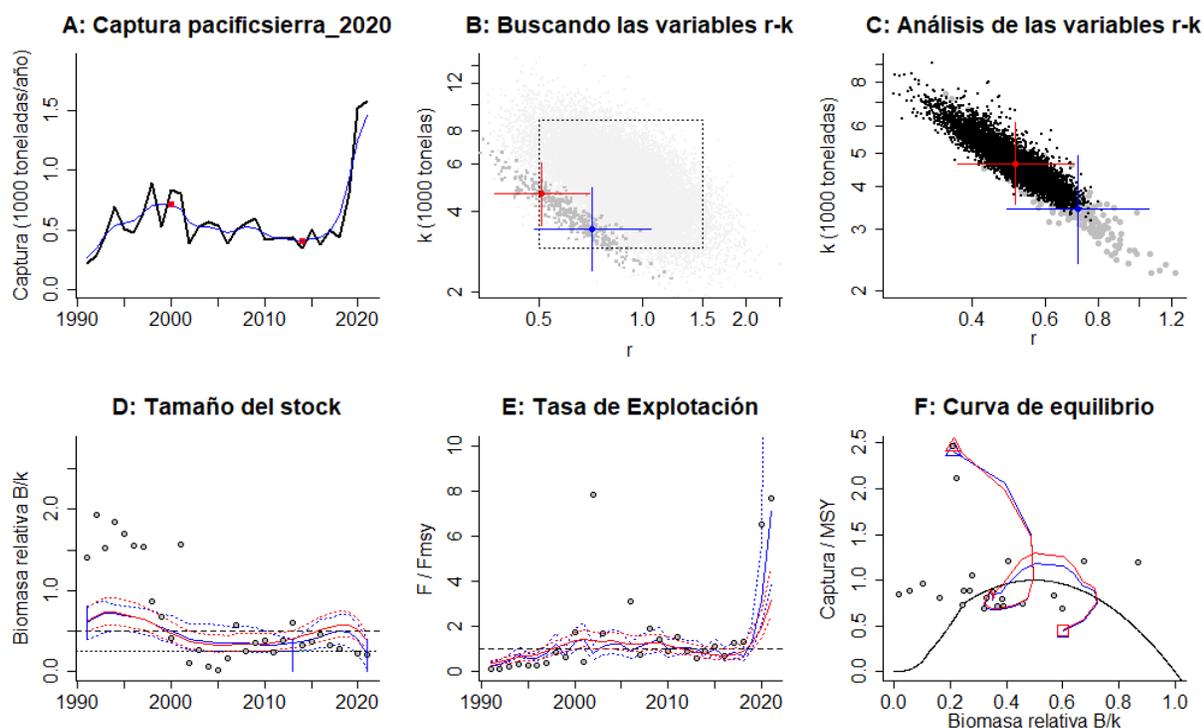


Figura 4-72. Resultados del Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Como una medida de control se comparó las biomásas capturadas frente al MSY y se encontró que el ciclo parece estar relacionado con el sistema tradicional de aprovechamiento de cualquier pesquería, esto es un sistema inicial que empieza a incrementar hasta alcanzar sus máximos niveles y luego decrece, pero éste a su vez propende por estar más en las capturas representadas por el MSY, aunque sobrepasada en los últimos años, este comportamiento se vio ratificado en los análisis del tamaño del stock y de las tasas de explotación ( $F/F_{msy}$ ). (Figura 4-73)

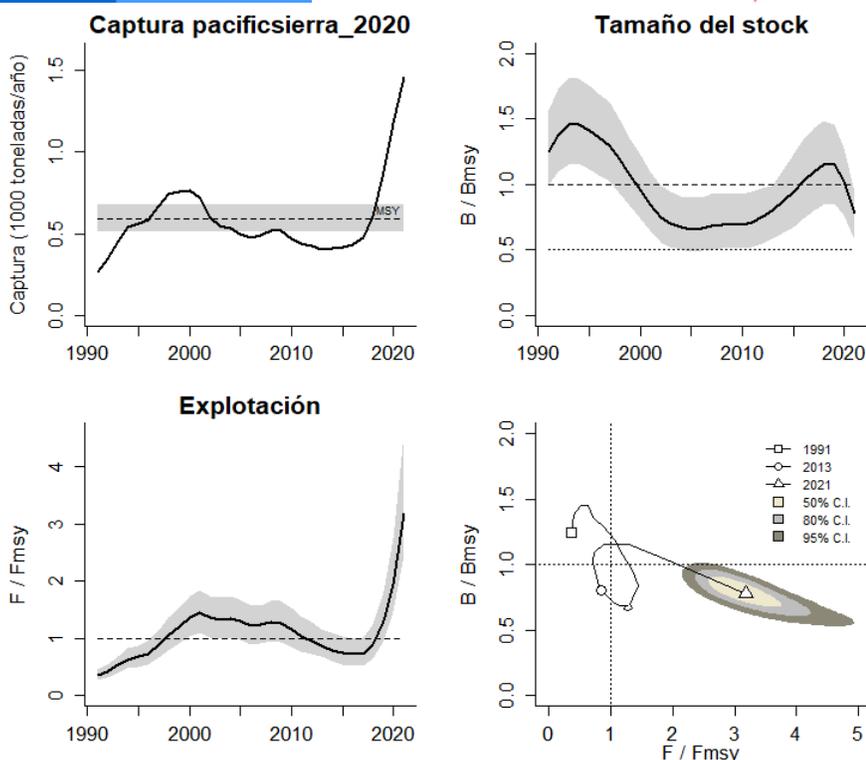


Figura 4-73. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Pero el diagnóstico más representativo para este recurso se relaciona a la aplicación del gráfico de fases de Kobe, el cual mostro una pesquería en donde para los primeros años sus efectos son de alta eficiencia, con un paso rápido por la fase de plena explotación entrando en la fase crítica; sin embargo, a pesar de estar en zona de riesgo existe la probabilidad, aunque baja del 0.3 % que el recurso este en plena explotación y con un 99.7 % que este en zona de peligro. (Figura 4-74)

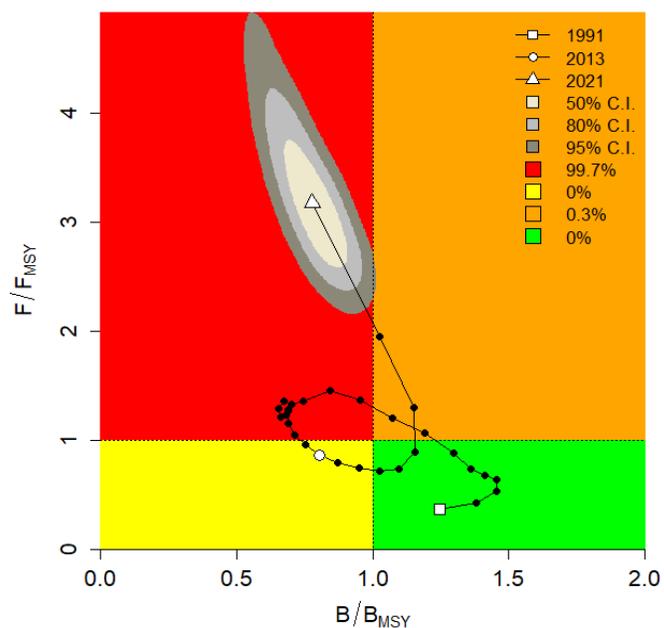


Figura 4-74. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.8.3 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra*). [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Utilizando los datos de tallas y los valores de primera venta se estimó el rendimiento efectivo que el recurso puede brindar, con base en la información del 2021. Como resultado se encontró que el RMS estimado fue de 1649 toneladas, con un RME de \$ 9.7 mil millones, pero con indicadores que muestra que ya se ha sobrepasos los límites de los puntos de referencia expuestos (Figura 4-75).

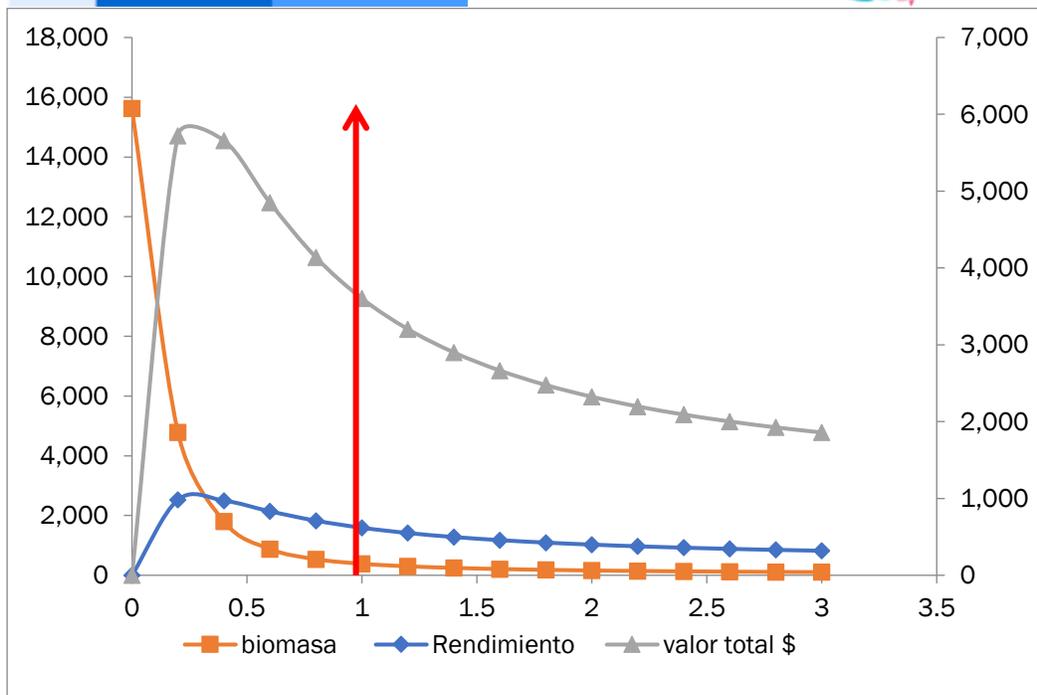


Figura 4-75. Resultados de las estimaciones de la sierra en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 4.1.8.4 Conclusiones para las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra*)

Aunque casi todos los recursos que se capturan en Colombia están en niveles de alto aprovechamiento, la sierra está en un nivel aceptable de producción que, con medidas de manejo y administración pesquera y, con un importante manejo ambiental, puedan estar mucho más cercanos a el equilibrio que debe existir entre aprovechamiento y estabilidad ecosistémica.

Se encontró que existen diferencias sensibles entre el desarrollo de los modelos de longitudes LBB con el modelo de producción CMSY, que puede ser debido a los siguientes factores:

Al haber una diferencia entre el origen de los datos hizo que las diferencias se acentuaran.

- Los datos de las tallas no tienen una secuencia tan amplia como las capturas esto hace que se pierda parte de la situación del recurso.
- Existe una diferencia tangible entre la toma de información entre tallas y capturas, mientras el primero depende de los nuestros que se realicen en el lugar, el segundo se puede deducir por los registros administrativos, lo que le da una diferencia a la eficiencia de los resultados.
- El análisis de tallas tiene una gran dependencia de la selectividad de los artes de pesca, mientras que las capturas y la CPUE están determinados el estado integral de las pesquerías.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.95, y un porcentaje de madurez sexual de 47 %, longitud óptima  $L_{op}$  de 91 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de  $0.89 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.457 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $617 \pm (558 - 681)$ .

#### 4.1.9 Pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae* Hubbs, 1944)

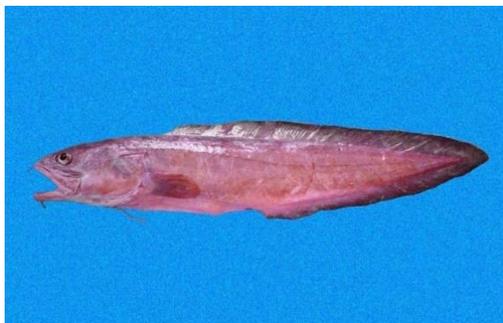


Foto: R. Robertson © (STRI)

Nombre en inglés: Pacific bearded brotula

##### 4.1.9.1 Antecedentes del recurso merluza (*Brotula clarkae*)

El recurso es de hábitos bentopelágicos, distribuido desde el Golfo de California hasta Perú; tiene reportes de longitudes máximas hasta 115 cm de Lt., con una estimación de la longitud asintótica de 104 cm de Lt., y una tasa metabólica de crecimiento de 0.5 cm/año, un registro de mortalidad natural de 0.73 año<sup>-1</sup>, con una talla de madurez sexual de 54.1 (Fishbase, 2020).

En el pacífico colombiano, Polo et al (2014) estimaron parámetros biológico pesqueros con rangos de captura entre 25 y 100 cm LT, TMC de 72.3 cm LT, TMM de 75.4 cm LT, entre otros, haciendo un análisis de resultados anteriores. Zambrano et al (2018 a) estimaron una TMC de 68.2 cm LT para el pacífico central colombiano y relacionaron varias TMM estimadas para la especie. De la misma manera, Zambrano et al (2018 b) estimaron una TMC de 65.4 para la zona sur del pacífico colombiano.

##### 4.1.9.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Los resultados recopilados por la autoridad de pesca de Colombia han determinado que en crecimiento de la especie es de tipo alométrico positivo ( $b \neq 3$ ,  $P > 0.05$ ) con una longitud asintótica menor que la reportada, pero con una tasa metabólica muy parecida, los factores pesqueros mostraron una tasa de explotación muy bajita, que indicó para los años anteriores a la aplicación de estas nuevas metodologías un recurso en óptimas condiciones. (Tabla 4-56)

Tabla 4-56. Relación de los parámetros estimados para la merluza *Brotula clarkae* en la cuenca del Pacífico colombiano.

a	b	r <sup>2</sup>	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.005	3.1	0.919 7	54.1	78.5	153.7	0.24	1.76	0.279	1.48	0.84

#### 4.1.9.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la merluza (*Brotula clarkae*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

Los cálculos anteriores se encontró un rendimiento máximo sostenible de 387 con una tasa de biomasa relativa muy cercana a 1 lo que significa que el recurso estuvo en buenos dentro del contexto de las pesquerías de Colombia, las tasas de tallas relativas también estuvieron en valores aceptables. (Tabla 4-57)

Tabla 4-57. Estimación de los principales parámetros poblacionales para *Brotula clarkae* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
387	D.N.D.	0.970	D.N.D.	0.68917197	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en óptimas condiciones

Durante el 2020, el SEPEC registro 2,472 individuos, así como 3 artes de pesca que ejercieron su actividad sobre esta especie; como conclusión de los análisis realizados se estimó una talla media de captura de 72.7 cm de Lt.  $\pm$  0.24, se pudo observar que las artes de anzuelo son las que determinan las pesquerías de este recurso (Tabla 4-58) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-58. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para la merluza *Brotula clarkae*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	72.6	157.70	12.56	0.39	1057
Línea de mano correteo curricán o trolling	68.2	303.30	17.42	4.65	14
Palangre o espinel de fondo	72.8	126.90	11.27	0.30	1401

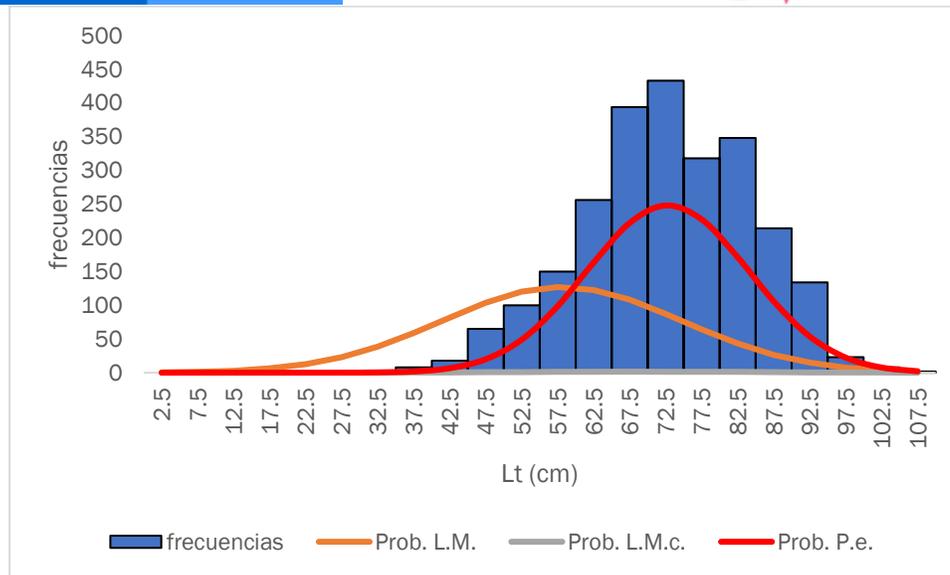


Figura 4-76. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la merluza *Brotula clarkae* en el año 2020. L.M. = línea de mano; L.M.c = líneas de mano correteo curricán o troling; P.e. = Palangre o espinel.

#### 4.1.9.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la merluza (*Brotula clarkae*) [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)].

Como se ha venido analizando con los recursos que tuvieron información suficiente sobre tallas permitieron efectuar modelos que tiene como estructura fundamental este tipo de información; por lo anterior, el primer paso que se dio fue el de estudiar el comportamiento de las tallas en cada uno de los años que integraron la serie de tiempo; se encontró que en toda la distribución cumplieron los supuestos de selectividad. (Figura 4-77, Figura 4-78)

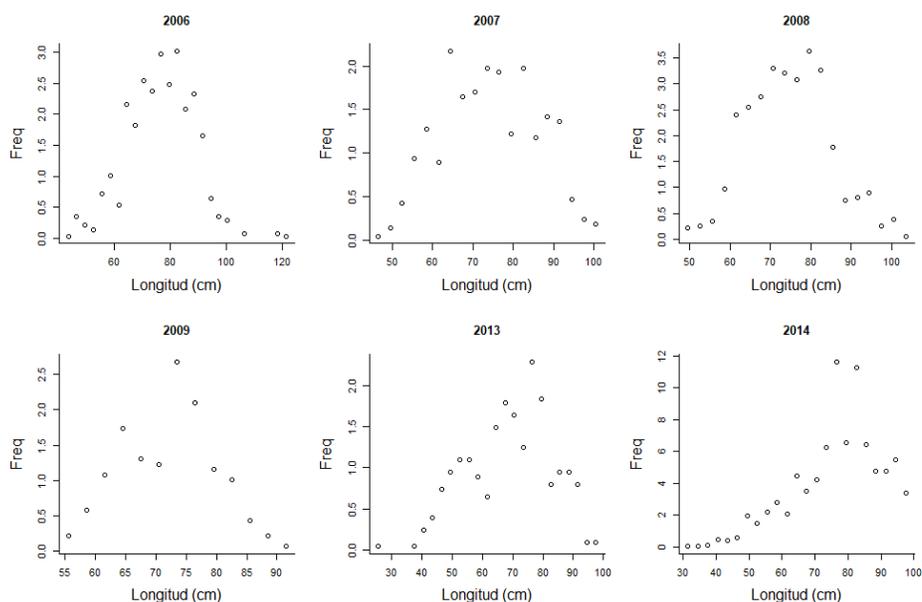


Figura 4-77. Distribución de las tallas para *Brotula clarkae*, entre los años 2006 a 2014. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

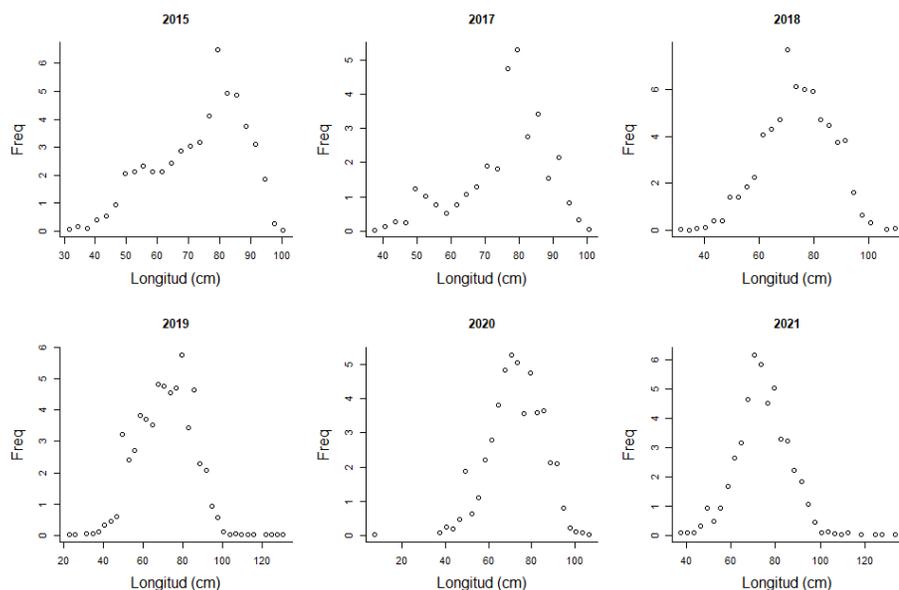


Figura 4-78. Distribución de las tallas para merluza *Brotula clarkae*, entre los años 2015 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

El análisis prior presentó un valor de longitud asíntótica superior a los ya registrados, tanto por la autoridad de pesca como los para los registros oficiales en FishBase, igualmente el mismo valor encontrado por toda la serie de datos sigue siendo superior a los ya consignados; la tasa de mortalidad natural por la tasa metabólica(  $M/K$ ) es igual a la propuesta por la evaluación prior, las

tasas restantes (F/K, Z/K, F/M) parecen ser valores un poco altos, de la misma manera los estimativos de las biomásas relativas (B/Bo) son registros bajos. (Tabla 4-59, Tabla 4-60)

Tabla 4-59. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la merluza *Brotula clarkae*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	133	1.33
Z/K	5.35	18.2
F/K	3.85	
Lc prior	64.3	6.43
$\alpha$ prior	18.7	1.87

Tabla 4-60. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento de la merluza *Brotula clarkae* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	132	130	134
L opt	91	L opt/Loo	0.69
Lc_opt	85	Lc_opt/Loo	0.65
M/K	1.36	1.12	1.61
F/K	5.94	5.31	6.66
Z/K	7.02	6.4	7.73
F/M	4.38	2.94	6.23
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.371		
B/Bo	0.0912	0.0607	0.136
Y/R <sup>ˆ</sup> F=M Lc=Lc_opt	0.0518		
Y/R <sup>ˆ</sup>	0.0201	0.0124	0.033

Los análisis para el último año de la serie (2021), muestran valores superiores para la longitud al 50% (Lc) superiores a los estimados por el sistema prior. Las tasas son más bajas (Z/K, F/K) así como las estimaciones de biomásas relativas muestran que hubo una ligera recuperación. Lo que sí es un dato muy interesante es el porcentaje de madurez sexual que es muy positivo y está por encima del 50% que es el límite permitido (Tabla 4-61)

Tabla 4-61. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de la *merluza Brotula clarkae* obtenidos para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	73.7	72.9	74.3
Lc/Loo	0.56	0.551	0.562
$\alpha$	21.3	20.7	21.7
Lmedio/Lopt	0.87		
L 95 %	128		
L 95 %/Loo	0.96		
Lm 50%	54.1	Madurez	96%
F/K	5.5	4.9	6.06
F/M	4.9	3.48	6.85
Z/K	6.54	6.16	7.06
Y/R	0.024	0.0147	0.0361
B/Bo	0.08	0.0497	0.122
B/Bmsy	0.22	0.134	0.329

De manera general, el manejo de este recurso relacionado con las tallas mostró equilibrio con los puntos objetivos, mientras que la tasa de aprovechamiento (F/M) si estuvo casi siempre por encima de los rangos permitidos, solamente se determinaron algunos año positivo (2006, 2007, 2014 Y 2019), en los años más recientes la recuperación había sido interesante puesto que están alcanzado los puntos de referencia, pero en el 2021 se recuperó aceptablemente; con relación a las biomاسas relativas (B/Bo) solamente el año 2014 estuvo cerca del punto de referencia, y se nota que en el 2017 hasta el 2019 se han recuperado, decayó en el 2020 pero se recuperó en el 2021 (Figura 4-79)

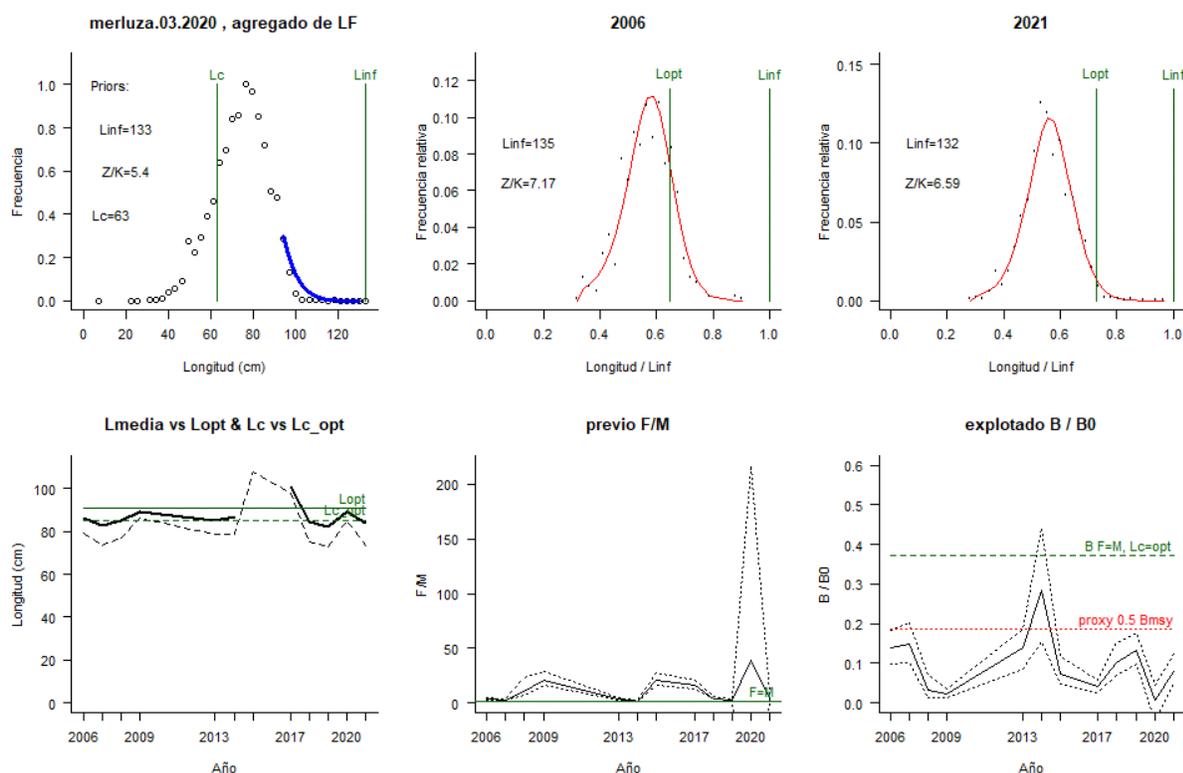


Figura 4-79. Comportamiento de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/B0 [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxy para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxy para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

#### 4.1.9.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Las pruebas estadísticas efectuadas tanto a las capturas, pero en los CPUE los ajustes fueron muy variados y solo unos pocos datos se ajustaron el sistema; sin embargo, en las pruebas a los modelos predictivos se encontró con los residuos presentaron un ajuste significativo estadístico y como resultado diagnóstico sobre la precisión de los resultados, por lo tanto, análisis estadístico a los datos bases tiene solidez. (Figura 4-80)

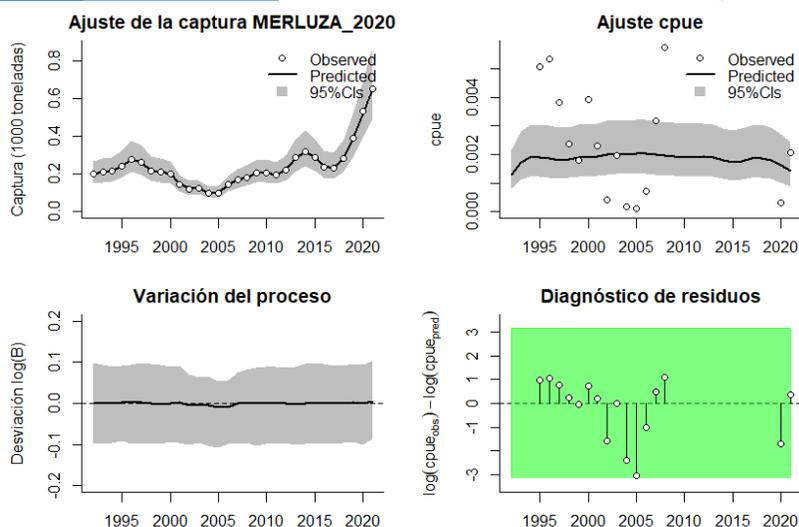


Figura 4-80. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

En la calibración de los puntos de referencia respecto al estudio prior y posterior de las distribuciones de las densidades se encontró que el mejor ajuste utilizando el indicador PPVR fue para el MSY; las densidades de las biomásas relativas empezaron con un rango entre 0.4 y 0.8 para 1992, aumentaron para el 2013 a un rango entre 0.5 a 0.9 y se estabilizaron para 2021 entre 0.4 y 0.8. (Figura 4-81).

Utilizando el algoritmo BSM se encontró que las apreciaciones de cálculo variaron ligeramente ya que el punto de referencia de la capacidad de carga (k) fu el mejor ajuste, pero muy cerca de este quedó el punto de referencia de MSY; pero la respuesta en las biomásas por año si fueron idénticos. (Figura 4-82)

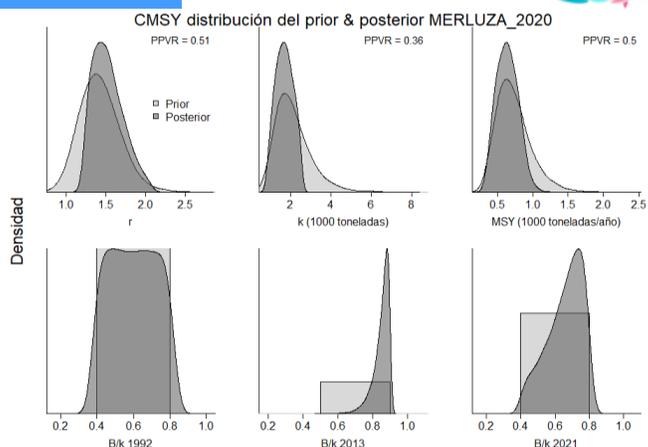


Figura 4-81. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis de la merluza *Brotula clarkae*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

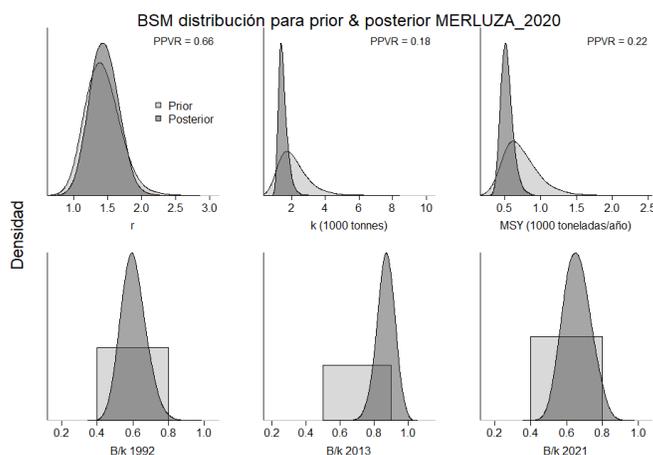


Figura 4-82. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la merluza *Brotula clarkae*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados para los puntos de referencia del MSY tanto en las estimaciones de CMSY y BMS fueron bastante ajustadas, donde se presentaron algunas variaciones fue para las estimaciones de r, donde para el primer sistema el valor es más alto que el segundo; sin embargo, lo más importante de estos resultados es destacar que las apreciaciones de las biomazas relativas es uno de los más alto de los recursos evaluados indicando que las estabilidad ecológica y pesquera son muy eficientes. (Tabla 4-62, Tabla 4-63)

Tabla 4-62. Resultados del CMSY para las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.61	1.24	2.09
MSY	632	375	941
K	1430	805	2540
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.677 de K	0.429	0.794
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.996	0.85	1.57

Tabla 4-63. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00149	0.00098	0.00225
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.43	1.08	1.9
k	1460	1060	2030
MSY	524	388	707
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.655	0.523	0.805
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.964	0.584	1.48
r -k log correlación =	-0.528		

La revisión de los datos de captura observados muestran una pesquería con oscilaciones entre los años de la serie histórica, pero a su vez esta tiene un comportamiento relativamente uniforme (observar la media móvil, Figura 4-83, panel A), en cuanto al **tamaño del stock**, amén de algunas variaciones el comportamiento de las biomazas no presentó grandes cambios entre los estimativos de capturas y CPUE, que en general fueron concordantes (Figura 4-83, panel D), así mismo, en la **tasa de explotación** donde el comportamiento de las capturas y la cpue compatibles y con tendencias similares (Figura 4-83, panel E) pero, casi todas estuvieron por debajo del límite ideal, lo cual es bueno para la supervivencia del recurso. En cuanto a la **curva de equilibrio** todas las trayectorias de las estimaciones se agrupo en el lado óptimo de la curva (Figura 4-83, panel F)

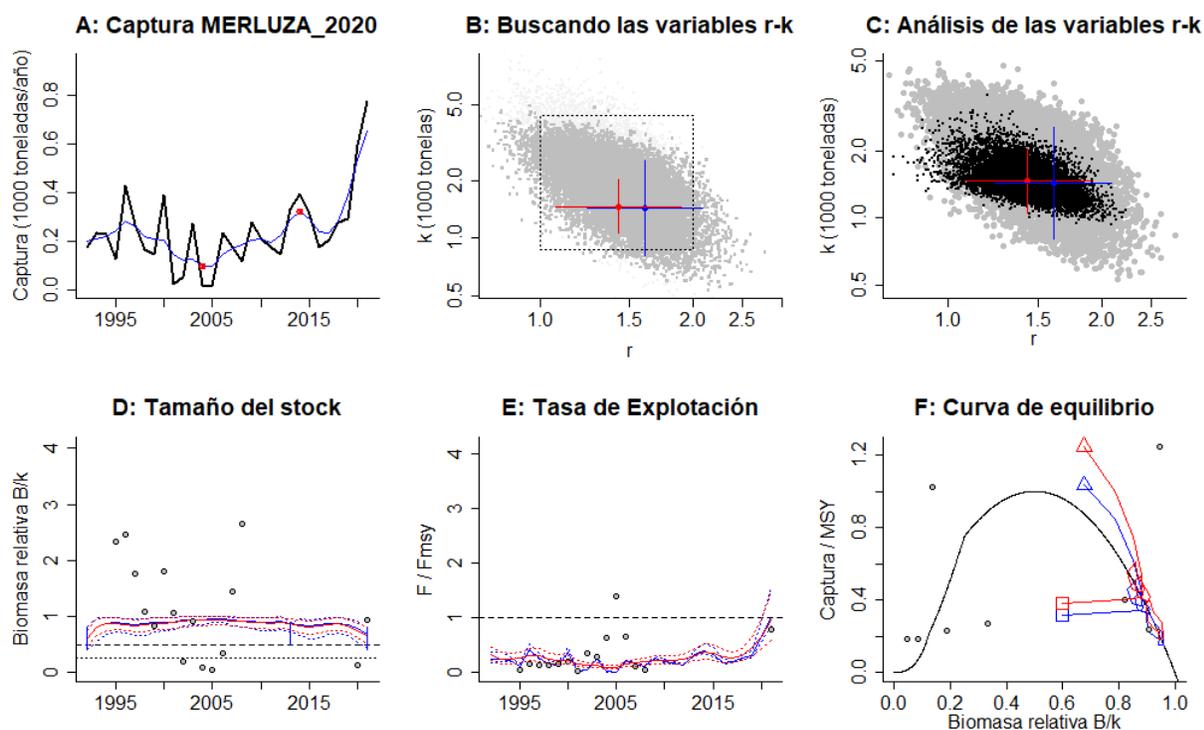


Figura 4-83. Resultados del Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotila clarkae* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Con el fin de realizar estimaciones sobre el comportamiento de las capturas frente al punto de referencia de MSY se observó que todas las proyecciones son positivas ya que prácticamente casi todas las estimaciones (excepto para el 2021) de las capturas estuvo por encima del MSY; respecto a la funcionalidad de las tasas de biomasa relativas que sirven como base fundamental para determinar el **tamaño del stock** ( $B/B_{msy}$ ), todas estuvieron por encima del referente teórico indicando que las pesquerías no afecta directamente al sistema ecológico de esta especie, esto se vio corroborado en las tasas de **explotación** ( $F/F_{msy}$ ) que tampoco alcanzaron el límite referente. (Figura 4-84)

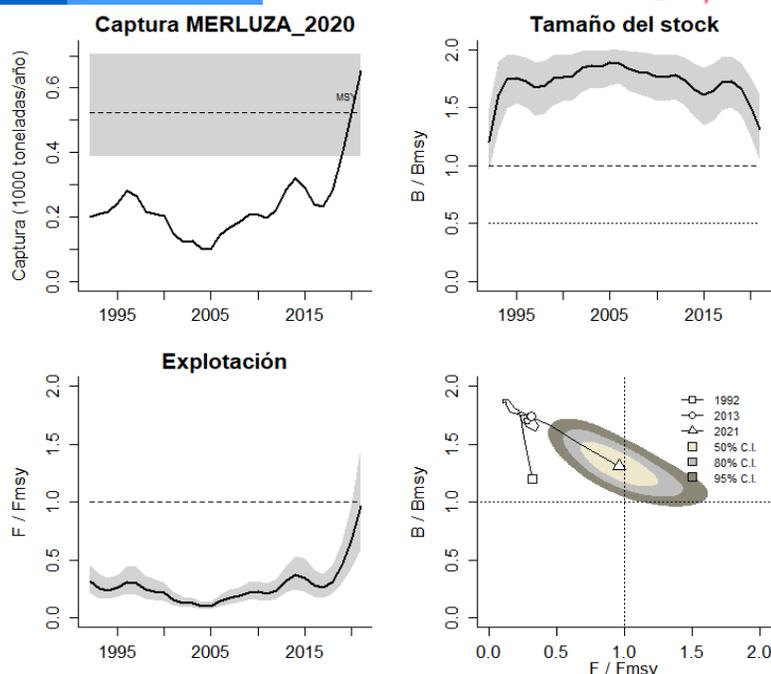


Figura 4-84. Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, la trayectoria más descriptiva de la historia de las pesquerías de la merluza se evidencia en el gráfico de fases de Kobe, en él se evidencia que las pesquerías siempre han estado en la fase óptima de aprovechamiento, sin embargo, es importante anotar que la probabilidad de que para el año 2021 este en la fase crítica es del 0.9%, así como que se encuentre en los niveles de plena explotación es de 42% y lo más alentador de esta pesquería es que la probabilidad que el sistema se encuentre en el estado óptimo es de 56.2 % (Figura 4-85)

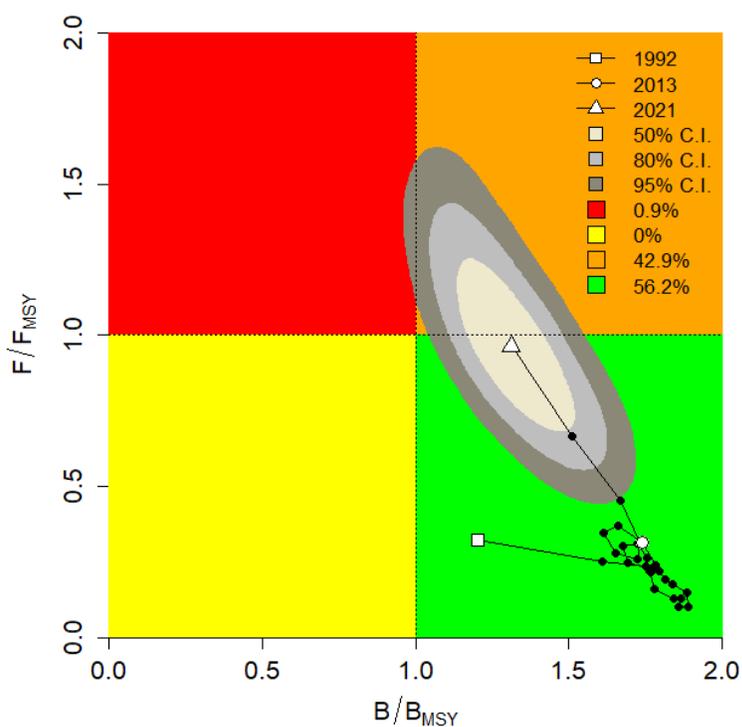


Figura 4-85. Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.9.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae*).  
[ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)].

De otra parte, este modelo bioeconómico presento un nivel de RMS de 889 toneladas, con un valor del RME de \$ 8.2 mil millones de pesos; igualmente los cálculos de estado de las poblaciones de estos peces se muestran en un estado apropiado de aprovechamiento con un diagnóstico bastante optimista de sus equilibrio dinámico (Figura 4-86).

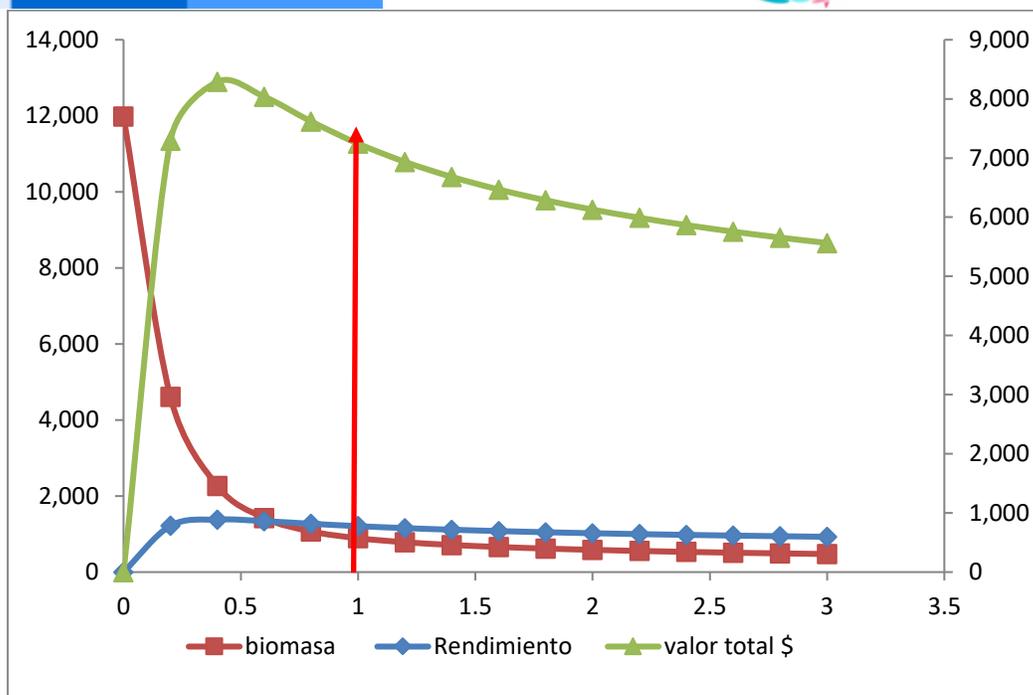


Figura 4-86. Resultados de las estimaciones de la merluza *Brotula clarkae* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.1.9.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la merluza (*Brotula clarkae*). [ecuaciones (38)(52)(53)(54)].

Esta parte interesante de la evaluación propuesta, está dirigida hacia la determinación del comportamiento de las condiciones ambientales, frente a la dinámica poblacional, en concordancia con su aprovechamiento pesquero; de esta manera probados 7 escenarios probabilísticos de comportamiento del RMS frente a las variaciones de los patrones ambientales mostró que si el comportamiento es uniforme los valores del RMS pueden ser de 532.5 toneladas, pero si las condiciones son favorables para el desarrollo de la especie el RMS alcanzaría un RMS de 619.4 toneladas; por el contrario si las condiciones son de impactos negativos para su desarrollo el RMS bajaría a 434.8 toneladas (Figura 4-87).

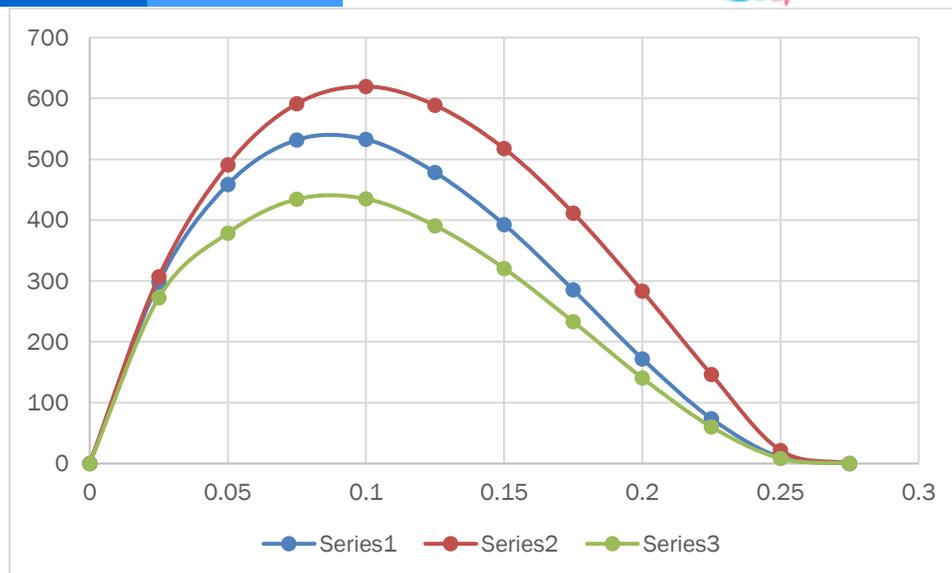


Figura 4-87. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de merluza en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.9.8 Conclusiones para las pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae*).

En líneas generales, se encontró un conflicto entre los resultados del LBB y los reflejados en el de CMSY, Thompson y Bell, y probabilístico bayesiano, aunque ya se han analizado las variantes que se puede presentar entre el manejo de tallas y el de capturas hay que agregar que los datos de talla son mucho más alarmantes que los de capturas, aunque el diagrama de Kobe siempre muestra todas las posibilidades que se generan sobre el sistema. De manera general se puede concluir que la merluza es un recurso en un estado de aprovechamiento sostenible. Por cobertura histórica se puede dar una cierta credibilidad a los modelos que trabajan con capturas, por lo que se considera que las cuotas de pesca pueden incluir el valor de MSY como el adecuado para administrar las pesquerías.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de entre ( $B/B_0$ ) de 0.08, biomasa relativa de 0.655, la mortalidad por pesca actual de  $0.964 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.716 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $524 \pm (388 - 707)$  toneladas.

#### 4.1.10 Pesquerías de la sardinata (*Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimar, 1825))



Foto: R. Robertson© (STRI)

Nombre en inglés: Rainbow runner.

#### 4.1.10.1 Antecedentes del recurso sardinata (*Elagatis bipinnulata*).

Recurso marino asociado a los sistemas arrecifales; se distribuye en el Atlántico Oeste desde Massachusetts USA, y el norte del Golfo de México hasta Río de Janeiro, Brasil; en el Pacífico desde el Golfo de California hasta el Ecuador incluyendo las Islas Galápagos. Se encuentra desde los 0 a los 150 m., de profundidad, la máxima talla reportada es de 180 cm de Lt., con una longitud asintótica de 105 cm de Lt., con una tasa metabólica de 0.25 cm/año; las estimaciones de los parámetros de sus pesquerías indican una tasa instantánea de mortalidad total de 5 año<sup>-1</sup>, con una mortalidad por pesca de 4.53 años<sup>-1</sup>, y una tasa de aprovechamiento de 0.91. la mortalidad por pesca a su vez fue estimada en 0.47. (Fishbase, 2020).

La sardinata es un predador por excelencia, pero principalmente se alimenta de peces, crustáceos, cefalópodos principalmente. (Juniro, Vieira-Hazin, & Lessa, 2006). La madurez sexual la alcanza a los 64.6 cm LF en aguas del Atlántico Brasileño (Pinheiro et al. 2011).

La sardinata ha sido reportada en las pesquerías artesanales del pacífico centro y pacífico sur colombiano (Zambrano et al 2018 a, b).

#### 4.1.10.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sardinata (*Elagatis bipinnulata*). [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

De los estudios realizados por la autoridad pesquera solamente se tiene referencias del punto de referencia RMS y de las biomásas relativas que por lo pronto no indican que el recurso no estuvo presionado en el periodo del análisis respectivo (2005). (Tabla 4-64)

Tabla 4-64. Estimación de los principales parámetros poblacionales de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
14	D.N.D.	0.790	D.N.D.	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema aceptable

4.1.10.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sardinata (*Elagatis bipinnulata*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Los datos observados tanto de las capturas como los de CPUE fueron sometidos a pruebas estadísticas de ajuste que mostraron una perfecta armonía de ambas variables, lo anterior se vio confirmado con el diagnóstico de los residuos que fue un ajuste perfecto que no se logró con ningún otro recurso evaluado. (Figura 4-88)

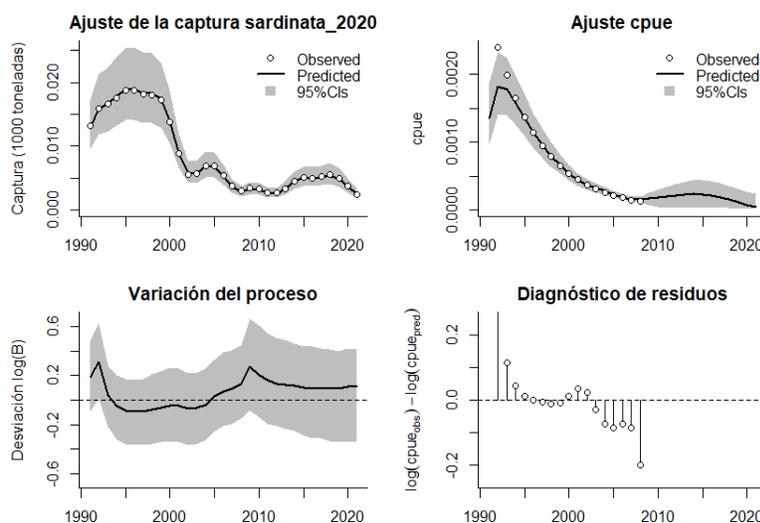


Figura 4-88. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en blanco muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

La siguiente evaluación se realizó sobre los puntos de referencia en la modalidad de las densidades prior y posterior tanto con el algoritmo CMSY, como con el BSM; el resultado mostró que el mejor ajuste con el indicativo PPVR fue para el parámetro MSY, aunque el estimativo de  $r$  estuvo muy próximo, las densidades probabilísticas de las biomasa relativas fueron para el año 1991 en un rango entre 0.2 a 0.6, luego en el 2011 mostro un punto de quiebre con un rango entre 0.0 y 0.4 y finalmente para 2020 este rango se estrechó entre 0.0 y 0.3. (Figura 4-89).

Los resultados para el algoritmo BSM para las densidades prior y posterior se centraron el que el mejor estimado se dirigió hacia el MSY; en cuanto las distribuciones de densidades probabilísticas relativos a las biomasa relativas las dos primeras fueron similares al sistema anterior, pero para el 2019 las densidades se redujeron totalmente. (Figura 4-90)

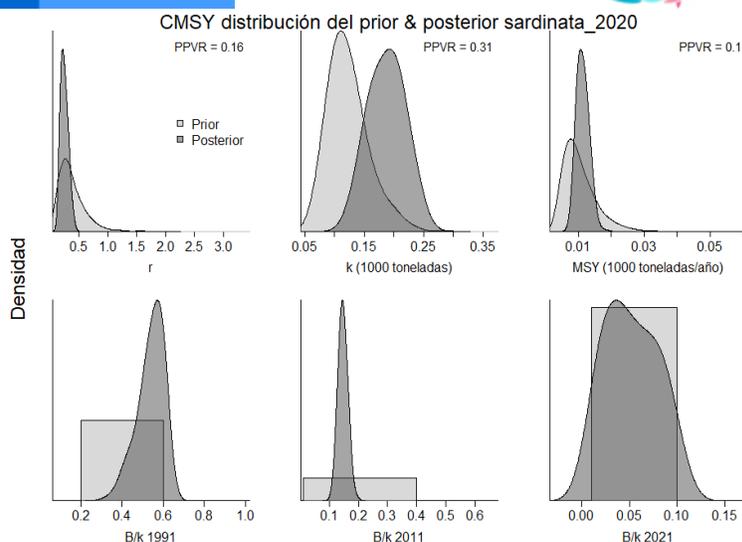


Figura 4-89. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de sardinata *Elagatis bipinnulata*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

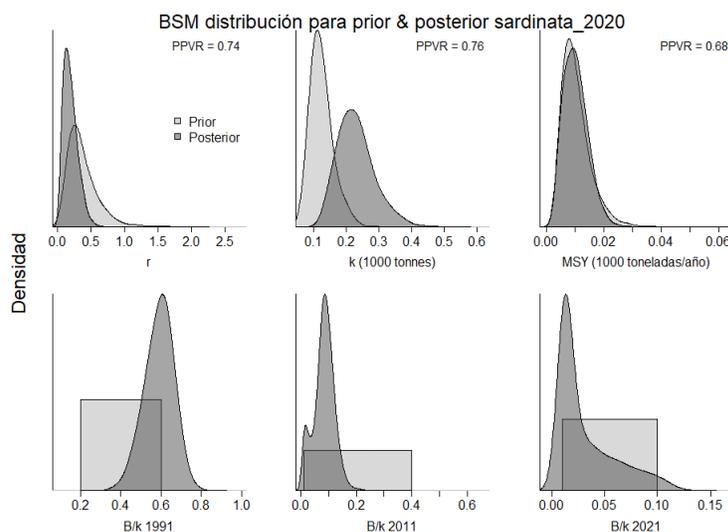


Figura 4-90. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados sardinata *Elagatis bipinnulata*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados puntuales entre los algoritmos planteados mostraron diferencias significativas para la tasa intrínseca de crecimiento  $r$  ya que las diferencias estuvieron en 0.114 unidades, mientras que para el MSY las diferencias fueron de 1.8 toneladas; no se encontró diferencias que alteren demasiado la decisión administrativa, en esta ruta las biomazas relativas determinaron que el recuso está en un alto nivel de explotación; se resalta aquí que la tasa de aprovechamiento ( $F/(r/2)$ ) es exageradamente alta. (Tabla 4-65, Tabla 4-66)

Tabla 4-65. Resultados del CMSY para las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.273	0.16	0.466
MSY	11.2	8.49	14.9
K	173	118	254
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0489 de K	0.0131	0.0983
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.604	0.301	2.26

Tabla 4-66. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.0104	0.00698	0.0155
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.169	0.0547	0.523
k	222	138	358
MSY	9.41	4.05	21.9
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0161 de k	0.0109	0.102
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	109	2.25	530
r-k log correlación =	-0.736		

El análisis de la trayectoria de la serie de datos histórica muestra dos fases, una inicial de alta productividad hasta el 2000 y luego un descenso brusco para estabilizarse en los niveles bajos con una ligera recuperación en los últimos años, en cuanto al **tamaño del stock** se aprecia que existe una trayectoria muy parecida entre las capturas y los CPUE (Figura 4-91, panel D), estos mostraron similarmente que las tasas de biomasa relativa empezaron con niveles relativamente altos pero fueron descendiendo vertiginosamente por lo que llegaron a bajos rendimientos. La **tasa de explotación** ( $F/F_{msy}$ ) se disparó totalmente en especial con la trayectoria marcada por el CPUE (Figura 4-91, panel E). Toda la información gráfica anterior se ve resumida en la curva de equilibrio donde el 30% de los registros están por debajo de los puntos de referencia (MS). (Figura 4-91, panel F).

Como medidas administrativas se sugiere bajar los puntos de referencia para el aprovechamiento de la especie dejándolo en un valor cercano a las 8 toneladas y buscar que el esfuerzo de pesca se reduzca a un valor cercano a 1.5 ya que la tasa de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ) está exageradamente alta. (Tabla 4-67)

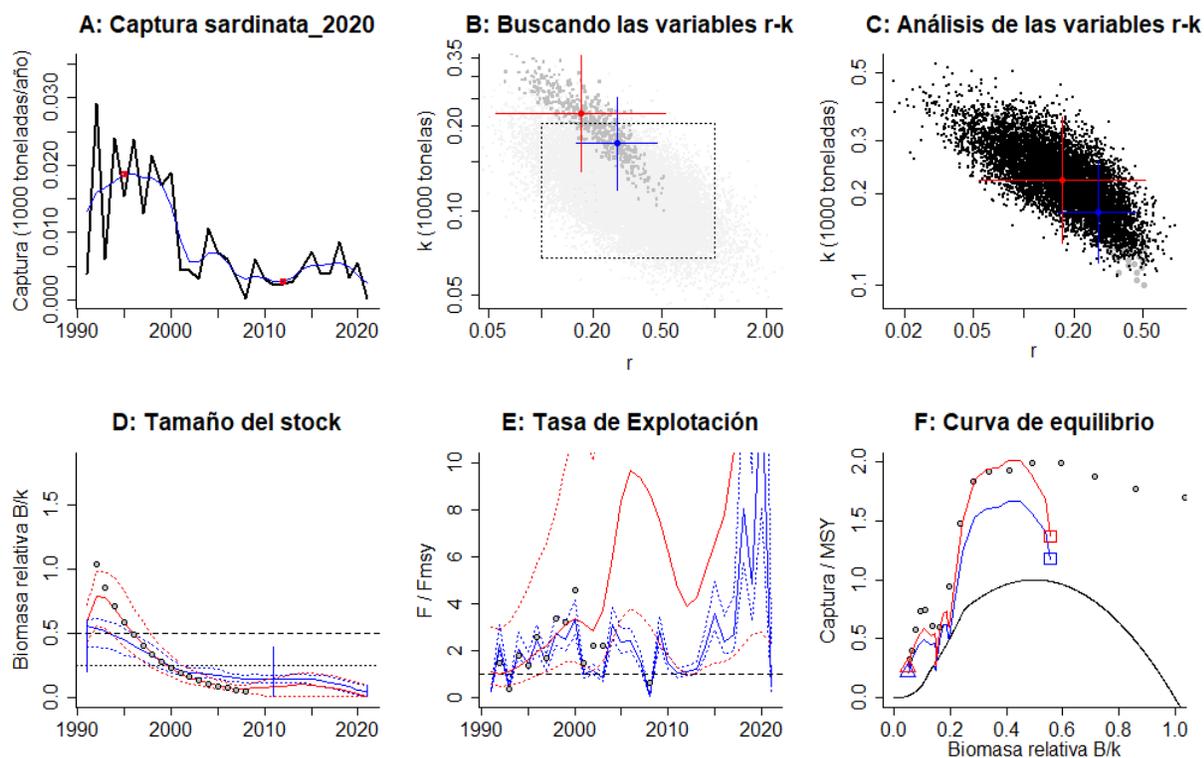


Figura 4-91. Resultados del Análisis de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r-k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Tabla 4-67. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.0846	0.0274	0.232	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.00544</b>

Fmsy	0.00544	0.00176	0.0168	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	9.41	4.05	21.9	
Bmsy	111	69.2	179	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	32.1	21.9	205	
B/Bmsy en el último año	0.0321	0.0219	0.205	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.681	0.107	1	
Explotación F/Fmsy =	109	2.25	530	

Se realizó una comparación entre las biomazas capturadas y su comportamiento con el punto de referencia MSY, se encontró que hasta el año 2000 las producciones disminuyeren por debajo del nivel marcado; la misma situación, pero teniendo como referente la biomasa relativa (B/Bo) encontramos que la situación está en fase de alta explotación con pocos indicios de recuperación. (Figura 4-92)

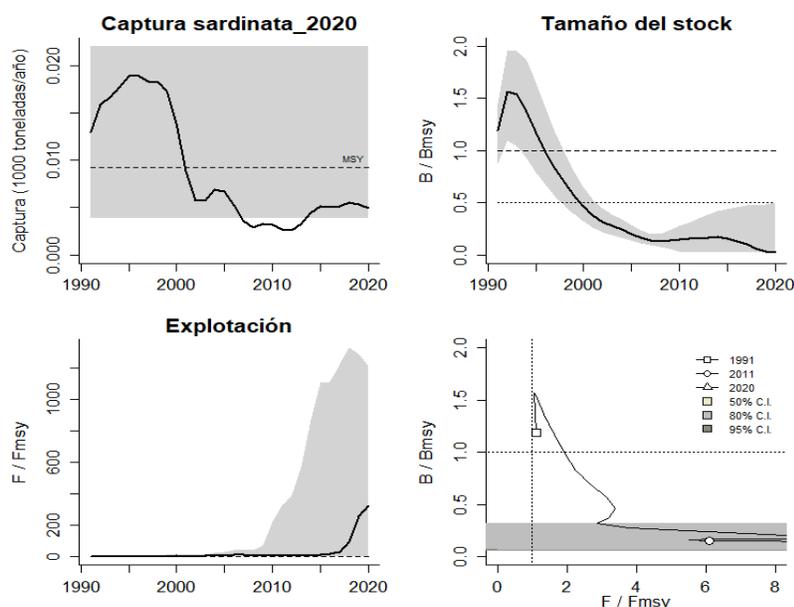


Figura 4-92. Análisis de las pesquerías manejo de sardinata *Elagatis bipinnulata* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Definitivamente la respuesta más clara que marca el derrotero de la situación de recurso pesqueros de la sardinata está enmarcada en el diagrama de fases de Kobe, el cual mostró que las pesquerías

históricamente han estado en niveles de alta intensidad de aprovechamiento, este sistema es contundente marcado que en las actuales condiciones el recurso está 100% en crisis. (Figura 4-93).

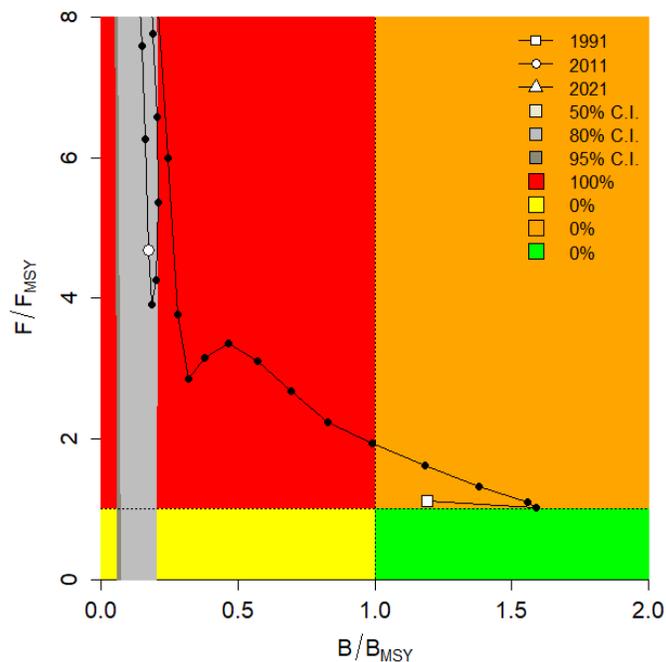


Figura 4-93. Análisis de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

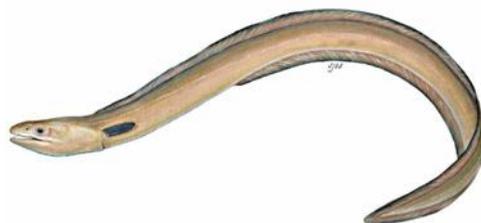
#### 4.1.10.4 Conclusiones de las pesquerías de sardinata (*Elagatis bipinnulata*).

Es una especie pelágica que es capturada principalmente redes de enmalle y artes de anzuelo, capturado en la pesca artesanal, pero puede ser también parte de la captura incidental aprovechada de pesquerías industriales (palangre, red de cerco atunera).

Mediante el estudio del modelo CMSY se concluye que las pesquerías de esta especie han sobrepasado claramente los puntos de referencia tales como el MSY, por lo que la salida más clara es la de buscar controlar la mortalidad por pesca buscando que la misma se reduzca paulatinamente hasta alcanzar por lo menos los niveles altos de este parámetro en el punto de referencia límite (F<sub>msy</sub>). Los modelos analizados muestran un recurso sobreexplotado.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 109, biomasa relativa de 0.0161, la mortalidad por pesca actual de 0.681 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00544 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 9.41 ± (4.05 - 21.9) toneladas.

#### 4.1.11 Pesquerías del Zafiro (*Cynoponticus coniceps* (Jordan & Gilbert, 1882))



Dibujo: climapesca.org © (<https://climapesca.org/2018/09/06/cynoponticus-coniceps/>)

Nombre en inglés: Red pike conger.

##### 4.1.11.1 Antecedentes del recurso zafiro (*Cynoponticus coniceps*)

Especie típicamente demersal que se encuentra entre los 10 a los 100 m de profundidad; con una distribución desde México hasta el Ecuador; prefiere hábitats fango-arenosos alimentándose de invertebrados y otros peces; se ha reportado una longitud máxima de 202 cm de Lt., con una estimación de la longitud asintótica 205.4 cm de Lt., una tasa de crecimiento metabólico de 0.5 cm/año, la mortalidad natural reportada es de 0.62 año<sup>-1</sup>. (Fishbase, 2020).

En el pacífico colombiano, se ha reportado en la captura incidental de camarón de aguas profundas (Puentes et al, 2007). Zarrate (2008) la reporta en la captura incidental de camarón de aguas someras. Zambrano et al (2018 a) la reportan en la pesca artesanal de la zona centro del pacifico colombiano.

##### 4.1.11.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del zafiro (*Cynoponticus coniceps*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

Aunque no se dispone de información de evaluaciones anteriores, se destaca que en la evaluación de años anteriores el recurso se mostró en buenas condiciones. (Tabla 4-68)

Tabla 4-68. Estimación de los principales parámetros poblacionales del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
138	D.N.D.	0.870	0.0344	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en óptimas condiciones

#### 4.1.11.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del zafiro (*Cynoponticus coniceps*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Los datos observados, tanto de capturas como de CPUE fueron evaluados con el fin de determinar su viabilidad estadística; por lo anterior sus ajustes fueron aceptables y la variaciones de las biomazas estuvo muy cerca al modelo; el diagnóstico de los residuos está dentro de los estándares significativos. (Figura 4-94)

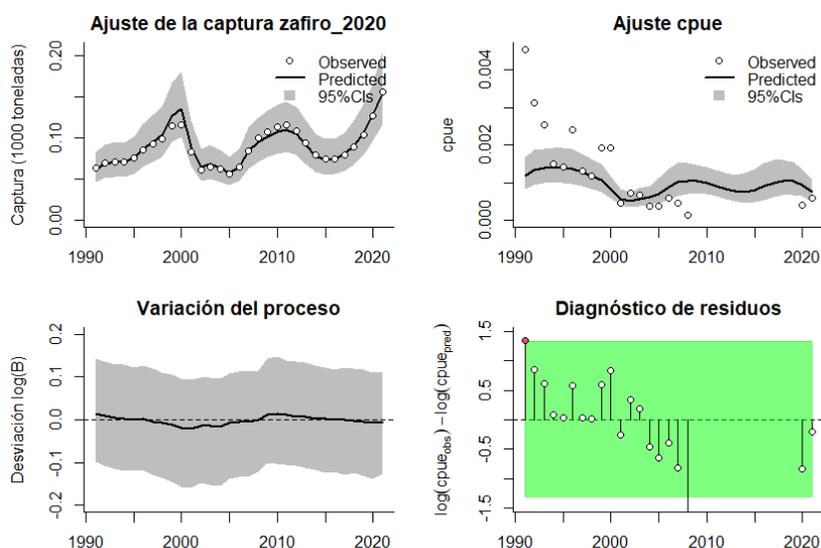


Figura 4-94. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Los resultados obtenidos para la evaluación de las densidades prior y posterior de los puntos de referencia mostraron que el mejor ajuste PPVR se presentó para el r; mientras que los ajustes de biomazas relativas estuvieron para 1991 entre 0.4 a 0.8; el punto de quiebre del análisis bayesiano se obtuvo para 2004 con un rango de biomazas relativas entre 0.0 a 0.4, luego para 2021 se acomodó entre 0.01 a 0.4. (Figura 4-95)

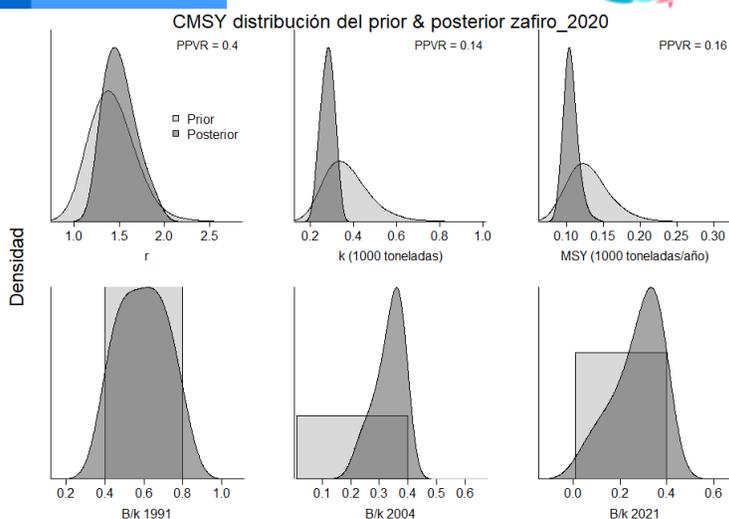


Figura 4-95. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del zafiro *Cynoponticus coniceps*, aplicando el modelo CMSGY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Utilizando el algoritmo BSM, se encontró que las variaciones en el comportamiento de los datos de salida fueron divergentes al utilizado con el algoritmo CMSGY; por lo que se determinó que el mejor ajuste fue para el parámetro del  $MSY$ . (Figura 4-96)

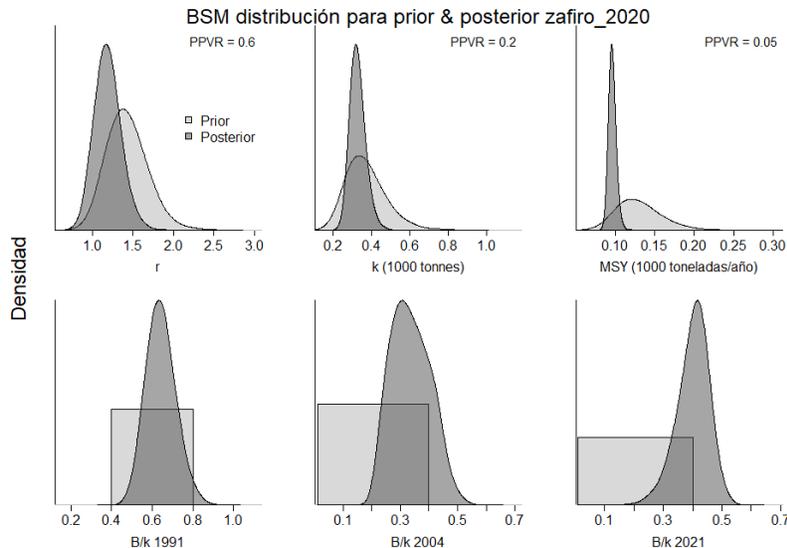


Figura 4-96. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del zafiro *Cynoponticus coniceps*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

El desarrollo de modelo mostro que las estimaciones de  $MSY$  estuvieron casi un 30% inferiores a los reportados anteriormente (Tabla 4-68); de otra parte las estimaciones de  $r$  tuvieron pocas diferencias y muestran que la especie tiene una alta resiliencia; las estimaciones de la biomasa

relativa también mostraron que el recurso está en un nivel de aprovechamiento estable, aunque las tasas de aprovechamiento estimada para el último año evaluado ( $F/(r/2)$ ) esta alta. (Tabla 4-69, Tabla 4-70).

Tabla 4-69. Resultados del CMSY para las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.56	1.25	1.95
MSY	105	90.5	127
K	268	213	338
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.301 de K	0.042	0.397
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.34	2.53	23.9

Tabla 4-70. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00569	0.0041	0.00789
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.18	0.901	1.54
k	326	257	415
MSY	96.1	87.2	106
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.407 de k	0.275	0.495
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.99	1.56	3.01
r-k log correlación =	-0.932		

Con esta información se construyeron algunos puntos de referencia como la de establecer un valor de mortalidad por pesca ( $F_{msy}$ ) en 0.589 y un rendimiento máximo sostenible en 96.1 toneladas; por lo anterior se recomienda reducir la mortalidad por pesca en un 30%. (Tabla 4-71).

Tabla 4-71. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión

Fmsy	0.589	0.451	0.77	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	<b>0.589</b>
Fmsy	0.589	0.451	0.77	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	96.1	87.2	106		
Bmsy	163	128	207		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	133	89.9	162		
B/Bmsy en el último año	0.815	0.551	0.99		
Mortalidad por pesca en el último año =	1.17	0.961	1.73		
Explotación F/Fmsy =	1.99	1.56	3.01		

El comportamiento históricos de las capturas muestra que las pesquerías tienen un comportamiento oscilatorio con puntos máximo en el años 2000 y mínimos para 2001, el **tamaño del stock** evaluado bajo el comportamiento de las biomazas relativos muestra, en condiciones de pesca activa, una estabilidad aceptable; aunque en el 2021 las estimaciones se vieron ligeramente disminuidos (Figura 4-97, panel A); finalmente se puede observar que la **curva de equilibrio** mostró que el balance entre las tasas de rendimientos (captura/MSY) frente a la biomasa relativa están cercanas al punto de referencia limite. (Figura 4-97, panel F)

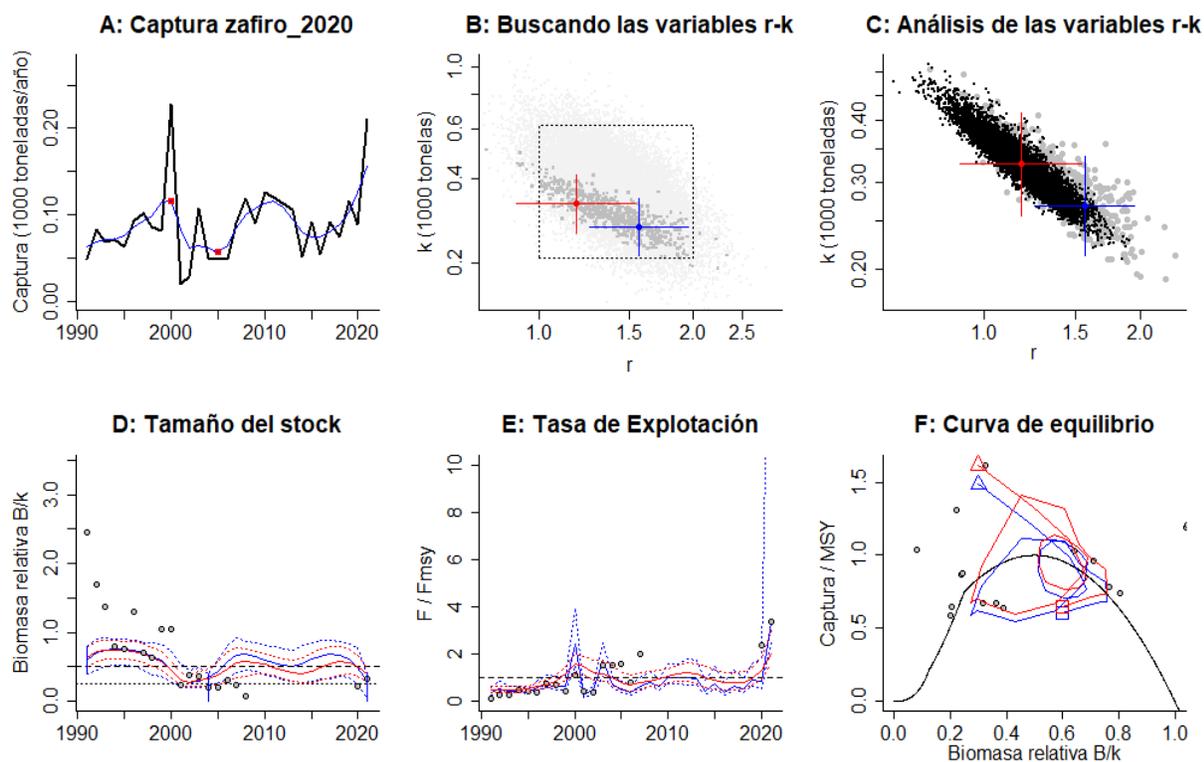


Figura 4-97. Resultados del Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Las tendencias de las capturas a través del análisis de las series de tiempo muestran que las pesquerías de zafiro siempre han estado oscilando alrededor del punto de referencia MSY; situación que se repite frente al tamaños del stock en el comportamiento de las biomasa relativas, sin embargo, es importante determinar que las tasas de explotación muestran para los últimos años un incremento que de no controlarse podría afectar las pesquerías en un futuro. (Figura 4-98)

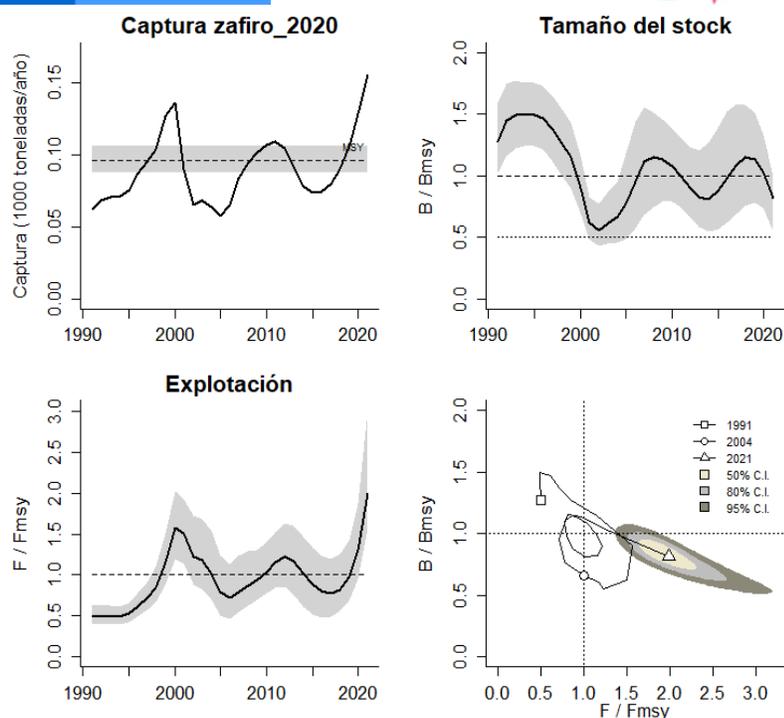


Figura 4-98. Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Las pesquerías de zafiro han tenido un comportamiento de desarrollo espiral con años buenos y años malos que actualmente colocan su rendimiento en la zona de cuidado y que, para el último año, la probabilidad de esta en esta zona es de 98.1 %, aunque con una probabilidad estadística de estar en zona de plena explotación fue de 1.9 % (Figura 4-99).

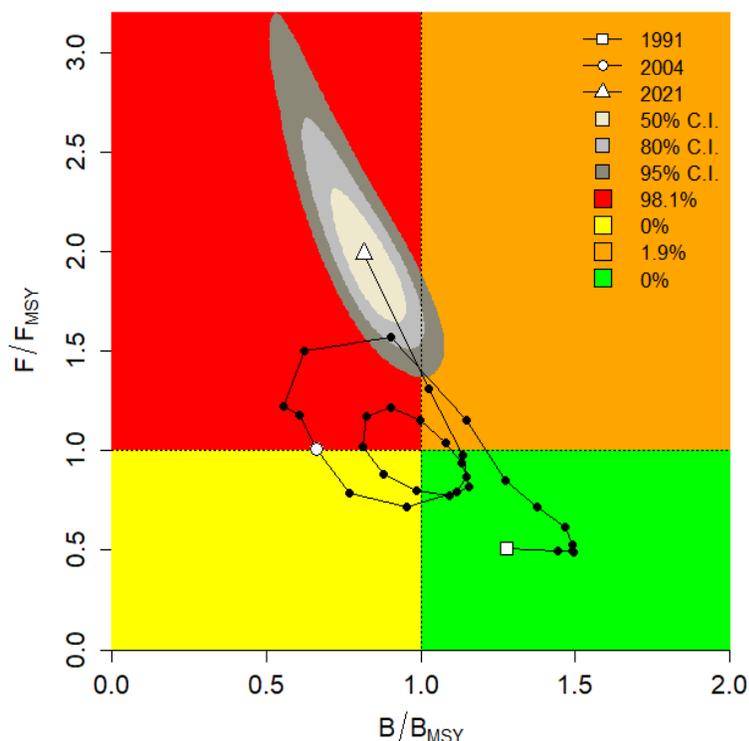


Figura 4-99. Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.11.4 Conclusiones para las pesquerías de zafiro (*Cynoponticus coniceps*)

El zafiro es un recurso al que acceden varias artes de pesca, pero principalmente la red de enmalle artesanal y la red de arrastre industrial (CAS). Es un recurso más consumo local y subsistencia, pero puede llegar a ser comercializado fuera del área de influencia de la pesca.

A pesar de que los resultados muestran que las pesquerías aún no se encuentran en un nivel seguro, si se puede determinar que sus niveles de recuperación son plausibles y que por el momento tanto las tasas de explotación como las biomasa relativa están en una zona peligrosa su estructura gráfica y matemática se encuentra en los niveles de diagnóstico estable, permitiendo recomendar que los MSY puede mantenerse en los valores recomendados. Es un recurso en niveles de aprovechamiento que muestra indicios de sobreexplotación.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.99, biomasa relativa de 0.407, la mortalidad por pesca actual de 1.17 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.589 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 96.1 ± (87.2– 106) toneladas.

#### 4.1.12 Pesquerías del pámpano (*Trachinotus rhodopus* Gill, 1863)



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Gafftopsail pompano

##### 4.1.12.1 Antecedentes de recurso pámpano (*Trachinotus rhodopus*)

El pámpano es un recurso pelágico costero asociado a zonas arrecifales se distribuye desde el Sureste de California Zuma Beach, USA hasta Perú, se ha reportado una longitud máxima de 61 cm de Lt., con una longitud asintótica de 63.2 cm de Lt., y una talla de madurez de 34.6 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.31 cm/año, mortalidad natural de 0.48 año<sup>-1</sup>, desde el punto de vista de dinámica poblacional se reporta un valor de tasa instantánea de mortalidad por pesca de -43.29, con una mortalidad por pesca de -43.8 lo que registra una tasa de aprovechamiento de 1.01. (Fishbase, 2020).

El pámpano es un recurso carnívoro que en orden de importancia se alimenta de: crustáceos, peces, moluscos, sipuncúlidos y nemátodos, pero curiosamente ingiere una importante cantidad de algas y arena. (Danemann, 1993).

##### 4.1.12.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de pámpano (*Trachinotus rhodopus*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)].

El diagnóstico realizado por la autoridad de pesca, en trabajos de cuotas anteriores, mostraban que, aunque con un rendimiento máximo sostenible pequeño, el recurso permitía determinar que se encontraba en condiciones aceptables de aprovechamiento. (Tabla 4-72)

Tabla 4-73. Estimación de los principales parámetros poblacionales de pámpano *Trachinotus rhodopus* para la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
8.64	D.N.D.	0.76 0	0.006 6	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones aceptables

#### 4.1.12.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pámpano (*Trachinotus rhodopus*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Todos los datos disponibles fueron revisados con herramientas estadísticas para valorar la calidad de la información recibida, de esta manera se pudo determinar que los ajustes de las capturas y de la CPUE se comportaron razonablemente bien respecto al modelo genera, sin embargo, en cuanto a las variaciones del procesos se encontró algunos valores que se alejan del comportamiento estándar y, a pesar de tratar de realizar ajustes en el análisis de los residuos, siempre se encontraron algunas desavenencias. (Figura 4-100)

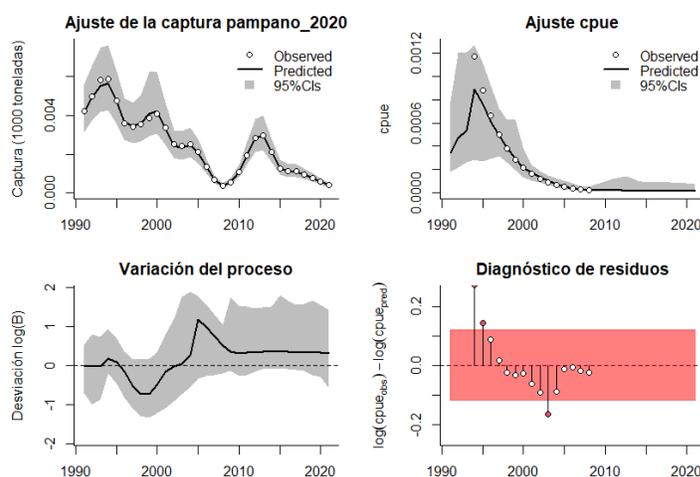


Figura 4-100. Modelación de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Como respuesta a los análisis realizados sobre las densidades probabilísticas de los puntos de referencia se encontró que el mejor ajuste dado por el índice PPVR fue para el coeficiente intrínseco de crecimiento ( $r$ ) aunque los otros analizados estuvieron con valores muy cercanos; bajo la misma técnica las densidades probabilísticas de la biomasa relativa fueron para el año 1991 de 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre en 2007 este rango estuvo entre 0.01 a 0.4 y finalmente para 2021 el rango fue entre 0.01 y 0.1. (Figura 4-101).

Cuando se aplicó el algoritmo BMS, que está directamente ligado al CPUE se encontró que el punto de referencia mejor ajustado con el índice PPVR fue para el MSY, pero como ocurrió con el anterior ejercicio los otros puntos estuvieron muy cerca. De otra parte, se notó que las densidades de las biomasa relativa estuvieron mucho más estrechas tal vez debido a que en el ajuste inicial se tuvieron diferencias en el análisis de los residuos. (Figura 4-102)

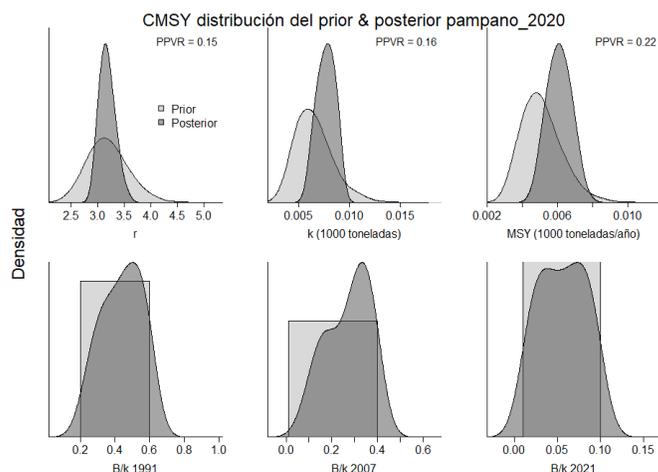


Figura 4-101. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pámpano *Trachinotus rhodopus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

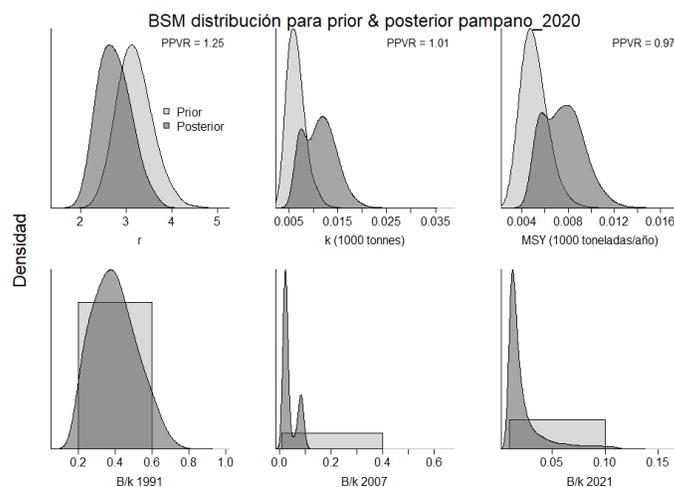


Figura 4-102. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pámpano *Trachinotus rhodopus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Las respuestas de los algoritmos CMSY mostraron un coeficiente r más alto que el calculado para el BMS; las estimaciones para el MSY fueron iguales con ambos sistemas, y una biomasa relativa que sitúa al recurso en nivel de fuerte presión de pesca, para una tasa de explotación ( $F/(r/2)$ ) aceptable. (

Tabla 4-74)

De otro lado el algoritmo BSM además de determinar un coeficiente de capturabilidad (q) mucho más altos que el evaluado en la fase inicial, igualmente las biomazas relativas muestran un recurso

en un nivel de fuerte aprovechamiento, aunque la estimación de la tasa de explotación resulto exageradamente alta, que nos puede permitir tener la primera alerta sobre la sostenibilidad de este recurso. (Tabla 4-75)

Tabla 4-74. Resultados del CMSY para las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	3.25	2.91	3.63
MSY	6.08	4.87	7.29
K	7.27	5.76	9.16
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0557 de K	0.0123	0.098
Explotación F/(r/2) en el último año	1.66	0.944	7.52

Tabla 4-75. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0863	0.0598	0.125
		Intervalo de confianza al 95%	
r	2.72	2.11	3.52
k	10.8	6.09	19.3
MSY	7.38	4.73	11.5
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0162 de k	0.011	0.0904
Explotación F/(r/2) en el último año	23.8	0.923	75.3
r -k log correlación =	-0.679		

Como resultados finales sobre la estimación del decaimiento de las biomazas, para las pruebas realizadas, se decidió que la mortalidad por pesca tiene un valor de 2.25 indicando que la captura está sobrepasando el valor inferior 0.5 de la biomasa, de allí que el MSY no debe sobrepasar de 7.38 (4.73 – 11.5) toneladas. (Tabla 4-76).

Tabla 4-76. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de pámpano *Trachinotus rhodopus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
	1.36	1.05	1.76	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.0881</b>
Fmsy	0.0881	0.0682	0.114	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	7.38	4.73	11.5	
Bmsy	5.42	3.04	9.64	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	0.175	0.119	0.979	
B/Bmsy en el último año	0.0232	0.0219	0.181	
Mortalidad por pesca en el último año =	2.25	0.402	3.32	
Explotación F/Fmsy =	23.8	0.923	75.3	

La serie histórica de las capturas del pámpano muestra un recurso con una marcada tendencia hacia la decadencia, aunque tiene algunos años de recuperación, lo que se ve reflejando en el análisis de las biomásas relativas relacionado con el **tamaño del stock** y en la **tasa de explotación**, aunque aquí nos referimos a lo que pasó con las capturas (línea azul de la gráfica Figura 4-103, panel E), ya que la correspondiente a la CPUE se dispara fuera del alcance de las dimensiones; la **curva de equilibrio** mostró variaciones muy intensas que condujeron a que la lectura no sea muy clara, aunque lo que se pudo rescatar es que las biomásas de los últimos años está en los niveles más bajos posibles. (Figura 4-103, panel F)

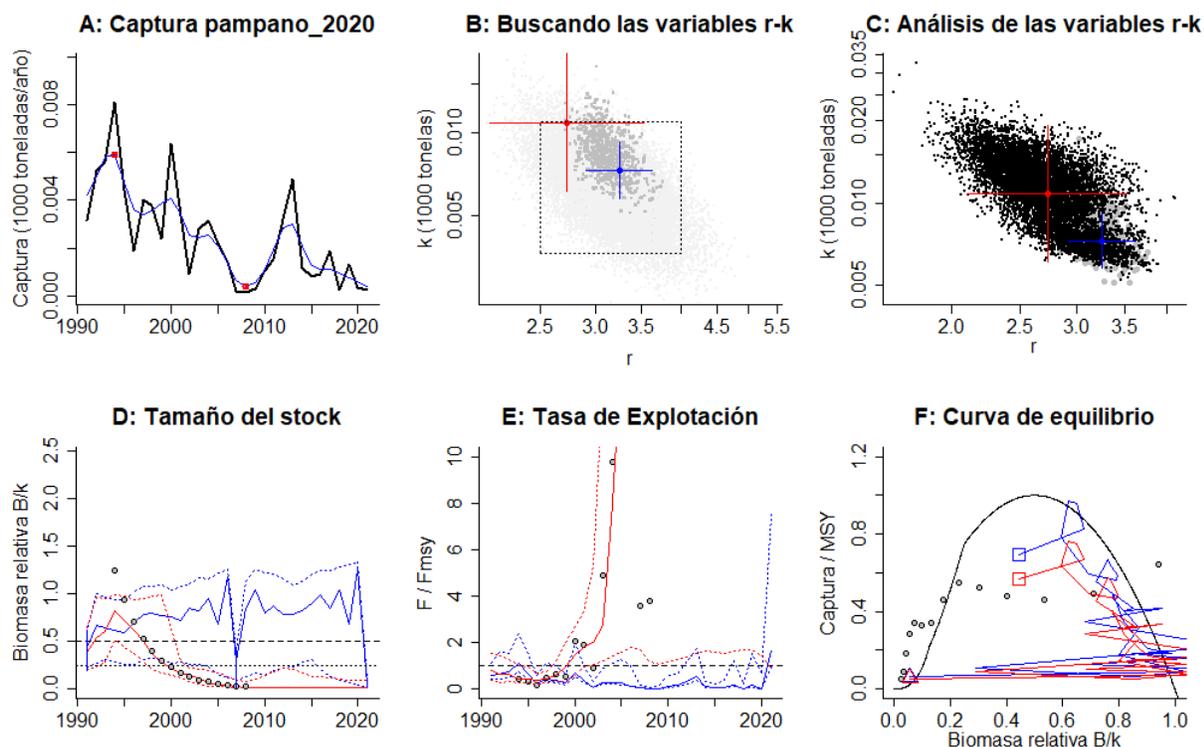


Figura 4-103. Resultados del Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r$ - $k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Para disponer de herramientas claras de administración se estudió el comportamiento histórico de las capturas frente a su punto de referencia MSY y se encontró que siempre ha estado por debajo de este, pero no en el sentido positivo de la situación sino como resultados de alta presión de pesca; esto se ratifica con la misma evaluación realizada con el **tamaño del stock** donde las tasas de biomasa relativas después de 2000 esta inclusive por debajo de los dos límites de referencia. (Figura 4-104)

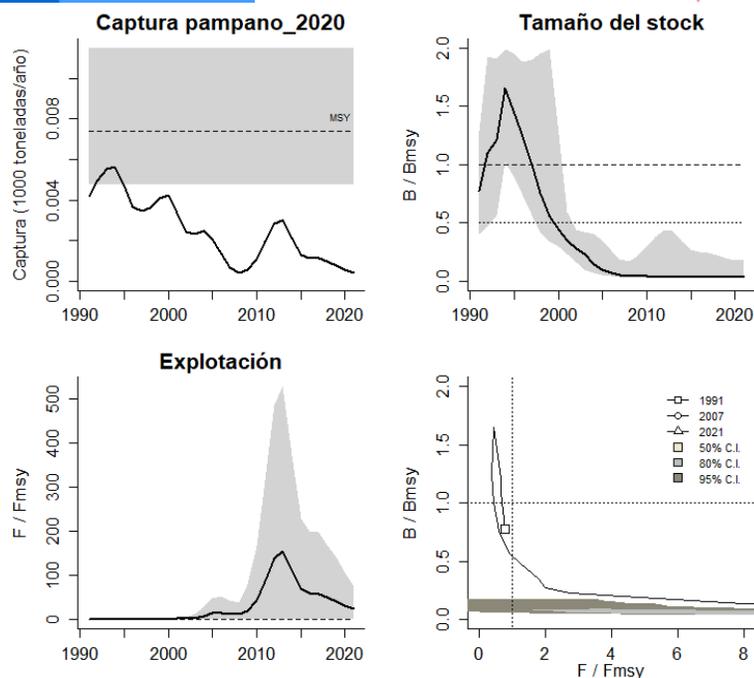


Figura 4-104. Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, y como una visión más holística de lo que ocurrió con el pámpano, se estudió su desarrollo con el gráfico de Kobe, en él se representa la evolución de esta pesquería con una fase inicial de buenos resultados, pero luego se cruza a una fase de “recuperación” entrando finalmente a una situación de total decaimiento trayendo como efecto que para el 2021 la probabilidad de estar en crisis es del 97.2% y con un 2.8% de estar en recuperación, aunque mejore levemente en comparación a los cálculos realizados el año anterior. (Figura 4-105)

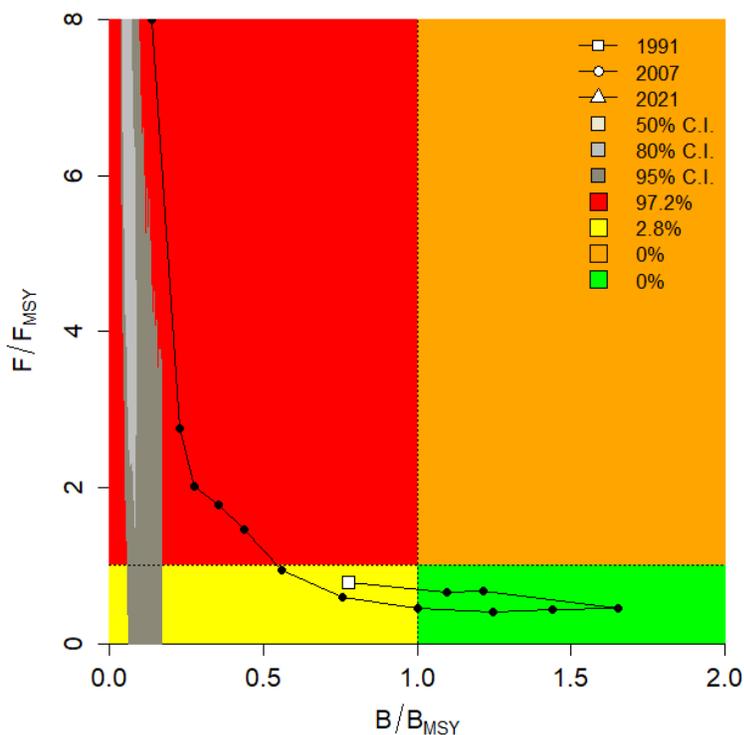


Figura 4-105. Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.12.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del pámpano (*Trachinotus rhodopus*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)].

Como un aporte a la comprensión del comportamiento de este recurso frente a las condiciones ambientales, se probó el modelo de cambios en los parámetros del ecosistema, esta prueba se realizó con 7 escenarios diferentes; si las condiciones permanecen estables la estimación de RMS dio un valor de 6.7 toneladas, pero, si las condiciones son favorables para la especie, el valor estimado de RMS fue de 7.8 toneladas, en cambio, si la situación es adversa para el desarrollo poblacional del recurso su estimación de RMS bajó a 5.5 toneladas (Figura 4-106).

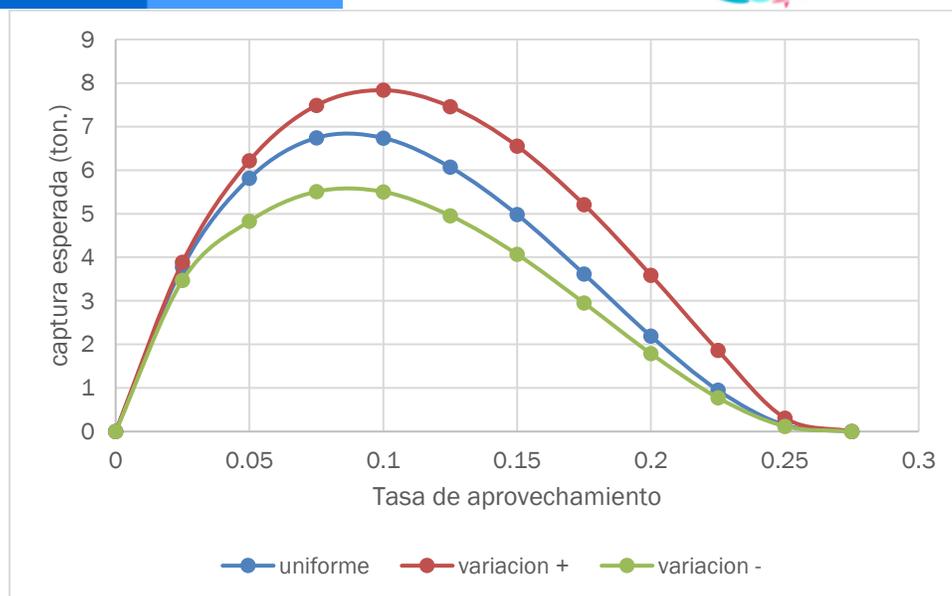


Figura 4-106. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de pámpano *Trachinotus rhodopus* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.12.5 Conclusiones de la pesquería del pámpano (*Trachinotus rhodopus*)

Las evidencias recopiladas indican que el recurso pasó de un estado de alto rendimiento a una dinámica poblacional de muy poca eficiencia, indicando que por lo menos la mortalidad por pesca debe reducirse de valor actual de 1.36 año<sup>-1</sup>, que es la mortalidad por pesca de MSY superior al decaimiento de ¼ de la biomasa. Los resultados muestran a esta especie como un recurso altamente sobreexplotado.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 23.8, biomasa relativa de 0.01890.0162, la mortalidad por pesca actual de 2.25 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0881 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 7.38 ± (4.73 - 11.5) toneladas.

#### 4.1.13 Pesquerías de machetajo (*Centropomus medius* Günther, 1864)



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Blackfin snook

##### 4.1.13.1 Antecedentes del recurso del machetajo (*Centropomus medius*)

El recurso se desempeñó tanto en las aguas marinas como salobres e incluso agua dulce, siendo típicamente demersal, se distribuye desde el sureste de la costa de Baja California, México y hasta el norte de Colombia; se han detectado individuos de hasta 65 cm de Lt., con una estimación de la longitud asintótica de 67.3 cm de Lt., y una tasa metabólica de crecimiento de 0.55 cm/año, con una mortalidad natural de 0.87 año<sup>-1</sup>, con una talla de madurez de 36.6 cm de Lt., se ha estimado una tasa de mortalidad instantánea de -12.24 año<sup>-1</sup> y con una tasa de mortalidad por pesca de 13.1 año<sup>-1</sup>, lo cual permitió estimar una tasa de aprovechamiento de 1.07. (Fishbase, 2020).

El machetajo además de ser un recurso con interés en las pesquerías, se ha convertido en una interesante opción para la acuicultura, la proporción de sexos es de 1:1.6 (machos: hembras), el periodo de desove se extiende desde septiembre hasta noviembre, tiene una estrategia reproductiva hermafrodita protándrica; los machos maduran un mes antes que las hembras y se mantuvieron maduros un mes después. (Maldonado, 2004).

En el pacífico colombiano, Zambrano et al (2018 a) lo reportan como parte de los recursos de pesca artesanal de la zona centro con una TMC de 38.9 y un rango de captura entre 29 y 66 cm LT. Zambrano et al (2018 b) también lo reporta para la zona sur del pacífico colombiano.

##### 4.1.13.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones para el machetajo (*Centropomus medius*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

La primera fase de análisis mostró un recurso con niveles óptimos de rendimientos con una capacidad de producción bastante alta en comparación con los otros recursos. (Tabla 4-77).

Tabla 4-77. Estimación de los principales parámetros poblacionales del machetajo *Centropomus medius* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	Q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
100	D.N.D.	0.930	0.05	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones óptimas

Con el sistema SEPEC, SE MIDIEROPN, para el 2020, un total de 1,708 individuos de la especie; igualmente se determinó que la talla media de captura 48.3 cm de Lt.,  $\pm$  0.29; igualmente se determinó que en total 8 tipos de artes de pesca se utilizaron para sus capturas, siendo la re de enmalle fija marina la que mayor efecto en número y tallas ejerció sobre el mismo (Tabla 4-78) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-78. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el machetajo *Centropomus medius*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	56.7	72.27	8.50	1.05	66
Palangre o espinel de fondo	58.7	52.67	7.26	1.35	29
Red de cerco artesanal o ruche	49.2	81.38	9.02	2.02	20
Red de enmalle camaronesa	41.2	131.80	11.48	1.04	123
Red de enmalle de deriva marina	50.6	95.54	9.77	0.59	271
Red de enmalle de encierro continental	60.5	51.75	7.19	2.40	9
Red de enmalle fija marina	44.7	111.82	10.57	0.33	1016
Red de enmalle zangarreo	65.8	33.73	5.81	0.44	174

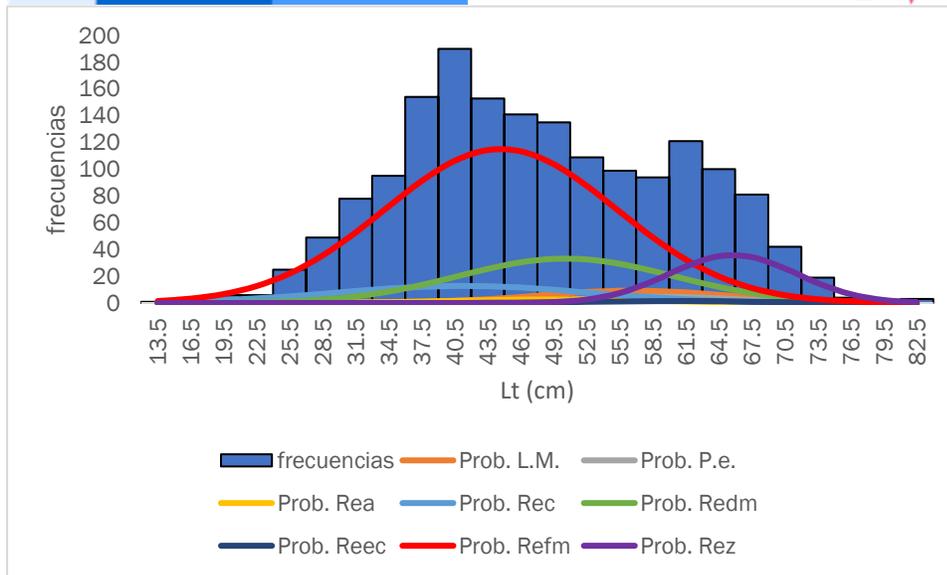


Figura 4-107. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del machetajo *Centropomus medius* en el año 2020. L.M. = línea de mano; P.e. = palagre o espinel; Rea. = red de cerco artesanal o ruche; Rec = red de enmalle camaronera; Redm. = red de enmalle de deriva marina; Reec. = red de enmalle de encierro continental; Refm. = red de enmalle fija marina; Rez. = red de enmalle o zangarreo.

#### 4.1.13.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del machetajo (*Centropomus medius*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Después de analizar la información recolectada de capturas y CPUE se encontró que los datos se ajustaron al modelo de predicción, pero se observó un desfase en los valores calculados para los CPUE iniciales, con respecto al modelo predictivo; sin embargo, las biomásas (log (B)) no presentaron desviaciones en análisis de **variación del proceso**, y los valores observados de CPUE fueron ajustados en el diagnóstico de los residuos. (Figura 4-108)

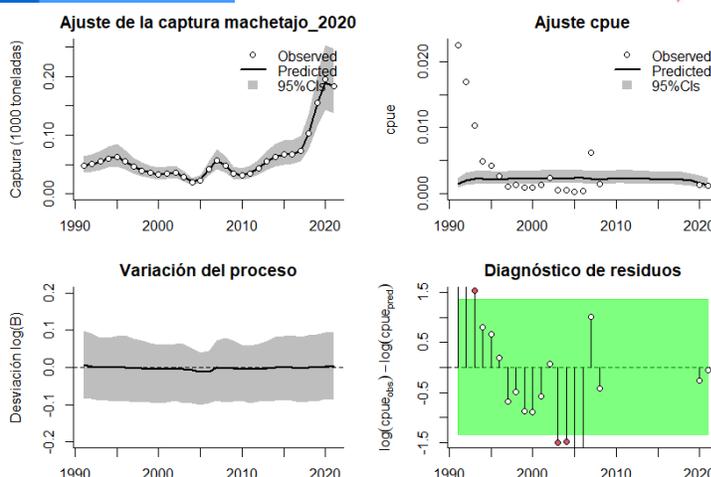


Figura 4-108. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del machetajo *Centropomus medius*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

La evaluación de las densidades probabilísticas de los puntos de referencia determinó que el mejor ajuste se efectuó para el coeficiente intrínseco de crecimiento ( $r$ ) cuyo índice PPVR fue el más bajo; las densidades prior y posterior de las biomasa relativa mostraron para 1991 un rango de distribución entre 0.4 a 0.8, luego en el año de quiebre 2016 este rango estuvo entre 0.5 a 0.9, para finalmente en el 2021 el mismo fue entre 0.4 a 0.8. (Figura 4-109)

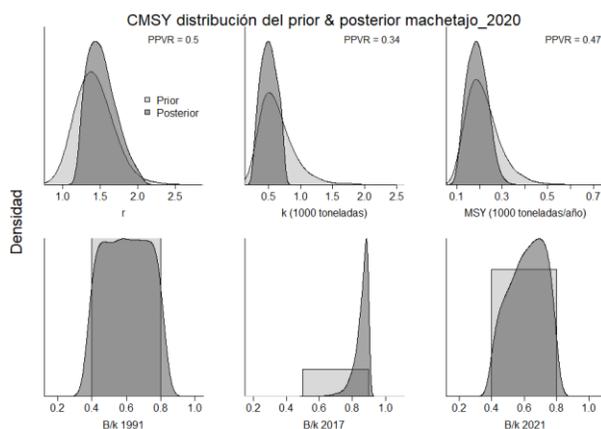


Figura 4-109. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la machetajo *Centropomus medius*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

De otra parte, cuando se usó el algoritmo de BSM las determinaciones cambian y el mejor ajuste, según el índice PPVR fue para  $K$ , que difiere en lo calculado para primer ensayo y el comportamiento de las densidades de las biomasa relativa, con algunas pequeñas diferencias, fue el mismo que con el primer ejercicio. (Figura 4-110)

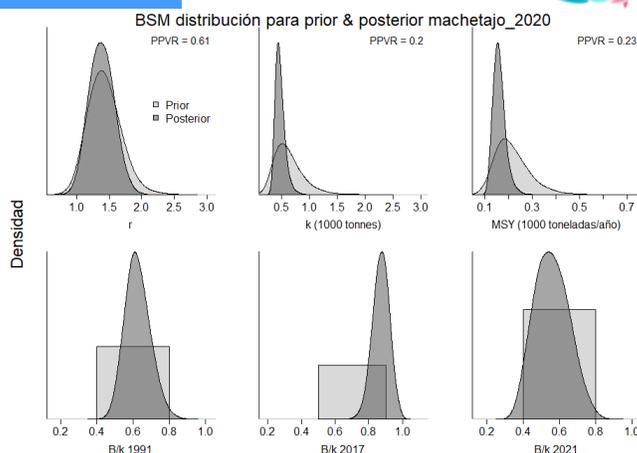


Figura 4-110. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados machetajo *Centropomus medius*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

En análisis cuantitativo de los datos de las capturas con el algoritmo CMSY presento resultados con valores más bajos para el punto de referencia limite MSY que los analizados en la primera fase; los resultados de las biomazas relativas mostraron un recurso estable que no muestra señales de agotamiento, con una tasa de explotación en el último año con niveles no muy lejos del óptimo: (Tabla 4-79).

Tabla 4-79. Resultados del CMSY para las pesquerías del machetajo *Centropomus medius*

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.6	1.23	2.07
MSY	188	115	279
K	436	256	743
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.627 de K	0.416	0.786
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.412	0.329	0.621

Los resultados del diagnóstico de las pesquerías utilizando la CPUE con el algoritmo BMS mostraron valores más conservadores esto es tanto r como MSY son menores que con el primero, y, también muestra que el recurso se encontró en un nivel aceptable. (

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00532	0.0353	0.00802
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.37	1.04	1.8

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
k	465	329	656
MSY	159	118	216
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.554 de K	0.394	0.748
Explotación F/(r/2) en el último año	1.06	0.577	1.79
r -k log correlación =	-0.535		

)  
Tabla 4 80. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías

del machetajo *Centropomus medius* de la cuenca del Pacífico

colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00532	0.0353	0.00802
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.37	1.04	1.8
k	465	329	656
MSY	159	118	216
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.554 de K	0.394	0.748
Explotación F/(r/2) en el último año	1.06	0.577	1.79
r -k log correlación =	-0.535		

Como resultados de manejo se obtuvo datos que corresponde a un valor de mortalidad por pesca en el punto de referencia MSY que está por debajo la de mortalidad por pesca calculada para el último año (2021) de la serie histórica, así como biomazas relativas el su punto óptimo. (

Tabla 4-80)

Tabla 4-80. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo del machetajo *Centropomus medius* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.685	0.522	0.9	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) <b>0.685</b>

Fmsy	0.685	0.522	0.9	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	159	118	216	
Bmsy	232	165	328	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	257	183	348	
B/Bmsy en el último año	1.11	0.788	1.5	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.713	0.527	1	
Explotación F/Fmsy =	1.06	0.577	1.79	

El comportamiento de las capturas de machetajo son diferentes a casi todos los recursos analizados, ya que cuando la pesquería empezó de forma normal el recurso estuvo por algunos años descendiendo, pero luego aumentó llegando inclusive a niveles más altos que los iniciales, esto se puede observar en el estudio del **tamaño del stock**, donde los modelos utilizando tanto capturas como CPUE son bastante similares a una sostenibilidad de las biomásas por encima de los valores referencia (Figura 4-111, panel D), el análisis de la **tasas de explotación**, aunque muestran un comportamiento diferencial entre las capturas (líneas azules en la Figura 4-111, panel E y las CPUE en las líneas rojas) al final se unen y mostraron una tasa muy similar; la **curva de equilibrio** presentó niveles de aprovechamiento ascendente con valores por encima de MSY. (Figura 4-111, panel F).

De otra parte, la evaluación realizada sobre el desarrollo de las capturas, a través del tiempo, frente al punto de referencia límite MSY solamente muestra que los dos últimos años estuvieron dentro del límite (zona gris de la Figura 4-112); pero ya respecto al **tamaño del stock** comparando las tasas de biomasa relativa estas siempre estuvieron por encima de los dos límites planteados, aunque estudiando la tasa de explotación el último año estuvo cercano al punto de equilibrio (Figura 4-112).

Finalmente para obtener un diagnóstico de lo que ocurrió con esta pesquería, se utilizó la gráfica de fases de estado de Kobe, la misma mostró que aunque inicialmente el recurso empezó de la manera esperada, esto es en la región óptima, se mantuvo por casi todo el periodo en los niveles altos de equilibrio, ya para el 2021 se pasó a la zona de plena explotación; sin embargo, se pudo estimar una probabilidad de 43.2 % que el sistema este en los niveles óptimos, un 0.2 % que este en la zona de plena explotación y un 29.1 % que se encuentre en la zona crítica. (Figura 4-113)

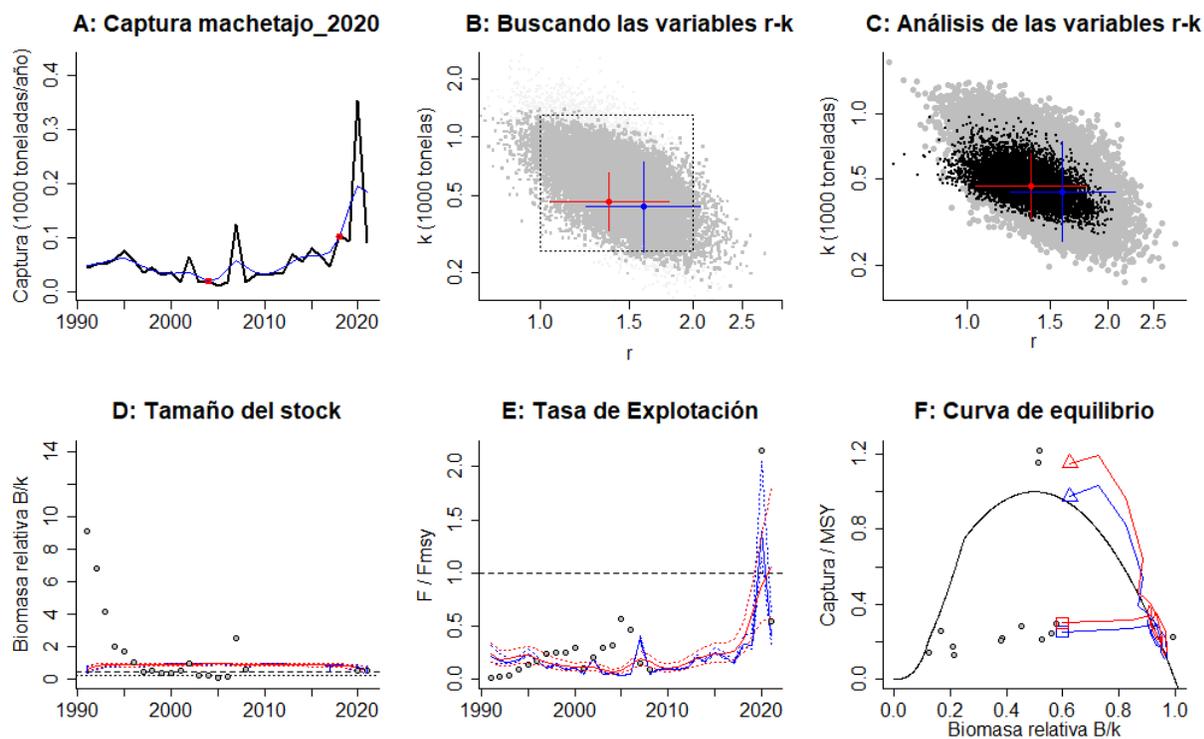


Figura 4-111. Resultados del Análisis de las pesquerías en el manejo *del machetajo Centropomus medius* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares  $r$ - $k$  encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

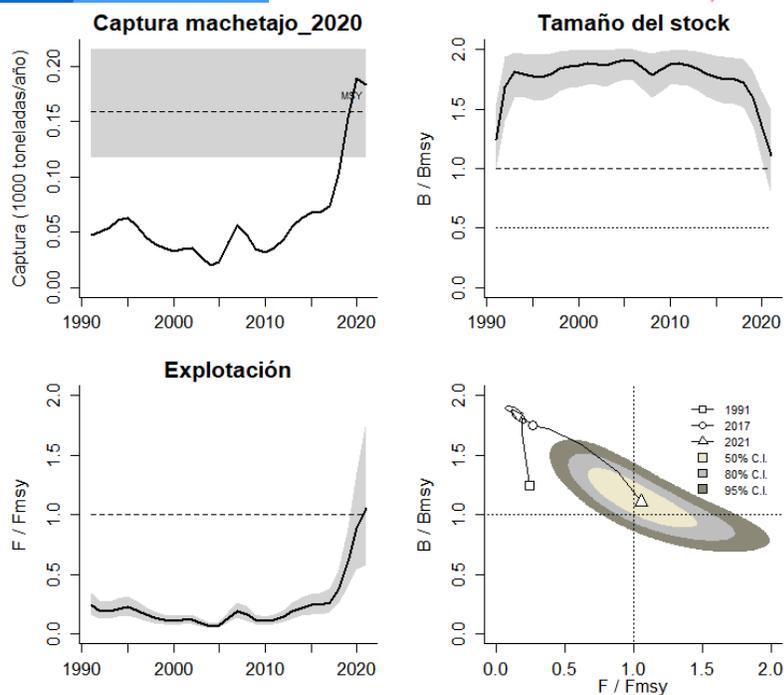


Figura 4-112. Análisis de las pesquerías en el manejo *del machetajo Centropomus medius* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

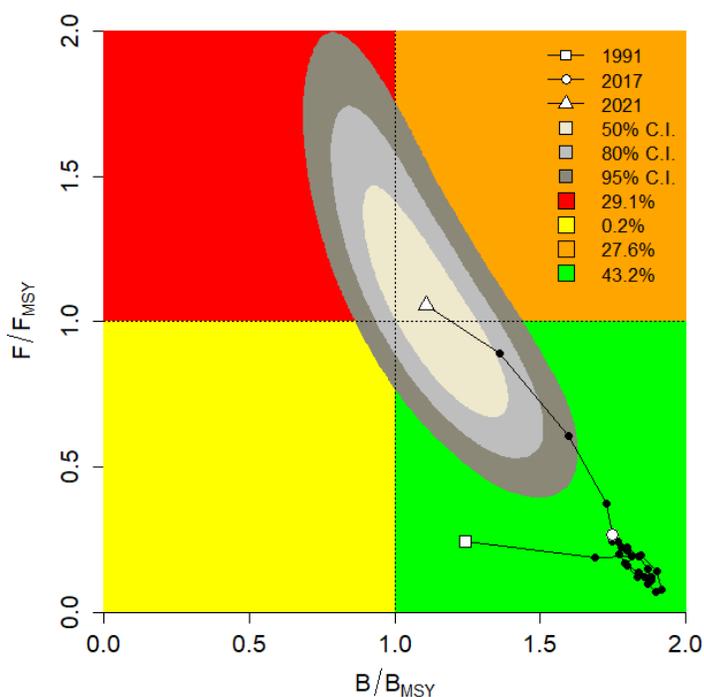


Figura 4-113. Análisis de las pesquerías del machetajo *Centropomus medius* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.13.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del machetajo (*Centropomus medius*).  
[ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Con la información recolectada, tanto de tallas como de precios de primera venta, se estimó el comportamiento de las pesquerías de estos recursos, se pudo concluir que con este modelo el RMS estuvo en 448 toneladas y, con un RME de 35.7 mil millones de pesos. El registro realizado muestra que el recurso está estable el punto máximo en su equilibrio de aprovechamiento (Figura 4-114)

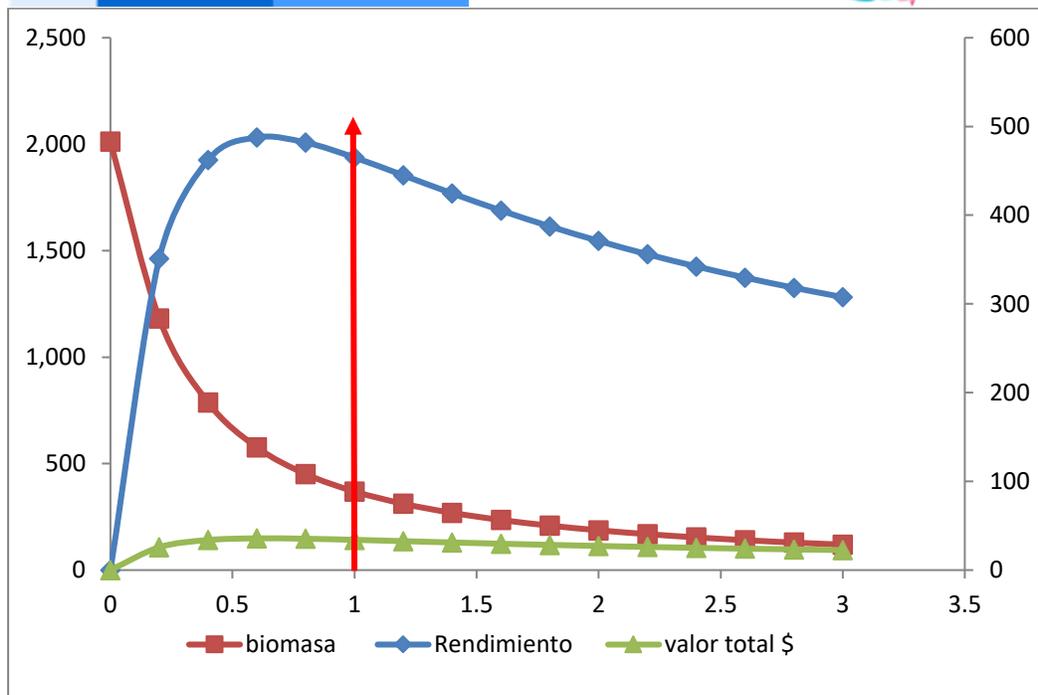


Figura 4-114. Resultados de las estimaciones del machetajo *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 4.1.13.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer machetajo (*Centropomus medius*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

De acuerdo con los planteamiento propuestos de evaluar las pesquerías frente a su impacto ecológico, se midió este modelo con 7 escenarios de cambios ambientales; el resultado mostró que si el sistema conserva su estado normal de RMS se estimó en un valor de 460.6 toneladas; si las condiciones son adversas la estimación del RMS bajo hasta las 376.2 toneladas, pero si el ambiente es favorable el RMS puede alcanzar un valor de 535.8 toneladas (Figura 4-115).

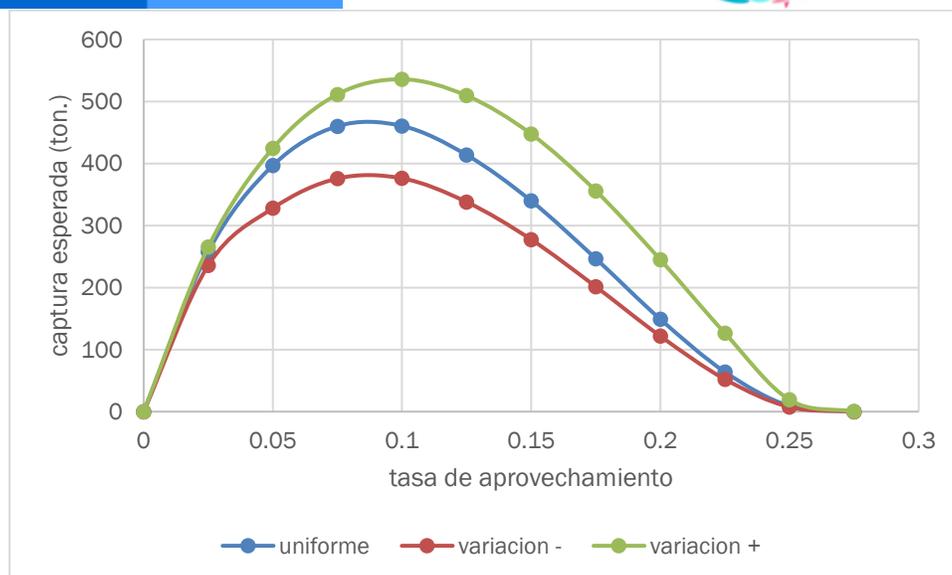


Figura 4-115. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del machetajo *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.13.6 Conclusiones sobre el manejo pesquero del machetajo (*Centropomus medius*)

Este es uno de los recursos que se encuentra en buenas condiciones y se puede pensar que el valor de MSY de 159 que puede alcanzar las 216 toneladas (valor superior de límite de confianza al 95%), por lo que el ideal es sostener el esfuerzo de pesca para que las condiciones de manejo sigan siendo las mejores. Como conclusión se puede decir que el recurso de machetajo se encuentra en niveles de aprovechamiento sostenible.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.06, biomasa relativa de 1.11, la mortalidad por pesca actual de 0.713 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.685 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 159 ± (118 - 216) toneladas.

#### 4.1.14 Pesquerías del mero (*Epinephelus quinquefasciatus* (Bocourt, 1868))

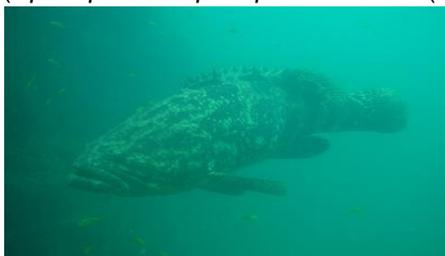


Foto: G.A. Castellanos © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific goliat grouper.

#### 4.1.14.1 Antecedentes del recurso mero (*Epinephelus quiquefasciatus*)

Este recurso es tipo demersal asociado a los sistemas arrecifales que se ha encontrado hasta los 100 m de profundidad, se encuentra entre el Golfo de California hasta Perú, la talla máxima reportada es de 250 cm de Lt., la longitud asintótica es de 253.4 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.05 cm/año, con una mortalidad natural de 0.11 año<sup>-1</sup>, la tasa instantánea de mortalidad total es de 0.06 y una mortalidad por pesca de -0.05 lo cual permite calcular un tasa de aprovechamiento de -0.83. (Fishbase, 2020)

Para el Pacífico colombiano el mero puede estar asociado a fondos rocosos, areno-fangosos o arrecifales costeros. Baos et al (2016) estimaron la relación longitud peso para la especie. Los estudios revelan que las poblaciones de meros del Pacífico colombiano son muy vulnerables a la presión del Pacífico colombiano son muy vulnerables a la presión, las pesquerías analizadas durante 20 años muestran que el promedio de capturas anuales de esta especie es de 35 toneladas; teniendo en cuenta que las poblaciones dependen de su medio ambiente se recomendó que la preservación de los manglares se constituye en el eje central de la protección de esta poblaciones. (Castallanos-Giraldo, y otros, 2018). Polo et al (2014) reportaron la especie como de crecimiento lento, hermafroditas protóginos y tallas comerciales cuando no han alcanzado la madurez sexual; recomendaron una cuota cero para este tipo de recursos, dada su gran vulnerabilidad y enuncia recomendaciones para desincentivar la captura y la comercialización de esta especie. Zambrano et al (2018 a, b) la reportan como parte de la pesca artesanal de la zona centro y sur del pacifico colombiano.

#### 4.1.14.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del mero (*Epinephelus quiquefasciatus*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

En la fase inicial de este estudio la autoridad de pesca mostro un recurso en condiciones adecuadas con un punto de referencia límite superior a las 100 toneladas que para las pesquerías de aguas tropicales de este tipo de recursos es alto. (Tabla 4-81)

Tabla 4-81. Estimación de los principales parámetros poblacionales de mero *Epinephelus quiquefasciatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
169	D.N.D.	0.950	0.0008	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones optimas

Dado que este es uno de os recurso que se encuentra en amenaza permanente, como el sistema SEPEC, se pudo hacer un seguimiento a las tallas de este, por lo tanto, para 2020 se pudieron medir 193 ejemplares, y aunque no es lo ideal, debido a la dificultada de registrar altas cantidades,

se decidió trabajar con estos registros, el resultado mostró que la talla meda de captura fue de 76.4 cm de Lt.  $\pm$  1.45, igualmente se pudo detectar que para su pesquería intervinieron 3 artes de pesca, de los cuales el palangre o espinel de fondo fue el que más cantidad de individuos y con un registro de tallas amplio fue el arte más eficiente (Tabla 4-82, Figura 4-116) [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-82. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el mero *Centropomus medius*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	80.3	531.94	23.06	7.69	9
Palangre o espinel de fondo	75.9	398.13	19.95	1.52	173
Red de enmalle de deriva marina	70.4	273.81	16.55	6.25	7

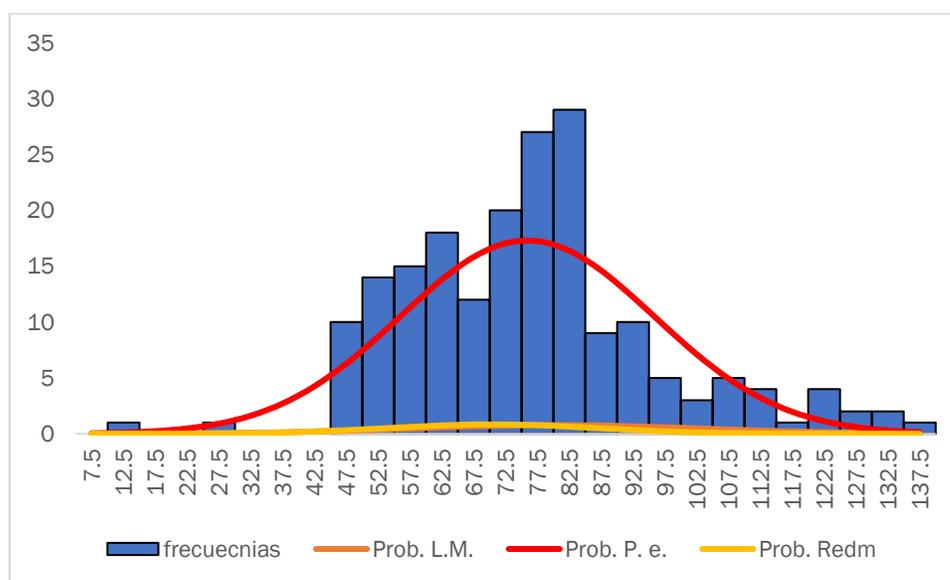


Figura 4-116. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del mero *Centropomus medius* en el año 2020. L.M. = línea de mano; P.e. = palangre o espinel; Redm. = red de enmalle de deriva marina.

#### 4.1.14.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del mero (*Epinephelus quiquefasciatus*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Teniendo como base los datos de captura y CPUE observados, se sometieron a los análisis estadísticos que permitieron determinar que las capturas esta identificadas con el modelo predictivo, pero con los datos CEPU se encontró algunas diferencias; sin embargo, frente a las variaciones del proceso las biomاسas mostraron un ajuste descrito, pero finalmente los CPUE fueron ajustados con el análisis de los residuos. (Figura 4-117)

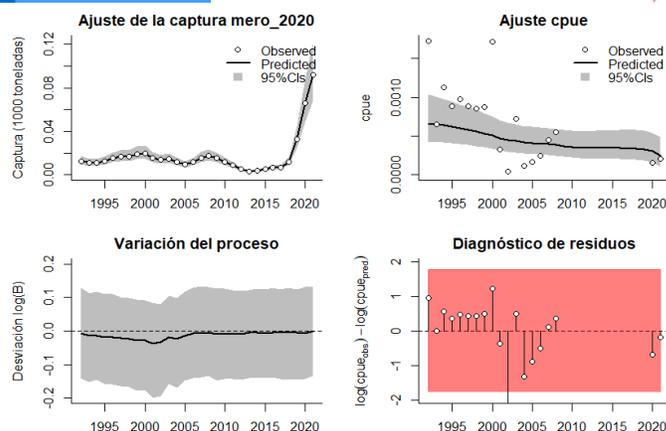


Figura 4-117. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

En análisis de las densidades con el algoritmo CMSY mostró que el punto de referencia mejor ajustado con el índice PPVR fue el MSY y  $r$ , que fueron iguales; las densidades de las biomazas relativas mostraron un rango inicial de 0.4 a 0.8 para 1992, y en el año de quiebre de 2012 este rango estuvo entre 0.0 a 0.4, se mejor muy ligeramente en el 2021 entre 0.01 a 0.4. (Figura 4-118).

Analizando esta situación, pero desde otro punto de vista, esto es usando el algoritmo BSM, se determinó que un comportamiento muy parecido al determinado en el primer ejercicio, esto es que la efectividad del ajuste se dio para el MSY, pero los ajustes de las biomazas solo se diferenciaron en que para 1992 la distribución fue más normal que la del primer ajuste. (Figura 4-119)

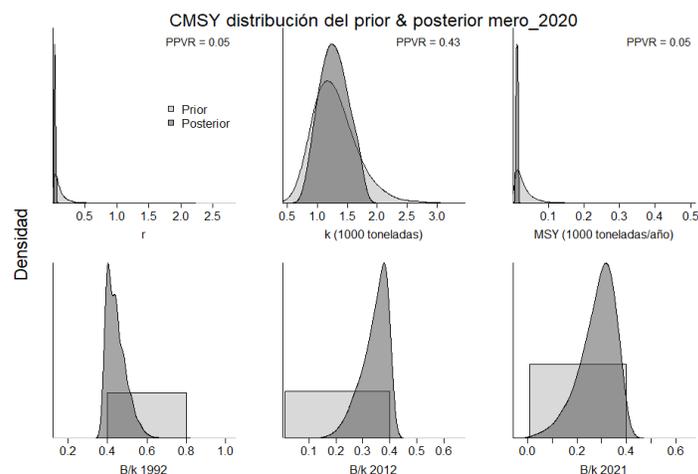


Figura 4-118. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de mero *Epinephelus quinquefasciatus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del

rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

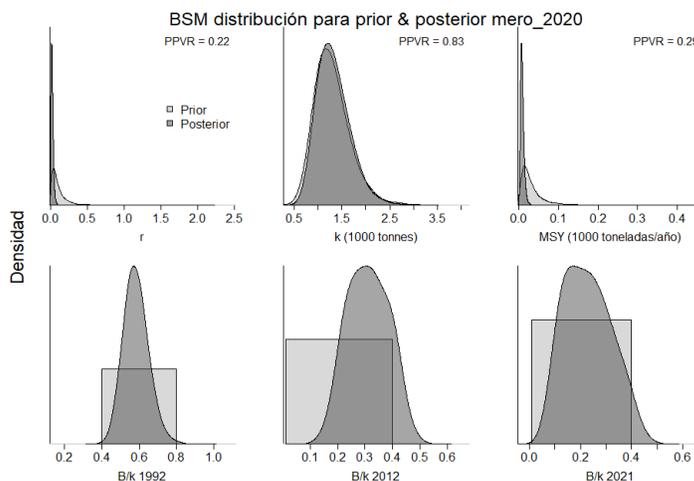


Figura 4-119. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados mero *Centropomus medius*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados con el algoritmo CMSY presentaron un valor de  $r$  bastante bajo que indica, a su vez una resiliencia igualmente baja, esto combinado con que las tasas de biomasa relativas catalogan que el sistema se encuentra bajo niveles de aprovechamiento altos. (

Tabla 4-83)

Pero la situación se ve aún peor usando los efectos de la CPUE en el sistema pesquero del mero, aquí el valor de  $r$  es mucho más bajo, aunque la estimación de la biomasa relativa fue muy parecida confirmado que el recurso está en dificultades. (Tabla 4-84)

Tabla 4-83. Resultados del CMSY para las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0.039	0.0224	0.0675
MSY	11.7	300.69	16
K	1180	782	1780
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.296 de K	0.111	0.384
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	17	13.1	45.4

Tabla 4-84. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00089	0.00047	0.00169
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.021	0.00665	0.075
k	1280	783	2100
MSY	7.09	2.38	85
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.223 de K	0.085	0.411
Explotación F/(r/2) en el último año	35.7	7.53	423
r-k log correlación =	-0.421		

Las evidencias recopiladas demuestran que las pesquerías están castigando el recurso por debajo de sus límites de referencia mínimos ya que en la posibilidad de utilizar las respuestas para la mortalidad por pesca en el MSY se tomó por el valor de 0.00986 años<sup>-1</sup>, que indica claramente que el rendimiento de las biomazas está por debajo del ¼ de las biomazas de la población, el rendimiento máximo sostenible MSY solo está en 7.09 toneladas que inclusive puede bajarse hasta las 2.96 toneladas. Para el último año analizado la mortalidad por pesca y su tasa de aprovechamiento no mostraron valores sanos. (Tabla 4-85)

Tabla 4-85. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de mero *Epinephelus quinquefasciatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.0111	0.00333	0.0368	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	<b>0.00986</b>
Fmsy	0.00986	0.00296	0.0328		
MSY	7.09	2.96	32.8		
Bmsy	641	391	1050		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	286	103	526		

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
B/Bmsy en el último año	0.446	0.161	0.821	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.323	0.176	0.895	
Explotación F/Fmsy =	35.7	7.53		

Los registros históricos de la serie de tiempo analizada mostraron un recurso con uno años iniciales de crecimiento, pero entro en un proceso de agotamiento, por lo tanto, en el estudio de las biomosas relativas que miden el **tamaño del stock** muestra una progresión decreciente (Figura 4-120, panel D), esta situación se ve claramente dibujada en los análisis de la **tasa de explotación** y la **curva de equilibrio** donde las tendencias muestran una población en condiciones desfavorables. (Figura 4-120, paneles E, F).

Como una medida que nos permita afirmar los diagnósticos ya realizados, es comparar las capturas en el tiempo de la secuencia histórica obtenida, se ve claramente que los valores de las capturas han estado por encima del MSY, lo mismo ocurre cuando comparamos las biomosas relativas con los dos límites de seguridad, donde a partir del año 2005 la población de recurso entro en franca decadencia siendo para el año 2021 el año crítico donde se rebasan todos los límites permitidos. (Figura 4-121).

Donde se pude observar con claridad el desarrollo histórico de estas pesquerías es cuando utilizamos la gráfica de fases de Kobe, en esta se ve que el recurso, con los datos obtenidos, nunca ha estado en niveles aceptables de aprovechamiento, ya que las pesquerías comenzaron en la fase de plena explotación y en pocos años paso a la fase de peligro, es de resalta que para el último año (2021), ya los niveles están por debajo del referente de del 0.5 de la tasa de biomosas relativas lo cual está indicando que las poblaciones están por debajo de los niveles de reclutamiento que permitan la sostenibilidad del MSY. (Figura 4-122)

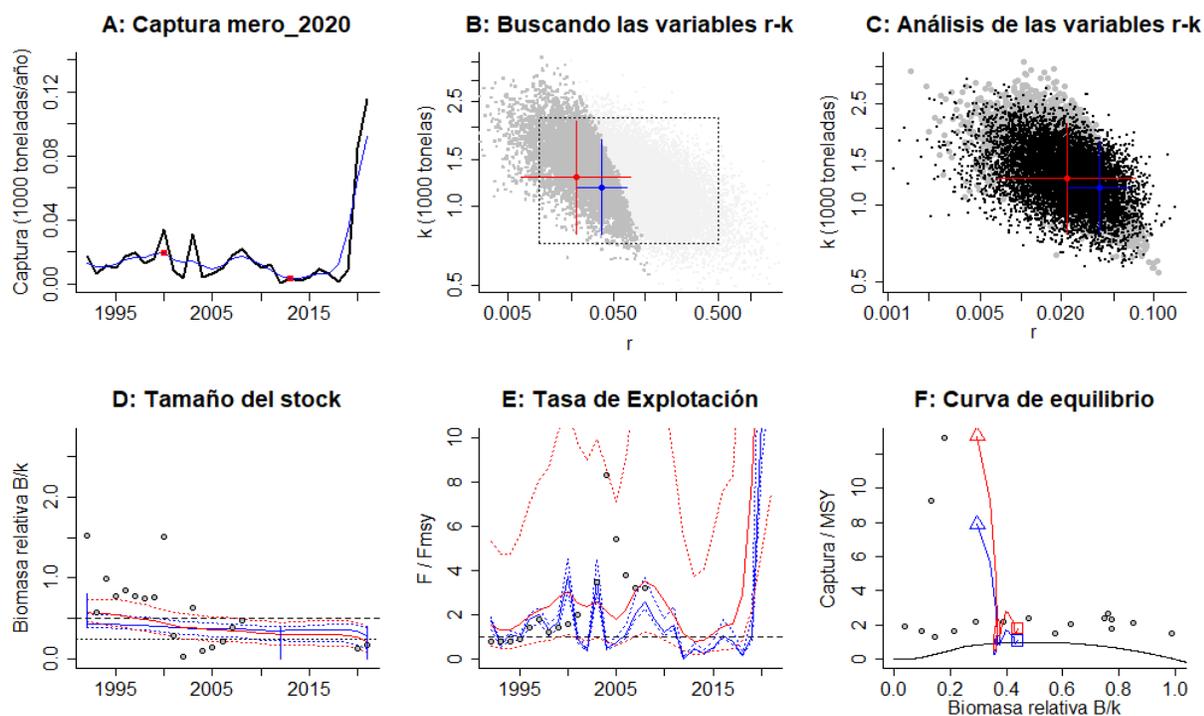


Figura 4-120. Resultados del Análisis de las pesquerías manejo de mero *Epinephelus quinquefasciatus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

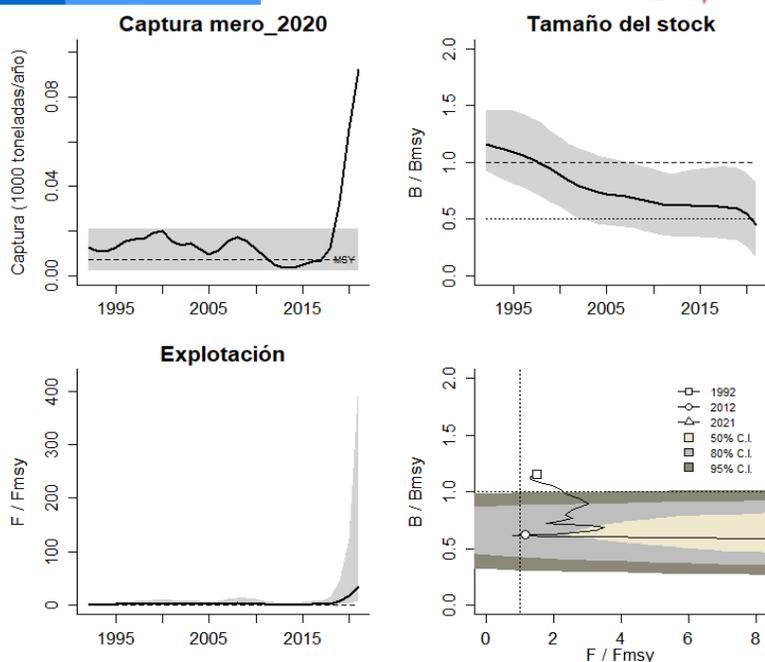


Figura 4-121. Análisis de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

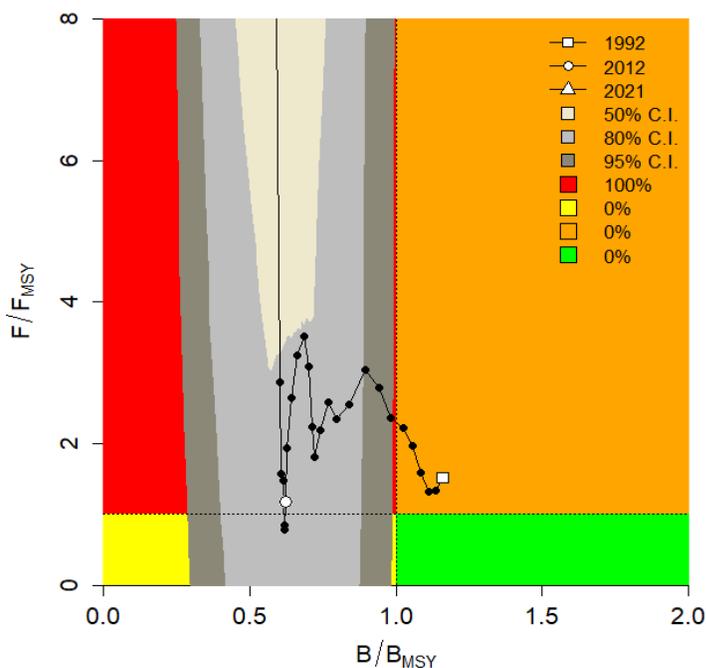


Figura 4-122. Análisis de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.14.1 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del mero (*Epinephelus quiquefasciatus*) [ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Este modelo fue desarrollado con la información de tallas de 2021, que muestra un nivel de RMS de 123 toneladas con un RME de \$ 1.2 mil millones de pesos; los niveles de ambos puntos de referencia muestran que las pesquerías ya han pasado los niveles de equilibrio y están en una zona de sobrepesca (Figura 4-123).

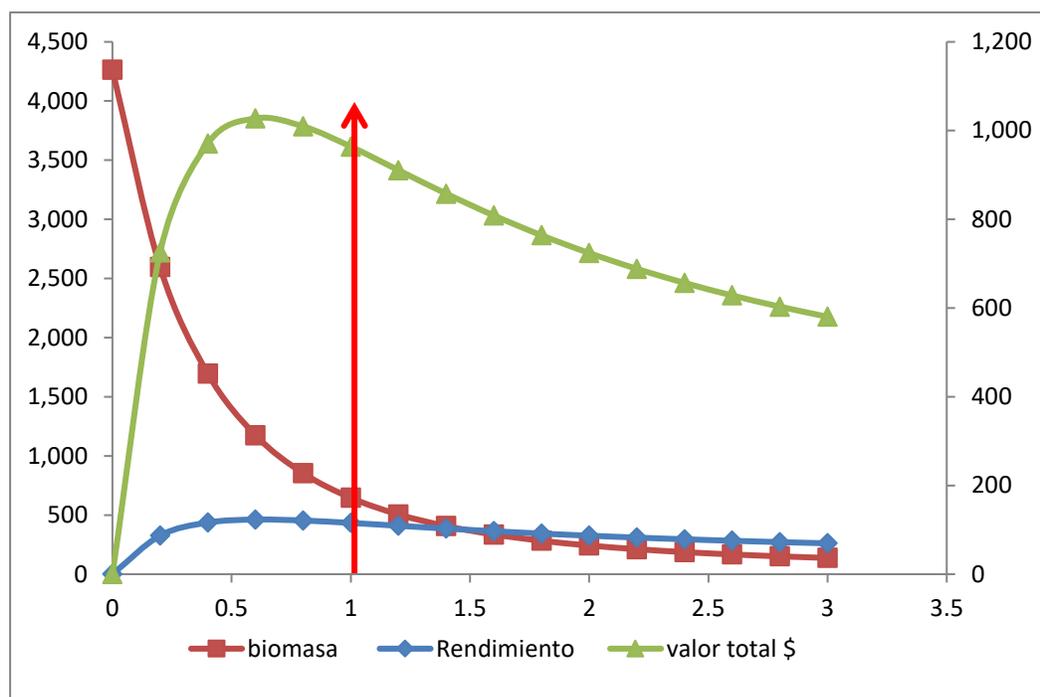


Figura 4-123. Resultados de las estimaciones del mero *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 4.1.14.2 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el mero (*Epinephelus quiquefasciatus*). [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Como una estrategia importante, para esta pesquerías, se estudió los posibles cambios que la misma puede tener para enfrentar los cambios ambientales, para ello los posibles cambios estratégicos que puede tener la dinámica de sus poblaciones frente a estos eventos; los resultados mostraron que si el sistema es estable el valor de RMS fue de 6.7 toneladas, si las condiciones son favorables el RMS fue de 7.8 toneladas, pero si las condiciones son adversas solo tenemos disponible 5.5 toneladas que es el valor estimado con los modelo CMSY (Figura 4-124).

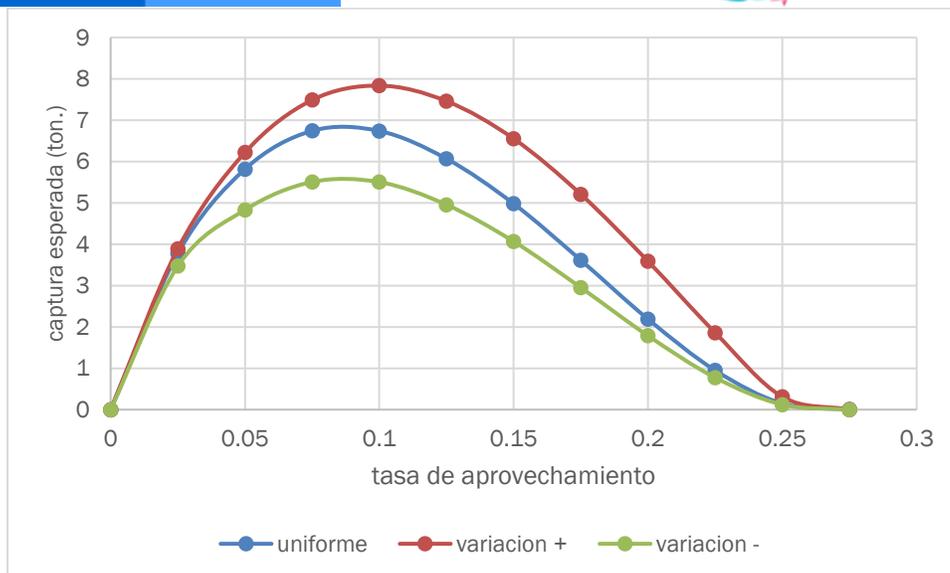


Figura 4-124. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de mero *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.14.1 Conclusiones de las pesquerías del mero (*Epinephelus quiquefasciatus*)

Con este estudio se puede ver como una especie que paso de niveles óptimos de aprovechamiento a una situación crítica que amerita tener medidas que protejan su estabilidad. Es claro que por su historia de vida y comportamiento la vulnerabilidad de esta especie es muy alta.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 35.7, biomasa relativa de 0.446, la mortalidad por pesca actual de 0.323 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00986 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para las especies sea un valor de 7.09 ± (2.96 - 32.8) toneladas.

#### 4.1.15 Pesquerías del espejuelo (*Selene peruviana* (Guichenot, 1866))



Foto: DigiMorph Staff, 2004 ([http://digimorph.org/specimens/Selene\\_peruviana/head/](http://digimorph.org/specimens/Selene_peruviana/head/))

Nombre en inglés: Peruvian moonfish.

#### 4.1.15.1 Antecedentes del recurso del espejuelo (*Selene peruviana*)

Es una especie bentopelágica, que se encuentra entre los 0 y los 50 m de profundidad, se distribuye desde Redondo Beach en el sur de California, USA hasta el Perú, se ha registrado una talla máxima de 40 cm de Lt., con una longitud asintótica de 41.7 cm de Lt., una tasas metabólica de crecimiento de 0.42 cm/año, mortalidad natural de 0.7 año<sup>-1</sup>, con una talla de madurez de 23.8 cm de Lt., una tasa instantánea de mortalidad total de 1.09 año<sup>-1</sup>, con una mortalidad por pesca de 0.39 año<sup>-1</sup>, y una tasa de aprovechamiento de 0.36 que indica que bajo esta condiciones el recurso es sostenible. (Fishbase, 2020).

Rueda et al (2014) reporto la especie como de descarte en la pesquería de camarón de aguas someras en el pacífico colombiano. Zambrano et al (2018 a, b) reporta la especie como parte de la pesca artesanal de las zonas centro y sur del pacifico colombiano.

#### 4.1.15.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del espejuelo (*Selene peruviana*)

[ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

En esta primera fase de análisis y con los datos ordenados y evaluados por la autoridad pesquera en años anteriores se pudo determinar que las pesquerías de este recurso se encontraban en buenas condiciones ya que sus tasas de biomas relativas estaban muy cerca del rendimiento óptimo. (Tabla 4-86)

Tabla 4-86. Estimación de los principales parámetros poblacionales del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
73	D.N.D	0.93 0	D.N.D.	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones optimas

#### 4.1.15.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de espejuelo (*Selene peruviana*)

[ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Con la serie de tiempo recopilada se hizo una evaluación de los datos pesqueros y se encontró que los mismos tiene un buen ajuste y las variaciones al proceso fueron muy precisas; sin embargo, cuando se revisaron los residuos de las CPUE no se pudo determinar un óptimo por lo que de utilizo la estrategia del menor error. (Figura 4-125)

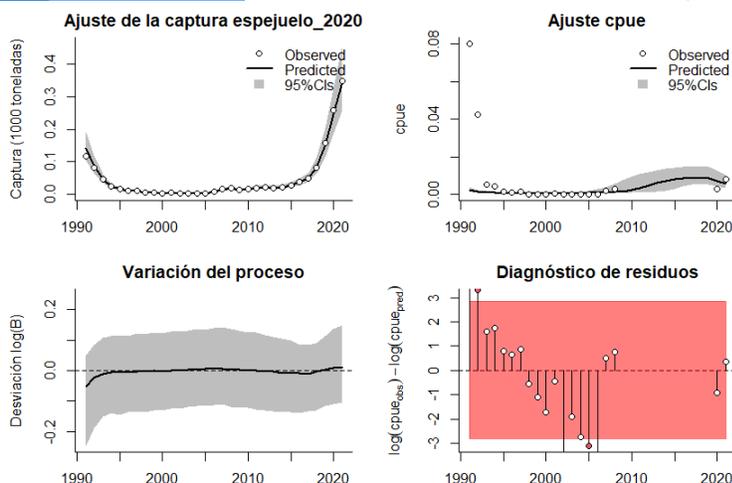


Figura 4-125. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Los análisis de las distribuciones probabilísticas de las densidades mostraron que el mejor ajuste utilizando el índice PPVR fue para el parámetro K mientras que las distribuciones de las biomasa relativas por años empiezan en 1991 entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre 2016 se tiene un rango entre 0.49 a 0.9 y para el último año 2021 un rango entre 0.2 a 0.6 (Figura 4-126)

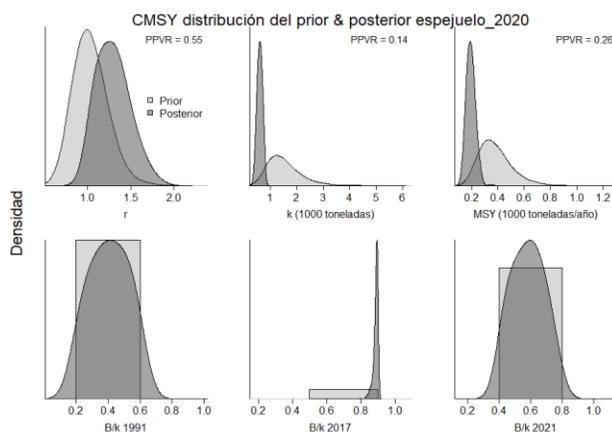


Figura 4-126. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el espejuelo *Selene peruviana*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Utilizando los valores de CPUE y el algoritmo BSM no se detectaron grandes diferencias por lo tanto el mejor ajuste sigue siendo para K, y las densidades por año de las biomasa relativas tuvieron el mismo impacto para ambos ejercicios. (Figura 4-127)

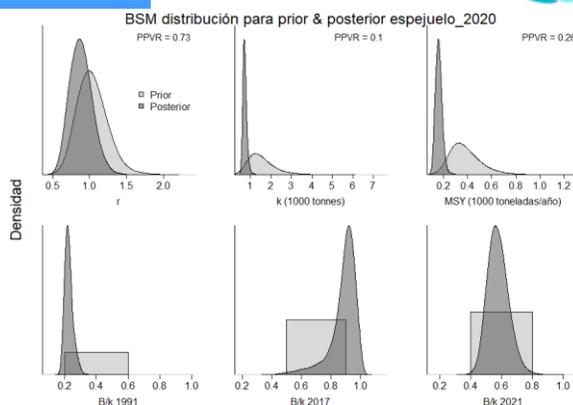


Figura 4-127. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el espejuelo *Selene peruviana*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados del CMSY que evaluaron las series históricas de la pesquería del espejuelo mostraron un valor de  $r$  bastante alto y un valor de  $MSY$  más alto que el estimado en la primera fase, el valor de biomas relativa junto con los limites nos mostró una pesquería sana, con una tasa de aprovechamiento para el último año en los niveles de aceptación: (Tabla 4-87)

Tabla 4-87. Resultados del CMSY para las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	1.38	1.01	1.89
$MSY$	193	139	264
$K$	553	381	801
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.586 de $K$	0.411	0.766
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.02	1.54	2.88

Las respuestas de los parámetros evaluados pero esta vez utilizando BMS, fueron más conservadores para  $r$ , pero además presenta uno de los valores de coeficiente de capturabilidad más alto hasta después de haber estudiado casi todos los demás recursos, el punto de referencia limite  $MSY$  es 19% inferior al estimado en el primer ejercicio. Las dos tasas de biomas relativa estimadas muestra que el recurso está en un nivel aceptable. (Tabla 4-88)

Tabla 4-88. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0136	0.00853	0.0216
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.873	0.631	1.21
k	726	564	934
MSY	159	114	220
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.574	0.464	0.724
Explotación F/(r/2) en el último año	1.91	1.16	2.96
r -k log correlación =	-0.374		

Basados en el análisis de BSM se pudo determinar que la pesquería se sustenta con una mortalidad por pesca en el MSY de 0.437 año<sup>-1</sup>, con una cuota de pesca que puede estar por encima de las 100 toneladas. (Tabla 4-89)

Tabla 4-89. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.437	0.315	0.605	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) <b>0.437</b>
Fmsy	0.437	0.315	0.605	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)
MSY	159	114	220	
Bmsy	363	282	476	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	416	337	526	
B/Bmsy en el último año	1.15	0.927	1.45	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.834	0.661	1.03	
Explotación F/Fmsy =	1.91	1.16	2.96	

La historia de la captura desde 1991 hasta el presente, mostró una evolución que dibuja una parábola convexa donde los extremos están al inicio y final de la serie con un vértice en el año 2004, estudiando el **tamaño del stock** encontramos que aunque hay un periodo de sobre pesca entre los años 1995 a 2010 la recuperación del mismo es bastante interesante (Figura 4-128, panel D), igualmente la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) excepto los años mencionados es bastante aceptable, luego la **curva de equilibrio** mostró una trayectoria cambiante pero con extremos comunes. (Figura 4-128, paneles E, F)

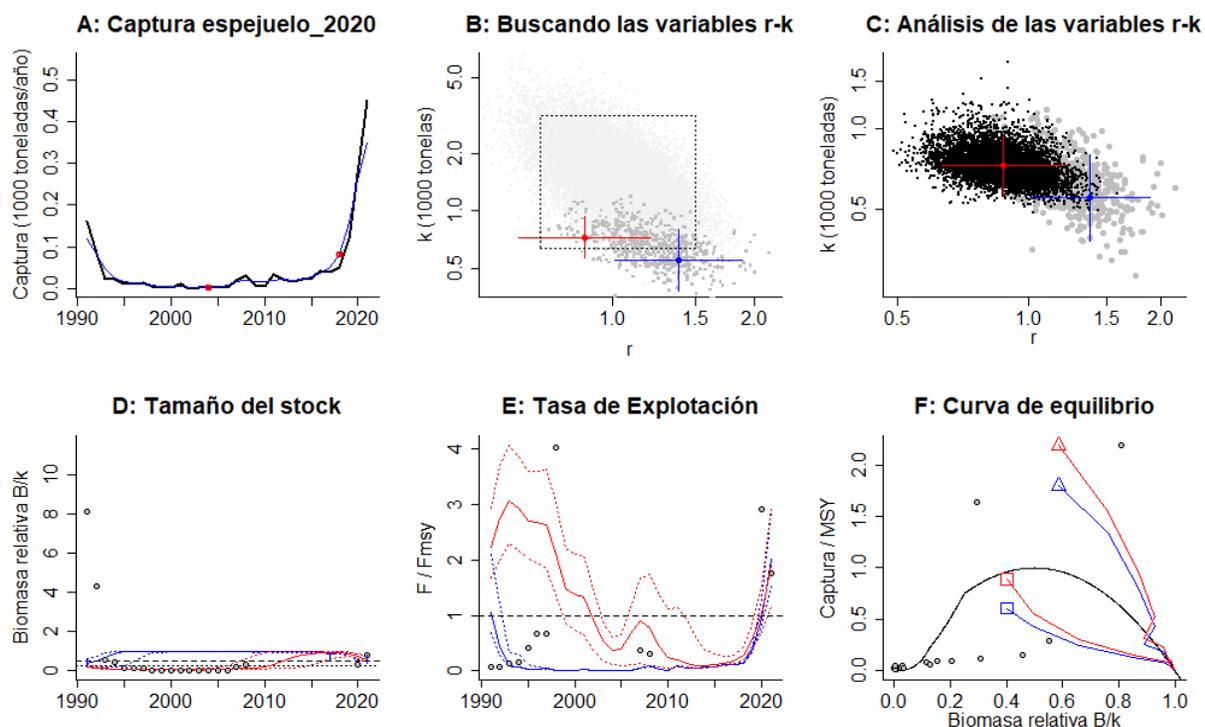


Figura 4-128. Resultados del Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

El análisis comparativo entre las capturas y su referente de MSY, presentó el comportamiento descrito para las capturas teniendo dos extremos que tocaron este punto de referencia, con respecto al **tamaño del stock**, aunque se tuvo años difíciles se han alcanzado niveles buenos para

el equilibrio del recurso, por lo anterior y usando como representación la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) se ha visto una evolución positiva. (Figura 4-129)

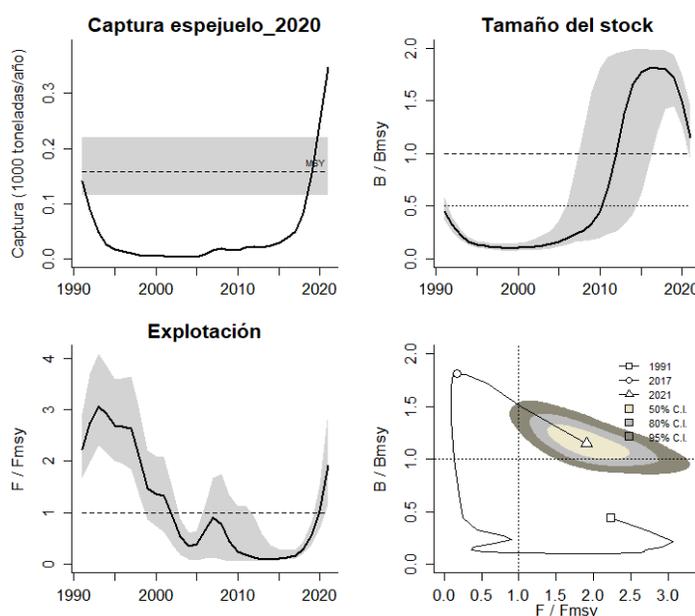


Figura 4-129. Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

En la gráfica de fases de Kobe se encontró algo sorprendente en este tipo de análisis y fue que el inicio de las pesquerías estuvo por mucho tiempo en la fase de sobreexplotación luego pasó a una fase de recuperación y actualmente se encuentra en los niveles más adecuados, sin descuidar que para el último año estudiado la probabilidad que el mismo este en el máximo de aprovechamiento es de 88.6% y que este en la zona de peligro es tan solo del 10.5 %, con un 0.9% de seguridad que realmente las pesquerías están bien. (Figura 4-130)

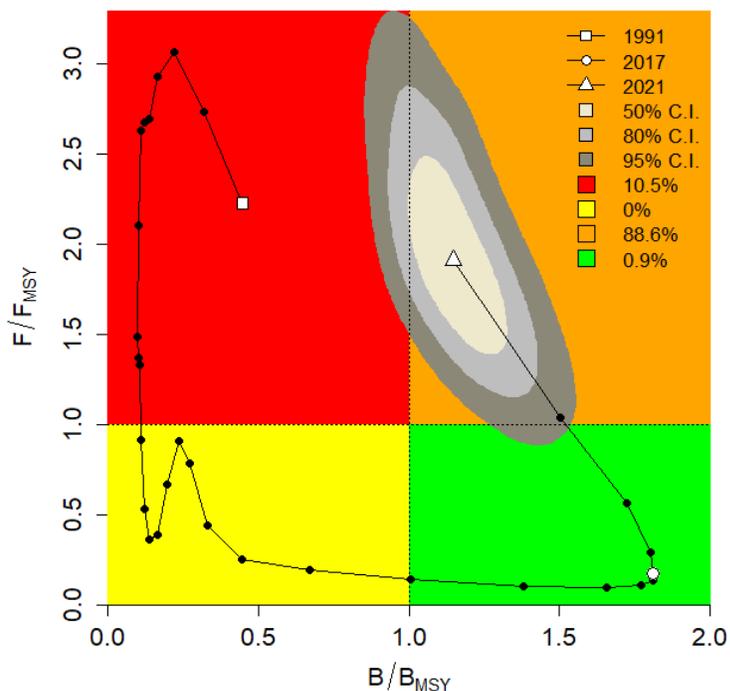


Figura 4-130. Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.15.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el espejuelo (*Selene peruviana*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

El otro ángulo estimado para las pesquerías de este recurso fue el de inspeccionar como se comportó frente a posibles cambios en los parámetros ambientales, por lo que se probo el modelo con 7 escenarios diferentes de la naturaleza, el resultado muestra que si las condiciones son estables el RMS fue de 101 toneladas, si las condiciones son propicias el RMS fue de 16.9 toneladas, pero si el ambiente no es propicio para la especie el valor de RMSA baja hasta 94.2 toneladas.

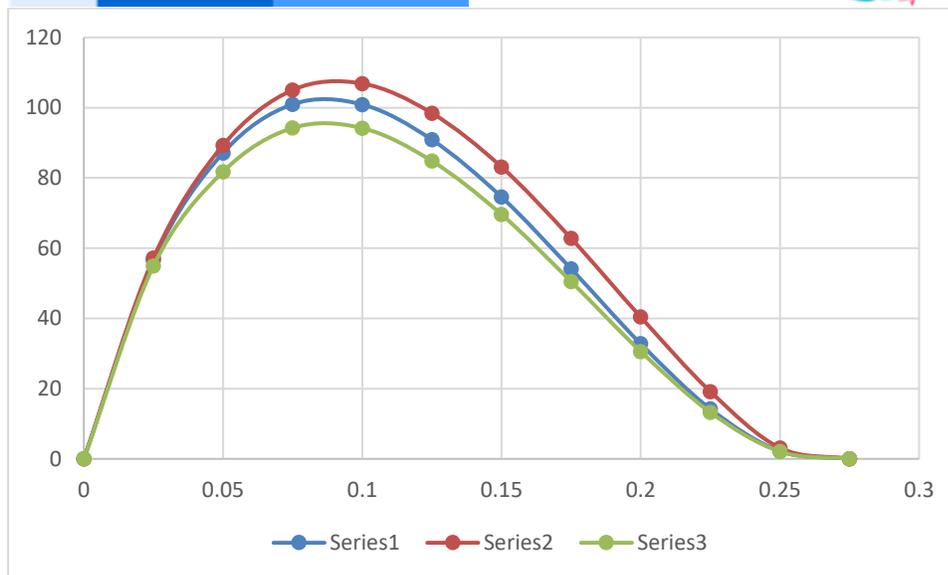


Figura 4-131. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de mero *Selene peruviana* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.15.5 Conclusiones de las pesquerías del espejuelo (*Selene peruviana*)

Aunque la serie histórica es atípica para el aprovechamiento de un recurso pesquero, este recurso es de los pocos ha demostrado una interesante recuperación con niveles de producción que muestran un equilibrio entre el aprovechamiento pesquero y su estabilidad poblacional.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.91, con una estimación de la biomasa relativa de 1.15, la mortalidad por pesca actual de  $0.834 \text{ año}^{-1}$  y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.437 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $159 \pm (114 - 220)$  toneladas.

#### 4.1.16 Pesquerías del gualajo (*Centropomus armatus* Gill, 1863)



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Armed snook

#### 4.1.16.1 Antecedentes de recuso gualajo (*Centropomus armatus*)

Es típicamente demersal marino de aguas salobres, se distribuye desde México hasta el Ecuador, se ha reportado una talla máxima de 37 cm de Lt., con una longitud asintótica de 49.6 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.4 cm/año, con una mortalidad natura reportada de 0.74 año<sup>-1</sup>, con una talla de madurez de 27.8 cm de Lt., con una tasa instantánea de mortalidad total de 0.29 año<sup>-1</sup>, correspondiente a una mortalidad por pesca de -0.45 año<sup>-1</sup>, que reporta una tasa de aprovechamiento de -1.55 que es muy alta para el sistema. (Fishbase, 2020). Vásquez (2018) encontró variabilidad genética de la especie en diferentes partes de la costa del pacifico panameño. Pulmans et al (2018) estudiaron los hábitos alimenticios intermareales de la especie,

Polo et al (2014) estimaron parámetros de la biología pesquera de la especie con rango de tallas entre 17-49 cm LT, TMC de 32.2 cm LT, y TMM 31.5 cm LT, entre otros, es además un recurso reportado para pesca artesanal de las zonas centro y sur del pacifico colombiano en el que se han reportado TMC y TMM históricas para la especie (Zambrano et al, 2018 a, b).

#### 4.1.16.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de gualajo (*Centropomus armatus*)

[ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Mediante los análisis realizados por la autoridad pesquera, en años anteriores se registró un crecimiento de tipo isométrico ( $b = 3$ ,  $P < 0.05$ ), una estimación de longitud asintótica mucho más alta que la reportada por Fishbase, 2020; al igual que la tasa metabólica de crecimiento y la talla de madurez sexual, igualmente los valores de la tasa instantánea e mortalidad total fueron más altas pero con valores de mortalidad por pesca y natural igualmente altos que dio una tas de aprovechamiento muchísimo menor que la reportada por Fishbase, 2020. (

Tabla 4-90).

Tabla 4-90. Relación de los parámetros estimados para el gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano.

a	b	r2	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0609	2.4648	0.9133	37	27.8	81.5	0.4	2.75	0.499	2.25	0.81

#### 4.1.16.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del gualajo (*Centropomus armatus*)

[ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)],

Como una primera fase y con los reportes de años anteriores el recurso se encontró en buenas condiciones, aunque el indicativo de las tallas si está un poco alto. (Tabla 4-91).

Tabla 4-91. Estimación de los principales parámetros poblacionales para el gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
187	1,002,235,861	0.900	0.003	1.33093525	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones óptimas

El SEPEC reporto un total de 7,055 individuos muestreados y registro un total de t artes de pesca que ejercen su actividad extractiva sobre el recurso; con esta información se calculó una talla media de captura de 38.3 cm de Lt.  $\pm$  0.06; el arte de pesca más efectivo en tallas y número fue la red de enmalle de deriva marina (Tabla 4-92, Figura 4-132). [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-92. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el gualajo *Centropomus armatus*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Chinchorro marino	39.6	12.33	3.51	0.28	161
Línea de mano	37.7	16.42	4.05	0.63	42
Red de cerco artesanal o ruche	38.7	19.56	4.42	0.85	27
Red de enmalle camaronera	35.2	43.09	6.56	0.28	542
Red de enmalle de deriva marina	38.9	20.84	4.56	0.07	4592
Red de enmalle de encierro marina	39.5	25.04	5.00	1.04	23
Red de enmalle fija marina	37.4	35.49	5.96	0.15	1657

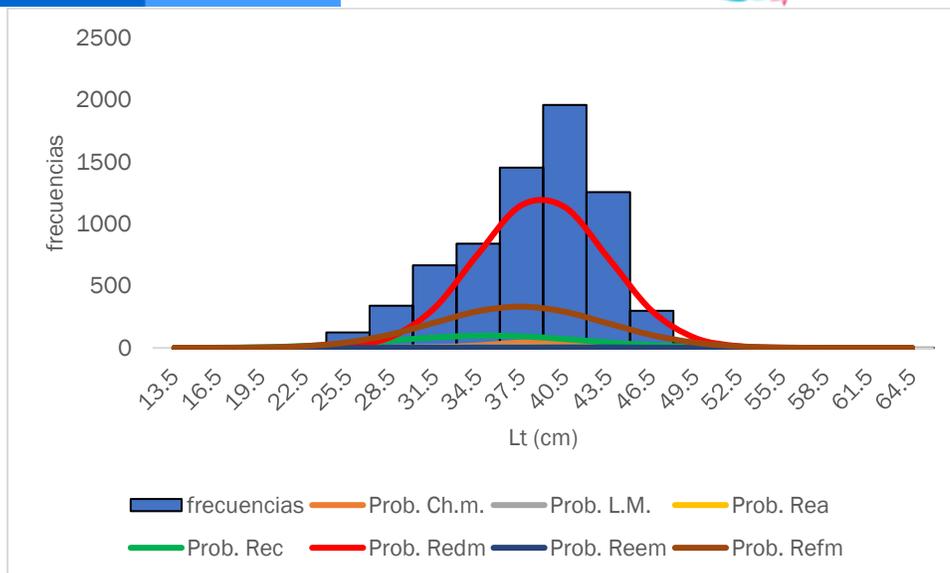


Figura 4-132. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del gualajo *Centropomus armatus* en el año 2020. Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; Rea. = red de cerco artesanal o ruche; Rec = red de enmalle camaronero; Redm. = red de enmalle de deriva marina; Reem. = red de enmalle de encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

#### 4.1.16.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el gualajo (*Centropomus armatus*) [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)],

Dependiendo de este nuevo esquema de evaluación que inicial la segunda etapa de este proceso de análisis de las pesquerías y usando una primera evaluación con las distribuciones de los datos respecto al modelo de selectividad. Se encontró que durante todos los años se cumplieron los patrones esperados, por lo tanto, el modelo puede funcionar con lo esperado. (Figura 4-133, Figura 4-134)

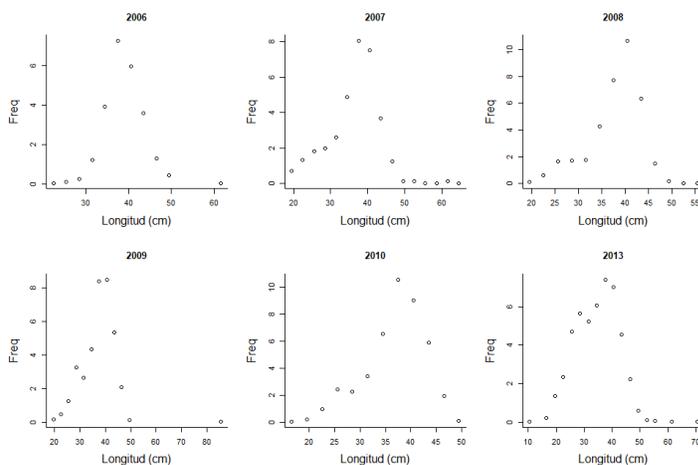


Figura 4-133. Distribución de las tallas del gualajo *Centropomus armatus*, entre los años 2006 a 2013. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Con el análisis prior se obtuvo un valor de longitud asintótica superior a la reportada para la primera fase, pero alta para lo mencionado en los antecedentes del recurso; de acuerdo con los estándares teóricos establecidos, las tasas de  $Z/K$  y  $F/K$  son altas, la longitud al 50% de la selectividad es un valor que se encuentra por debajo de la talla media de captura. (Tabla 4-93)

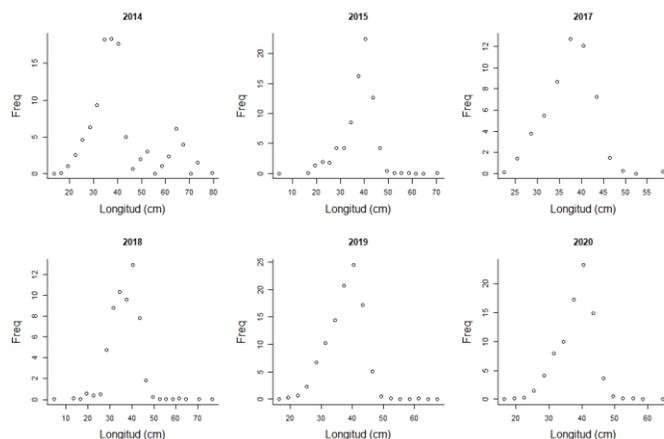


Figura 4-134. Distribución de las tallas del gualajo *Centropomus armatus*, entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 4-93. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
L <sub>oo</sub>	85.4	0.854
Z/K	8.75	32.1
F/K	7.25	
L <sub>c</sub> prior	32.1	3.21
α prior	24.9	2.49

El análisis general de las condiciones de esta pesquería mostró una longitud asintótica superior a todas las estudiadas para este recurso, la tasas de  $M/K$  estuvo ligeramente superior a la esperada de 1.5 aunque su valores de seguridad la sitúan dentro de esta referencia, de resto todas las tasas evaluadas ( $F/K$ ,  $Z/K$ ,  $F/M$ ) se presentaron bastante altas, y los valores de biomasa relativa se muestran preocupantemente bajos, así como el rendimiento por recluta. (Tabla 4-94)

Tabla 4-94. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
L <sub>oo</sub>	86.2	84.7	87.6
L <sub>opt</sub>	55	L <sub>opt</sub> /L <sub>oo</sub>	0.63
L <sub>c</sub> _opt	54	L <sub>c</sub> _opt/L <sub>oo</sub>	0.62

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
M/K	1.73	1.46	1.96
F/K	27.8	25.3	30.4
Z/K	29.4	27	31.9
F/M	20.4	16.1	24.5
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.358		
B/Bo	0.0165	0.0118	0.0215
Y/R´ F=M Lc=Lc_opt	0.036		
Y/R´	0.0025	0.00179	0.00336

Para el último año el valor de las longitudes al 50% son más altas que las propuestas en el análisis prior e igualmente los valores de las talas (F/K, F/M, Z/K) son altas y concuerdan con las estimadas para todo el periodo analizado; sin embargo, desde el punto de vista de la madurez sexual los indicadores son bastante buenos ya que están por encima del 50%. (Tabla 4-95)

Tabla 4-95. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus* obtenidos para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	44.5	43.9	45
Lc/Loo	0.52	0.514	0.527
$\alpha$	24.7	24.1	25.3
Lmedio/Lopt	0.85		
L 95 %	64.5		
L 95 %/Loo	0.76		
Lm 50%	27.8	98	
F/K	31	27.5	34.4
F/M	20	16.3	24.9
Z/K	32.9	29	35.9
Y/R´	0.0025	0.00185	0.0219
B/Bo	0.016	0.118	0.0219
B/Bmsy	0.045	0.033	0.0613

Como se había establecido las talas del análisis prior de Z/K estuvieron por debajo de las otras evaluaciones, particularmente esta tasa en el año inicial 2006 fue mucho más baja que la reportada para el último año, las tallas en general tuvieron un comportamiento estable. Pero si se observa la tasa de aprovechamiento (F/M) toda la secuencia de los datos analizados estuvo por

encima del valor limite, finalmente las tasas de biomasa relativa ( $B/B_0$ ) mostraron un recurso en permanente estado crítico. (Figura 4-135)

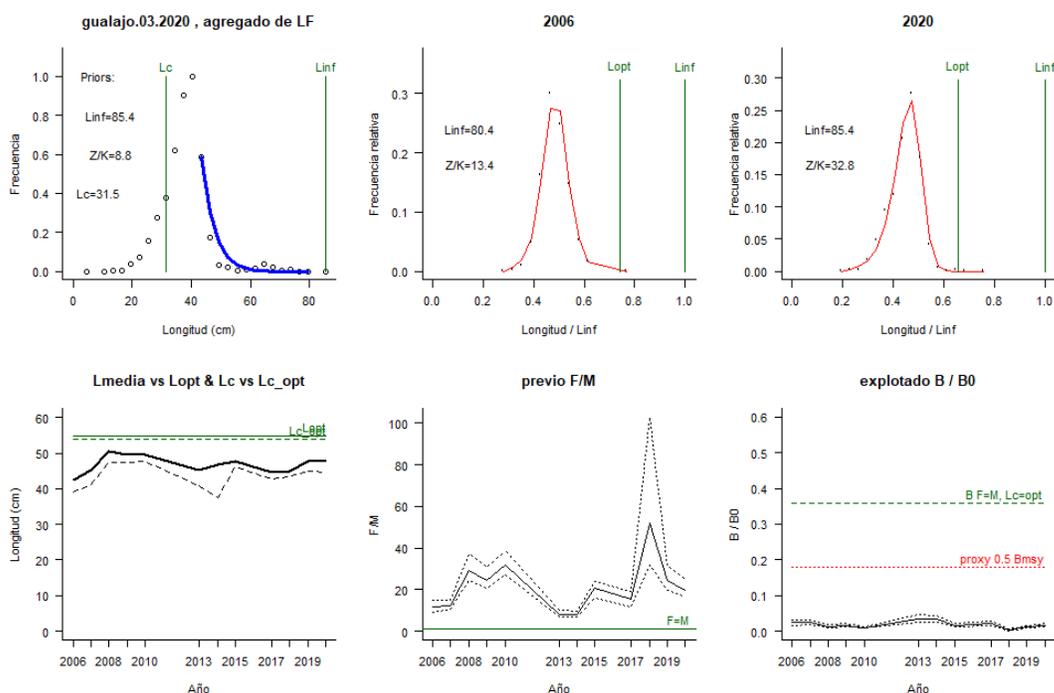


Figura 4-135. Comportamiento de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos de frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de  $L_c$ ,  $L_{oo}$  y  $Z/K$ . Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de  $Z/K$ ,  $M/K$ ,  $F/K$   $L_c$ .  $L_{oo}$ , los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra  $L$  media [curva en negrita] en relación con  $L_{opt}$  y  $L_c$ , [curva negra discontinua] con relación a la  $L_c$   $opt$ . el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo  $F/M$  [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde  $F=M$  [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa  $B/B_0$  [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxy para  $B_{msy}$  [línea discontinua verde] y un proxy para  $B_{pa}$  o 0.5 de  $B_{msy}$  [línea de puntos roja].

#### 4.1.16.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para el gualajo (*Centropomus armatus*)

Los datos obtenidos de captura y CPUE tuvieron una adaptación apropiada para el primero, pero para el segundo algunos datos de estuvieron por fuera del pronóstico; sin embargo, las mediciones frente a la variación de proceso fueron significativas, aunque los diagnósticos residuales ajustan de manera eficiente. (Figura 4-136).

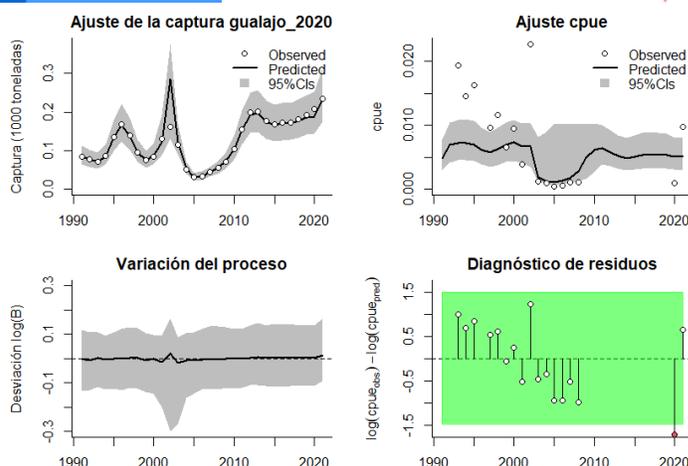


Figura 4-136. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

La evaluación de las distribuciones de densidades probabilísticas del sistema mostró que el indicador de los puntos de referencia con el índice PPVR predicen que el sistema más significativo es el de la capacitada de carga en el ecosistema (K) este resultado varia si se utiliza el algoritmo CMSY o el BSM; para los valores de densidades de las biomazas relativas las variaciones estuvieron para 1991 entre 0.4 y 0.8 el año de quiebre de 2012 presento rangos entre 0.5 a 0.9 y para el 2021 este estuvo entre 0.4 a 0.8 las diferencias entre el sistema CMSY y el BSM estuvo que todas las distribuciones del primero tuvieron algún tipo de buzamiento, mientras que el segundo sistema las distribuciones son más gaussianas. (Figura 4-137, Figura 4-138)

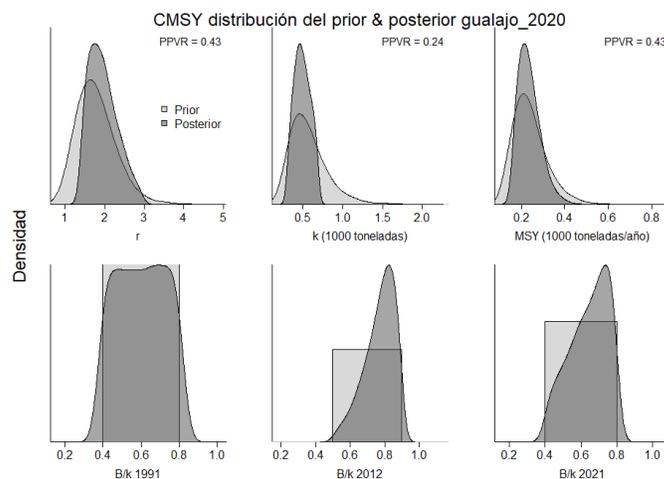


Figura 4-137. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del gualajo *Centropomus armatus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga d l ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

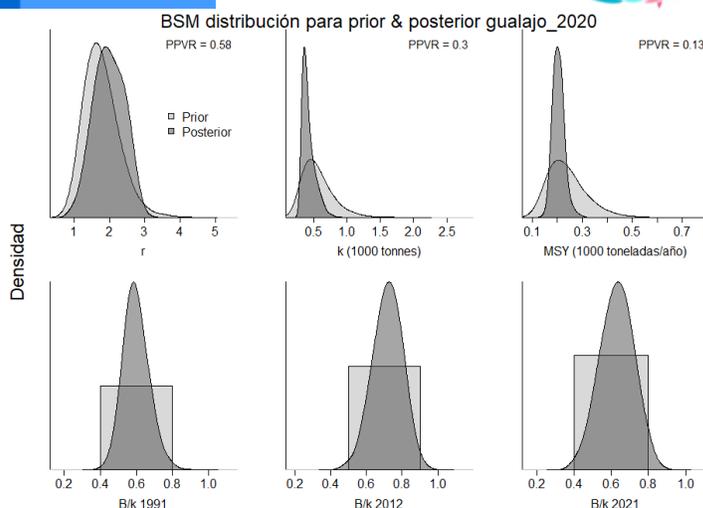


Figura 4-138. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados al gualajo *Centropomus armatus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados de los dos sistemas del modelo general presentaron un valor de r 40% superior al estimado con BSM, la evaluación de las biomazas relativas mostró un indicador muy positivo; también se encontró diferencias entre la estimación del punto de referencia MSY ya que las estimaciones de CMSY son superiores en un 14% al segundo. (Tabla 4-96,

Tabla 4-97).

Tabla 4-96. Resultados del CMSY para las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	2.05	1.42	2.947
MSY	229	163	358
K	450	292	695
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.662de K	0.423	0.793
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.955	0.797	1.49

Como resultado que tenga medidas de administración se estableció un valor de mortalidad por pesca cercano al máximo esto es de 1. El rendimiento máximo sostenible puede mantenerse en los niveles estimados en la primera fase de esta evaluación. (Tabla 4-97)

Tabla 4-97. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0194	0.011	0.0343
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.95	1.24	3.05
k	418	277	629
MSY	203	162	255
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.631 de K	0.446	0.803
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.911	0.602	1.51
r -k log correlación =	-0.865		

Tabla 4-98. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo del gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.973	0.621	1.52	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.973</b>
Fmsy	0.973	0.621	1.52	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	203	162	255		
Bmsy	209	139	315		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	264	186	335		
B/Bmsy en el último año	1.26	0.891	1.61		

Mortalidad por pesca en el último año =	0.89	0.7	1.26
Explotación F/Fmsy =	0.911	0.602	1.51

La evolución de las capturas del recurso ha tenido variaciones apreciables entre la situación inicial y la final, resaltando que los niveles productivos de los últimos años han sido altos y estables lo que genera que las poblaciones pueden soportar las presiones de pesca actuales; el **tamaño del stock** es uniforme y estable (Figura 4-139, panel D) en cuanto a sus biomazas relativas; sin embargo, las **tasas de explotación** presentan algunas oscilaciones, aunque estas no son la condición constante ya que la mayoría se ubicaron en los niveles inferiores a los límites de referencia establecidos (Figura 4-139, panel E). Finalmente, la **curva de equilibrio** muestra un recurso con trayectorias de evolución cercana al MSY (Figura 4-139, panel F)

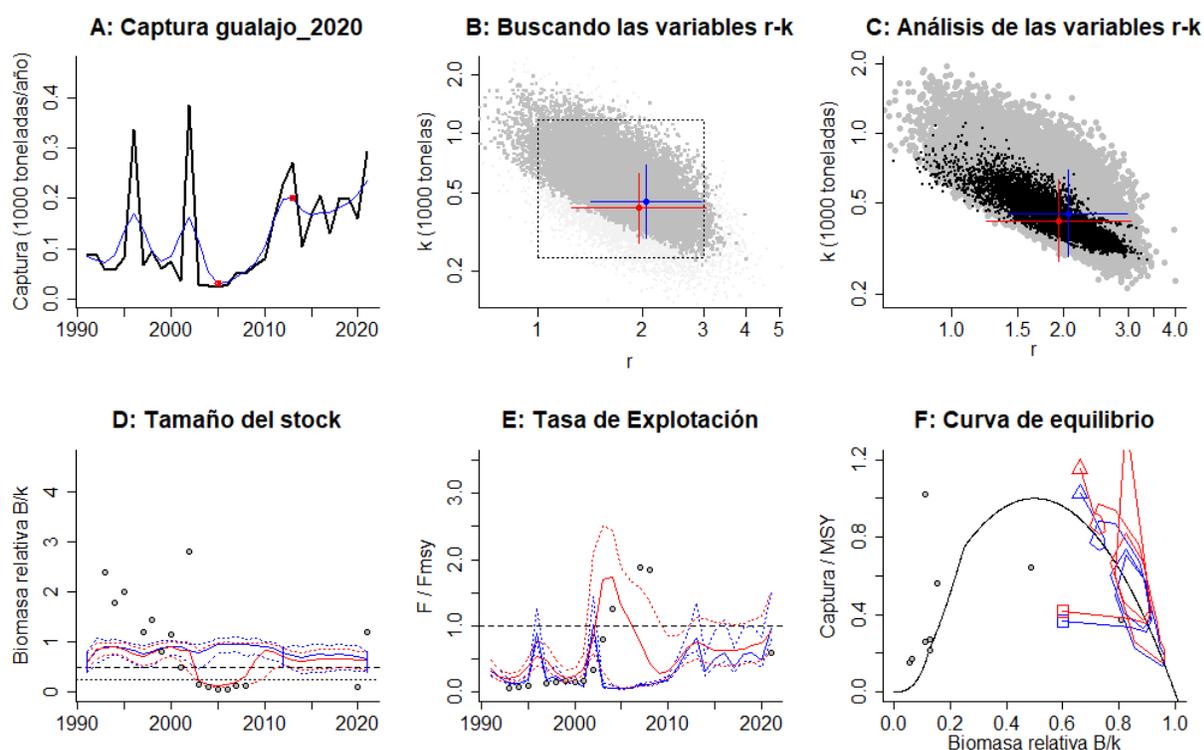


Figura 4-139. Resultados del Análisis de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k$

<0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

La evaluación de las capturas frente al punto de referencia límite MSY, no presentó ningún año donde se hubiese sobrepasó este punto; de igual manera el **tamaño del stock** mostró que para todos los años de la serie histórica se tuvo muy pocos años (2004, 2005 y 2006) por debajo de MSY; mientras que la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) (excepto 2004) siempre estuvo por debajo de su línea de referencia, esto es el indicador de la mortalidad por pesca estuvo por encima de su valor en el punto de referencia MSY (Figura 4-140)

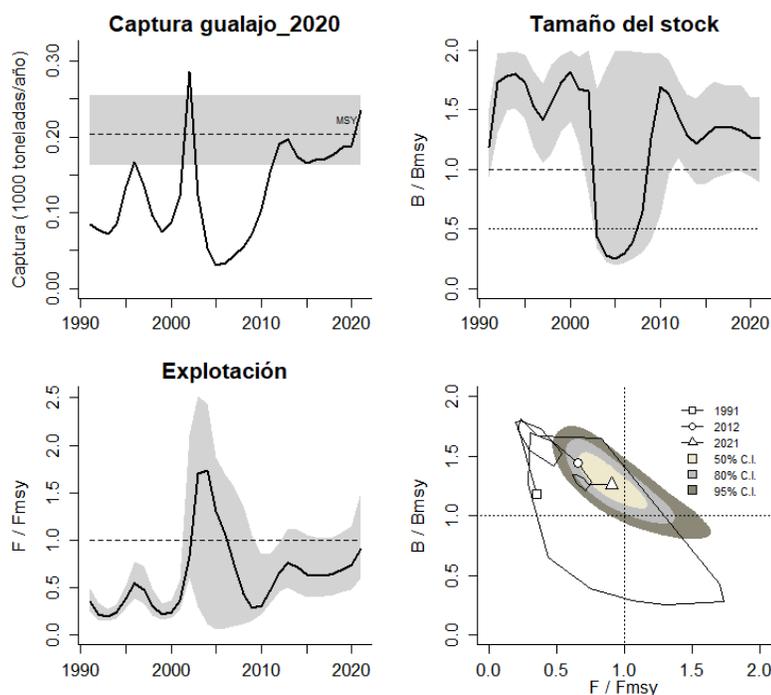


Figura 4-140. Análisis de las pesquerías del gualaço *Centropomus armatus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

El diagnóstico final del estado de aprovechamiento se efectuó con el análisis de las fases de estado del gráfico Kobe, en él se nota que las pesquerías, excepto 4 años, se han mantenido dentro del rango de las zonas de recuperación o de aprovechamiento óptimo, de allí que para el 2021 sus referencias son muy alentadoras ya que la probabilidad de estar en la zona óptima es de 64 %, mientras que el 27.8 % de probabilidad que este en zona de máximo aprovechamiento, y solo un 8.1% que se encuentre en la zona crítica. (Figura 4-141)

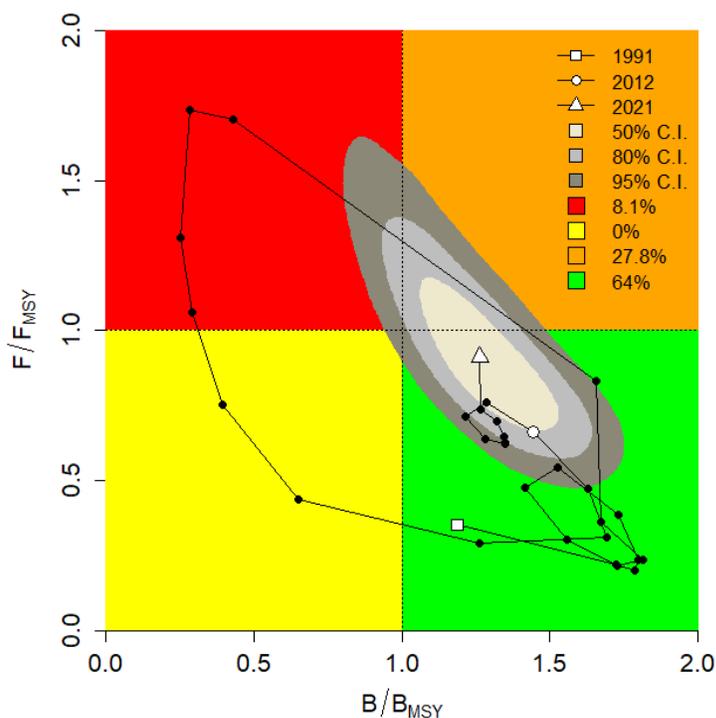


Figura 4-141. Análisis de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.16.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del gualajo (*Centropomus armatus*).  
[ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Con la información disponible de tallas y precios de primera venta recopilados por el SEPEC durante el 2021, se pudo establecer que el RMS estimado fue de 278 toneladas, con un RME de \$ 2.3 mil millones de pesos; los resultados de este modelo muestran un sistema que ya está sobrepasando los puntos de referencia, que es un poco contrario con lo que ya se ha venido analizado (

Figura 4-142).

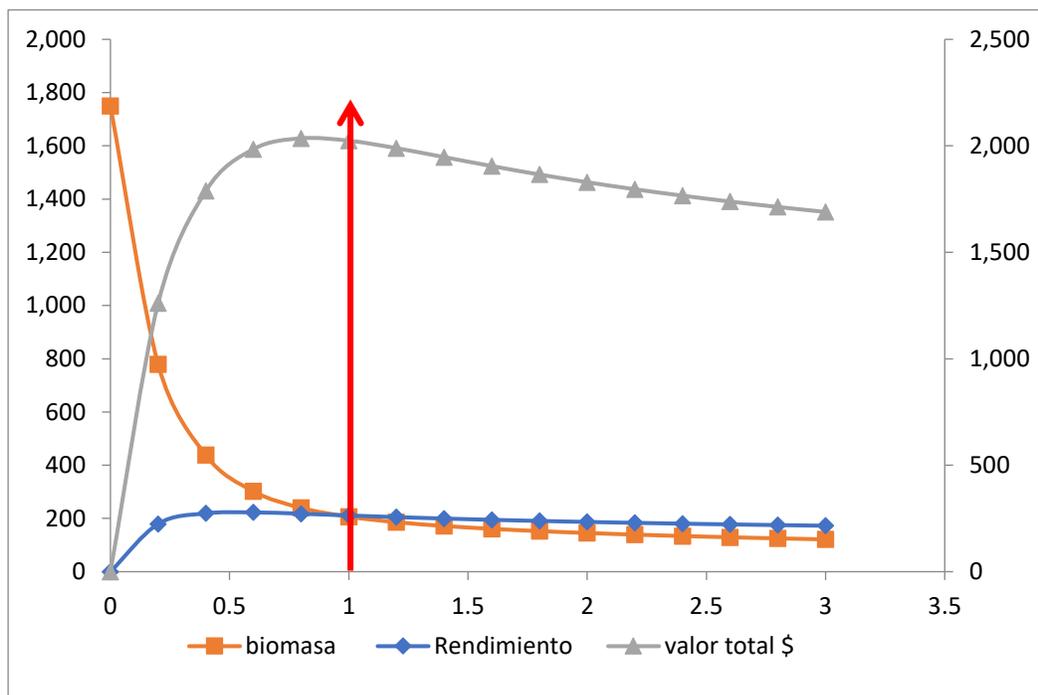


Figura 4-142. Resultados de las estimaciones del gualajo *Centropomus armatus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.1.16.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el gualajo (*Centropomus armatus*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

El análisis de esta pesquería tuvo un componente ambiental, que tiene como efecto determinar cuál sería el impacto de los cambios ambientales a las pesquerías de esta especie, para ello se prepararon 76 diferentes escenarios y se encontró que si las condiciones son estables el RMS fue de 242.6 toneladas; si las condiciones son adversas el cálculo del RMS fue de 198.1 toneladas, si la condiciones es favorable el valor alcanzado para RMS sería de 282 (Figura 4-143).

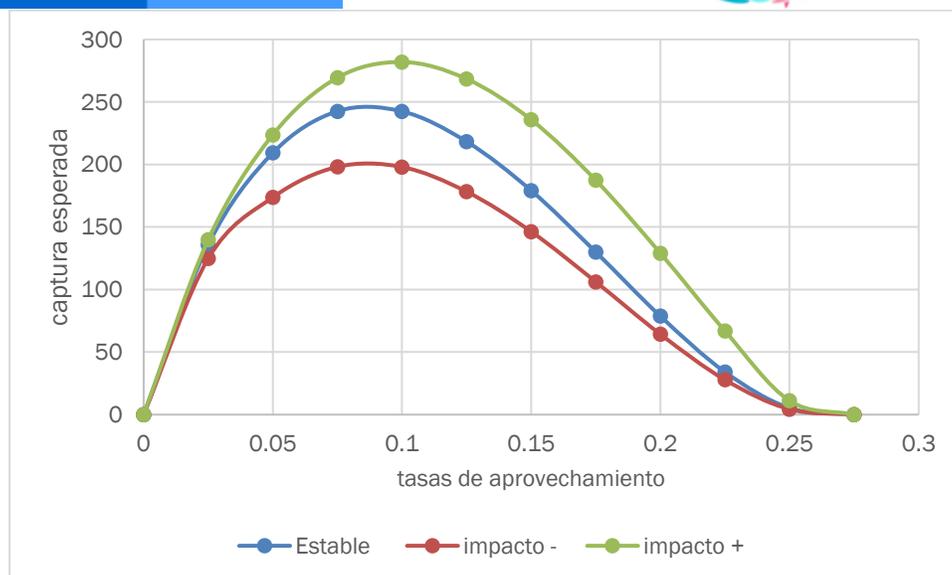


Figura 4-143. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del gualajo *Centropomus armatus* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.16.8 Conclusiones de las pesquerías del gualajo (*Centropomus armatus*)

Se encontró que existen diferencias sensibles entre el desarrollo de los modelos de longitudes LBB con el modelo de producción CMSY, que puede ser debido a los siguientes factores:

Al haber una diferencia entre el origen de los datos hizo que las diferencias se acentuaran.

- Los datos de las tallas no tienen una secuencia tan amplia como las capturas esto hace que se pierda parte de la situación del recurso.
- Existe una diferencia tangible entre la toma de información entre tallas y capturas, mientras el primero depende de los muestreos que se realicen en el lugar el segundo se puede deducir por los registros administrativos, lo que le da una diferencia en la asertividad de los datos.
- El análisis de tallas tiene una gran dependencia de la selectividad de los artes de pesca, mientras que las capturas y la CPUE están determinadas por el estado integral de las pesquerías.

Por lo anterior se cree más aconsejable guiarse por los algoritmos del modelo CMSY que muestran que las pesquerías están entrando en niveles de recuperación, que no difiere demasiado con el modelo de tallas ya que el mismo también muestra una ligera recuperación.

Es un recurso en estado de aprovechamiento sostenible. A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.575, y un porcentaje de madurez sexual de 98 %, longitud óptima  $L_{op}$  la biomasa relativa de 55 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de  $0.378 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.667 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $469 \pm (289 - 576)$ .

#### 4.1.17 Pesquerías del guayaipe (*Seriola peruana* Steindachner, 1881)



Foto: R. Robertson © (STRI)

Nombre en inglés: Fortune Jack.

##### 4.1.17.1 Antecedentes del recurso guayaipe (*Seriola peruana*)

Recurso bentopelágico tropical, se distribuye desde México hasta Ecuador que incluye las Islas Galápagos, se ha reportado una longitud máxima de 57cm de Lt., con una longitud asintótica de 59.2 cm de Lt., una talla de madurez de 32.5 cm de Lt., (FishBase consortium, 2020). Su contenido estomacal fue analizado para la zona norte Chile (Aron et al. 1992)

La especie ha sido reportada en la pesca artesanal del centro y sur del pacifico colombiano (Zambrano et al. 2018 a, b)

##### 4.1.17.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del guayaipe (*Seriola peruana*)

[ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

De los resultados obtenidos en una fase inicial de información que se obtuvo de la autoridad de pesca solamente se resalta una tasa de biomasa relativa alta. (Tabla 4-99)

De otra parte, las evaluaciones que se realizaron para determinar la significancia de los datos obtenidos de captura y CPEU, presentaron ajustes efectivos en los análisis de captura frente al modelos predictivo y buenas relaciones con los CPUE, que se vieron certificados por el comportamiento frente a la variación del proceso, y fueron igualmente significativos en el diagnóstico de los residuos del CPUE. (Figura 4-145).

Tabla 4-99. Relación de los parámetros estimados para el guayaípe *Seriola peruana* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
47	D.N.D.	0.870	D.N.D.	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones óptimas

Con la información recopilada por SEPEC se contabilizaron 210 individuos, con esta información se pudo determinar la talla media de captura en 56 cm de Lt.  $\pm 1.036$ , asimismo se determinó que solamente dos artes de pesca ejercieron su esfuerzo para extraer el recurso, de estos resultados se determinó que el arte de pesca predominante fue las líneas de mano (Tabla 4-100, Figura 4-144). [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-100. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el guayaípe *Seriola peruana*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	54.3	165.69	12.87	0.91	199
Palangre o espinel de fondo	85.5	387.00	19.67	5.93	11

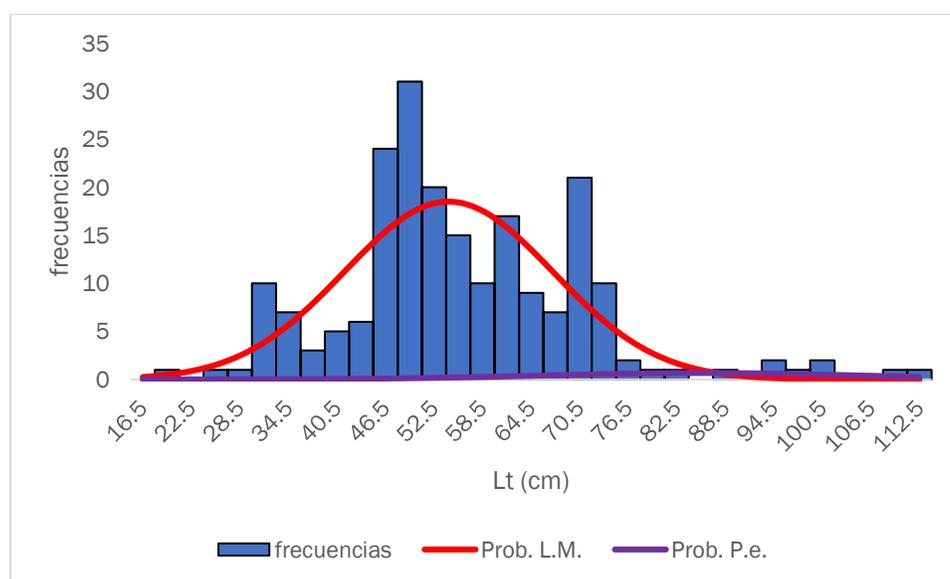


Figura 4-144. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del guayaípe *Seriola peruana* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; P.e. = palangre o espinel.

#### 4.1.17.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del guayaipe (*Seriola peruana*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

La primera etapa de este análisis fue la de revisar el comportamiento de los datos históricos recopilados tanto en capturas como en CPUE; en primer lugar, se revisó el comportamiento de las capturas que presento oscilaciones formado ciclos que muestran un recurso con pulsos productivos, también de revisó el ajuste de las CPUE, frente a un modelo logístico de este sistema y aunque no hay un ajuste perfecto si los valores estuvieron muy cerca del mismo; finalmente se revisó el ajuste de los residuos del CPUE que mostraron una significancia estadística que le da solidez a los análisis (Figura 4-145)

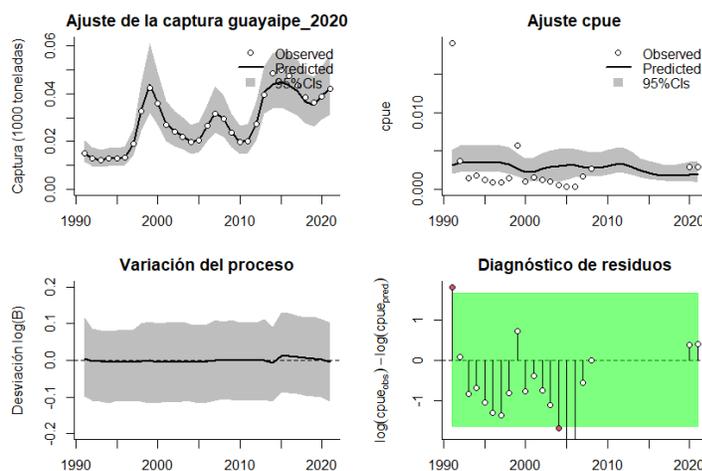


Figura 4-145. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para el guayaipe *Seriola peruana*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

La evaluación de la distribución de densidades probabilísticas de los puntos de referencia mostró que la capacidad de carga de la especie al ecosistema (K) fue la mejor ajustada, utilizando el algoritmo CMSY, usando el índice PPVR; pero para el algoritmo BMS fue para el punto de referencia MSY; los rangos de las biomasa relativa estuvo en 1991 entre 0.6 a 1 en el año de quiebre de análisis bayesiano en 2014 estuvo entre 0.2 a 0.6 y para el último año 2021 fue entre 0.2 a 0.6 las distribuciones entre los dos sistemas presentaron variaciones apreciables especialmente para el 2014. (Figura 4-146, Figura 4-147)

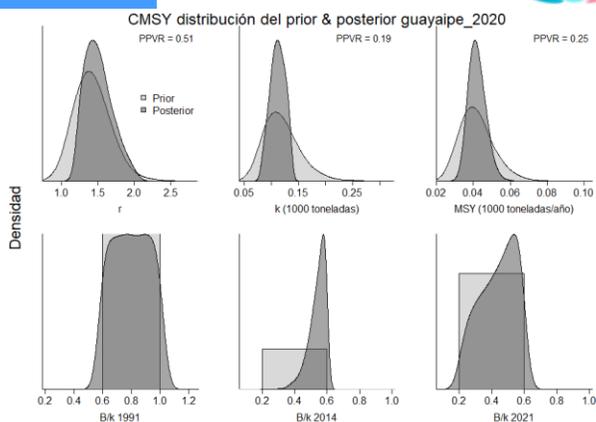


Figura 4-146. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el guayaibe *Seriola peruana*, aplicando el modelo CMSGY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

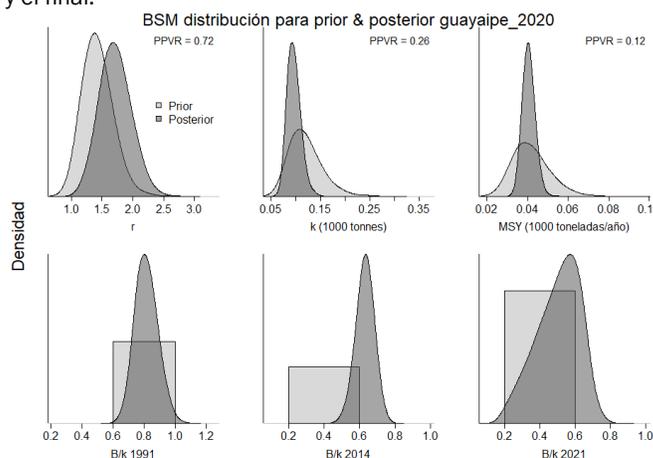


Figura 4-147. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el guayaibe *Seriola peruana*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Las estimaciones de los diferentes parámetros especialmente r fueron para ambos algoritmos cercanas, así como las estimaciones de punto de referencia limite MSY y los resultados de la biomasa relativa presento un recurso como relativamente sobreexplotado. (Tabla 4-101, Tabla 4-102)

Tabla 4-101. Resultados del CMSGY para las pesquerías realizados para el guayaibe *Seriola peruana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.58	1.21	2.07
MSY	41.8	34.3	52.2

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
K	106	79.6	141
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.456 de K	0.219	0.594
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.18	0.906	2.46

Tabla 4-102. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías para el guayaípe *Seriola peruana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.041	0.0264	0.0634
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.7	1.26	2.28
k	95.5	72.5	126
MSY	40.5	34.8	47.1
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.52 de K	0.24	0.693
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.01	0.676	2.39
r-k log correlación =	-0.862		

Finalmente, como una recomendación se administración de estas pesquerías se presentan resultados de la mortalidad por pesca que debe operar para mantener en MSY que a su vez es similar a la detectada para el último año de la serie histórica. (Tabla 4-103)

Tabla 4-103. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo para el guayaípe *Seriola peruana* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.848	0.631	1.14	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	<b>0.848</b>

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.848	0.631	1.14	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	40.5	34.8	47.1	
Bmsy	47.7	36.3	62.8	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	49.6	22.9	66.1	
B/Bmsy en el último año	1.04	0.479	1.39	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.847	0.636	1.84	
Explotación F/Fmsy =	1.01	0.676	2.39	

La trayectoria de las capturas mostro un recurso con tendencia al crecimiento que, si observamos el **tamaño del stock** no muestra variaciones importantes (Figura 4-148, panel D), y que, en las **tasas de explotación** presentó en 199 un año con una valor ligeramente superior al límite de referencia y que en el 2021 está justo en el límite (Figura 4-148, panel E), la **curva de equilibrio** mostró trayectorias ajustadas en un 40% a los niveles de rendimiento cercano al MSY. (Figura 4-148, panel F)

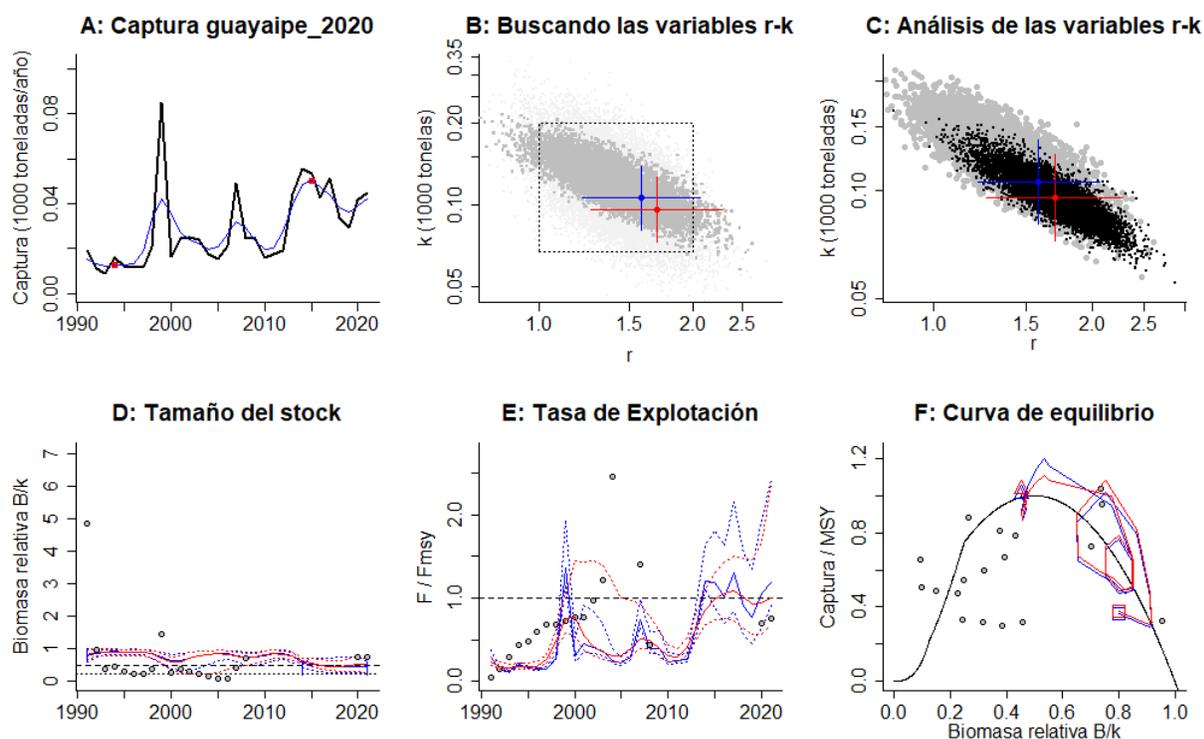


Figura 4-148. Resultados del Análisis de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Los rendimientos de las capturas fueron comparados con su punto de referencia límite, estos solo tuvieron para 1999 y 2018-2020 valores en el área de seguridad del MSY, ya en el estudio del tamaño del stock solamente en el 2019, 2020 los niveles de tasas de biomasa relativa estuvieron por debajo, lo mismo se evidencia en la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) donde la respuesta de máximo rendimiento está en el 2019 pero se estabiliza en el 2021. (Figura 4-149)

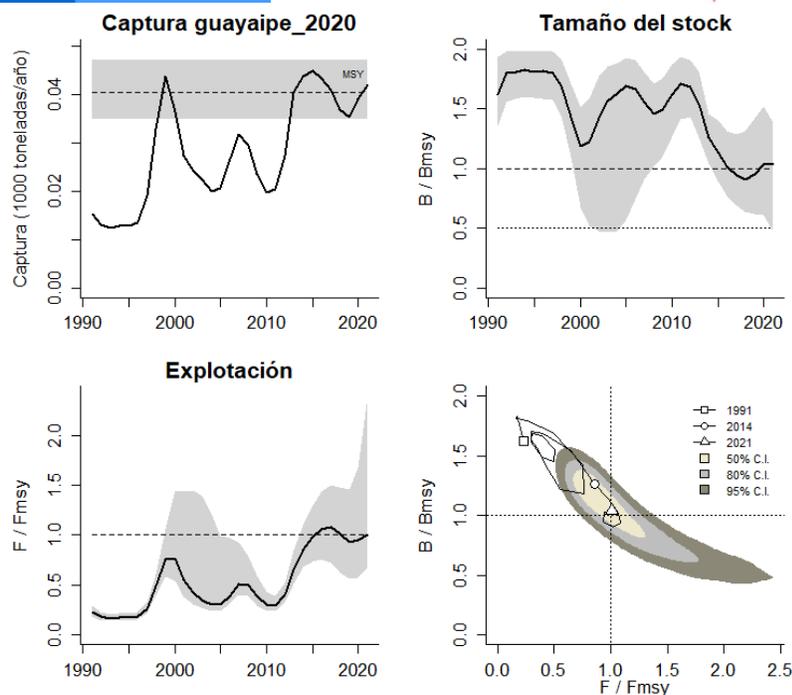


Figura 4-149. Análisis de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Como un resumen general del comportamiento de las pesquerías, se presentó en el gráfico de fases de Kobe donde las pesquerías se han mantenido en la mayor parte del tiempo en los niveles de equilibrio entre el aprovechamiento y la estabilidad ecológica de las poblaciones; sin embargo, en los cuatro últimos años este nivel se ha sobrepasado, aunque para el 2021 las probabilidades de ubicarlos en la fase crítica son de 43.3 %, con una probabilidad de que este el nivel óptimo de 48.3 %, con un 0.8 % que este en la franja de plena explotación. (Figura 4-150)

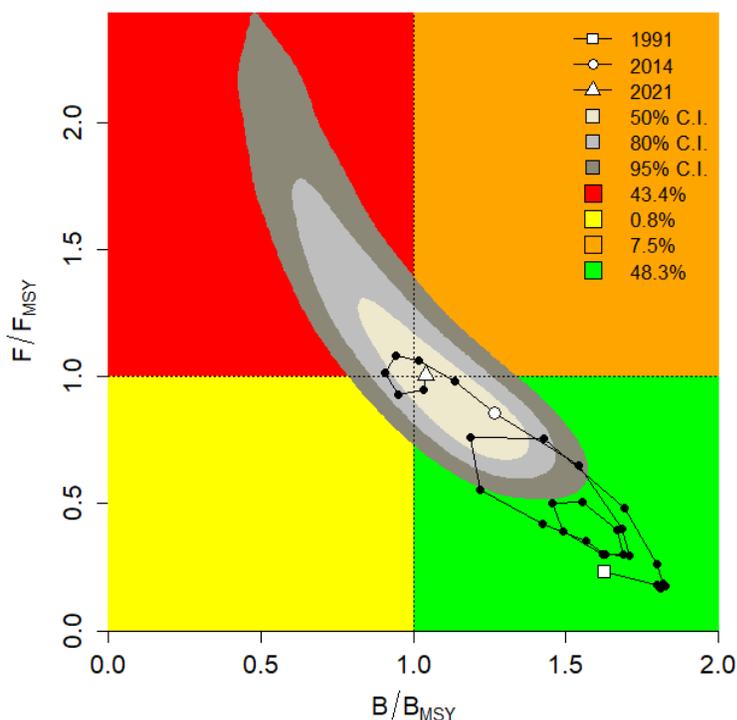


Figura 4-150. Análisis de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.17.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del guayaibe (*Seriola peruana*).  
[ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Con los valores que el SEPEC recopiló durante el 2021, tanto con tallas como con precios de primera venta se armó la información necesaria para construir este tipo de modelos que como resultado dejó que el RMS fue de 45 toneladas, con una estimación de RME de \$ 116 mil millones de pesos (Figura 4-151).

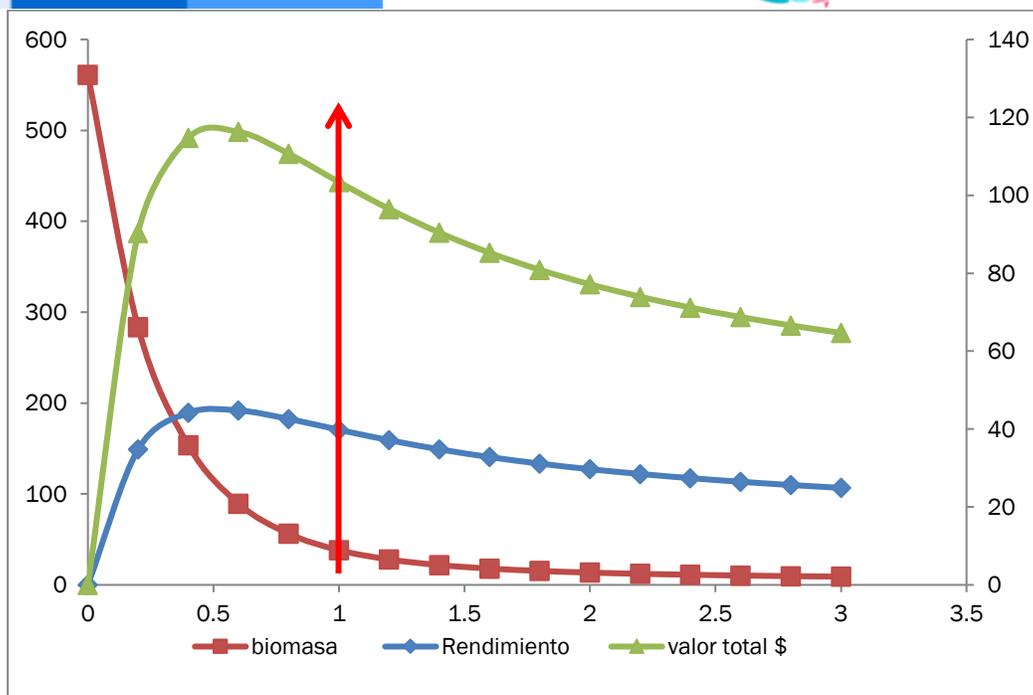


Figura 4-151. Resultados de las estimaciones del guayaipe *Seriola peruana* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.1.17.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el guayaipe (*Seriola peruana*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Siguiendo con la secuencia del estudio de estas variables pesqueras se toma como modelo de evaluación del comportamiento de las variables ambientales frente al comportamiento de la dinámica poblacional de la especie; de esta manera y con 7 diferentes escenarios, los resultados mostraron que si las condiciones son estables el RMS fue de 36 toneladas, si las condiciones no son las adecuadas la estimación de RMS baja hasta 29.4 toneladas, pero si son favorables el sistema estimó un RMS de 41.9 toneladas (Figura 4-152).

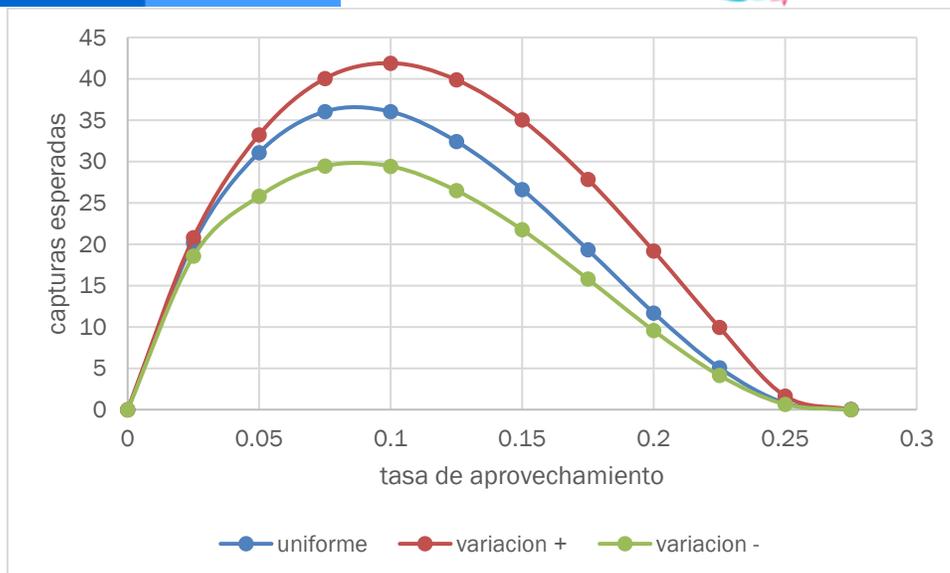


Figura 4-152. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de guayaipe *Seriola peruana* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.17.6 Conclusiones de las pesquerías del guayaipe (*Seriola peruana*)

Este es uno de los recursos que están en el límite de la sostenibilidad ya que los resultados de análisis los muestran en fases entre lo ideal y la sobreexplotación, debido a ello se deben tomar las medidas de administración para que los rendimientos se mantenga en niveles aceptables de aprovechamiento.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.01, biomasa relativa de 1.04, la mortalidad por pesca actual de 0.847 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.848 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 40.5 ± (34.8 – 47.1) toneladas.

#### 4.1.18 Pesquerías de la cherna (*Mycteroperca xenarcha* Jordan. 1888)



Foto: Gimaraes

Nombre en inglés: Broomtali grouper.

#### 4.1.18.1 Antecedentes del recurso cherna (*Mycteroperca xenarcha*)

Es un recurso demersal de aguas salobres, se encuentra entre los 0 a los 60m de profundidad, se distribuye Oeste del Pacífico Central, desde la Bahía de San Francisco, USA hasta el Perú incluyendo las Islas Galápagos, se ha detectado una talla máxima de 150 cm Lt., igualmente se reporta una longitud asintótica de 153.3 cm de Lt., una tasa metabólica de crecimiento de 0.08 cm/año, una mortalidad natural de 0.14 año<sup>-1</sup>, talla de madurez de 76.7 cm de Lt.

#### 4.1.18.1 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la cherna (*Mycteroperca xenarcha*) [ecuaciones (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

En la primera fase de evaluación de datos que se había recopilado por la autoridad de pesca marcaba, por los resultados de la biomasa relativa, un recurso en buenas condiciones con un interesante nivel económico que superaba los mil millones de pesos anuales. (Tabla 4-104).

Tabla 4-104. Estimación de los principales parámetros poblacionales de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
193	1,433,022,198	0.860	0.0088	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones optimas

#### 4.1.18.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cherna (*Mycteroperca xenarcha*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Con la recopilación de información de capturas y con datos de CPUE se desarrolló el sistema de evaluación de los datos observados encontrándose que las capturas estuvieron acorde con el modelo predictivo pero los datos de CPUE variaron respecto al modelo predictivo; por ello, se dibujó las variaciones de proceso de las biomásas observadas y se encontró que el ajuste fue casi perfecto, de la misma manera el diagnóstico de los residuos estuvieron dentro de lo esperado lo que solidifica la información de los CPUE observados. (Figura 4-153)

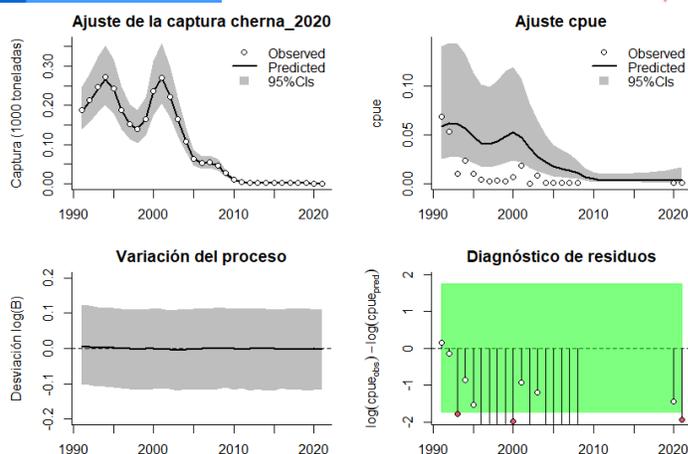


Figura 4-153. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de *cherna Mycteroperca xenarcha*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

El estudio de las densidades probabilísticas de los puntos de referencia mostró que el índice PPVR presenta como el mejor ajuste el realizado para el MSY, tanto si la respuesta fue con la aplicación del algoritmo CMSY como el BSM, los rangos de las biomases se determinaron para 1991 entre 0.2 a 0.6, el año de quiebre de este estudio presento un rango entre 0.0 a 0.4 y para el año 2021 este mostró una situación crítica con rangos entre 0.01 a 0.1, los comportamientos prior y posterior mostró comportamientos casi idénticos independiente de método utilizado. (Figura 4-154, Figura 4-155).

Las variaciones entre las estimaciones del coeficiente  $r$  y el MSY utilizado los dos algoritmos no fue apreciable, pero si hubo diferencias entre las estimaciones entre los rangos de las biomases relativas, por lo que la conclusión se reduce a que el recurso está en dificultades. Es de resaltar que el valor de MSY es ligeramente superior al estimado en la primera fase del estudio. (Tabla 4-105, Tabla 4-106)

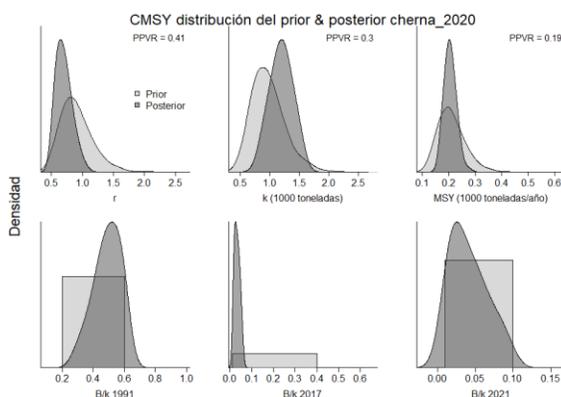


Figura 4-154. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de *cherna Mycteroperca xenarcha*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los

ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

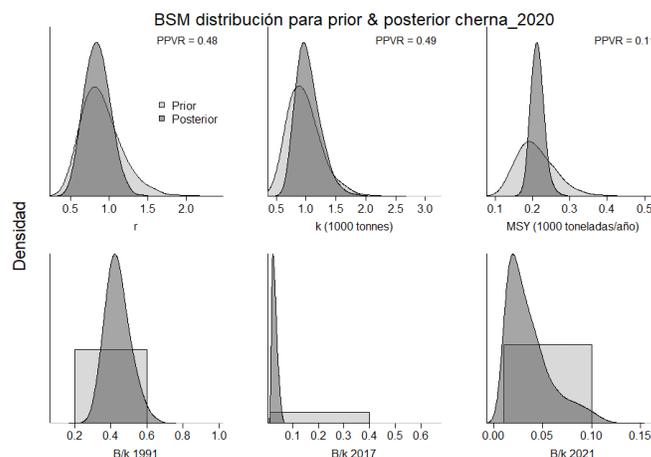


Figura 4-155. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la cherna *Mycteroperca xenarcha*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Tabla 4-105. Resultados del CMSY realizados en las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.752	0.518	1.09
MSY	204	169	254
K	1110	772	1590
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0364de K	0.0109	0.093
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.529	0.207	1.77

Tabla 4-106. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.133	0.0662	0.268
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.833	0.566	1.23
k	1020	699	1500

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
MSY	213	181	250
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0298 de K	0.0116	0.0964
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.589	0.0572	4.01
r -k log correlación =	-0.911		

Los análisis de los datos recopilados mostraron que ya se pasó los niveles de sostenibilidad y los valores de la mortalidad por pesca desbordaron los niveles teóricos de 0.5B que pueden estar influyendo en el reclutamiento que puede sostener el rendimiento máximo sostenible. (Tabla 4-107)

Tabla 4-107. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.416	0.283	0.613	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.0497</b>
Fmsy	0.0497	0.0337	0.0731	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	213	181	250	
Bmsy	511	350	748	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	30.5	11.8	98.6	
B/Bmsy en el último año	0.0596	0.0232	0.193	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.0294	0.00908	0.0756	
Explotación $F/F_{msy} =$	0.589	0.0572	4.01	

La revisión de la serie histórica de los datos de captura observados muestra una pesquería abundante hasta 2005, de allí en adelante los rendimientos bajaron extraordinariamente, y aunque no han descendido si se mantiene en niveles productivos muy bajos, debido a esto el **tamaño del stock** mostraron registros de biomasa relativa muy bajos en los años recientes (Figura 4-156, panel

D), de la misma manera las **tasas de explotación**, permanentemente presentaron valores muy elevados (Figura 4-156, panel E), lo que dio como resultado que la **curva de equilibrio** presentó una trayectoria que denota zonas de muy baja productividad. (Figura 4-156, panel E)

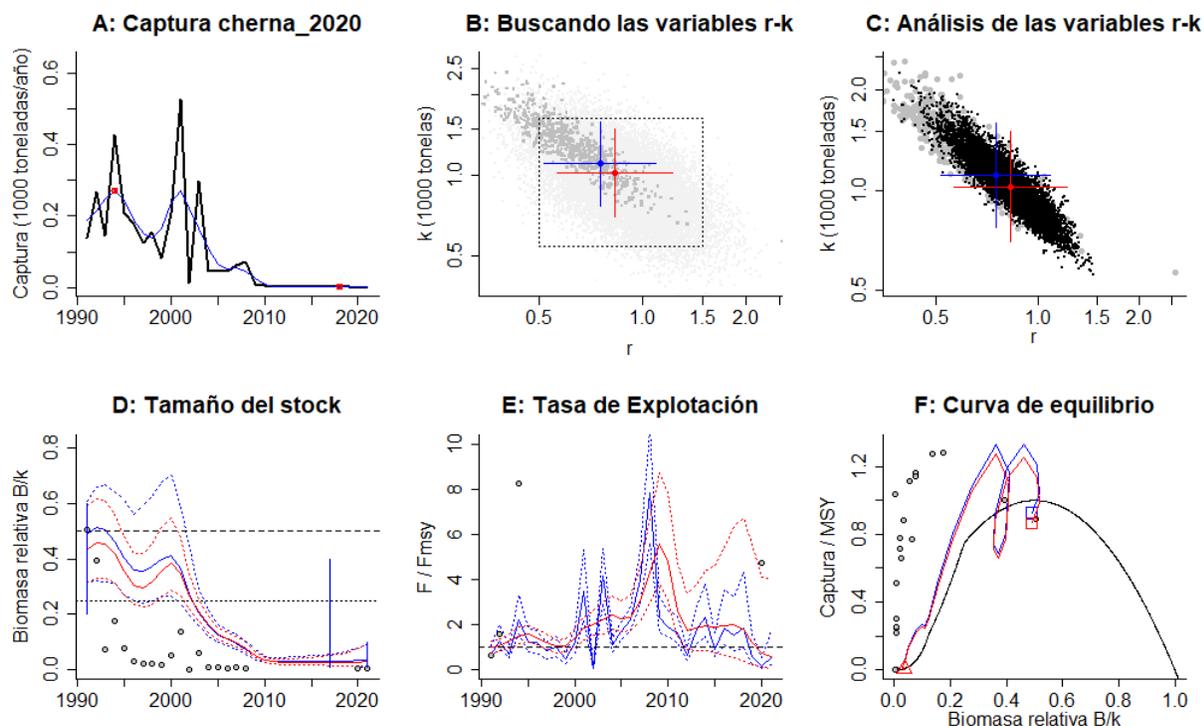


Figura 4-156. Resultados del Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

La evaluación de las capturas frente al punto de referencia MSY presentó los primeros años como equilibrados entre capturas y el punto de referencia pero luego la situación se complica y los rendimientos han disminuido considerablemente, esto se vio ratificado por la evaluación del tamaño de recurso frente a los límites de manejo que dio como resultado que las tasas de biomasa están en crisis, lo mismo ocurre con la **tasa de explotación** ( $F/F_{MSY}$ ) que se dispara para los años más recientes. (Figura 4-157)

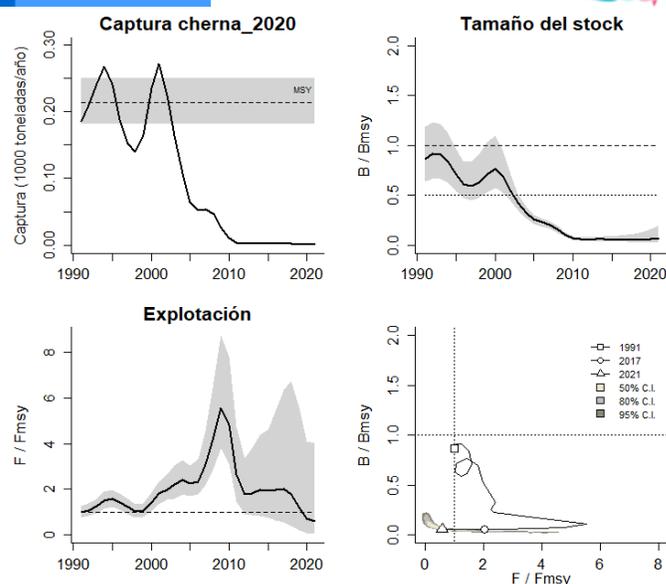


Figura 4-157. Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Uno de los mejores métodos de evaluar el estado de salud del recurso fue utilizando el gráfico de fases probabilísticas de Kobe, este mostró que las pesquerías ya empezaron en los límites de seguridad, pero luego casi todo el recorrido de la serie histórica fue negativo y para el último año (2021) se notó una ligera recuperación, de tal manera que la probabilidad que se esté en la zona crítica fue de 35.4%, mientras que en zona de recuperación estuvo en 64.6% (Figura 4-158)

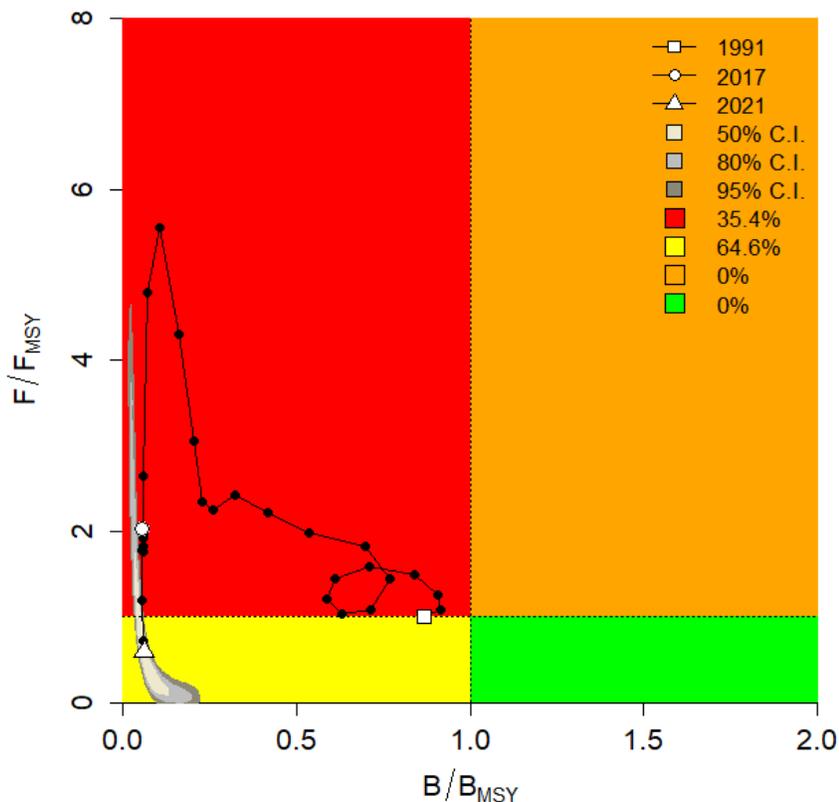


Figura 4-158. Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.18.1 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la cherna (*Mycteroperca xenarcha*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Es importante que todos estos modelos tengan un componente ambiental, de esta manera y con las series históricas y el modelo de simulación de 7 escenarios diferentes de la naturaleza, bajo estas perspectivas si las condiciones ambientales son constantes el RMS fue de 212.5 toneladas, si el sistema tiene variaciones negativas para la especie este valor disminuye hasta 173.6, pero si estas son favorables 247.1 toneladas (Figura 4-159).

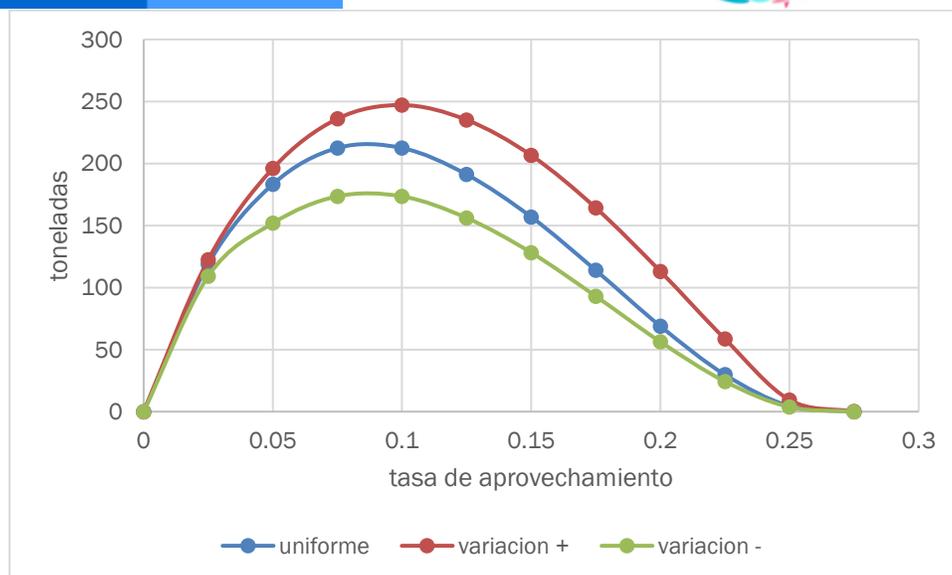


Figura 4-159. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la cherna *Mycteroperca xenarcha* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.1.18.1 Conclusiones de las pesquerías de la cherna (*Mycteroperca xenarcha*)

Como se ha demostrado las pesquerías de este recurso está en situación que sobrepasa todos los límites de seguridad que obliga a proponer un límite muy bajo de MSY el cual fue estimado en 167 toneladas, pero lo más recomendable es la de bajar la mortalidad por pesca inicialmente en un 10% y sostenerlo por unos cuatro años e irlo subiendo paulatinamente hasta que se logre su recuperación total.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de tasa de explotación de 0.589, biomasa relativa de 0.0596, la mortalidad por pesca actual de 0.0294 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0497 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 213 ± (181 – 250) toneladas.

#### 4.1.19 Pesquerías de la carduma (*Cetengraulis mysticetus* (Günther, 1867))

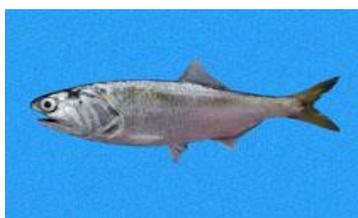


Foto. R Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific anchoveta

#### 4.1.19.1 Antecedentes del recurso carduma (*Cetengraulis mysticetus*)

Este recurso es de tipo marino costero, se encuentra entre los 0 a los 32 m de profundidad, se distribuye la costa sureste de Baja California, México, Golfo de California hasta el Norte del Perú; se reporta una longitud máxima de 22 cm de Lt., con una longitud asintótica de 17.4 cm de Lt., una tasa metabólica de crecimiento de 1.35 cm/año, una talla de madurez de 10.9 cm de Lt., una estimación de mortalidad natural de 2.36 año<sup>-1</sup>, una tasa instantánea de mortalidad total de 1.25, que reporta una mortalidad por pesca de -1.11 años<sup>-1</sup>, y por lo tanto una tasa de aprovechamiento de -0.89 que es muy alta. (Fishbase, 2020).

Los resultados de estudios poblacionales mostraron que la carduma tuvo una tasa metabólica de crecimiento de 1.99 cm/año con un rango estimado de mortalidad natural entre 1.4 a 3.4 año<sup>-1</sup>, los patrones de crecimiento estimados fueron los siguientes de acuerdo con la zona geográfica: Montijo Bay Loo = 159.1 mm de Lt., K = 2.42 mm/año Golfo de Panamá Loo = 149.5 mm de Lt., K = 2.36 mm/año; Colombia 143.1mm de Lt., K = 2.0.9 Ecuador- Perú 144.8 mm de Lt., K = 1.34 mm/año. (Bayliff, 1967)

La mortalidad por pesca ha tenido varias estimaciones en los diferentes lugares, pero para Colombia se estimó, entre 1951 a 1960 un valor de Z = 2.13 años<sup>-1</sup>, que fue uno de los más bajos de la evaluación. (Bayliff, 1967).

En Colombia, esta ha sido una especie que fue intensamente evaluada en los años 90 por proyectos del INPA-VECEP con diferentes cruceros de evaluación independiente de la pesquería, análisis de huevos y larvas, entre otros, Zapata et al (2011) hicieron una evaluación del estado de la pesquería en su momento, De nuevo, Zapata et al (2013) hicieron una evaluación de la pesquería de pequeños pelágicos y su respuesta a eventos pelágicos.

#### 4.1.19.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la carduma (*Cetengraulis mysticetus*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Las pesquerías de la carduma fueron un sistema pesquero muy importante para la producción de harina de pescado, pero desde que se dejó de utilizar no se han tenido evaluaciones actuales, inicialmente con los modelos tradicionales de evolución que compone esta primera fase del estudio se detectó que el recurso estaba en un nivel aceptable de aprovechamiento pero que debía manejarse con cuidado. (Tabla 4-108)

Tabla 4-108. Relación de los parámetros estimados para la carduma *Cetengraulis mysticetus* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
24,303	D.N.D.	0.740	0.0005	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones aceptables

#### 4.1.19.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la carduma (*Cetengraulis mysticetus*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Con la información de series de tiempo entre 1991 hasta el 2008, se evaluó la respuesta a los modelos predictivos tanto de las capturas como de la CPUE, que aunque presentaron algunos desajustes los mismo fueron corregidos en el ajuste de las variaciones del proceso que dieron como resultado un nivel de significancia de las biomazas con relación al límite estándar de variación 0, de la misma manera el diagnóstico de los residuos de la CPUE fue aceptable lo que le da solidez a estudio que se va a realizar. (Figura 4-160)

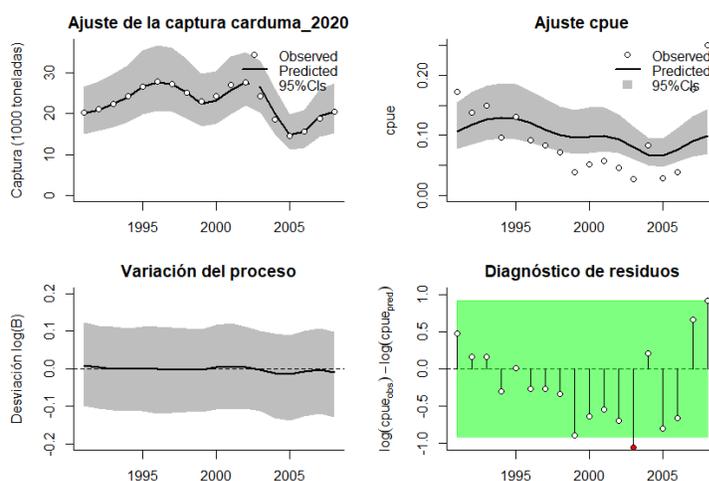


Figura 4-160. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

El estudio de las densidades probabilísticas de los puntos de referencia se encontró que, independientemente del algoritmo utilizado (CMSY y BSM) la evaluación con el índice PPVR presento un mejor ajuste para la referencia MSY; igualmente los rangos de biomasa estuvieron para 1991 entre 0.2 a 0.6, para el 2004 que es el año de quiebre del análisis estuvieron entre 0.0 y 0.4 y para el 2008 entre 0.01 y 0.4, las diferencia en el análisis prior de ambos algoritmos tuvo diferencias ya que los resultados para el BSM fueron más uniformes ya que los CMSY tiene buzamientos. (Figura 4-161, Figura 4-162)

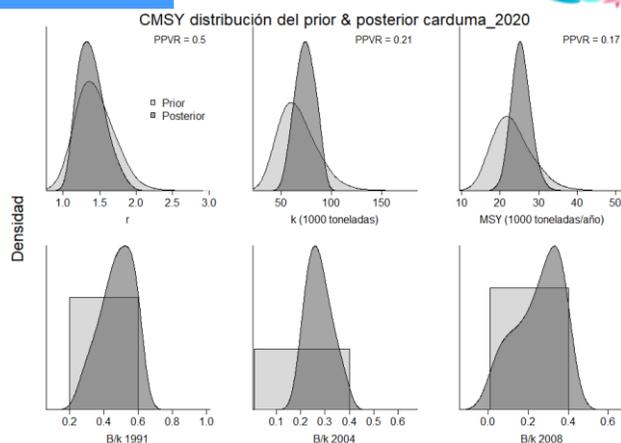


Figura 4-161. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, aplicando el modelo CSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

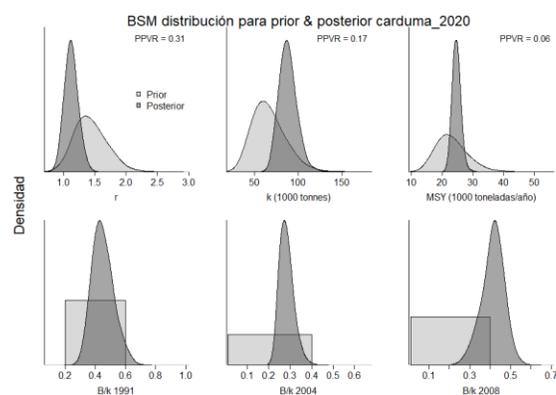


Figura 4-162. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Teniendo en cuenta que este es un recurso de rápido crecimiento se encontró que las tasas intrínsecas de crecimiento (r) son altas que indica un recurso con altas resiliencias y los valores de rendimiento máximo sostenible (MSY) es muy similar independientemente del método utilizado; de otra parte, las estimaciones de las tasas de biomasa presentaron un recurso con niveles aceptables de aprovechamiento. (Tabla 4-109, Tabla 4-110).

Tabla 4-109. Resultados del CSMY para las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.47	1.11	1.94
MSY	25300	21200	30300
K	68800	51300	92400

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.276k	0.0236	0.395
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.53	1.07	17.8

Tabla 4-110. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.00277	0.00205	0.00374
r	1.13	0.932	1.36
k	1.13	0.932	1.36
MSY	24700	22100	27500
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0387k		
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.418	0.293	0.514
r - k log correlación =	0.997	0.783	1.43

Como herramienta de administración se recomienda continuar con una mortalidad por pesca de 0.563 con un punto de referencia cercano a las 25 mil toneladas. (Tabla 4-111)

Tabla 4-111. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo para la carduma *Cetengraulis mysticetus* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Límites de confianza al 95 %		Decisión
Fmsy	0.563	0.466	0.68	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.563</b>
Fmsy	0.563	0.466	0.68	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	24700	22100	27500	
Bmsy	43900	35200	54700	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	36700	25700	45100	
B/Bmsy en el último año	0.836	0.586	1.03	
Mortalidad por pesca en el último año	0.559	0.455	0.797	
Explotación $F/F_{msy}$	0.997	0.783	1.43	

Estudiando el comportamiento de las capturas en la serie de tiempo se pudo determinar de manera general que las pesquerías de la carduma tienen un comportamiento oscilatorio sinusoidal, el

tamaño del stock se ha mantenido más o menos estables, aunque presionados hacia los últimos años de recuento histórico de las biomazas relativas, la tasa de explotación ha estado cercano a límite estándar establecido y la curva de equilibrio mostró valores cercanos al rendimiento máximo sostenible (MSY). (Figura 4-163)

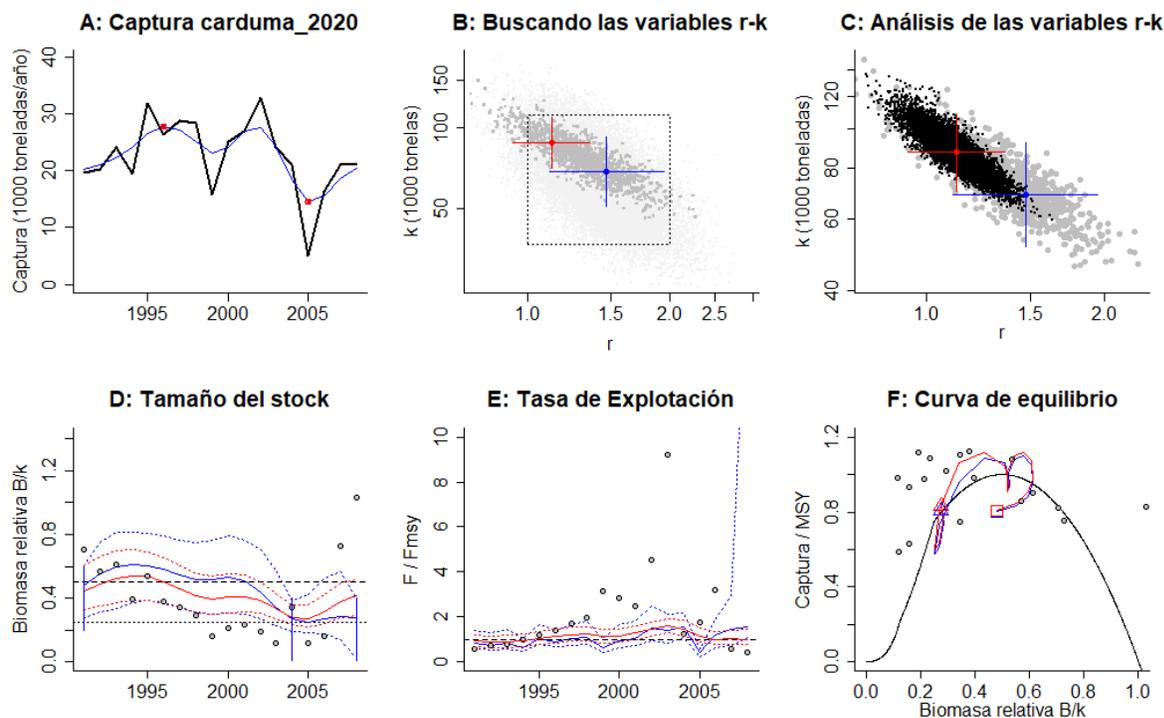


Figura 4-163. Resultados del Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Se determinó el comportamiento de las capturas frente al punto de referencia (MSY) y se encontró que casi siempre estuvo muy cercano a éste excepto para los últimos años, de la misma manera el tamaño del stock mostró un comportamiento uniforme, pero en los últimos años y en especial para 2005 las pesquerías no tuvieron su mejor desempeño, por lo tanto, la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) correspondieron al análisis anterior con un año alto en 2005. (Figura 4-164)

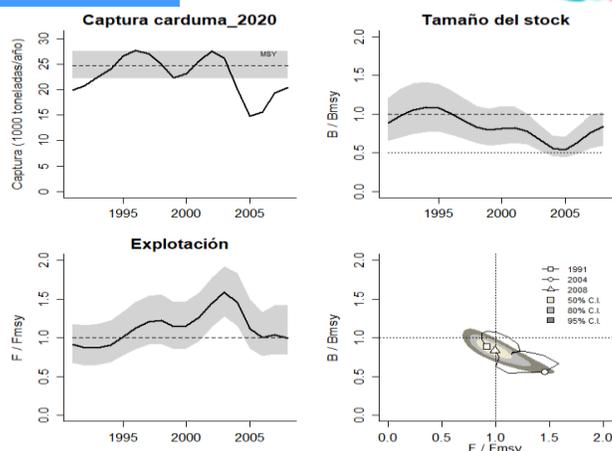


Figura 4-164. Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Empleando la tecnología de probabilidades consignada en el gráfico de fases de Kobe, se encontró una pesquería de la carduma que casi cerró un círculo en su historia de la producción, esto es comenzó en fase de recuperación paso a un nivel óptimo estuvo en la fase crítica y se estuvo recuperando hasta el último año en el cual la probabilidad de esta en fase crítica es del 49.2%, que este en recuperación del 46.2% y en la zona óptima de 4.6%. (Figura 4-165)

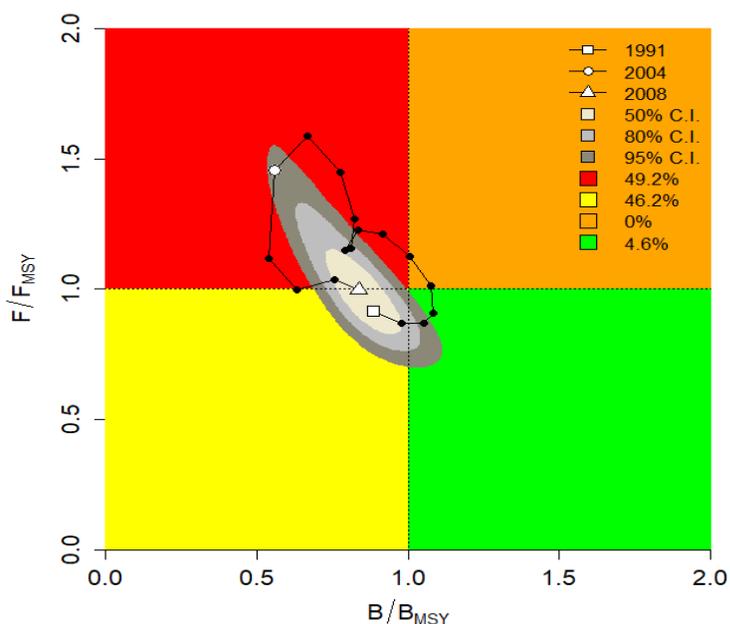


Figura 4-165. Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.1.19.4 Conclusiones de las pesquerías de la carduma (*Cetengraulis mysticetus*)

Si bien este recurso lleva mucho tiempo sin ser aprovechado y que podría constituirse en una alternativa de producción para la pesca en Colombia, no hay que olvidar que este stock por lo menos es compartido con Panamá y con el Ecuador, y que además los análisis efectuados aquí no presentaron un recurso boyante; por ahora se puede recomendar una MSY de 24 o 25 mil toneladas, con la clara idea de que si la pesquería se retoma se deben efectuar estudios de seguimiento.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.997, biomasa relativa de 0.836, la mortalidad por pesca actual de 0.559 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.563 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 24700 ± (22100 – 27500) toneladas.

#### 4.1.20 Pesquerías de la botellona (*Menticirrhus panamensis* (Steindachner, 1876))



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Panama kingcroaker.

##### 4.1.20.1 Antecedentes del recurso botellona (*Menticirrhus panamensis*)

Recurso bentopelágico tropical, se distribuye desde Baja California, hasta México y el Golfo de California, con una longitud máxima de 75 cm de Lt., con una longitud asintótica de 77.5 cm de Lt., talla de madurez de 41.5 cm de Lt., una tasa metabólica de crecimiento de 0.24 cm/año, mortalidad por pesca de 0.45 año<sup>-1</sup>, con una tasa instantánea de mortalidad total de -11.4 año<sup>-1</sup>, mortalidad por pesca de -11.85 año<sup>-1</sup>, que produjo una tasa de explotación muy alta de -1.04. (Fishbase, 2020).

En el pacífico colombiano, se ha reportado como parte de los recursos de la pesca artesanal de la zona centro y sur (Zambrano et al. 2018 a, b).

##### 4.1.20.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la botellona (*Menticirrhus panamensis*). [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

No son muchos la información recopilada para esta especie, pero con los datos que posee la autoridad pesquera y en esta primera fase de la investigación se pudo establecer que el recurso ha estado muy presionado. (Tabla 4-112)

Tabla 4-112. Estimación de los principales parámetros poblacionales de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
37	D.N.D.	0.400	D.N.D.	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones críticas

#### 4.1.20.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la botellona (*Menticirrhus panamensis*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

La primera evaluación realizada con este recurso fue la de determinar su comportamiento de las capturas y CPUE frente a sus modelos predictivos, se encontró que el comportamiento se ajustó bastante con algunas variaciones en el CPUE, por lo tanto, los cambios del proceso y el diagnóstico de los residuos afirmaron la seguridad de los análisis. (Figura 4-166)

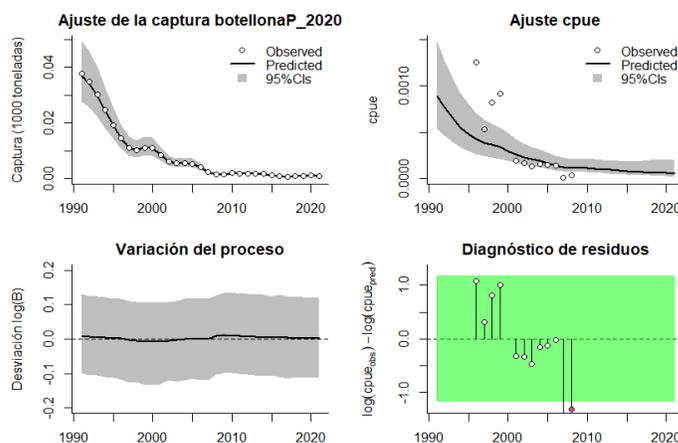


Figura 4-166. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

La evaluación de las densidades de probabilidades de los puntos de referencia evaluadas con indicador PPVR mostraron que para el algoritmo CMSY el mejor ajuste fue para el coeficiente  $r$ , mientras que para el algoritmo BSM, el mejor ajuste fue para MSY; las densidades de distribución

probabilística de las biomazas relativas mostró para 1991 un rango entre 0.2 a 0.6, el año de quiebre para 2016 el rango fue de 0.0 a 0.4 y para el 2021 este rango se reportó entre 0.001 a 0.1, per se muy ajustado a la capacidad de producción; en si las distribuciones posterior tuvieron comportamientos diferenciales para los dos algoritmos. (Figura 4-167, Figura 4-168)

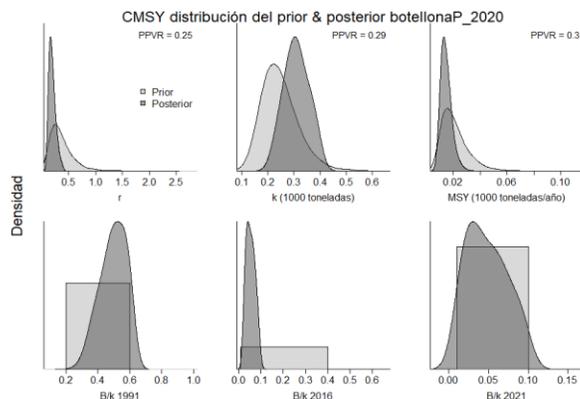


Figura 4-167. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la botellona *Menticirrhus panamensis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

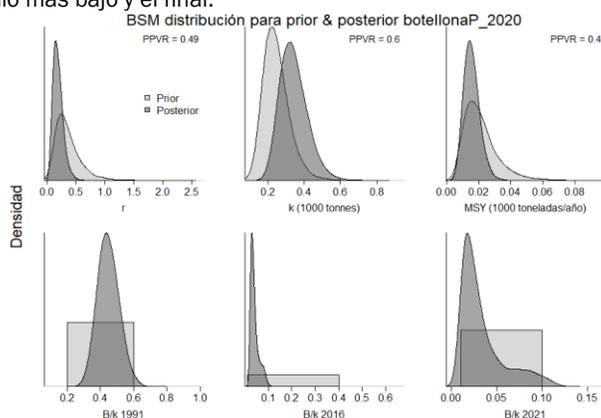


Figura 4-168. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la botellona *Menticirrhus panamensis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Para las estimaciones de los valores puntuales de las pesquerías de este recurso se encontraron diferencias en las estimaciones CMSY y BMS del punto de referencia de coeficiente r, pero el cálculo de MSY fue casi igual, y aunque existieron algunas diferencias para el cálculo de la biomasa relativa ambos resultados muestran que el recurso está siendo fuertemente aprovechado y que ya se encuentra en serios problemas para su sostenibilidad. (Tabla 4-113, Tabla 4-114).

Tabla 4-113. Resultados del CMSY para las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	0.212	0.113	0.287
MSY	14	9.05	24.2
K	287	203	406
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0453 de K	0.0115	0.0968
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.22	1.5	12.7

Como una medida de administración se calculó la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible, este cálculo demostró que las pesquerías están por debajo de  $\frac{1}{4}$  de B por lo tanto la estimada fue de 0.00893, que es muy baja y peligrosa aunque la mortalidad por pesca calculada para el último año es mucho más alta, pero la consecuencia del estado de salud se midió con la tasa de explotación del 2021 que está demasiado alta y que implica que especialmente en el 2021 el esfuerzo de pesca ha ejercido una muy alta presión. (Tabla 4-115)

Tabla 4-114. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
		Intervalo de confianza al 95%	
q	0.00604	0.00358	0.0102
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.178	0.0738	0.429
k	335	220	509
MSY	14.9	8.04	27.9
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0251 de K	0.0112	0.101
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	14	0.744	92.3
r - k log correlación =	-0.772		

Tabla 4-115. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.089	0.0369	0.215	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.00893</b>
Fmsy	0.00893	0.0037	0.0215	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	14.9	8.04	27.6		
Bmsy	167	110	254		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	8.4	3.76	33.8		
B/Bmsy en el último año	0.0502	0.0225	0.202		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.126	0.0313	0.281		
Explotación F/Fmsy =	14	0.0774	92.3		

El diagnóstico que dio una visión holística del estado de salud del recurso se realizó sobre la situación del recurso que fue cuando realizamos el seguimiento a sus capturas. El análisis nos deja que, para esta especie, las abundancias han estado en franca decadencia, con base en esto el estudio de las biomásas relativas para determinar el **tamaño del stock** mostraron la dificultad en el estado de la botellona (Figura 4-169, panel D), esto se ve ratificado en la **tasa de explotación** donde, prácticamente no hay un solo año que sea tranquilizador (Figura 4-169, panel E), por ejemplo la construcción de la **curva de equilibrio** casi todos los valores y la trayectoria de las pesquerías están concentradas en los valores más bajos de sus biomásas. (Figura 4-169, panel F)

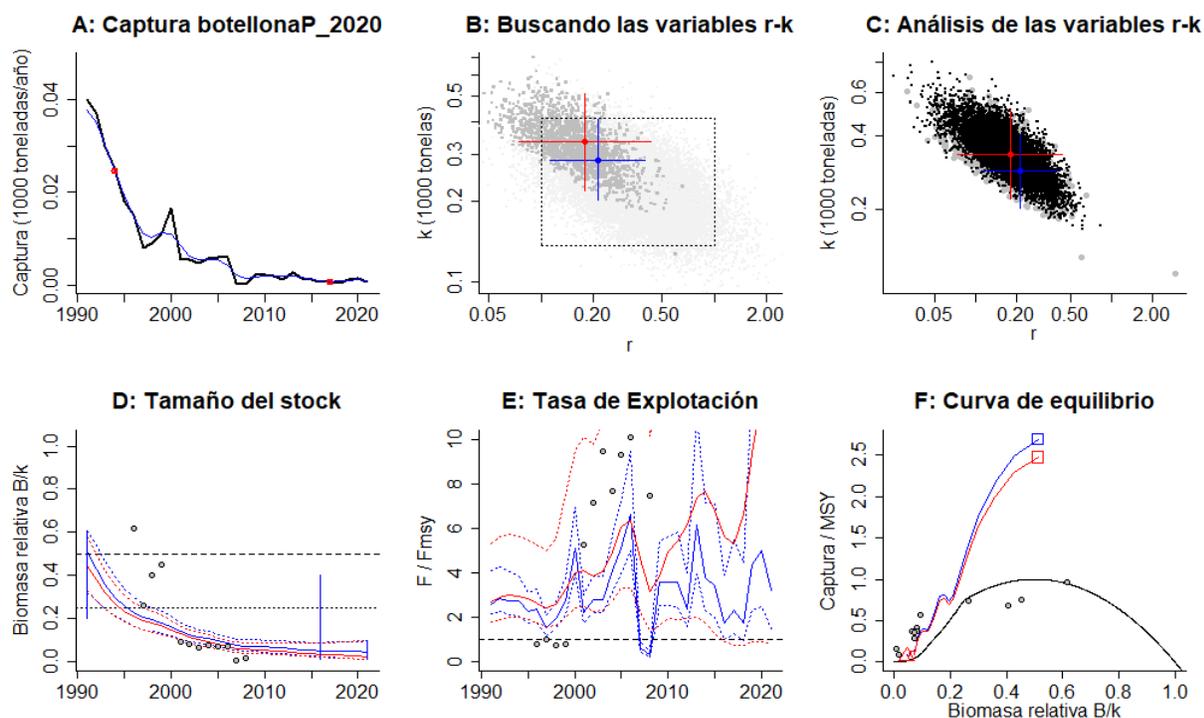


Figura 4-169. Resultados del Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Como un complemento de los análisis anteriores se midió el recorrido histórico de las capturas frente a punto de referencia MSY donde se denotó el fuerte agotamiento del recurso, así el tamaño de stock muestra una condición alarmante, y la tasa de explotación ( $F/F_{msy}$ ) estuvo, desde un principio en dificultades especialmente después de 2005 hasta el 2021. (Figura 4-170).

Todo lo anterior se resume en la gráfica de fases probabilísticas de Kobe, en la que encontramos que desde el inicio de las pesquerías el recurso está en dificultades y que casi desde el 2000 la situación se ha visto muy comprometida con la estabilidad en sus poblaciones. (Figura 4-171)

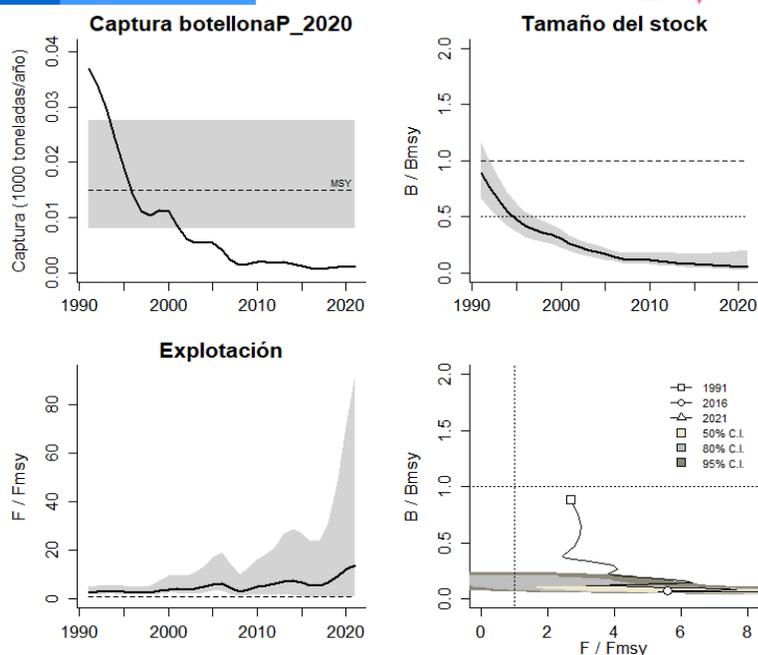


Figura 4-170. Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

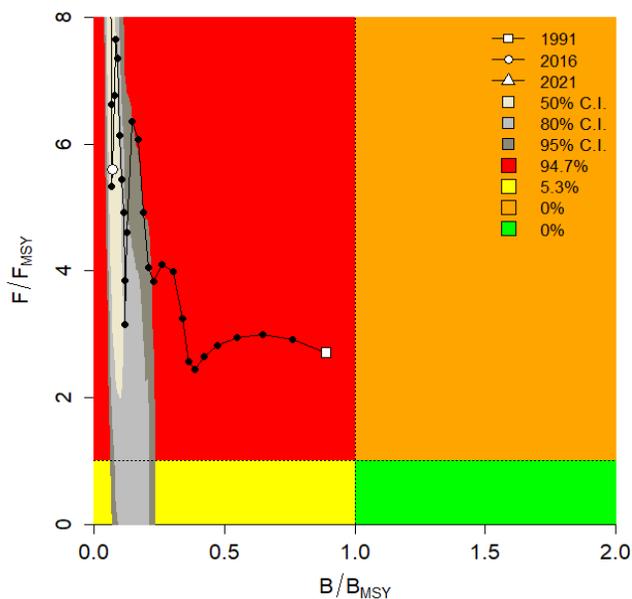


Figura 4-171. Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.1.20.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la botellona (*Menticirrhus panamensis*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Tomado el tema de las condiciones de la naturaleza y como se realizó con los demás recursos, se evaluó el posible impacto que tendría los recursos pesqueros y sus pesquerías a los cambios ambientales, para lograr este objetivo se utilizó este modelo con 7 diferentes escenarios de posibles cambios en los parámetros que rigen el comportamiento del medio ambiente; se encontró que si estas variables permanecen estables el cálculo del RMS dio 10.1 toneladas, si estos factores son adversos para la especie el RMS es de 8.3 toneladas, pero si las condiciones son propicias el RMS fue de 11.8 toneladas (Figura 4-172).

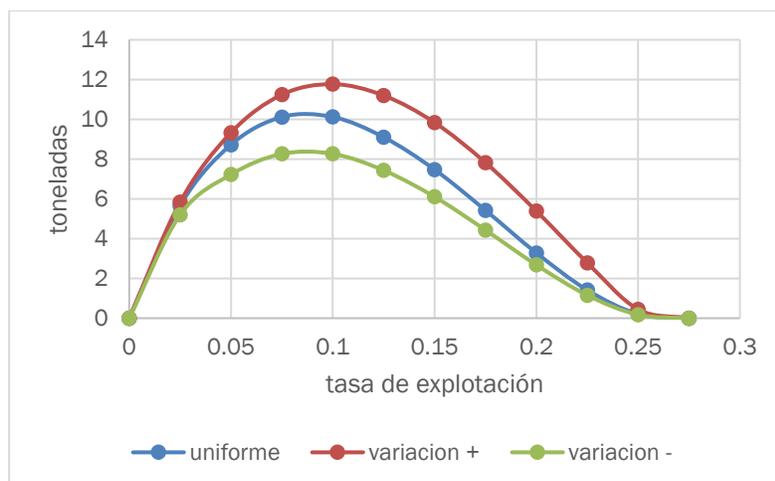


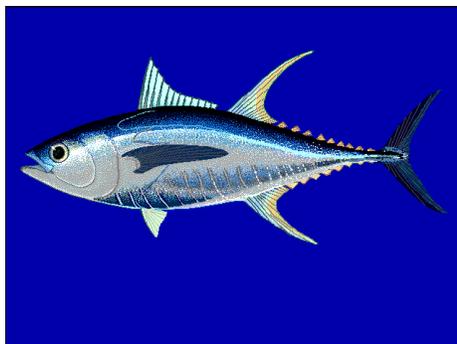
Figura 4-172. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la botellona en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.1.20.5 Conclusiones de las pesquerías de la botellona (*Menticirrhus panamensis*)

Las respuestas de los análisis realizados muestran un recuso en clara sobrepesca, lo que obliga a extremar las medidas de conservación de la pesca y que sus rendimientos anuales a partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 14, biomasa relativa de 0.0502, la mortalidad por pesca actual de 0.126 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00893 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 14.9 ± (8.04 – 27.6) toneladas.

## 4.2 Atunes

### 4.2.1 Pesquerías de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788))



Nombre en inglés: Yellowfin tuna

#### 4.2.1.1 Antecedentes del recurso atún alertas amarilla (*Thunnus albacares*)

Esta es una pesquería típicamente pelágica, el recurso tiene una distribución pan tropical que por su importancia económica y ecológica propicio que su manejo se hiciera bajo el dominio de una OROP que fue la Comisión Interamericana del Atún tropical CIAT y se encarga desde temas de investigación hasta temas de ordenamiento.

#### 4.2.1.2 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

La serie histórica de los datos de capturas muestra que estas pesquerías tenían producciones bajas y luego se fueron incrementado hasta llegar a un máximo de producción hacia el 2021, igualmente la relación de la tasa de **biomasas relativa (B/K)** a través del tiempo, mostró que el punto inicial de la respuesta prior del modelo bayesiano tuvo un rango entre 0.2 a 0.6; luego en el punto de quiebre en el 2015 donde el rango estuvo entre 0.5 a 0.9 y en el último año (2021) se estabilizó entre 0.4 a 0.8 (Figura 4-173, panel D); la **tasa de aprovechamiento** fue inferior al valor máximo de 1, que indica que las pesquerías están en niveles adecuados (Figura 4-173, panel E); lo anterior se corrobora con la **curva de equilibrio** que muestra un sistema de aprovechamiento por encima del valor máximo (Figura 4-173, panel F).

Dentro de los análisis que determinaron el estado de salud del recursos se estructuró comparación entre las capturas y el MSY, el resultado presentó un comportamiento que se estuvo casi siempre por debajo de los niveles permitidos o dentro de la franja de seguridad, de otra parte el análisis del aprovechamiento del recurso también mostró que la tasas de aprovechamiento (F/Fms) estuvo por debajo de los niveles de seguridad (1) que es el referente de equilibrio; finalmente el **tamaño del stock** mostró la evolución de la biomasa a través de su tasa relativa (B/Bms), que estuvo cercana o por encima de los niveles de seguridad (Figura 4-174).

Como medidas de manejo se tuvieron que la tasa de biomasa relativa está en un nivel aceptable de 0.603, sin embargo, para el último año (2021) se tuvo una tasa de aprovechamiento alta de 3.33 año<sup>-1</sup> que también es alentador para la situación del recurso (Tabla 2-1).

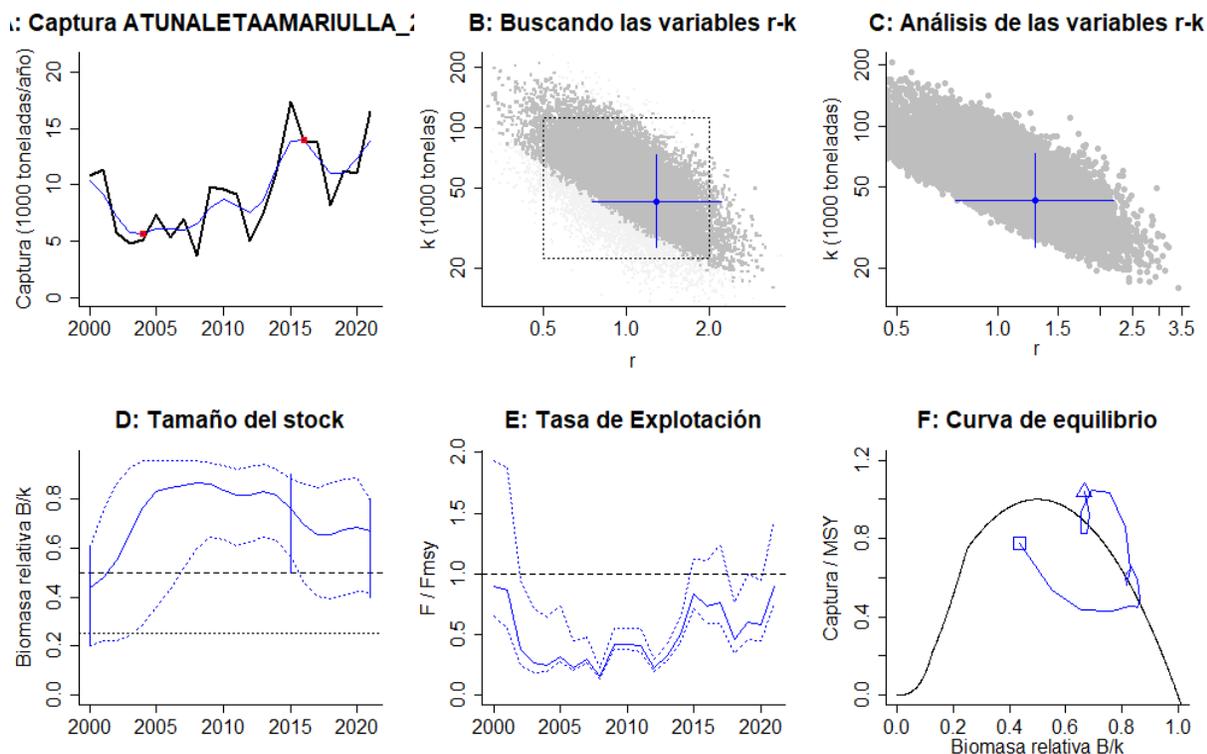
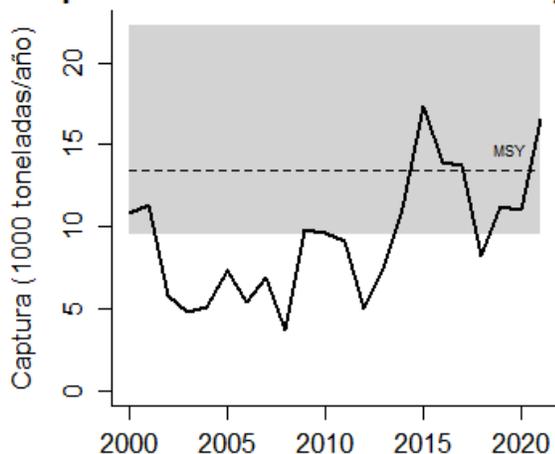
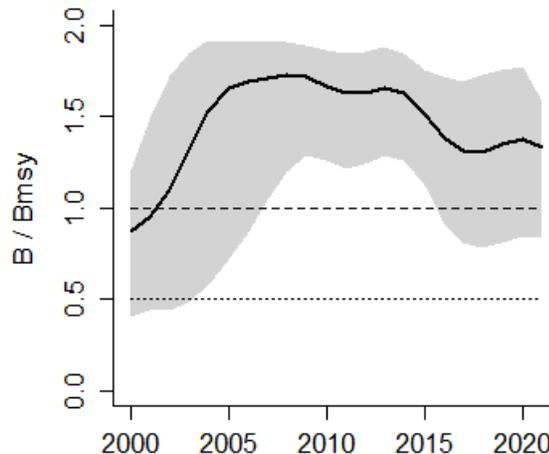


Figura 4-173. Modelación de las pesquerías del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de  $K$  y  $r$  al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomazas relativas las líneas verticales muestran la distribución bayesiana en los análisis prior, en la parte central se muestra la tasa de aprovechamiento se muestra en línea discontinua el nivel máximo de equilibrio. en la gráfica del extremo derecho se muestra la curva de equilibrio en azul están los puntos muestra los valores estimados.

Captura ATUNALETAAMARIULLA\_20



Tamaño del stock



Explotación

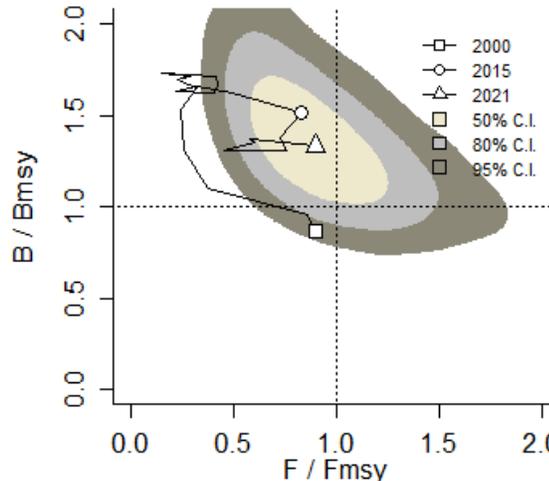
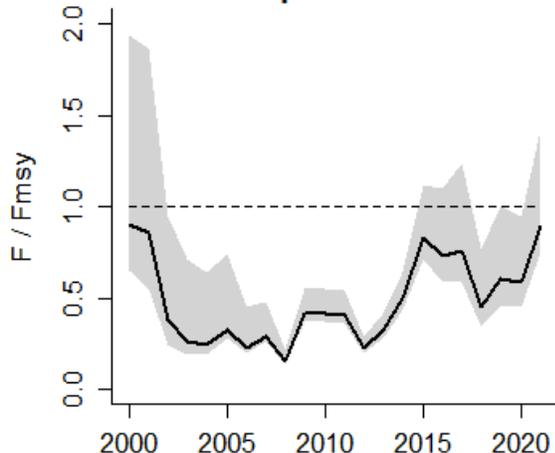


Figura 4-174. Análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, toda esta información se integró en un gráfico probabilístico de fases de Kobe, que muestra el recorrido de las capturas que en su mayoría estuvieron dentro de la zona óptima y, para el último año (2021) las probabilidades se presentaron de la siguiente manera con un 7.3 % de probabilidades que se esté en zona de crítica y un 1.6 % que este en recuperación, 26% que ese en la zona de máximo aprovechamiento y un 64.4% que este en la zona óptima (Figura 4-175).

Tabla 4-116. Cálculo de los principales parámetros y puntos de referencia para recomendar el manejo del recurso pesquero atuna aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.643	0.375	1.1	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) <b>0.643</b>
Fmsy	0.643	0.375	1.1	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	13400	9510	22300	
Bmsy	21400	12600	36500	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	28600	18000	34000	
B/Bmsy en el último año	1.33	0.838	1.59	
Mortalidad por pesca en el último año	0.578	0.485	0.919	
Explotación F/Fmsy	0.899	0.755	1.43	

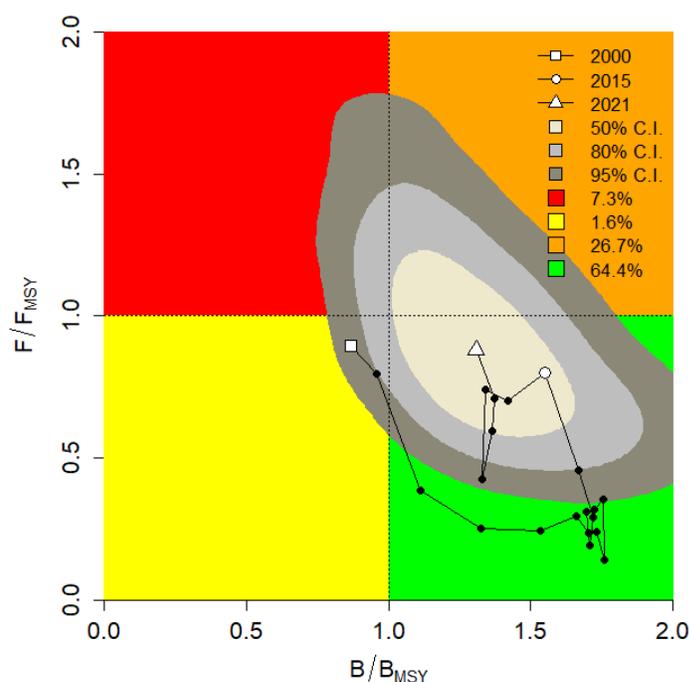


Figura 4-175. Análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.2.1.3 Conclusiones para el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*)

Los análisis realizados para este recurso permiten concluir que las pesquerías se encuentran en un nivel de aprovechamiento aceptable y que por lo tanto la cuota de pesca para el 2022 pueden considerar con un valor de MSY de  $13400 \pm (9,510 - 22,300)$  toneladas.

#### 4.2.2 Pesquerías de barrilete (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758))



Male picture by Freitas, R.

Este recurso es de distribución cosmopolita que habita hasta los 260 m de profundidad; sus pesquerías junto con las del atún aleta amarilla se constituyen en una de las fuentes de ingresos más importantes para la industria pesquera del país.

4.2.2.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún barrilete (*Katsuwonus pelamis*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

El análisis del comportamiento de las pesquerías desde el año 2000 hasta la fecha presentó un sistema sin mayores variaciones lo cual se pudo detectar en el cálculo de la media móvil (línea azul de la Figura 4-176, panel A); la estimación de las proyecciones prior de la modelación bayesiana muestran una tasa relativa de biomasa inicial con un rango entre 0.2 hasta 0.6 en el punto de quiebre año 2015 el rango subió estuvo entre 0.0 a 0.4 para luego para el último año (2021) cambio entre un rango de 0.01 hasta 0.4; la tasa de aprovechamiento excepto para el primer año de la serie temporal siempre estuvo por debajo del nivel de referencia; de otra parte en la **curva de equilibrio** se puede notar que todas las estimaciones de la tasa productiva (captura/MSY) estuvieron por encima del nivel de máximo rendimiento sostenible (Figura 4-176, panel F).

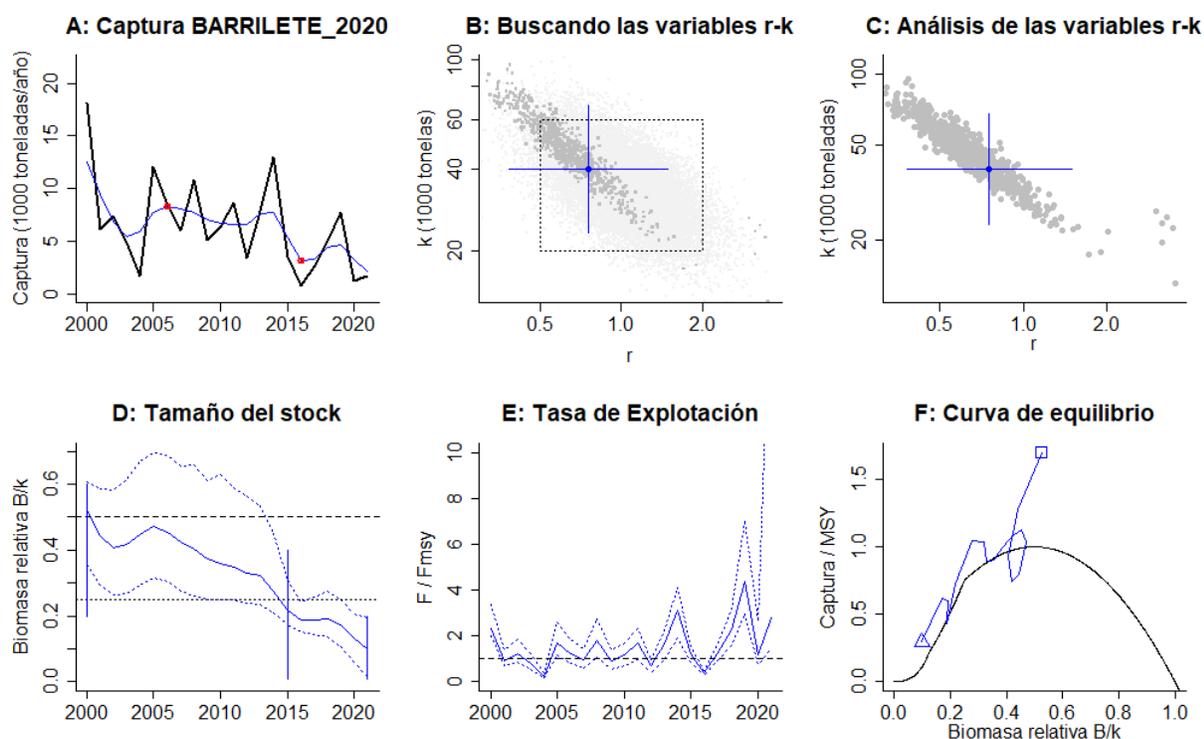


Figura 4-176. Modelación de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de  $K$  y  $r$  al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomasa relativa las líneas verticales muestran la distribución bayesiana en el análisis prior, en la parte central se muestra la tasa de aprovechamiento se muestra en línea discontinua el nivel máximo de equilibrio. En la gráfica del extremo derecho se muestra la curva de equilibrio en azul están los puntos muestra los valores estimados.

Desde el otro enfoque de los cálculos productivos se analizó la relación entre las capturas y el niveles de referencia (MSY) se encontró que éstos, estuvieron oscilando alrededor el valor de referencia, igual situación se presentó para el nivel de aprovechamiento utilizando la tasas  $F/F_{MSY}$  donde estas tasas casi siempre estuvieron cercanas al valor de referencia teniendo que en dos años se sobrepasó este valor de referencia (2020 y 2021), esta información se encontró

concordante con el análisis de las biomásas, cuya tasa relativamente se mantuvo cercana a la franja de seguridad de valor límite de 1 del nivel de referencia, (Figura 4-177).

Finalmente, la estimación de los parámetros que sirven como puntos de referencia mostraron que el MSY es de  $7400 \pm (6230 \text{ a } 9010)$  toneladas con una biomasa relativa de 0.603 que está en los horizontes de seguridad, y una tasa de explotación de 3.33 que esta alta para los niveles de seguridad (Tabla 4-117).

Finalmente, esta información fue ingresada en la gráfica probabilística de fases de Kobe donde se encontró que la probabilidad de tener el recurso en recuperación por lo que para el 2021 fue de 93.3%, mientras que la fase de máximo aprovechamiento estuvo con una probabilidad de 6.1% y que en este año se tenga en recurso en crisis fue de 68.5% (Figura 4-178).

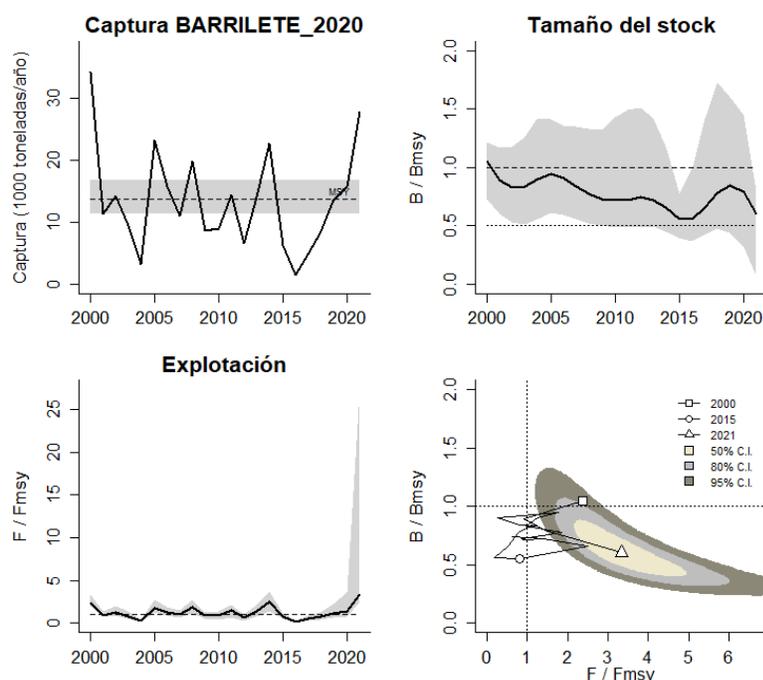


Figura 4-177. Análisis de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomásas y las tasas relativas de esfuerzo.

Tabla 4-117. Cálculo de los principales parámetros y puntos de referencia para recomendar el manejo del recurso pesquero atún barrilete *Katsuwonus pelamis* en el Pacífico.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.377	0.191	0.748	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.151</b>

Fmsy	0.151	0.0761	0.299	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	7400	6230	9010	
Bmsy	19900	11700	34100	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	3980	590	7760	
B/Bmsy en el último año	0.2	0.0296	0.389	
Mortalidad por pesca en el último año	0.418	0.214	2.82	
Explotación F/Fmsy	2.77	1.42	18.7	

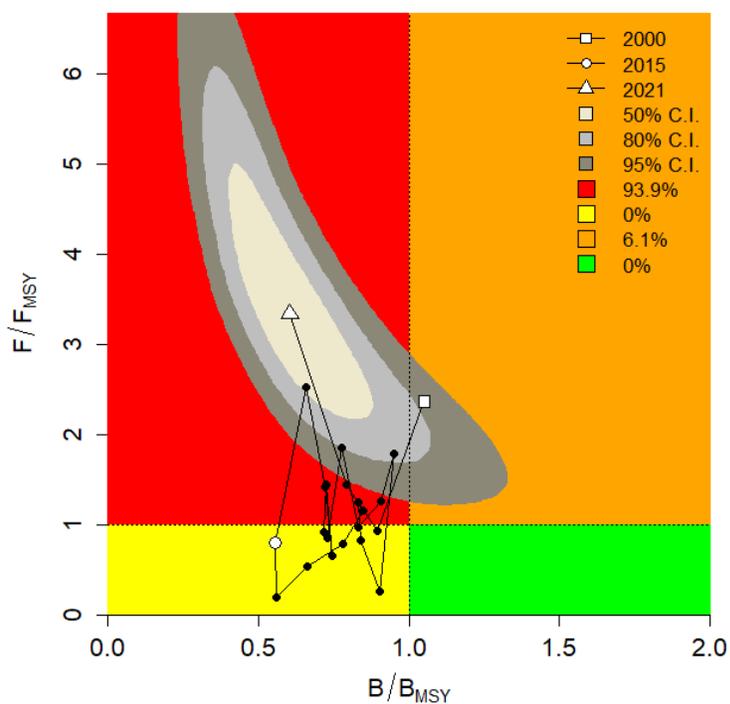


Figura 4-178. Análisis de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.2.2.2 Conclusiones para el barrilete (*Katsuwonus pelamis*).

Las pesquerías de esta especie, en líneas generales, están en buenas condiciones con una alta probabilidad de que se encuentre en fase de recuperación (24%) y que inclusive este en la fase

optima con un 7.6 % por lo tanto sus cuotas pueden ser asignadas entre las 7400 ± (6230 a 9010) toneladas.

#### 4.2.3 Pesquerías de patudo (*Thunnus obesus* (Lowe, 1839))



Photo taken from the website of CAFS (<http://zzzy.cafs.ac.cn/>).

Nombre en inglés: Bieye tuna.

##### 4.2.3.1 Antecedentes del recurso patudo (*Thunnus obesus*).

Esta especie se distribuye en el Océano Atlántico, Índico y en el Pacífico en áreas tropicales y subtropicales es altamente migratorio y usualmente se encuentra entre las 0 a los 1500 m de profundidad. (Fishbase, 2020).

##### 4.2.3.2 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías patudo (*Thunnus obesus*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

El desarrollo histórico de las pesquerías en aguas colombianas muestra que desde el 2000 decayó y se mantuvo en niveles bajo de aprovechamiento hasta el 2010 donde mostro una remontada importante hasta el 2016 y luego descendió; el **tamaño de stock** presentaron un rango de biomasa relativa entre 0.4 hasta 0.8 tuvo su máximo en el punto de quiebre de 2016 del análisis bayesiano en su enfoque prior que fue de un rango superior al primero entre 0.5 hasta 0.9, pero finalmente decayó sensiblemente para el 2021 entre 0.01 hasta 0.2 (Figura 4-179, panel D); la **tasa de aprovechamiento** ( $F/F_{msy}$ ) analizada el movimiento de esta tasa donde a partir del año 2015 presentaron los valores más alto valor por encima del nivel de referencia (Figura 4-179, panel E), esto se ve relacionado con la **curva de equilibrio** que muestra estimaciones por debajo de punto de referencia  $MSY$  aunque en una proporción del 20% de los datos estuvieron en el nivel óptimo (Figura 4-179, panel F).

El estudio continuó con la evaluación de las capturas frente a su nivel de referencia  $MSY$  a los cuales se pudo determinar que los cálculos mostraron que en el 2014 se sobrepasó este nivel, aunque para los dos años más recientes ha disminuido; la tasa de aprovechamiento  $F/F_{MSY}$  mostro un comportamiento compatible con el primer análisis ya que a partir del 2000, 2014 y el 2020 mostraron un crecimiento que estuvo por encima del nivel de seguridad; finalmente el comportamiento de las biomasa relativa ( $B/B_{msy}$ ) marcaron una fase inicial que fue peligrosa para el recurso luego este mostró una recuperación hasta en 2016 que volvió a bajar, con algún peligro para la especie pero finalmente en los últimos años se ha estabilizado el sistema  $MSY$  (Figura 4-180).

Finalmente, se hicieron cálculos sobre los parámetros y puntos de referencia que sirven para servir de medidas regulatorias en la administración del recurso; como primera medida se encontró un MSY de 325 toneladas, con una biomasa relativa para el 2021 de 0.105 que ya está por debajo de los niveles de referencia, así como la tala de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ) de 0.958 que también está por debajo del valor de referencia de 1 (Tabla 4-118).

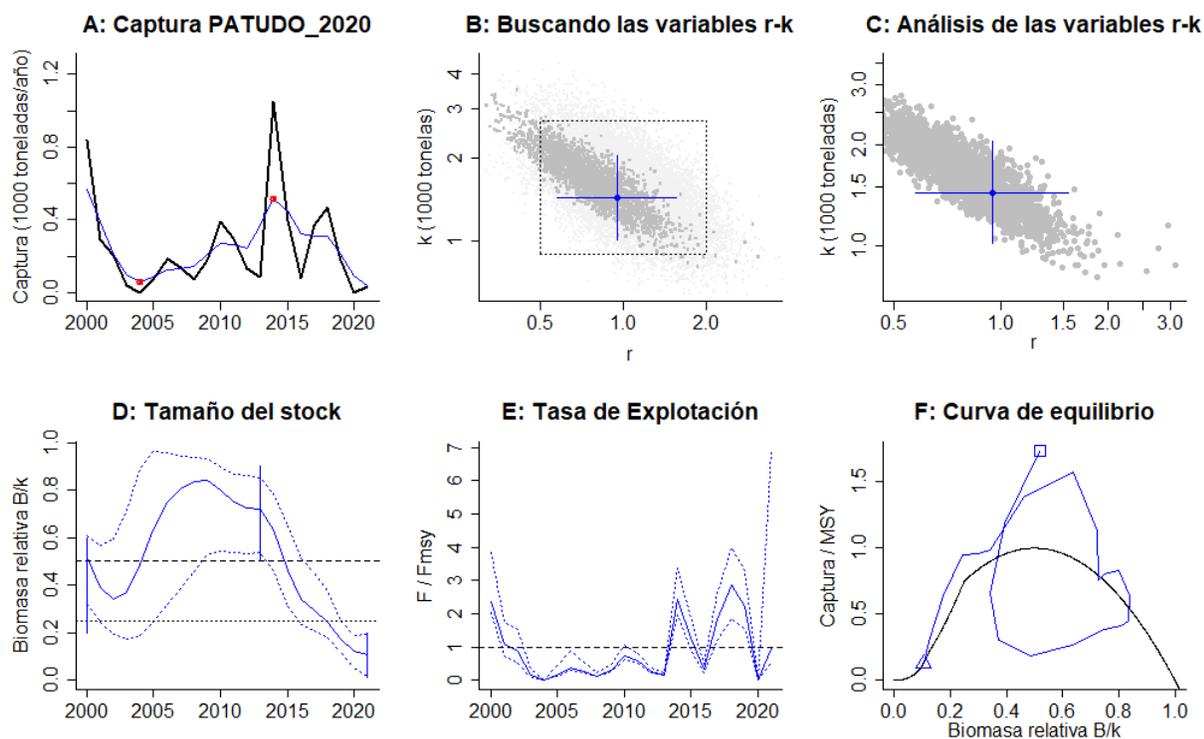


Figura 4-179. Modelación de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de  $K$  y  $r$  al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomásas relativas las líneas verticales muestra la distribución bayesiana en los análisis prior, en la parte central se muestra la tasa de aprovechamiento se muestra en línea discontinua el nivel máximo de equilibrio. en la gráfica del extremo derecho se muestra la curva de equilibrio en azul están los puntos muestra los valores estimados.

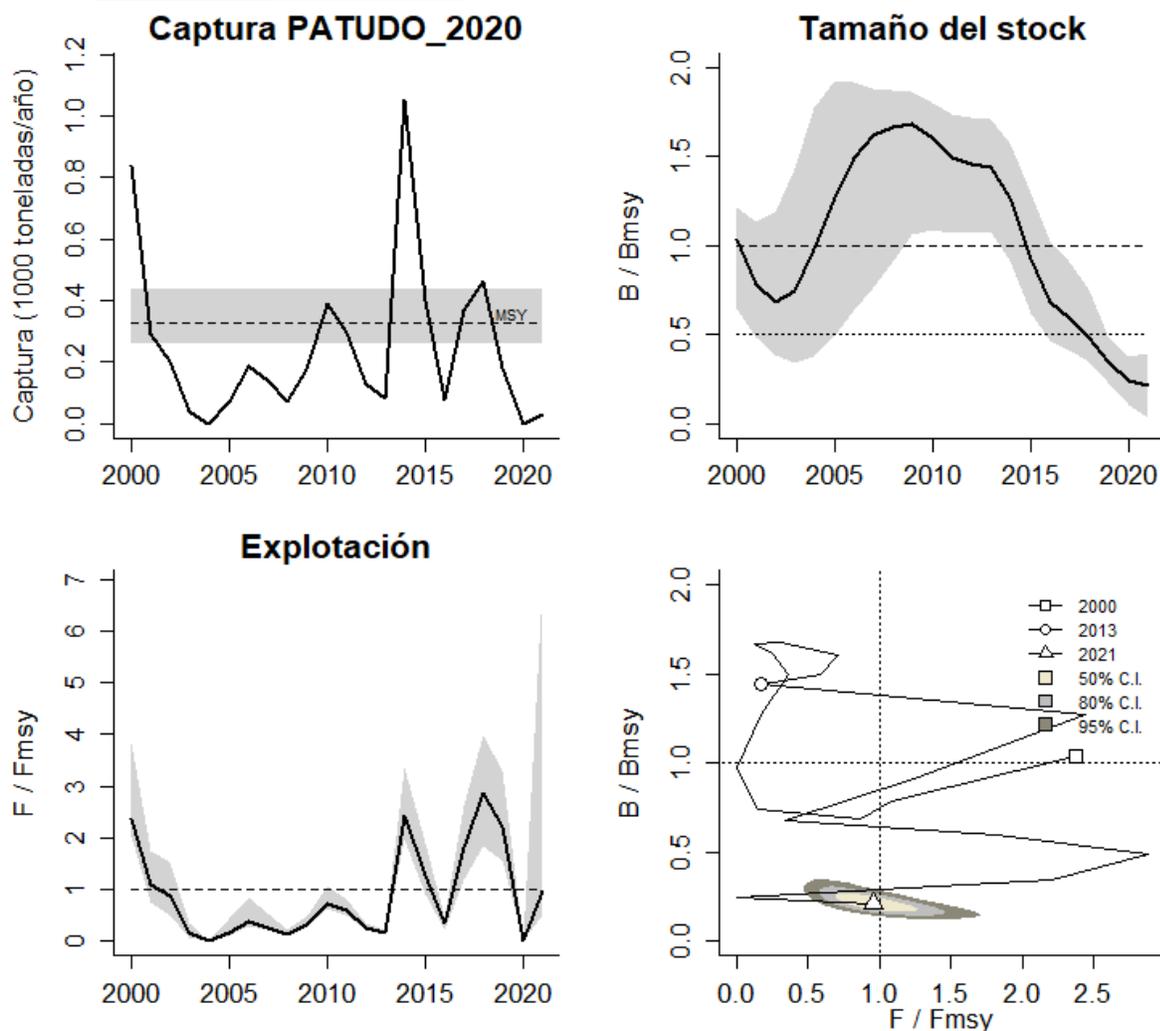


Figura 4-180. Análisis de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Tabla 4-118. Cálculo de los principales parámetros y puntos de referencia para recomendar el manejo del recurso pesquero atún patudo *Thunnus obesus* en el Pacífico.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.472	0.288	0.773	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.594</b>



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.198	0.121	0.325	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	325	257	437	
Bmsy	720	508	1020	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	151	21	282	
B/Bmsy en el último año	0.21	0.0292	0.391	
Mortalidad por pesca en el último año	0.19	0.102	1.37	
Explotación F/Fmsy	0.958	0.515	6.89	

Una vez que se realizaron todos los cálculos esta información fue evaluada mediante la gráfica probabilística de fase de Kobe, que, en líneas generales, mostró un sistema pesquero que mantuvo un buen nivel en los primeros años, pero a partir del 2015, la situación se complicó y en la actualidad los registros muestran que la pesquería está en una zona de riesgo con una probabilidad de 15.2%, mientras que en zona de recuperación de 84.8% (Figura 4-181)

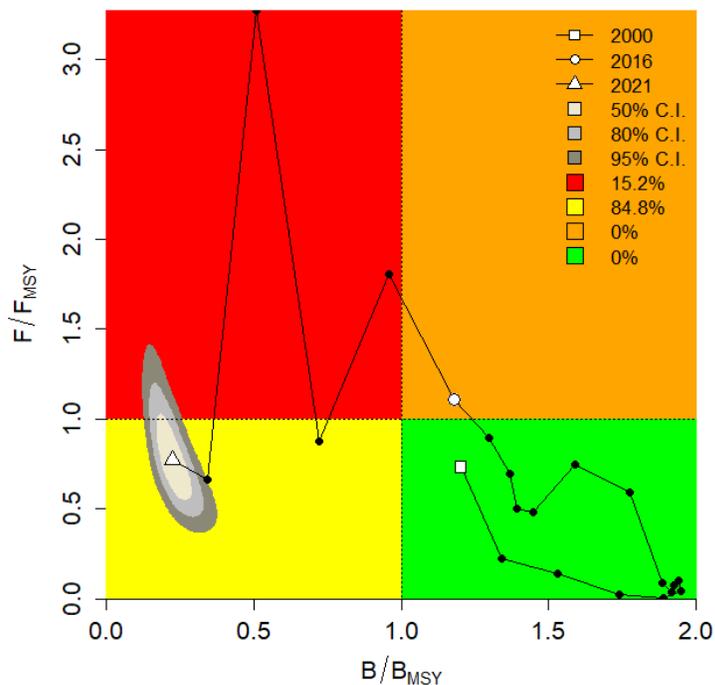


Figura 4-181. Análisis de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.2.3.3 Conclusiones para el patudo (*Thunnus obesus*).

De los recursos de atunes el más deficiente es el patudo ya que para los últimos años de sus pesquerías se han dirigido hacia los niveles de sobre aprovechamiento por lo tanto con los resultados obtenidos no se recomienda una cuota superior a los  $325 \pm (257 \text{ a } 437)$  toneladas.

### 4.3 Crustáceos

#### 4.3.1 Pesquerías del camarón blanco (*Penaeus occidentalis*, Streets, 18719)

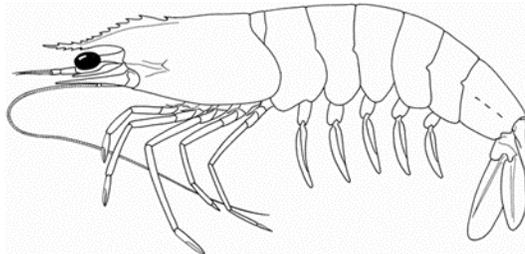


Foto: FAO ©

Nombre en inglés: western White shrimp

##### 4.3.1.1 Antecedentes del recurso de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*)

El camarón blanco es la base de las pesquerías tanto industriales como artesanales, y por sus altos precios de mercado se constituye en un generador de divisas y en sustento clave en la economía de los pescadores artesanales.

Es un recurso típicamente bentónico que se distribuye desde los 2 a los 160 m., de profundidad; su distribución geográfica comprende el Océano Pacífico oriental desde México en el Golfo de Tehuantepec hasta la Isla de Tierra de Lobos, Perú y Galápagos. (FishBase consortium, 2020).

Este recurso tiene diferenciación entre adultos y juveniles, los primeros son netamente marinos, mientras que los segundos prefieren aguas estuarinas, debido a que su mayor distribución se alcanza hasta los 27 m., de profundidad y por tal razón considerado como de aguas someras; en especial prefiere ámbitos fangosos. (López & Espinoza, 2005).

En el Salvador, se hizo evaluación de la biología de camarones, incluyendo el camarón blanco. Los investigadores encontraron que para la relación longitud peso las hembras mostraron un coeficiente de  $b$  a los 18 metros de 2.1354 y para los 27 m. un valor de  $b = 2.0818$ ; para los machos fue de  $b = 2.1687$  a los 18 m., y  $b = 2.0506$  a los 27 m. con relación a la proporción sexual encontraron que 62.1% correspondió a hembras y el 37.9% para los machos. (López & Espinoza, 2005).

Su pesca se inicia en Colombia de forma industrial hace más de 50 años. Ya en 1957, los pescadores industriales empezaron con dos embarcaciones realizando faenas de pesca, las cuales produjeron 84 950 libras-colas año Mora [1988]. A partir de esa fecha el negocio fue prosperando y generó no sólo una flota importante, sino que se desarrolló una infraestructura con plantas de proceso que se constituyeron en el principal renglón económico dentro de la pesca en Colombia.

La producción fue creciente hasta 1967, alcanzando rendimiento de 41.749 libras-cola, con una flota pesquera cercana a los 55 barcos, por aquella época ya se estaba alcanzando los niveles de rendimiento máximo sostenible determinados por los estudios realizados. (Mora, 1988) (Figura 4-182)

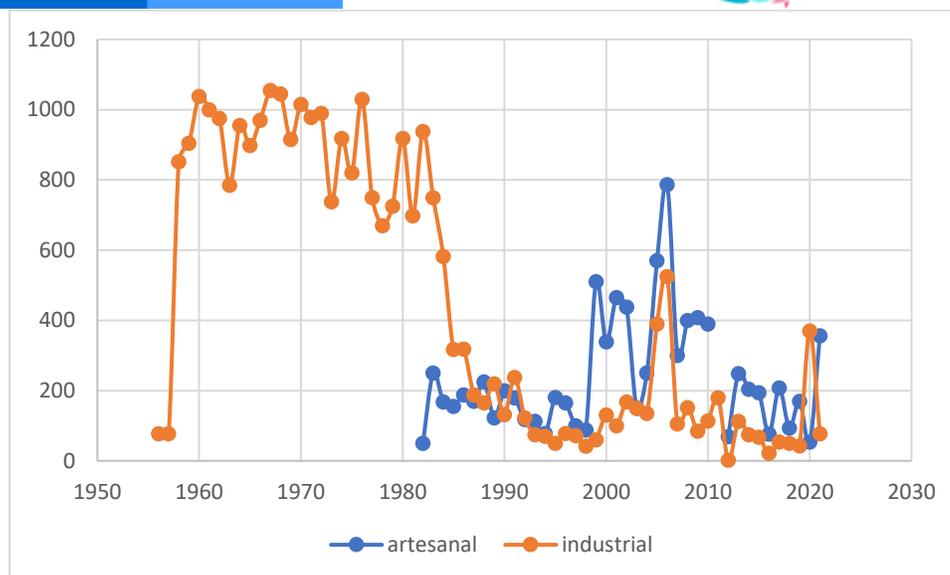


Figura 4-182. Desembarques del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano.

Los niveles se sostuvieron por un tiempo en 2 millones de libras, exceptuando los años de fenómeno de «El Niño» que ocasionó el descenso en los rendimientos. A partir de 1985, el sobre esfuerzo de pesca ejercido [principalmente por la pesca industrial] ocasionó la caída significativa de los rendimientos pesqueros en casi un millón de libras. (Mora, 1988).

El descenso en los rendimientos fue influenciado además por la introducción de un nuevo arte de pesca [red agalleras monofilamento denominada comúnmente «trasmallo electrónico», hacia principios de la década de los años 80. Este arte de pesca tuvo un profundo impacto en la pesquería de la región, debido a su relativo bajo costo y alto rendimiento en la captura, siendo principalmente utilizado por los pescadores artesanales. Durante 1993, se calculó el rendimiento Máximo Sostenible en 1.779.219 libras-colas/año<sup>-1</sup>. (Gutierrez Bonilla & Barreto, 2019).

Hacia 1993, los niveles de mortalidad de la pesquería se calcularon con valor de  $Z= 23,43$  por grupos de tallas en longitud total medida en cm., cifra supremamente elevada para un recurso, evidencia de la alta presión de pesca que se estaba ejerciendo por la flota artesanal e industrial Barreto [1983] en Gutierrez Bonilla & Barreto, 2019.

Polo et al (2014) reportaron para la especie una TMC de 13.4 cm, una TMM de 18.8, rango de tallas entre 9 y 24 cm e hicieron un análisis bibliográfico de lo encontrado hasta ese momento para este recurso. Y establecen recomendaciones para el manejo de este.

Zambrano et al (2018a, b) reportan la especie en las capturas artesanales del pacífico centro y sur colombiano.

Hasta el presente los niveles más bajos reportados no superan las 600 toneladas (AUNAP-UNIMAGDALENA, 2020) (

Figura 4-183). Además, recientes estudios muestran que por cada kilo de camarón capturado se capturan 14 kilos de fauna acompañante (FAO, 2018) lo cual impacta los recursos acuáticos no objetivo de la pesquería, diezmándolas y afectando los ecosistemas y sus cadenas tróficas.

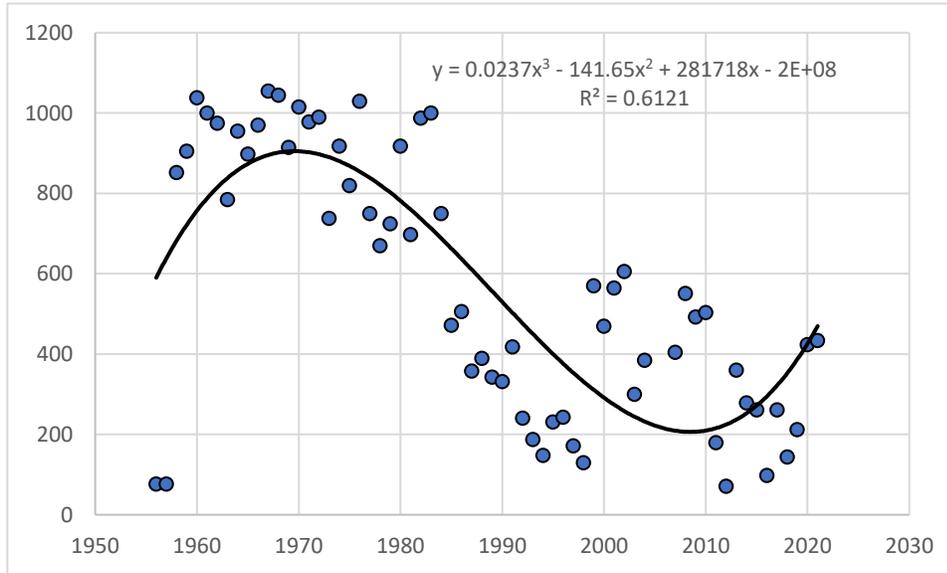


Figura 4-183. Modelación estadística de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano.

La abundancia relativa del CAS en el Pacífico durante 2019 fue de 5,5 kg/h, siendo superior a la del año anterior [2,9 kg/h] y representando el nivel más bajo de toda la serie de tiempo evaluada (AUNAP-UNIMAGDALENA, 2020). En esta pesquería se ejerce una presión secuencial de pesca industrial y artesanal sobre las poblaciones, lo que ha llevado al estado actual de sobreexplotación del recurso.

#### 4.3.1.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*). [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(10)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

En los análisis realizados sobre los factores que influyen en la historia de vida del camarón blanco se ha encontrado, que es una especie de crecimiento rápido, pues su tasa metabólica es casi de 1, por lo que se ha podido detectar que este organismos en el transcurso entre tres o cuatro meses es adulto; de todas maneras el crecimiento encontrado muestra que la especie es del tipo alométrico negativo [ $P < 0.05$ ]; de otra aparte, las condiciones de mortalidad mostraron una tasa instantánea de mortalidad total bastante alta, igualmente la tasas de mortalidad por pesca es un valor muy alto; que por ser este un recurso de capacidad de renovación constante en periodos de tiempo cortos, por lo que prácticamente las poblaciones depende casi exclusivamente del reclutamiento (García & Le Reste, 1986); de no ser por esto el camarón blanco estaría en graves problemas; sin embargo, es importante resaltar que en esta fase de la evaluación del recurso la tasa de aprovechamiento (E) es bastante alta. (Tabla 4-119)

Tabla 4-119. Relación de los parámetros estimados para *Penaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano.

$a$	$B$	$r^2$	$T.M.$ [cm]	$T.M.C.$ [cm]	$L_{oo}$ [cm]	$k$	$Z$	$M$	$F$	$E$
0.0145	2.8341	0.8127	18.48	16.7	23.11	1.09	10.68	1.53	9.15	0.85

#### 4.3.1.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*) [ecuaciones (12)(29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)],

En los análisis realizados hasta el 2015 y con los primeros modelos implementados, se estimó que los puntos de referencia fueron un poco inferiores a los recomendados por (Mora, 1988), con un aprovechamiento de la biomasa productiva hasta del 28%, que aparentemente no fue un nivel muy alto, debido a que las tallas son favorables y supera la unidad que es el valor límite. (Tabla 4-120)

Tabla 4-120. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Penaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

$RMS$ [ton.]	$PRO$ [\$]	$B/K$	$q$	$TM/TMC$	Fuente	Modelo usado	Observación
760	$23 \cdot 10^9$	0.82	0.004	1.10658683	Gutiérrez-Bonilla & Barreto 2019.	Bioeconómico Schaefer & Gordon; Bayesiano.	13540

Como el camarón es uno de los recursos más importantes para la economías de la región se hizo una recopilación, por parte del SEPEC, de 7,393 individuos medidos, que permito realizar una estimación de la talla media de captura de 12 cm de Lt.  $\pm$  0.02; con esta metodología se determinó que 4 artes de pesca fueron empleados para la captura de esta especie, de las cuales la red de enmalle camaronero es la que fue la más incidente en estas pesquerías (Tabla 4-121, Figura 4-184). [ecuación (1)(2)(3)(4)]

Tabla 4-121. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el camarón blanco *Penaeus occidentalis*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	$S^2$	$S$	E.E.	$n$
Red de arrastre artesanal o changa	11.2	3.91	1.98	0.22	83
Red de enmalle camaronera	12.1	3.60	1.90	0.02	7202
Red de enmalle de deriva marina	11.4	0.62	0.79	0.08	87
Red de enmalle fija marina	12.0	0.87	0.93	0.20	21

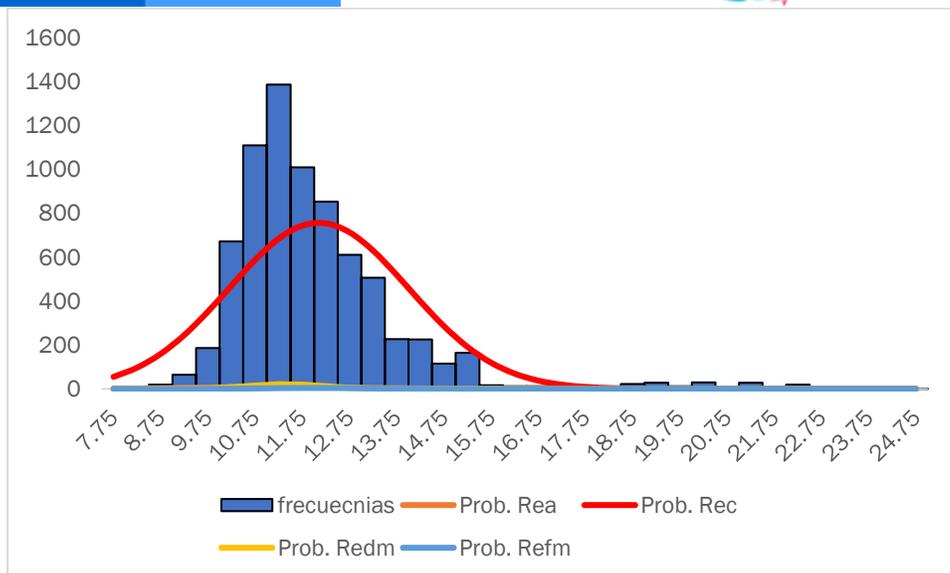


Figura 4-184. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en el año 2020. Rea. = red de arrastre artesanal o changa; Rec.= red de enmalle camaronera; Redm. = red de enmalle de derivas marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

#### 4.3.1.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el camarón blanco (*Penaeus occidentalis*) [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)],

La revisión de las distribuciones de las tallas a través de los años muestreados, presentó un comportamiento de acuerdo con las expectativas esperadas por el diseño, y se ajusten al tipo de selectividad diseñado para este modelo (Froese, y otros, 2018), solamente los dos primeros años presentaron un ligero variante posiblemente debido a que la intensidad de pesca con las redes de arrastre de los barcos, tiene una capacidad de captura en los ejemplares juveniles inferior a la que tiene los pescadores artesanales con las redes de arrastre tipo «changa». (Figura 4-185, Figura 4-186)

Tabla 4-122. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Penaeus occidentalis*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	34.3	0.343
Z/K	3.44	7.47
F/K	1.94	
Lc prior	10.3	
$\alpha$ prior	59.3	2.93

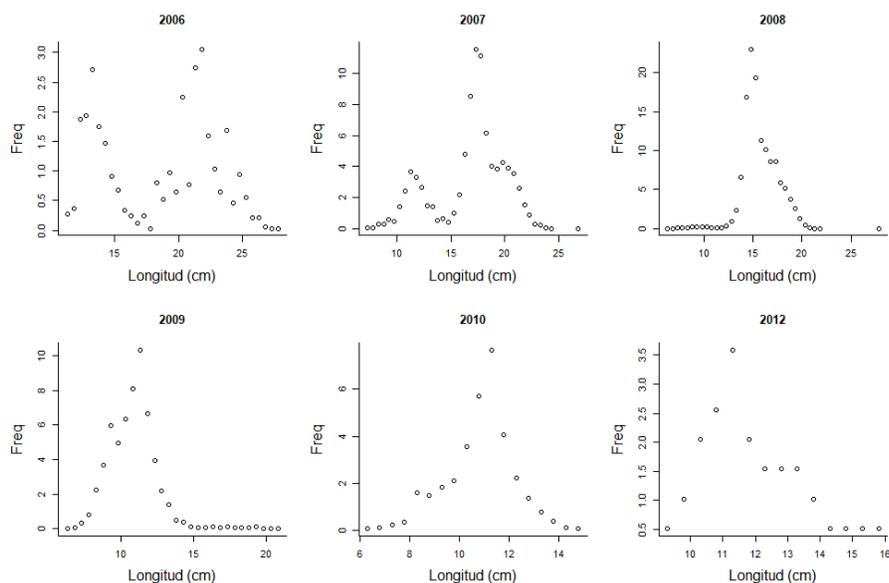


Figura 4-185. Distribución de las tallas del camarón blanco *Penaeus occidentalis*, entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

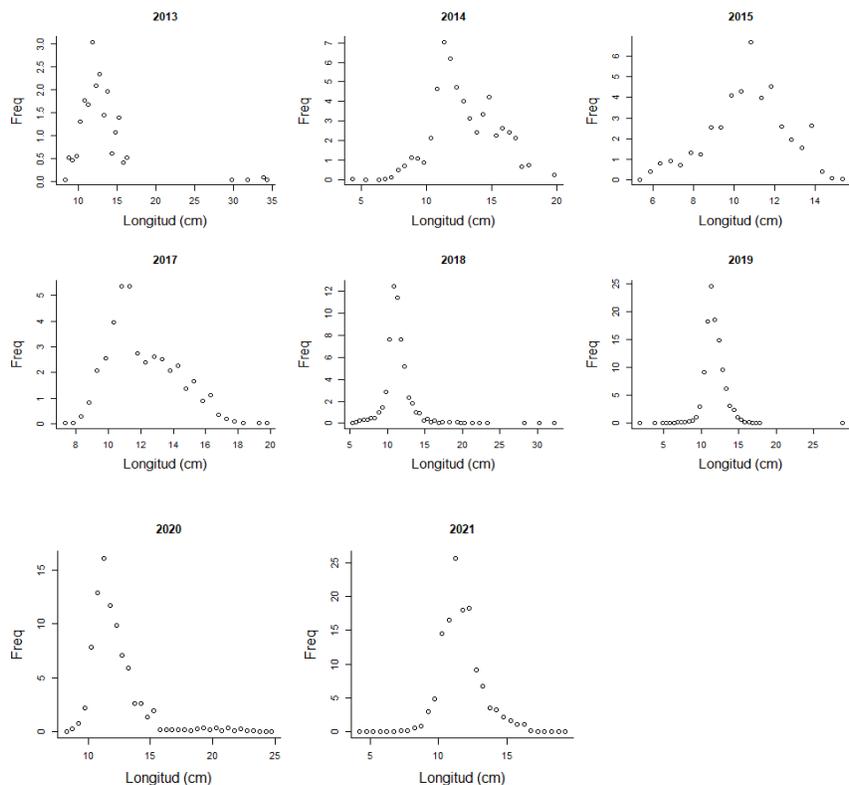


Figura 4-186. Distribución de las tallas del camarón blanco *Penaeus occidentalis*, entre los años 2013 a 2021. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 4-123. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Penaeus occidentalis* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	33.8	33.2	34.5
L opt	23	L opt/Loo	0.67
Lc_opt	22	Lc_opt/Loo	0.64
M/K	1.49	1.24	1.79
F/K	11.7	11	12.3
Z/K	13.1	12.4	13.6
F/M	8.36	6.9	10.5
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.367		
B/Bo	0.0226	0.0168	0.03
Y/R´ F=M Lc=Lc_opt	0.0465		
Y/R´	0.00242	0.00179	0.0032

Se dedujo que las diferencias en las estimaciones de algunos parámetros mostraron aspectos curiosos en su evaluación; primero no hay casi diferencias en cuanto a la estimación de la longitud asintótica, pero si en la tasa Z/K que pasó a ser muy superior (73%) y distante del valor prior estimado (Figura 4-186)

Tabla 4-122), que estaría indicando, por si, un síntoma de sobre explotación. La comparación entre las tallas medias frente a la talla optima (Lopt.), han presentado variaciones amplias que hace que las pesquerías estén presionando más el recurso ya que las tallas medias fueron, para el último año (2021) inferiores al primero, y muy lejos de su valor límite de comparación y la talla de la primera captura (Lc) frente a su valor óptimo (Lc\_opt.), que aún está muy lejos del valor objetivo (Figura 4-187, Tabla 4-123).

En cuanto a los resultados de las tasas del esfuerzo relativo o presión de pesca (F/M) se encontró que es extremadamente alto, excepto para los dos primeros años, especialmente en lo que ocurrió en el año 2010, que por las circunstancias sociales y económicas se presionó altamente la productividad del recurso, y como se observó los altos esfuerzos tuvieron como reacción una bajada igualmente fuerte; pero como es de esperarse esto ocasionó una ligera recuperación que volvió a plantear el mismo círculo, para el último año (2021) la presión pesquera volvió a aumentar (Tabla 4-124, Figura 4-187); los resultados de las tasas relativas de aprovechamiento de las biomásas hace un recuento de lo que ocurrió con esta pesquería donde a partir de 2008, se está afectando el reclutamiento ya que todas las tasas se encuentran por debajo del proxi de 0.5 Bmsy (Figura 4-187).

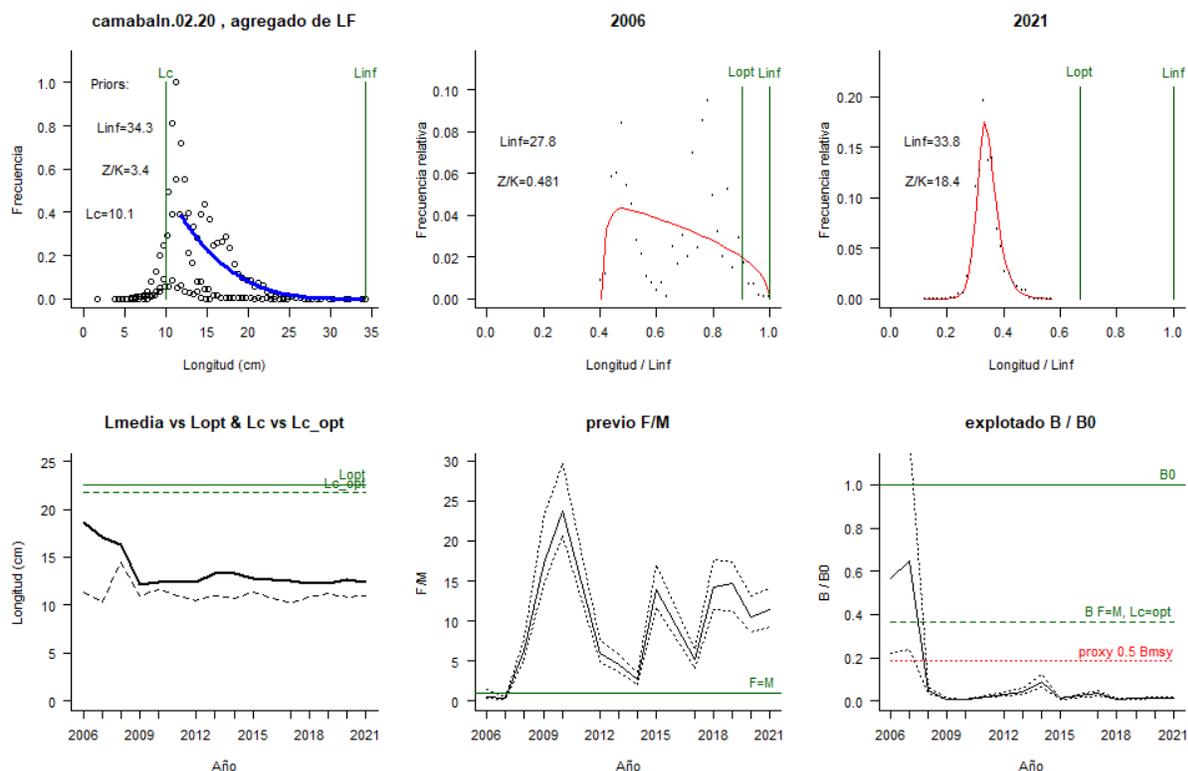


Figura 4-187. Comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Tabla 4-124. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Penaeus occidentalis* obtenidos para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	10.9	10.9	11
Lc/Loo	0.32	0.322	0.325
$\alpha$	63.7	61.5	65.8
Lmedio/Lopt	0.55		
L 95 %	19.2		
L 95 %/Loo	0.57		
Lm 50%	18.7	0.012	

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
F/K	17	16.3	17.7
F/M	11	9.26	14.1
Z/K	18.5	17.7	19.2
Y/R	0.0013	0.000954	0.00169
B/Bo	0.014	0.0102	0.0181
B/Bmsy	0.037	0.0278	0.0492

#### 4.3.1.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Con la información histórica del camarón blanco, se pudo inspeccionar su comportamiento utilizando la modelación estadística; lo primero relacionado con las capturas fue que se ajustaron perfectamente a el modelo predictivo y todos los datos estuvieron ajustados a la franja del intervalo de confianza el 95%, igualmente las variaciones del proceso no mostraron grandes cambio y todos estuvieron ajustados el intervalo de confianza; mientras que con relación a la CPUE el comportamiento de los datos observados frente a los estimados como pronóstico, se ven bastante ajustados, así como los residuos concordaron significativamente dando cierta firmeza a los análisis que se van a realizar, es posible que después de 1980, las pesquerías han decrecido por la aparición de dos actores de la pesca uno, el tradicional de arrastre y otro las redes de enmalle monofilamento. (Figura 4-188).

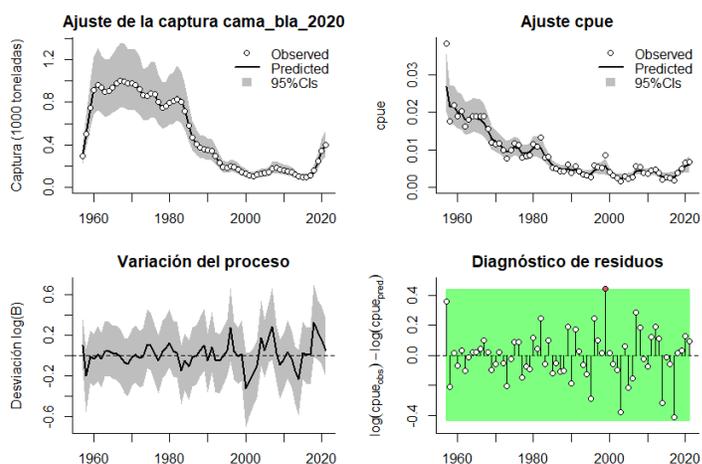


Figura 4-188. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Estadísticamente, las densidades de la evaluación prior y posterior de los referentes paramétricos de la evaluación del recurso; permitieron desarrollar los análisis de las capturas, con el modelo CMSY, presentó como mejor ajuste la razón de las varianzas prior y posterior por lo tanto el mejor ajuste se dio para el rendimiento máximo sostenible (MSY), seguidos por la capacidad de carga del ecosistema (K) y la tasas intrínseca crecimiento poblacional (r) mientras que el mismo análisis realizado para los años base mostraron que el ajuste para 1957, tuvo una tasa relativa de biomazas entre 0.6 a 1; luego el referente de 2015 muestra un descenso apreciable con un rango entre 0.01 y 0.4, esto significa que ni siquiera el valor más bajo para el primer año, es igual al valor más alto para este año, y finalmente las biomazas relativas para el último año (2021) fueron más estrechas aún con un rango entre 0.01 y 0.4. (Figura 4-189)

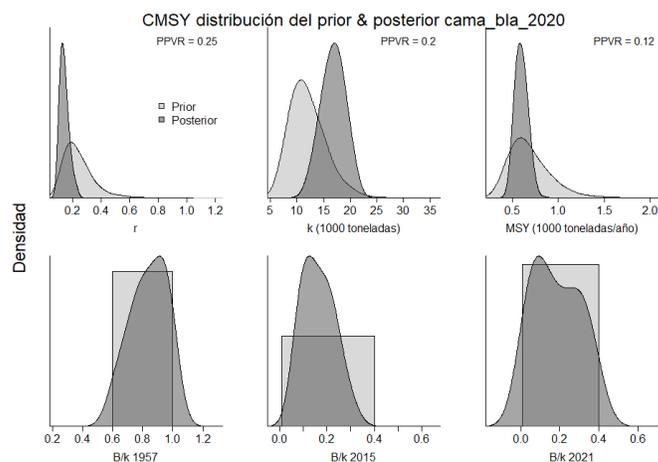


Figura 4-189. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón blanco *Penaeus occidentalis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Cuando se agrega al sistema los valores de CPUE, las densidades presentaron situaciones similares, por lo que en general el sistema se comportó de manera uniforme; aunque, los valores de PPVR fueron diferentes y los ajustes de las biomazas estuvieron en rangos aún más estrictos, puesto que tanto para el 2015 como el 2021 los límites inferiores estuvieron muy cercanos a cero. (Figura 4-190).

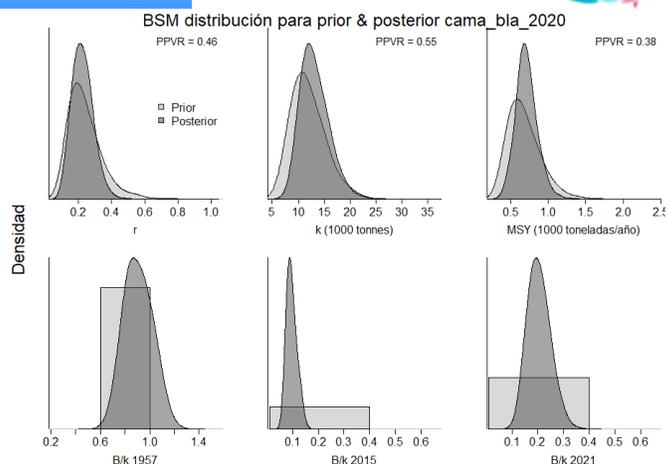


Figura 4-190. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón blanco *Penaeus occidentalis*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

El **tamaño de stock** medido como la relación de la biomasa relativa contra los años, presentó dos aspectos relevantes: el primero es que el recurso rápidamente decae después de los años 70, el segundo se refiere a los años que se ajusta el modelo, que permitieron agrupa los cuatro últimos años 2018, 2019, 2020 y 2021 (Figura 4-191, panel D).

El otro aspecto que consideramos importante es la **tasa de explotación** en relación con la presión de pesca  $F/F_{msy}$  donde se presentó un aumento de estas tasas que ejerció su influencia desde el inicio de esta actividad. (Figura 4-191, panel E)

La introducción del esfuerzo de pesca en el análisis sobre la presión sobre el sistema poblacional mostró que la comunidad se ajustó a las proporciones normales de la trayectoria de las pesquerías, y para el último año se registra la tasa de presión de pesca de  $1.75 \text{ año}^{-1}$ , que es lo que se puede recomendar para ejercer una recuperación del stock (Figura 4-191, Tabla 4-125, Tabla 4-126).

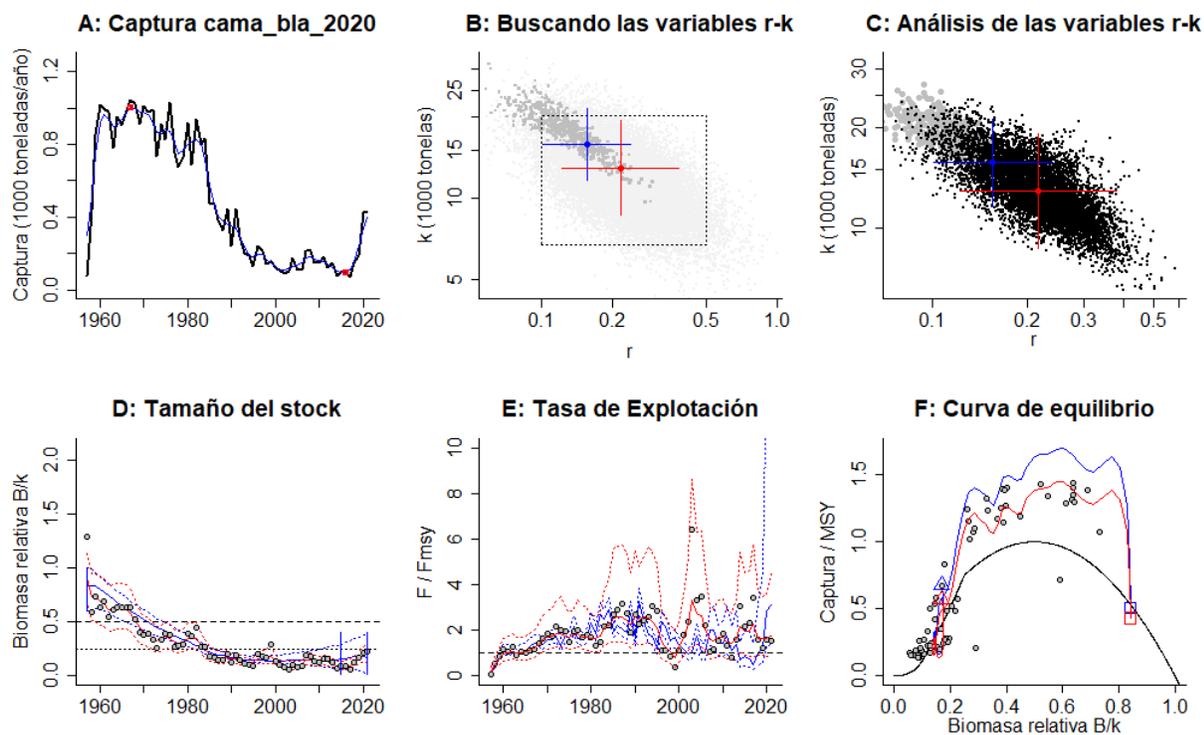


Figura 4-191. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Tabla 4-125. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.155	0.101	0.239
MSY	590	479	731
K	15700	11600	21300
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.169 de K	0.0174	0.387
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.13	1.37	30.3

Tabla 4-126. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.0023	0.00159	0.00333
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.216	0.122	0.382
k	12900	8660	19300
MSY	697	468	1040
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.202 de k	0.128	0.301
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.75	0.869	4.53
r - k log correlación =	-0.714		

Con relación al nivel de explotación del recurso, se tiene tres aspectos identificados que fueron: i) aprovechamiento sostenible, máximo aprovechamiento del nivel de sostenibilidad ii) estabilidad en los rendimientos y iii) finalmente empezó con la fase de sobrepesca; se apreció que los dos últimos años muestra una pequeña mejoría (Figura 4-191), que puede ser un efecto de la creación de la ZEPA -Zona Especial de Pesca Artesanal- de Bahía Solano. De otra parte, el modelo mostró que el **tamaño del stock** mirando desde la perspectiva de la tasa de biomasa relativa presenta cerca del 50% por debajo del límite de referencia del proxi de 0.5 Bmsy, en consecuencia, el reclutamiento de la especie se ve afectado. (Frose T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017) (Figura 4-191, panel D).

Tabla 4-127. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de camarón blanco *Penaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.108	0.0612	0.191	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.0874</b>
Fmsy	0.0874	0.0495	0.154	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	697	468	1040		
Bmsy	6460	4330	9630		

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	2610	1650	3880	
B/Bmsy en el último año	0.404	0.256	0.601	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.153	0.103	0.242	
Explotación F/Fmsy =	1.75	0.869	4.53	

Si se cotejan los resultados obtenidos tanto para la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) como para la biomasa relativa, encontramos que esta especie es de resiliencia media con agotamiento moderado (Froese, y otros, 2018) (Tabla 4-125, Tabla 4-126, Figura 4-192).

La visión general sobre la historia de las pesquerías presentaron, en el gráfico de fases de Kobe, tres fases: la primera con un estado de subexplotación desde el 1957 hasta 1960; la segunda entre el 1960 hasta 1968 que es la de plena explotación con niveles de rendimiento máximo sostenible al tope; la tercera que es la que más años acumuló -de 1969 hasta 2021- entró a niveles de gran afectación; de otras parte se resaltas que desde 1985, se encuentra en niveles de aprovechamiento que afectan el reclutamiento. (Figura 4-193)

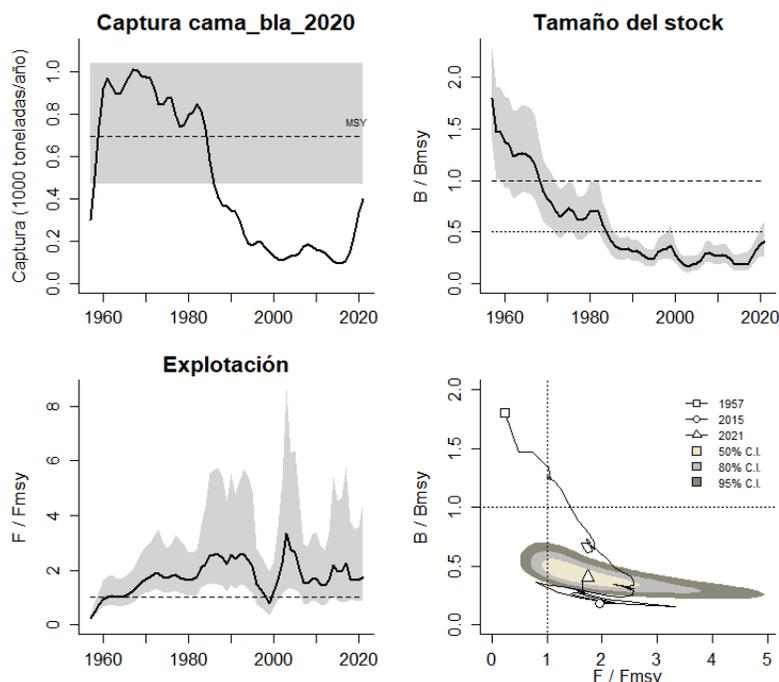


Figura 4-192. Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

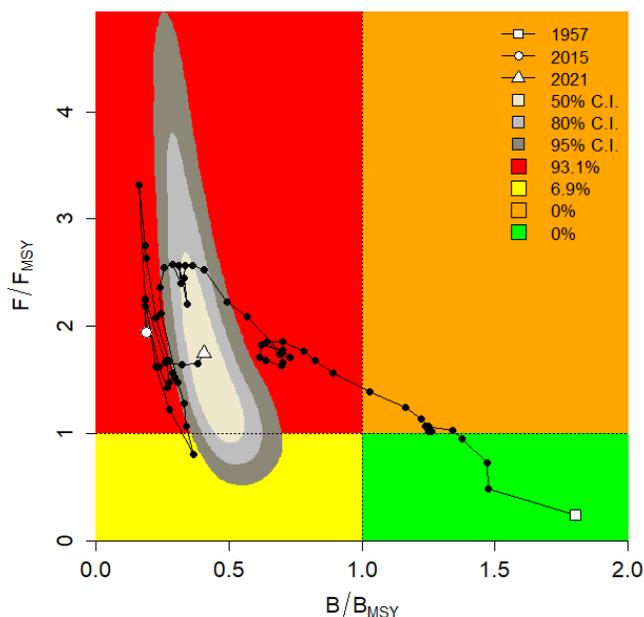


Figura 4-193. Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.3.1.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón blanco (*Penaeus occidentalis*).[ecuaciones (28)(32)(33)(34)(35)(36)(37)]

Con la información de tallas y precios de primera venta, y con el marco de este modelo se armó una proyección de la forma como el recurso estuvo representado en el año 2021; por lo anterior, el modelo calculó un RMS de 1,418 toneladas, con un RME de \$ 39.9 mil millones de pesos.

Los principales resultados del modelo demuestran que las pesquerías han entrado en niveles de alta sobreexplotación ya que se pasaron todos los puntos de referencia (Figura 4-194).

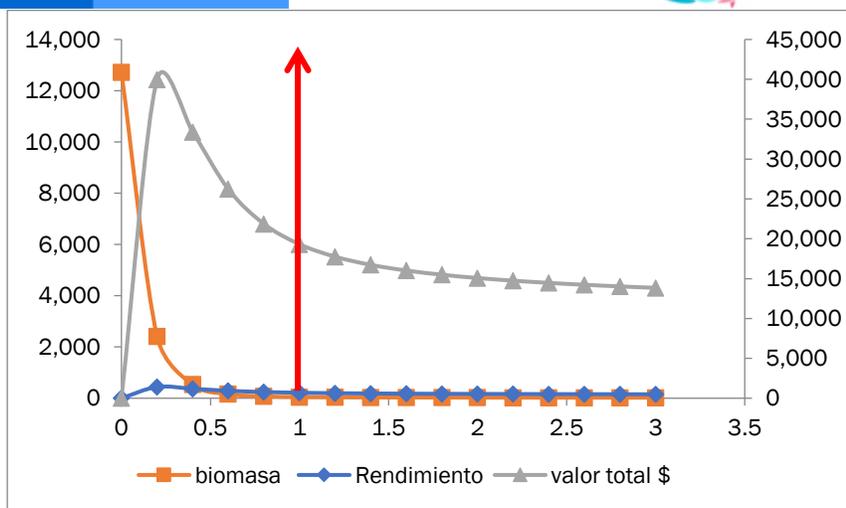


Figura 4-194. Resultados de las estimaciones del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.3.1.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el camarón blanco (*Penaeus occidentalis*) [ecuaciones (38)(52)(53)(54)],

Como se ha venido comentado, la otra parte importante de los análisis realizados es la de comparar cómo se comportan estos frente al comportamiento de la naturaleza, y como se ha tratado con los anteriores recursos se montó una evaluación de población virtual con 7 escenarios de variación de las condiciones del medio ambiente; si las condiciones ambientales permanecen constantes el RMS calculado estuvo en 1,463 toneladas, si el sistema muestra factores favorables para la especie el RMS fue de 1,535.3 toneladas, pero si las condiciones cambian el RMS estimado fue de 1,334 toneladas (Figura 4-195).

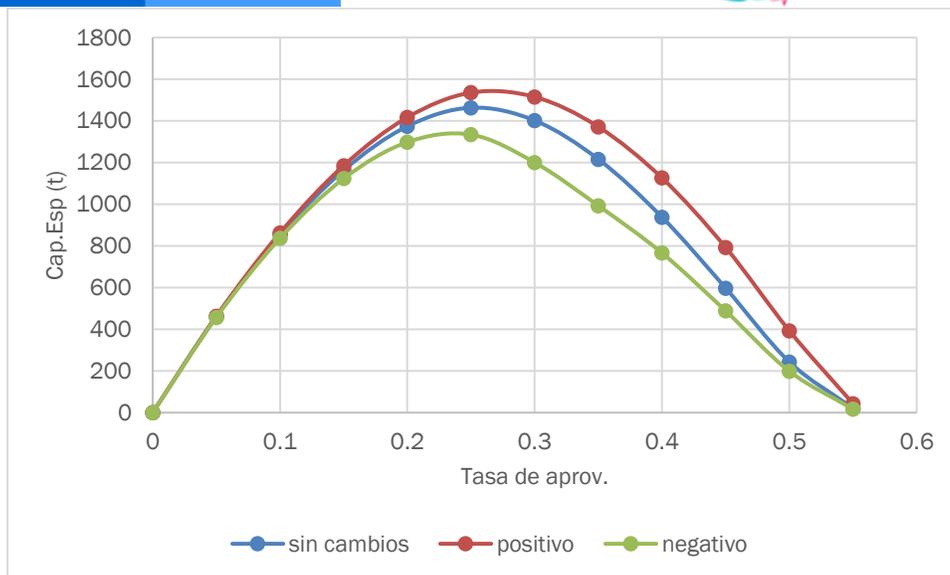


Figura 4-195. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del camarón blanco *Penaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 4.3.1.8 Proyección del manejo pesquero con modelo de producción excedente para el camarón blanco (*Penaeus occidentalis*).

[ecuaciones (21)(22)(23)(38)(39)(40)(41)(42)(43)(44)(45)(46)(47)(51)]

Se proyectó una variante de los modelos, en especial para realizar un ejercicio de remuestreo de Bootstrap para darle firmeza a los valores estimados: por lo tanto, la primera parte del ensayo estuvo diseñada para estimar la biomasa existente en el 2021 que fue de 9,748 toneladas, con una tasa de biomasa relativa de agotamiento que estuvo en 0.95 y con una estimación de RMS de 839 toneladas con un esfuerzo óptimo de 67 unidades de pesca, al pesca en general mostro un decaimiento normal pero acentuado para los últimos 15 años (Figura 4-196).

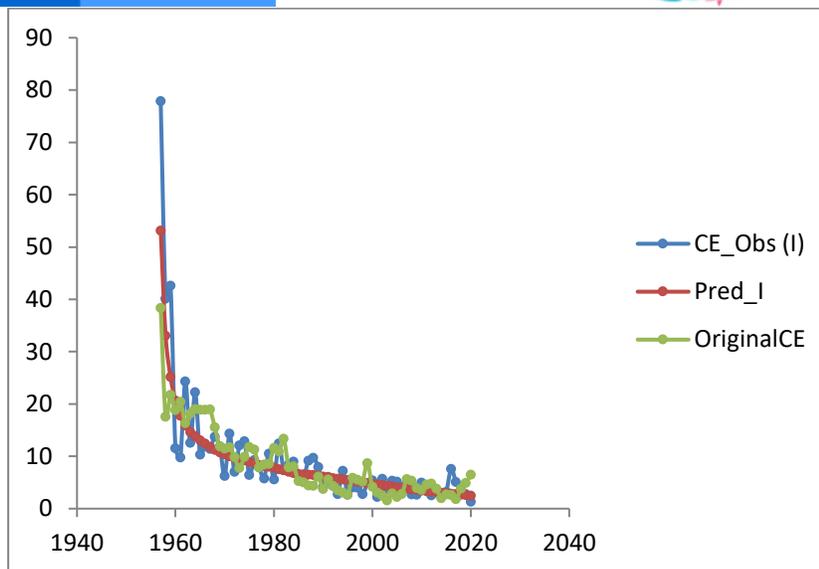


Figura 4-196. Estimación de las pesquerías de camarón blanco *Penaeus occidentalis* utilizando remuestreo Bootstrap para el pacífico. CE = captura por unidad de esfuerzo.

Con este mismo sistema se estudió cual sería la proyección de las pesquerías si se controla el esfuerzo de pesca que a su vez debe inferir en el coeficiente de capturabilidad ( $q_{ini}$ ), para este ejercicio se probaron esfuerzo de pesca en número de barcos de la siguiente manera: 40, 50, 60, 70, 80 y 90; y los factores de prueba del coeficiente de capturabilidad en: 0.85, 0.86, 0.87, 0.88, 0.89 y 0.9.

El objetivo de este ejercicio es de proyectar el sistema pesquero desde el año 2020 hasta el año 2026, para observar cual podría ser la capacidad de recuperación de las poblaciones y su aporte al sistema de capturas.

El primer resultado observable es la densidad de probabilidades que marca la interacción entre el  $q_{ini}$  frente a la cantidad de esfuerzo propuesta, se observa que a medida que se desciende en la cantidad de esfuerzo o número de unidades de esfuerzo (barcos) el rango de densidad de  $q_{ini}$  (0.8 - 1) es más alto (Figura 4-197)

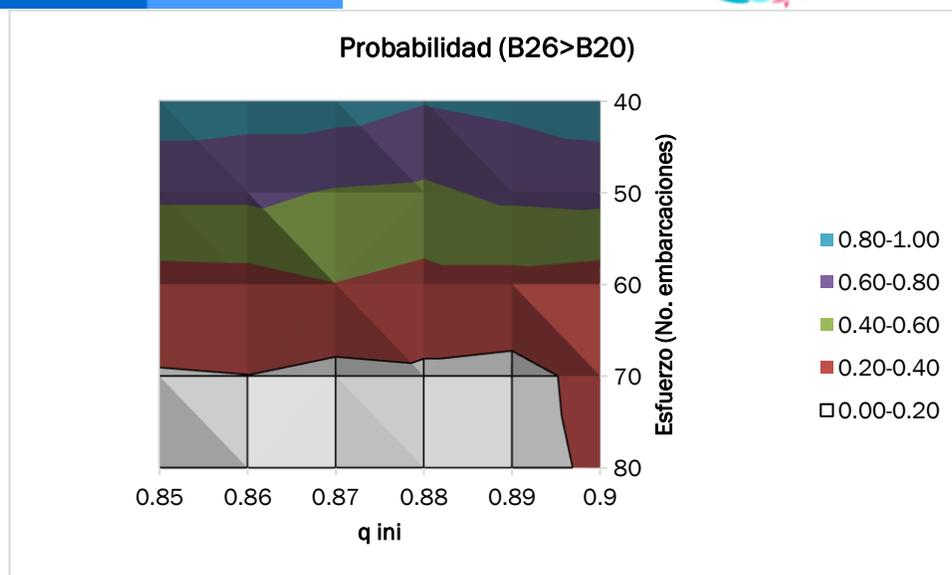


Figura 4-197. Desarrollo de las densidades de probabilidad para la proyección de las pesquerías da camarón blanco *Penaeus occidentalis* hasta el año 2026.

Un vez ajustadas las probabilidades se desarrolló el marco de proyección de las pesquerías, donde se obtiene los resultados que dicen que a partir del 2024 las densidades de las capturas superan el nivel del 50% de las biomásas y que permiten predecir que con un esfuerzo de pesca entre 40 o 50 embarcaciones las pesquerías sería sustentables en tiempo y espacio (Figura 4-198)

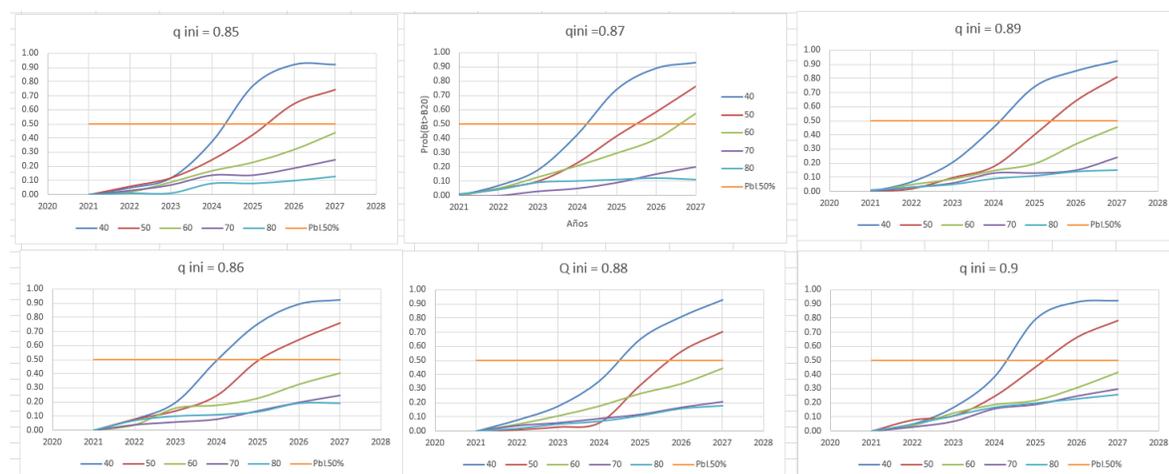


Figura 4-198. Resultado de las proyecciones del comportamiento del esfuerzo de pesca y el coeficiente de capturabilidad del camarón blanco *Penaeus occidentalis* del Pacífico.

#### 4.3.1.9 Conclusiones sobre las pesquerías de camarón blanco (*Penaeus occidentalis*)

Debido a que este es un recurso de muy rápida recuperación con un estrategia alta [de la *r*] de recuperación y unos desoves abundantes y numéricos (García & Le Reste, 1986), el recurso ha podido sostenerse en el tiempo; sin embargo, para que las poblaciones encuentren un nivel aceptable que sobrepase la barrera del 0.5 Bmsy se debe lograr que la mortalidad por pesca este

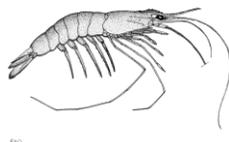
en el nivel de máximo rendimiento sostenible esto es que se llegue a  $F= 0.108$ , lo que significa que se tiene que reducir el esfuerzo pesquero, para que los niveles de biomasa pueden estar de nuevo en niveles aceptables.

De acuerdo con los análisis hechos, tanto históricos como recientes, el camarón blanco es un recurso que se mantiene en niveles de sobreexplotación.

Por lo tanto, se hace necesario que se cuente con un estricto cumplimiento de la veda ya que desde que la misma fue establecida, no se ha notado una seria recuperación de las poblaciones. Se debe tener en cuenta que el esfuerzo del pescador artesanal se ha descontrolado y que la flota industrial desde los años 80 ya había sobrepasado los niveles de esfuerzo recomendados.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.75 y un porcentaje de madurez sexual de 0.02%, longitud óptima  $Lop$  de 22 cm de  $L_t$ ., la mortalidad por pesca actual de  $0.153 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.0874 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $697 \pm (468 - 1040)$ , además si se controla el esfuerzo de pesca la recuperación de las poblaciones se podría presentar hacia el 2024.

#### 4.3.2 Pesquerías del camarón titi (*Xiphopenaeus riveti* Bouvier, 1907).



Nombre en inglés: Pacific Seabob

##### 4.3.2.1 Antecedentes del recurso de camarón titi.

Este es un recurso de gran importancia para la pesca artesanal y que en poco tiempo se convirtió en un aporte interesante para la pesca industrial. Este camarón de aguas someras prefiere la desembocadura de los ríos y se reporta hasta unos 70 m, de profundidad, las capturas realizadas de esta especie se dan en fondos lodosos con inclusión de arcilla y arena (Fisher, y otros, 1995)

Este recurso representa un importante sistema productivo en varios países de Centro y Sur América (El Salvador – Ecuador) es comercializado fresco, pelado, cocido y salado. Por lo general es capturado con redes de arrastre, su potencial ha sido estimado en 5000 t anuales teniendo unas capturas entre 600 y 1000 t; en algunas regiones del continente como en el Ecuador durante los eventos de El Niño 1982 y 1983 se observó una inusitada abundancia convirtiéndose en el recurso más importante de las capturas del Ecuador (Fisher, y otros, 1995)

En Colombia durante el 2021 se reportaron un total de 341 t, principalmente reportados en Tumaco, Guapi y Buenaventura. Durante la realización de presente trabajo no se encontraron estudios que reporten evaluaciones sobre la dinámica de esta especie

Por lo tanto, se reconstruyó una base de datos de captura y esfuerzo entre los años de 1975 hasta 2009 a través de registros efectuados por el INDERENA, INPA, INCODER y CCI, con el fin de construir un modelo de producción excedente que permitiera realizar un diagnóstico sobre su pesquería, de

acuerdo con la metodología existente (Seijo, Defeo, & Salas, 1997), el cual fue optimizado mediante la utilización de la Teoría Bayesiana.

#### 4.3.2.2 Optimización de los parámetros de los modelos de producción excedente. [ecuaciones (54)(55)(56)(57)]

Mediante la utilización del algoritmo remuestreo de cadenas de Márkov y Montecarlo (MCMC) se ajustó la modelación de la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) utilizando una serie histórica de desembarco por unidad de esfuerzo (DFPUE), y después de 50 mil iteraciones (Figura 4-199), que permitieron que la tasa  $r$  fuera de 0.3 con una capacidad de carga  $K$  de 20 mil toneladas.

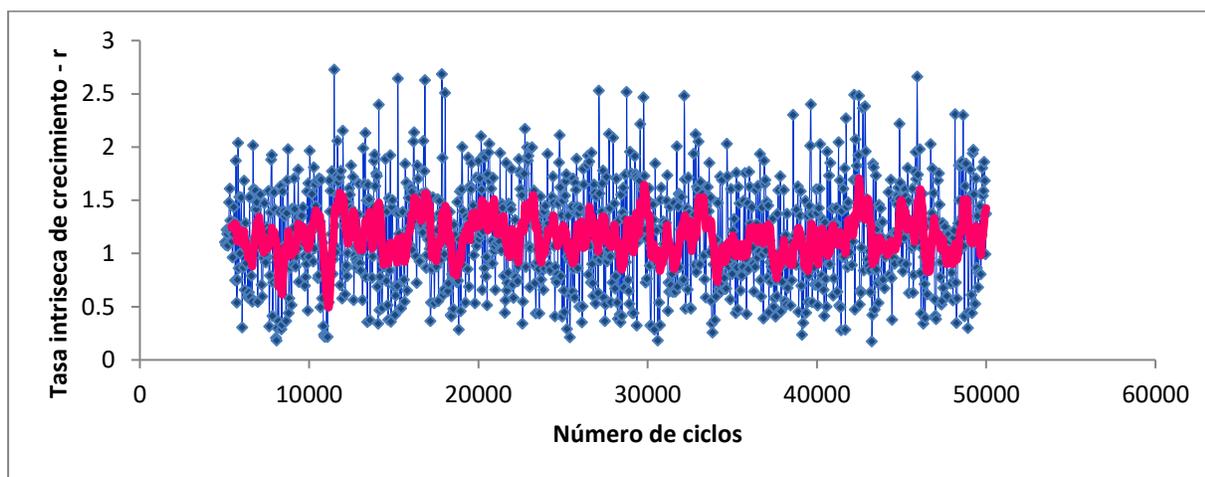


Figura 4-199. Remuestreo MCMC para las pesquerías del camarón titi del Pacífico colombiano.

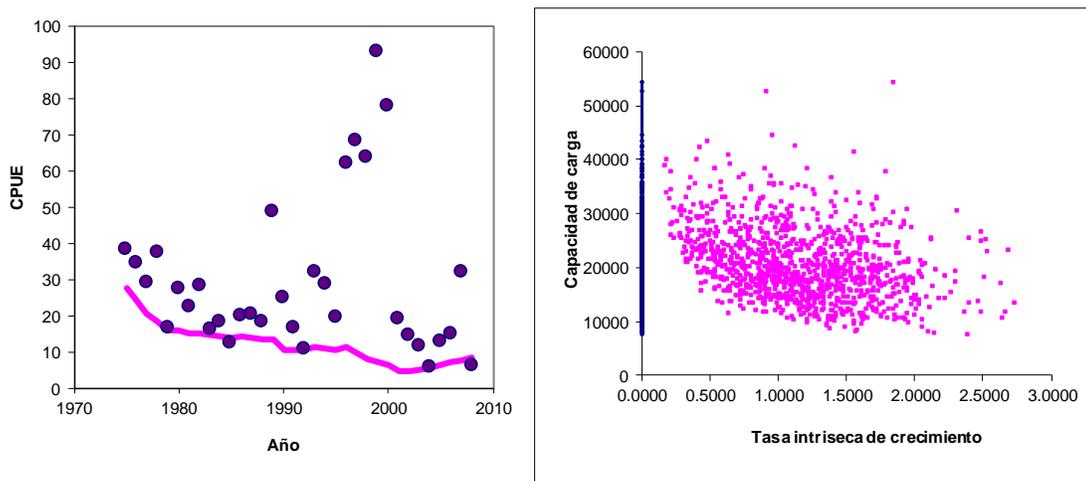


Figura 4-200. Modelación de la DPUE (CPUE) y la tasa intrínseca grafica de la derecha de crecimiento del camarón titi del Pacífico colombiano, grafica de la izquierda.

4.3.2.3 Modelo de producción excedente.

[ecuaciones(21)(22)(23)(38)(39)(40)(41)(42)(43)(44)(45)(46)(47)(51)]

Con algunos ajustes se determinó que las pesquerías, bajo este tipo de modelación, mediante la evaluación de los desembarcos por unidad de esfuerzo DPUE (CPUE) se pudo determinar un rendimiento máximo sostenible de 2273 toneladas (Figura 4-201).

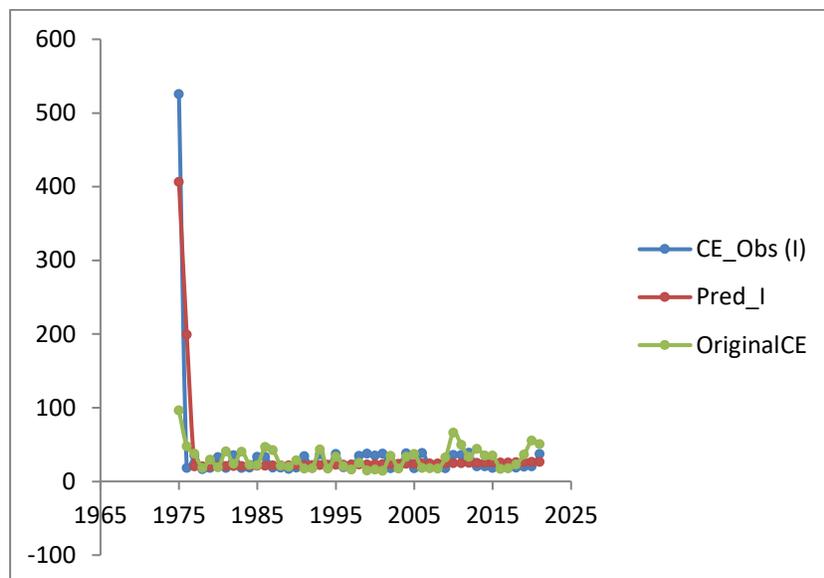


Figura 4-201. Ajustes de la modelación excedente con ajustes del DPUE (CPUE) predichos y ajustados para las pesquerías del camarón titi del Pacífico colombiano.

4.3.2.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el camarón titi *Xiphopneaus riveti*. [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)],

El grupo de las tallas recopiladas entre el 2012 hasta el 2021, presentó una distribución que estuvo acorde con las expectativas teóricas que se deben aplicar para su funcionalidad en especialmente lo relacionado con los aspectos de selectividad (Figura 4-202)

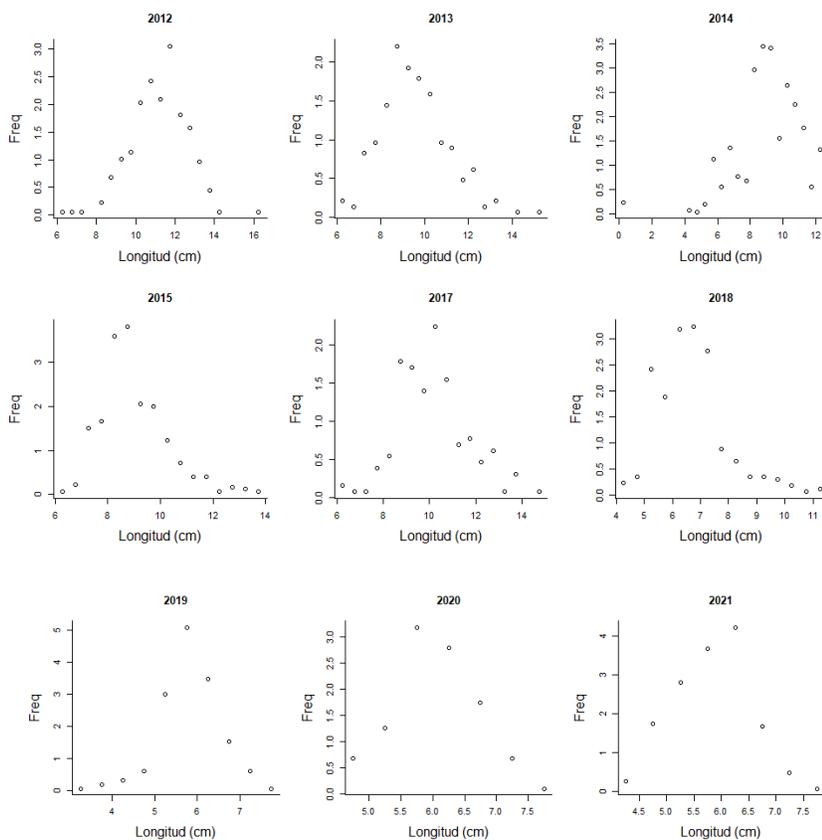


Figura 4-202. distribución de las tallas para camarón titi entre los años 2012 a 2021.

Los resultados del modelo mostraron un valor de la longitud asintótica similar lo propuesto en los estudios de cuotas que además es igual a la estimación posterior, la tasa de mortalidad por pesca difiere bastante entre la propuesta del análisis prior al posterior y lo valores de las tallas  $L_c$  también presentaron diferencias aunque no tan preponderantes como para la tasa de mortalidad; de otra parte los valores de biomasa relativa y rendimiento por recluta estuvieron muy por debajo de los valores esperados en condiciones ideales (Tabla 4-128, Tabla 4-129)

Tabla 4-128. Resultado de las estimaciones paramétricas d las diferentes tasas de aprovechamiento del camarón titi.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	16.5	16.2
Z/K	1.23	0.786
F/K	0.3	
Lc prior	5.36	0.536
$\alpha$ prior	28.7	2.87

Tabla 4-129. Estimación de los parámetros y tasas de aprovechamiento del camarón titi obtenidos en la cuenca del Pacífico colombiano

	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Loo	16.5	16.2	16.8
L opt	11	L opt/Loo	0.65
Lc_opt	9.8	Lc_opt/Loo	0.59
M/K	1.6	1.32	1.88
F/K	3.84	3.55	4.22
Z/K	5.25	5.04	5.59
F/M	2.69	2.21	3.53
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0.363		
B/Bo	0.14	0.0804	0.19
Y/R <sup>ˆ</sup> F=M Lc=Lc_opt	0.0413		
Y/R <sup>ˆ</sup>	0.00902	0.00239	0.0155

Finalmente, las evaluaciones para el último año observado (2021), mostraron valores superiores para la estimación de Lc, y todos los calores propuestos de rendimiento relativo tanto de los reclutas ( $y/R^{\wedge}$ ), (B/Bo), y (B/Bmsy) fueron bastante bajos y preocupantes para el desarrollo de esta pesquería.

Tabla 4-130. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas del camarón titi *Xiphopenaeus reveti* obtenidos para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	6.64	6.53	6.77
Lc/Loo	0.41	0.402	0.417
$\alpha$	27.9	26.9	28.8
Lmedio/Lopt	0.64		
L 95 %	7.75		
L 95 %/Loo	0.48		
Lm 50%	8.18	Madurez	0%
F/K	40	35.5	45
F/M	25	21.2	31.1
Z/K	41.3	36.8	46.6
Y/R <sup>ˆ</sup>	0.00073	0.000536	0.000958

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
B/Bo	0.0073	0.00536	0.00957
B/Bmsy	0.02	0.0148	0.0264

Las presiones de pesca de este recurso mostraron que para los últimos años (2018 a 2021) aumentaron considerablemente al punto que tanto la tasa F/M paso el umbral de valor 1 y B/Bo estuvo por debajo del proxi 0.5Bmsy que puede estar afectando el reclutamiento de esta comunidad (Figura 4-203)

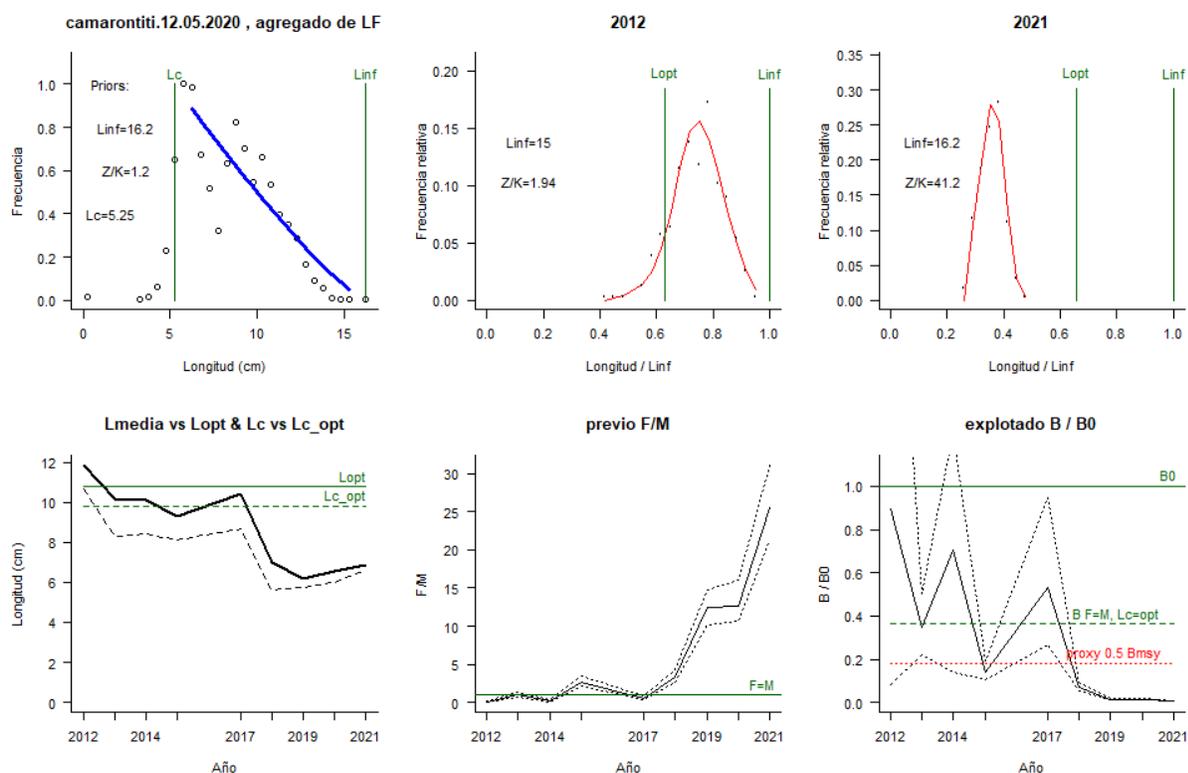


Figura 4-203. Comportamiento de las pesquerías del camarón titi *Xiphopenaeus riveti* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

#### 4.3.2.5 Modelo CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías del camarón titi. [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Con la finalidad de estudiar si la información introducida al modelo tiene funcionalidad estadística y con la ayuda de los indicadores propuesto para este modelo se encontró que los estimadores de las capturas estuvieron dentro de los rangos del modelo holístico, los datos de los desembarcos por unidad de esfuerzo DPUE (cpue) tuvieron algunas divergencias pero tanto la variación del proceso como el análisis de los residuos indicaron que el sistema se ajustó a las significancias estadísticas (Figura 4-204)

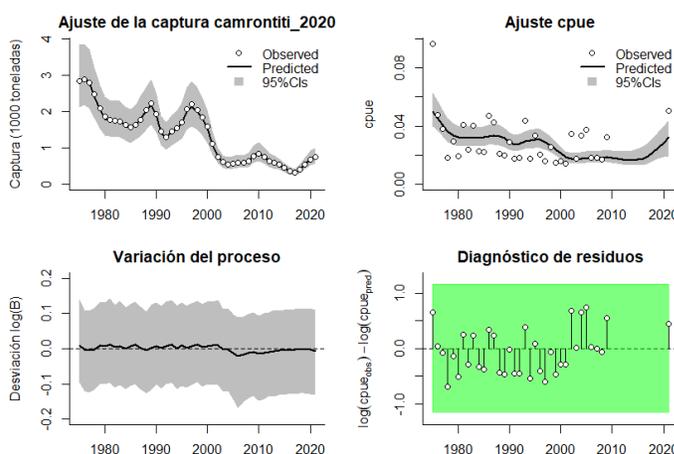


Figura 4-204. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón titi *Xiphopenaeus riveti*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Los siguientes valores que se probaron se relacionada con la densidad probabilística de los parámetros primordiales para este análisis, utilizando el algoritmo para CMSY se encontró que el paramero de mejor ajuste fue para el MSY por su meno valor de PPVR, igualmente se determinó que el rango de las tasas B/K fueron para el año 1975 ajustadas entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre (2016) este rango estuvo entre 0.0 a 0.4, luego para el último año (2021) el mismo estuvo entre 0.01 a 0.3 (Figura 4-205)

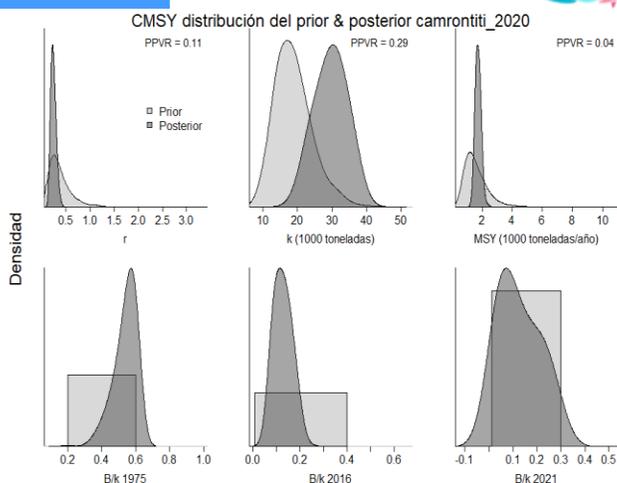


Figura 4-205. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis de la merluza *Brotula clarkae*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga d l ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Para el algoritmo BSM se constató que le mejor ajuste estadístico utilizando el indicador PPVR fue también para el parámetro de MSY (Figura 4-206)

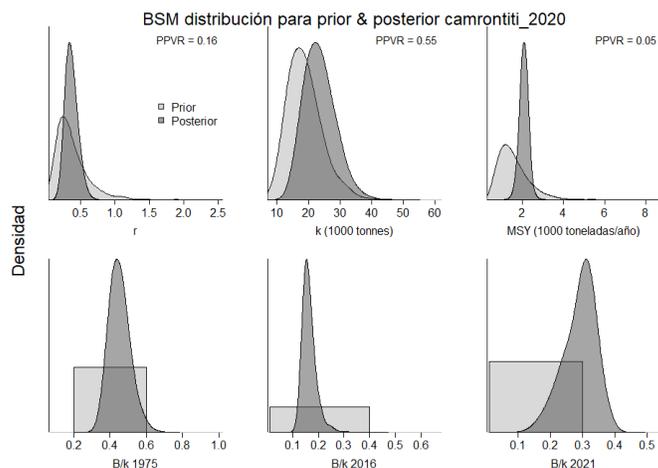


Figura 4-206. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón titi *Xiphopenaeus riveti*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

El ejercicio con el estimador prior mostró un recurso con una tasa de crecimiento baja y con una determinación del MSY que es un valor esperado con una biomasa relativa muy baja y un tasas de aprovechamiento muy alta (Tabla 4-131).

Tabla 4-131. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón titi *Xiphopenaeus riveti* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.263	0.169	0.409
MSY	1740	1440	2100
K	27400	19200	39000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.107 de K	0.0135	0.293
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.59	1.68	36.4

Con el sistema del algoritmo de BMS se pudo estimar un factor  $q$  mucho más bajo que las estimaciones realizadas con el modelo de producción excedente, así mismo los valores estimados del  $K$  fueron menores, en cambio los estimados de MSY fueron superiores (Tabla 4-132)

Tabla 4-132. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de camarón titi *Xiphopenaeus riveti* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00484	0.00311	0.00751
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.36	0.22	0.589
k	23000	15200	34800
MSY	2070	1670	2570
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.298 de K	0.174	0.375
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.621	0.451	1.5
r -k log correlación =	-0.9		

Los estimadores que tienen como fundamento presentar indicadores para la toma de decisiones los cuales presentan una propuesta de MSY superior a las 2 mil toneladas que es una cifra alta, pero la misma está respaldada por una tasa relativa de biomasa que se encuentra en un nivel aceptable (Tabla 4-133).

Tabla 4-133. estimadores de los parámetros de las pesquerías del camarón titi con fines de administración del recurso para el Pacífico colombiano

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.18	0.11	0.294	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.18</b>
Fmsy	0.18	0.11	0.294	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	2070	1670	2570	
Bmsy	11500	7610	17400	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	6850	4010	8640	
B/Bmsy en el último año	0.596	0.348	0.751	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.11	0.0875	0.188	
Explotación $F/F_{msy} =$	0.621	0.451	1.5	

Los registros históricos de las capturas del camarón titi mostraron un recurso en decadencia aunque para los últimos dos años mostró una ligera recuperación; en cuanto al **tamaño del stock** se observó que las pesquerías, tanto en las capturas (línea azul) como en los DPUE (CPUE) alcanzaron los niveles inferiores de producción (Figura 4-207), lo anterior se vio ratificado en la **tasa de explotación** que casi siempre estuvo por encima de límite de referencia de 1 (Figura 4-207); finalmente la biomasa relativa en la **curva de equilibrio** estuvieron en 60% por debajo de los niveles adecuados de aprovechamiento (Figura 4-207).

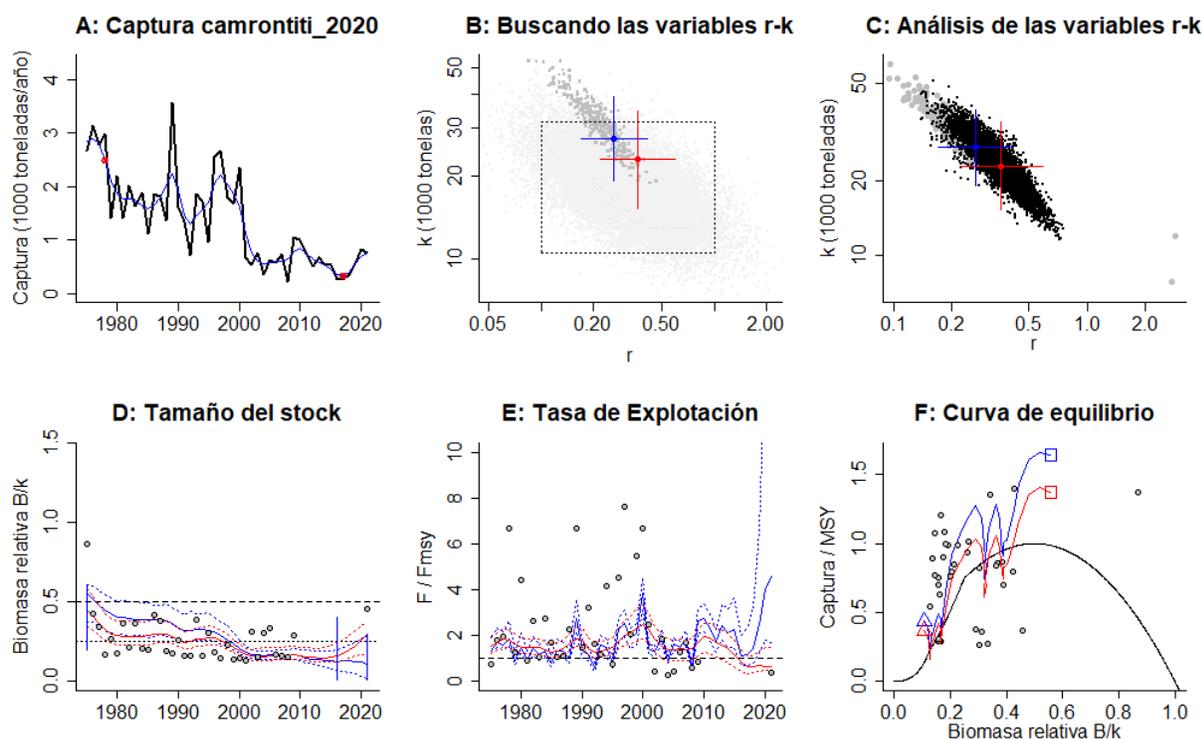


Figura 4-207. Resultados del Análisis de las pesquerías camarón titi *Xiphopenaeus riveti* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

De otra parte, el comportamiento de las capturas frente a su parámetro de MSY estuvo estable hasta la mitad de los registros históricos, luego entro en decadencia (Figura 4-208); lo mismo ocurrió con el tamaño del stock que se registró por debajo del proxi de 0.5 del  $B/B_{msy}$  (Figura 4-208), aunque para el último año se recuperó ligeramente (); finalmente la tasas de explotación ( $F/F_{msy}$ ) estuvo por encima de limite, aunque en los años 2019 - 2021 los registros fueron favorables (Figura 4-208)

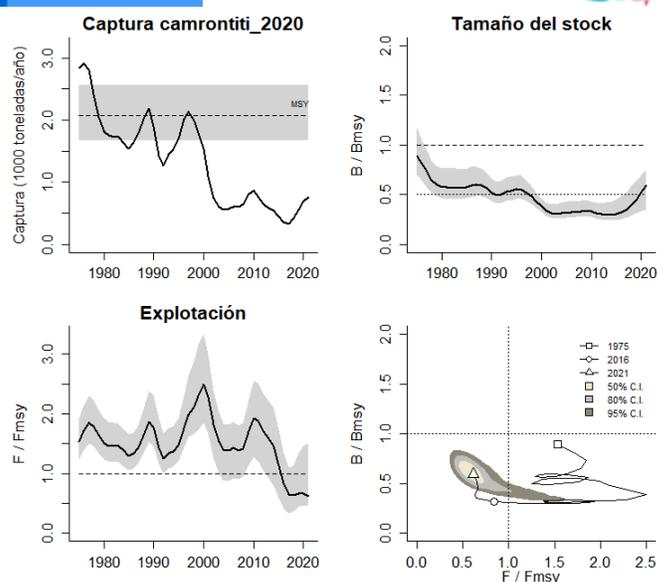


Figura 4-208. Análisis de las pesquerías del camarón titi *Xiphopenaeus riveti* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = Fmsy$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, el estudio de los registros totales vistos desde el comportamiento probabilístico de fases con la gráfica de Kobe presentó un recurso que en la mayoría de los años de su aprovechamiento ha estado en la fase crítica, solamente para los años después del 2015 se vio en recuperación y para el último año (2021) las probabilidades de que se encuentre en la fase crítica es tan solo el 9.1%, mientras que el estado en fase de recuperación es de 90.9% (Figura 4-209).

4.3.2.6

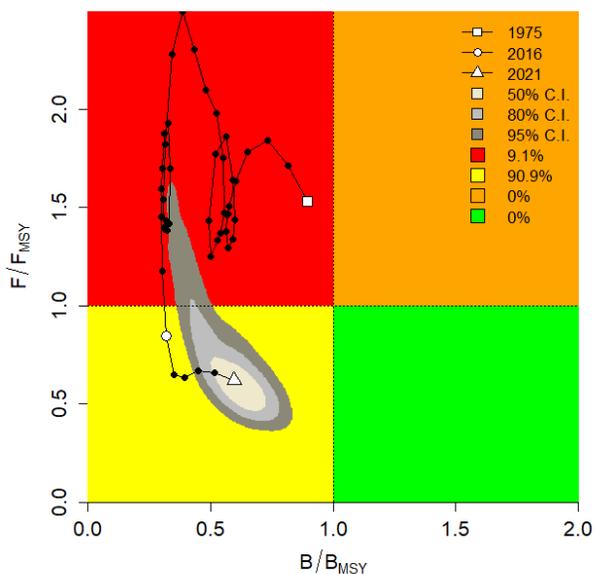
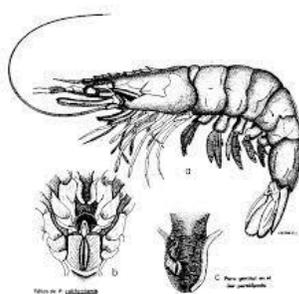


Figura 4-209. Análisis de las pesquerías del camarón titi *Xiphopenaeus riveti* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.3.2.7 Conclusiones para las pesquerías de camarón titi *Xiphopenaeus rivdti*.

Teniendo en cuenta que, utilizando los modelos registrados se tiene una amplia gama de rendimiento máximo sostenible desde 1700 a 2273 toneladas y teniendo en cuenta que el recurso se encuentra en los primeros niveles de recuperación se propone una cuota de  $1740 \pm (1440\ 2100)$  toneladas.

4.3.3 Pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* Holmes, 1990



Procedente de Word Science. Fao.org

Nombre en inglés: Yellow-leg shimp

#### 4.3.3.1 Antecedentes del recurso camarón café *Penaeus californiensis*

Este es uno del recurso que se han denominado camarones de aguas profundas; su distribución esta detectado desde San Francisco U.S.A. hasta Callao Perú que incluye el Golfo de California, en México; su batimetría registrada esta entre las 2 a las 180 m, bajo condiciones estenohalinas de 30-38 (Valencuela-Quiñones, y otros, 2006).

#### 4.3.3.2 Modelo CMSY Y BMS para el análisis de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis*. [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

De los datos estudiados se encontró que los valores de las capturas se ajustaron al modelo logístico; sin embargo, las estimaciones del DPUE (CPUE) si presentaron algunas variaciones; por lo que estudio la variación del sistema y un análisis de los residuos, por lo tanto, los resultados obtenidos cumplieron con los requisitos estadísticas para dar validez a los resultados (Figura 4-210)

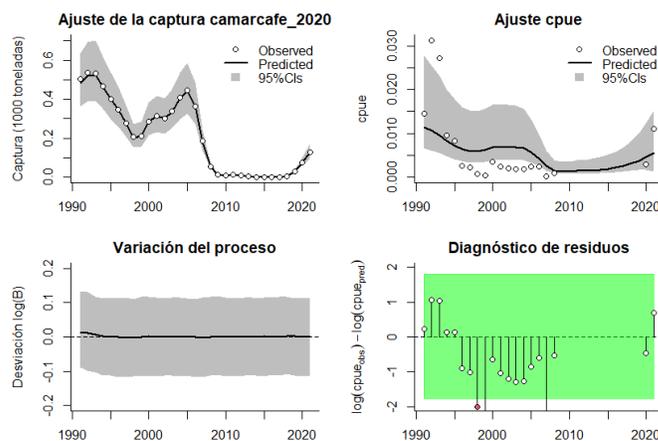


Figura 4-210. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Estudiado el comportamiento de las densidades se encontró que con el algoritmo CMSY el parámetro mejor ajustado fue el de MSY; de otra parte, el rango de biomásas fue para 1991 entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre (2015) el rango disminuyó entre 0.0 a 0.4, pero finalmente para el último año estudiado (2021) aumento ligeramente entre 0.01 a 0.4 (Figura 4-211)

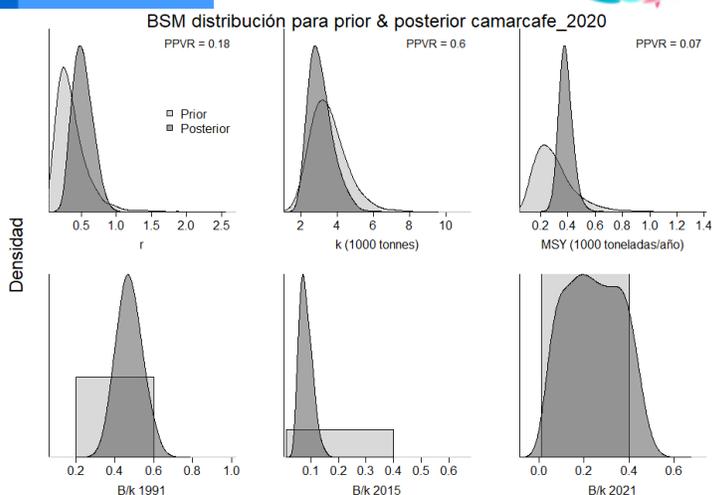


Figura 4-211. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis del camarón café *Penaeus californiensis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Al utilizar el algoritmo CMSY, se determinó que las densidades se comportaron de manera diferente pero el rango de las biomazas fue muy parecido, así mismo las estimaciones con el indicador PPVR confirmaron que el mejor ajuste es para el parámetro MSY (Figura 4-212).

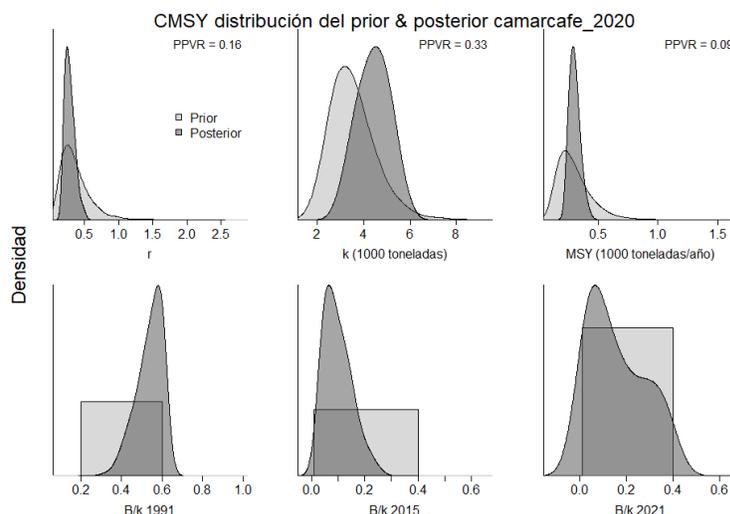


Figura 4-212. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón café *Penaeus californiensis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Las estimaciones de los valores prior determinaron una tasa intrínseca de crecimiento poblacional relativamente baja, que se corresponde con los bajos rendimientos pesqueros que no fueron muy altos; de otra parte, las tasas de biomasa relativa están en niveles bajos y tasa de explotación alta (Tabla 4-134)

Tabla 4-134. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.307	0.183	0.516
MSY	297	235	406
K	4060	2730	6050
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.129de K	0.0147	0.388
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	5.03	1.67	44.1

Las estimaciones con el algoritmo CMSY, permitió estimar un valor de coeficiente de capturabilidad de tamaño intermedio; pero la tasas r fue superior a la estimada de manera prior, así como el MSY que también mostró una estimación un poco más alta y las estimaciones de las biomazas relativas (Tabla 4-135).

Tabla 4-135. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de del camarón café *Penaeus californiensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00839	0.00426	0.0165
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.504	0.295	0.863
k	3020	2010	4560
MSY	381	294	494
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.24 de K	0.0453	0.453
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.751	0.352	21.9
r -k log correlación =	-0.884		

Con esta información se construyó una idea de las herramientas de administración que permite establecer puntos de referencia sobre la mortalidad por pesca del último año que se debe reducir hasta alcanzar por lo menos la mortalidad por pesca en el rendimiento máximo sostenible (Tabla 4-136)

Tabla 4-136. estimadores de los parámetros de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* con fines de administración del recurso para el Pacífico colombiano

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.252	0.147	0.431	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.242</b>
Fmsy	0.242	0.142	0.414	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	381	294	494	
Bmsy	1510	1000	2280	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	726	137	1370	
B/Bmsy en el último año	0.48	0.0905	0.905	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.179	0.0947	0.947	
Explotación F/Fmsy =	0.751	0.352	21.9	

Revisado el comportamiento de las capturas históricas se nota que este recurso ha tenido por lo menos dos periodos de alta producción con máximos en 1992 y 2006, y una profunda disminución para los años 2007 hasta 2019, luego se recupera ligeramente; el **Tamaño del stock** mostró una situación de disminución paulatina con sus valores críticos en el año de quiebre de análisis bayesiano para el 2015 (Figura 4-213, panel D); la **tasa de explotación** valores extremos principalmente para el 2006 y para el último año que donde se ejerció la mayor presión de pesca (Figura 4-213, panel E); finalmente la **curva de equilibrio** mostro que en la mayoría de los años la pesquerías se concentraron en las biomasa relativas más bajas que indica que el recurso está siendo ampliamente aprovechado (Figura 4-213, panel F)

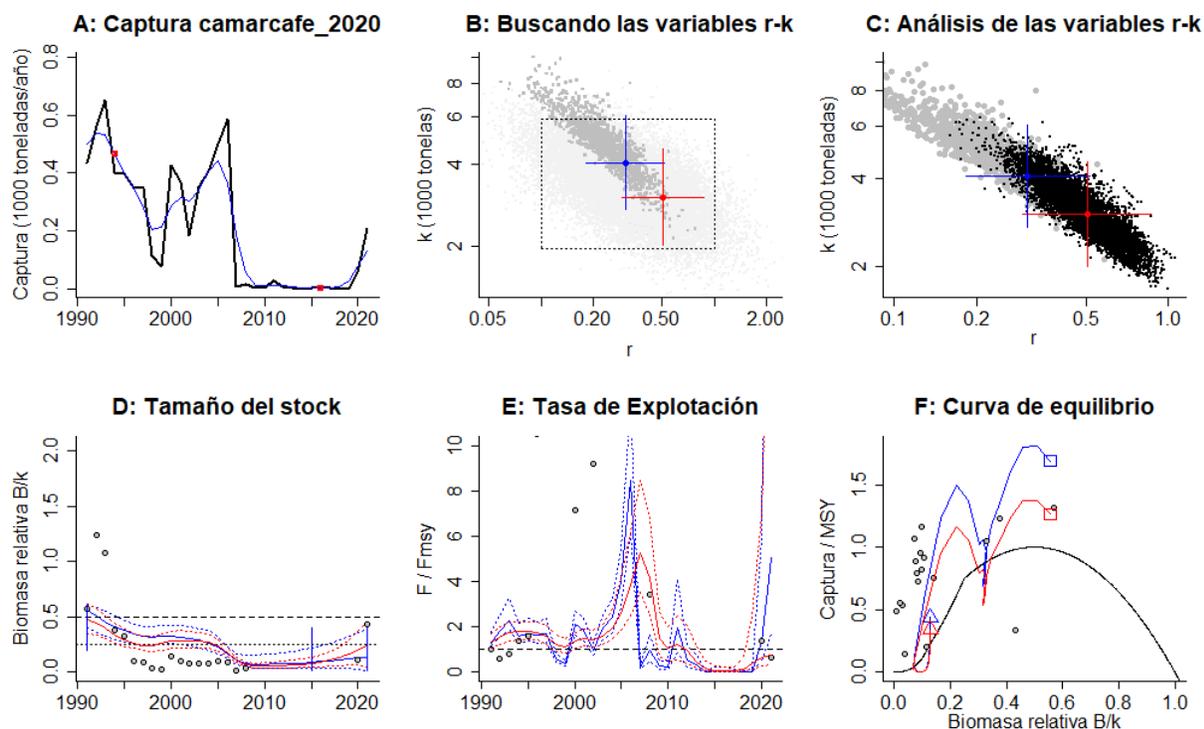


Figura 4-213. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Al comparar los diferentes registros históricos de las capturas frente a su punto de referencia MSY se determinó que después de haber estado en niveles adecuados después de 2006 las pesquerías se fueron a pique y, aún está muy distantes de recuperarse, aunque en los últimos años han repuntado; de la misma manera el **Tamaño del stock** muestra que las biomazas relativas disminuyeron a niveles peligrosos aun por debajo del referente del  $0.5 B/B_{msy}$ , por lo tanto la explotación de recurso está por encima de su referente menor de 1 (Figura 4-214)

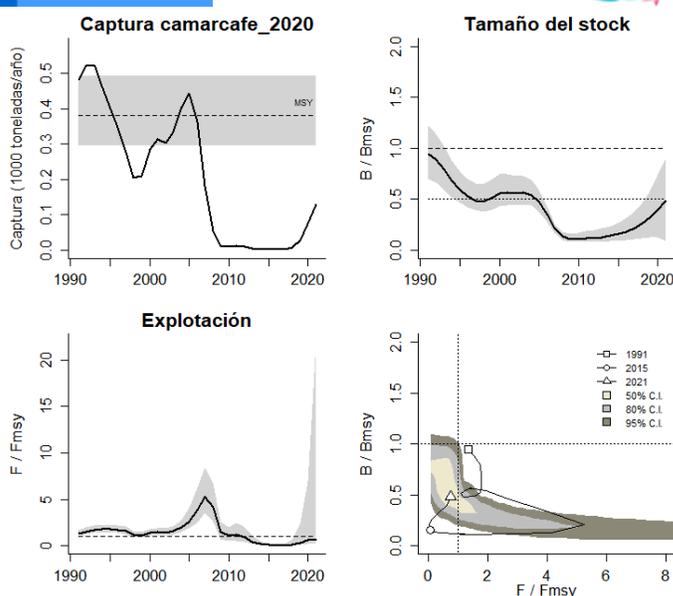


Figura 4-214. Análisis de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Una visión más general de lo que ocurrió con las pesquerías es lo demostrado por la gráfica probabilística de fases de Kobe, en ella se puede observar que en los primeros años el sistema se mantuvo en crisis, pero lentamente ha pasado hacia una fase de recuperación desde 2012 y se ha mantenido en la misma hasta la fecha, por ello para el año 2021 la probabilidad de que se encontrara en la región crítica fue de 41.3%, mientras que en la fase de recuperación el porcentaje fue de 58.5% e inclusive hay una pequeña probabilidad de que se encuentre en la fase óptima con un 0.2% ()

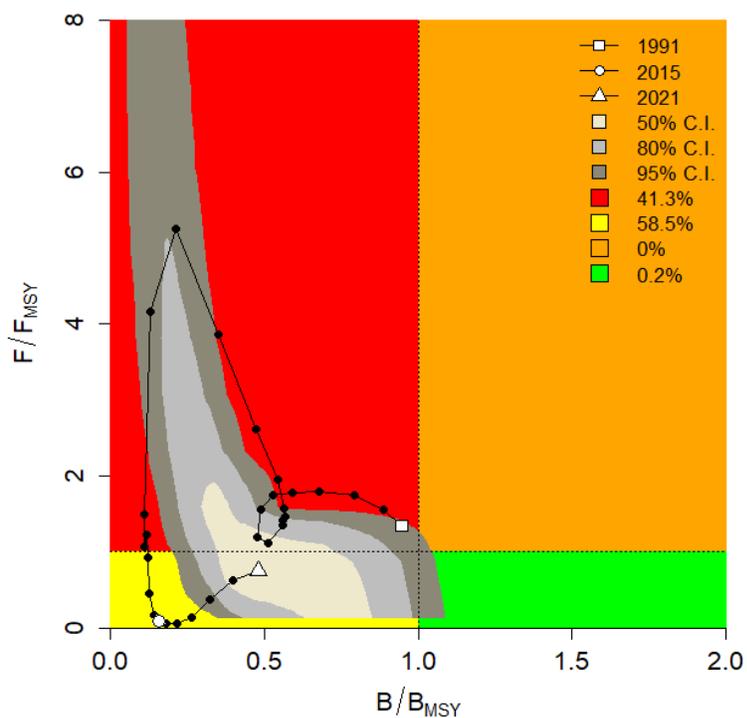


Figura 4-215. Análisis de las pesquerías del camarón café *Penaeus californiensis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.3.3.3 Conclusiones de las pesquerías de camarón café *Penaeus californiensis*.

Después de estudiar toda la información suministrada y analizada se pudo comprobar que el recurso está mejor en esta fase de su pesquería; por lo anterior se considera viable que el recurso pueda sostener un rendimiento máximo sostenible de  $381 \pm (294\ 494)$ .

#### 4.3.4 Pesquerías de camarón rojo *Penaeus brevisrostris* Kingsley, 1878



Repositorio. Imarpe.giob.pe

Nombre en inglés: cristal shrimp

#### 4.3.4.1 Antecedentes del recurso camarón rojo *Penaeus brevisrostris*.

Junto con el camarón café el camarón rojo representa un importante ingreso económico para la pesca industrial y, además es generador de divisas que representan unas ganancias significativas para. Dentro del contexto del comercio internacional este recurso genera cerca de 30 millones de dólares, siendo el sexto más importante de las pesquerías de México (Garduño-Argueta & J.A., 1995).

Este recurso está limitado al Pacífico oriental tropical al norte de Sinaloa, México hasta el Sur de Cabo Blanco, Perú e Islas Galápagos; es un recurso cuya distribución de un amplio rango de profundidad; las larvas habitan las zonas costeras y los ambientes lagunares, pero ya los preadultos se encurtan entre los 45 – 90 m (Garduño-Argueta & J.A., 1995).

#### 4.3.4.2 Modelo CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevisrostris*. [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Como una fase inicial del estudio de estas pesquerías, se sometió al escrutinio estadístico de los datos en una primera instancia se hizo una evaluación de los datos referente a las capturas las cuales está dentro del modelo predictivo, luego se evaluaron los registros del DPUE (CPUE) que se para algunos años se encontraron fuera del nivel de seguridad, sin embargo, la variación de proceso del logaritmo de la biomasa no mostro diferencias significativas; pero el análisis de los residuos si tuvo años fuera de contexto en especial el rango entre el año 2001 – 20004 (Figura 4-216)

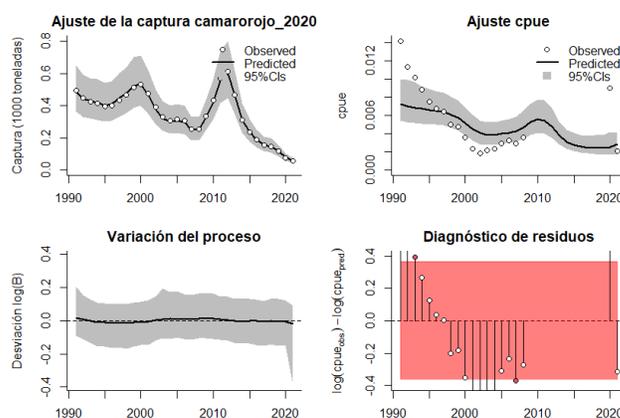


Figura 4-216. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón café *Penaeus brevisrostris*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Otra forma de evaluar la información fu la de revisar el impacto que los principales parámetros tuvieron con sus densidades; de esta manera y utilizando el indicador PPVR se encontró que el mejor ajuste obtenido fue para el MSY; de otra parte el rango de biomasa relativa estuvo para 1991 entre 0.2 a 0.6, luego el año de quiebre 2017 esta relación descendió entre 0.0 a 0.4, pero finalmente se dio una mayor ajuste, para el 2021, que estuvo entre 0.01 a 0.2 (Figura 4-217)

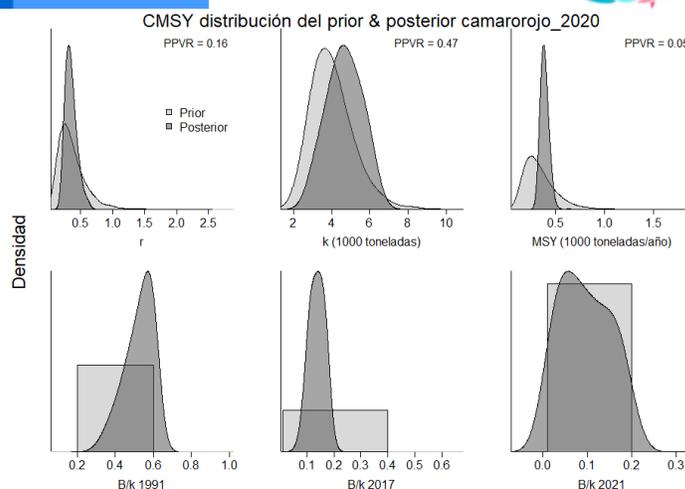


Figura 4-217. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis del camarón café *Penaeus brevisotrris*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga d l ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

En cuanto a la valoración de los resultados mostraron un crecimiento más bien bajo, lo que pude estar relacionado con los bajo niveles de la biomasa relativa para el último año (2021), esto se verifican ya que los niveles de la tasa de explotación también esta altos (Tabla 4-137)

Tabla 4-137. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevisotrris* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.379	0.222	0.65
MSY	386	320	475
K	4180	2680	6540
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0906de K	0.0135	0.193
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.51	0.708	10.1

Una vez utilizado el algoritmo de CMSY se encontró que variaron los parámetros estimados ya que la tasa r aumento, así como la estimación del MSY y, aunque la biomasa relativa subió un poco este indicador sigue siendo alto (Tabla 4-138)

Tabla 4-138. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de del camarón rojo *Penaeus brevisotrris* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00416	0.00266	0.0065
		Intervalo de confianza al 95%	

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
r	0.472	0.296	0.752
k	3620	2350	5570
MSY	427	358	509
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.192 de K	0.111	0.245
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.422	0.263	1.33
r -k log correlación =	-0.926		

Finalmente, se procedió a efectuar un análisis con las recomendaciones cualitativas más relevantes para el manejo de este recurso; para ello se tuvo en cuenta la estimación de la mortalidad por pesca en MSY (Fmsy) la cual fue evaluada bajo el criterio de si la biomasa está por debajo de proxi de 0.5 Bmsy que trabo como conclusión que existen niveles de aprovechamiento altos (Tabla 4-139)

Tabla 4-139. estimadores de los parámetros de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevivirostris* con fines de administración del recurso para el Pacífico colombiano

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.236	0.148	0.376	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.181</b>
Fmsy	0.181	0.114	0.289	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	427	358	509		
Bmsy	1810	1180	2790		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	696	401	888		
B/Bmsy en el último año	0.384	0.222	0.49		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.0797	0.0625	0.138		
Explotación $F/F_{msy} =$	0.442	0.263	1.33		

Al observar el recuento histórico de las capturas de este recurso se observa que no ha presentado mayores variaciones excepto para el 2017 donde se generó un pico de producción; de otra parte el **tamaño del stock** mostró que el comportamiento de la biomasa relativa ha tenido una tendencia hacia la disminución la cual estuvo acompañada por el decaimiento del DPUE ( puntos negros del panel D); de otra parte la tasa de explotación ha venido sobrepasando los límites de seguridad hecho que se ha incrementado a partir de 2010 (); de otra parte la curva de equilibrio muestra que más del 60% de los datos se ubicaron en los niveles más bajos de las biomazas relativas ().

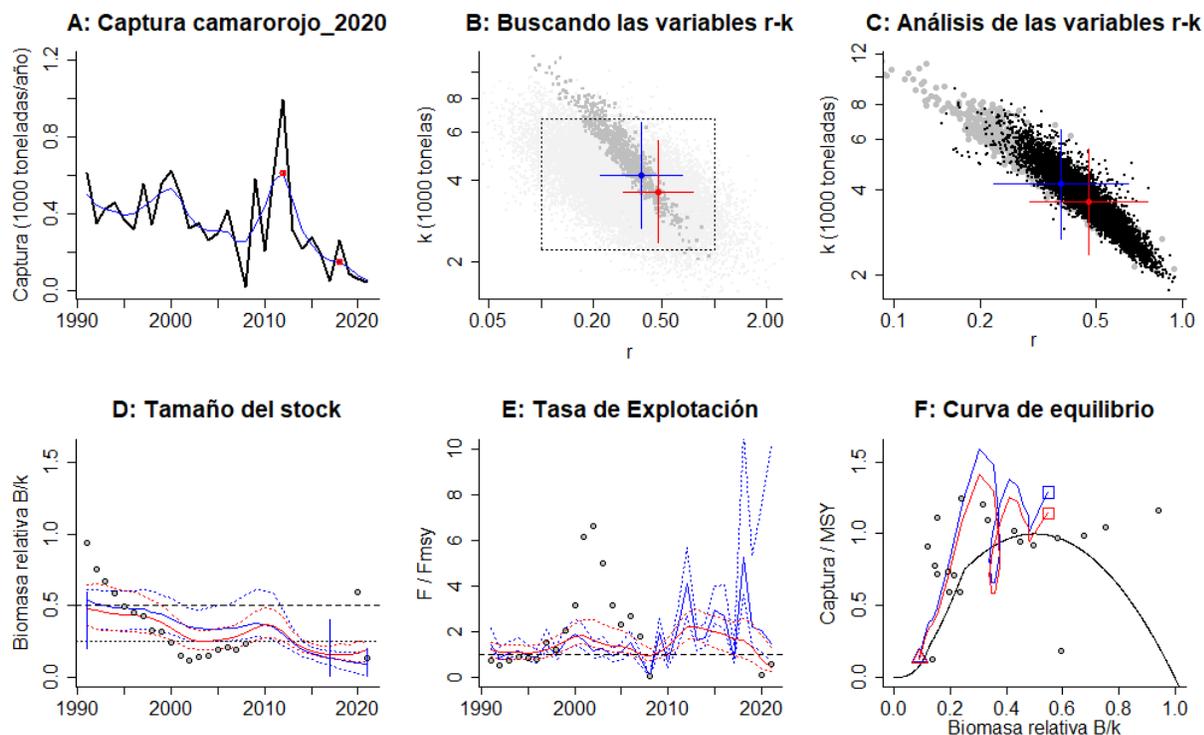


Figura 4-218. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevirostris* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Se evaluó el comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY, se vio que hasta el 2015 los recurso estuvieron alrededor del MSY, pero después han declinado permanentemente; el **tamaño del stock** también muestra tendencias de disminución en sus biomazas relativas pero a partir del 2013 se cruzó el nivel mínimo (proxi de 0.5  $B/B_{msy}$ ) que es bastante peligroso, aunque

para el 2021 se notó una ligera recuperación; igualmente la tasa de explotación mostró un recurso que estuvo por encima de los límites de seguridad del  $F/F_{msy}$ , aunque estos disminuyeron en el 2021 que indica que las pesquerías han disminuido su intensidad (Figura 4-219)

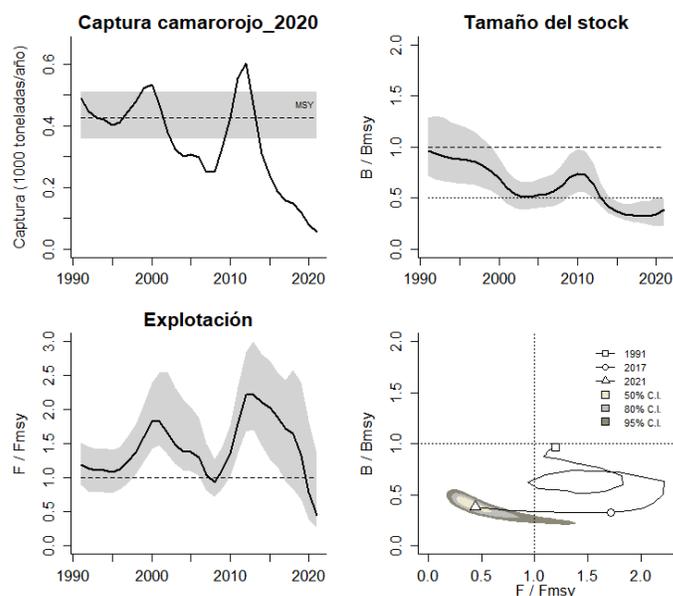


Figura 4-219. Análisis de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevisrostris* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

La lectura que resumen la situación del estado de salud de esta comun9da de recurso pesquero se pudo observar mejor cuando se empleó el grafico probabilísticos de estado de Kobe, en este se pudo observar que las pesquerías estuvieron en los niveles críticos desde el inicio de sus pesquerías pero en los dos últimos años las pesquerías han pasado a la fase de recuperación, por lo que las probabilidades, para el último año fueron de 5.7% que se esté en la zona crítica, un 94.3% de estar en la zona de recuperación (Figura 4-210)

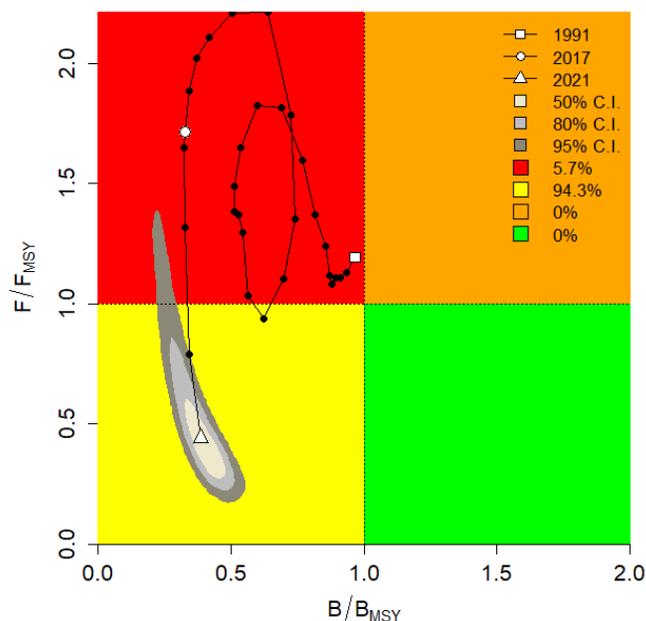


Figura 4-220. Análisis de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevisrostris* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.3.4.3 Conclusiones de las pesquerías del camarón rojo *Penaeus brevisrostris*.

Después de evaluar los resultados de los aspectos pesqueros del recurso se tiene que se puede recomendar un cuota de pesca que este en los valores del MSY de  $427 \pm (358\ 509)$ , igualmente se propone que los marcos de referencia para expedir un media de manejo administrativo es que se puede llegar al niveles de mortalidad por pesca cercanos al  $F_{msy}$  de 0.181.

#### 4.3.5 Pesquerías de camarón de Aguas profundas *Solenocera agassizii* (Faxon, 1893.)

##### 4.3.5.1 Antecedentes.

Puentes et al., (1995) describe la dinámica de la actividad pesquera del camarón de aguas profundas, estiman parámetros biológico pesqueros de *S. agassizii* con un desove entre enero y febrero, una talla promedio de madurez sexual entre 90 – 100 mm LT, y un crecimiento alométrico con diferencias entre hembras y machos, entre otras características biológicas.

Se sugiere un recurso óptimamente explotado para esa época con una tasa de explotación de 0,571 t, con 32 embarcaciones registradas en el INPA y 23 activas en 1993 (Puentes et al., 2007).

#### 4.3.5.2 Modelo CMSY Y BMS para el análisis de las pesquerías de camarón coliflor *Solenocesa agassizii*.

Se realizaron los ajustes estadísticos sobre las capturas proyectadas frente a un modelo predictivo ajustado al 95% que resulto significativo, luego se revisó la captura por unidad de esfuerzo que bajo el modelo predictivo al 95% de seguridad mostró una parte inicial de datos por fuera de la banda de seguridad; sin embargo, tanto la variación de proceso como los ajustes de los residuos del CPUE fueron significativos (Figura 4-221)

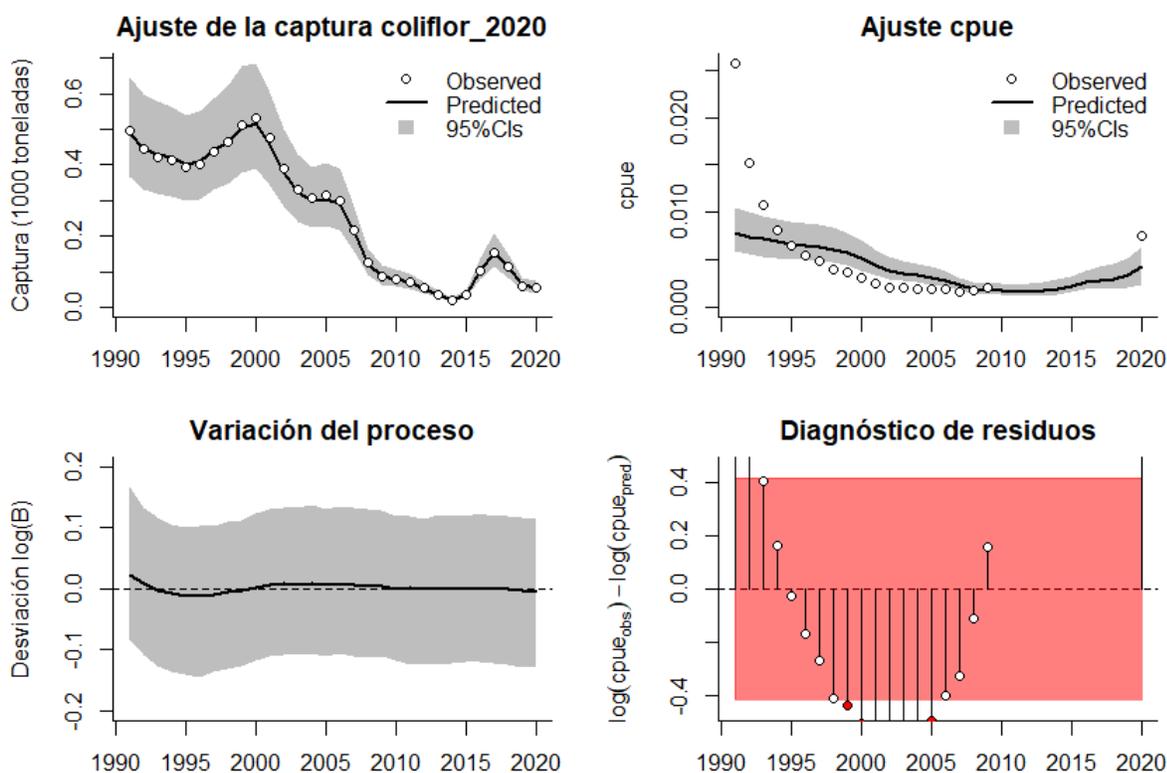


Figura 4-221. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón coliflor *Solenocesa agassizii*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

La historia de esta pesquería registrada desde 1991, mostró un recurso con interesantes variaciones ya que en los primero 20 años mostro un recurso en su declinación normal en especial debido al creciente interés por capturarlo, pero con el esfuerzo delimitado por unos pocos barcos; sin embargo, el aporte del esfuerzo pesquero que se había intensificado en los primeros años luego se fue estabilizando. Luego para el año 2015 se ha notado una interesante recuperación (Figura 4-222)

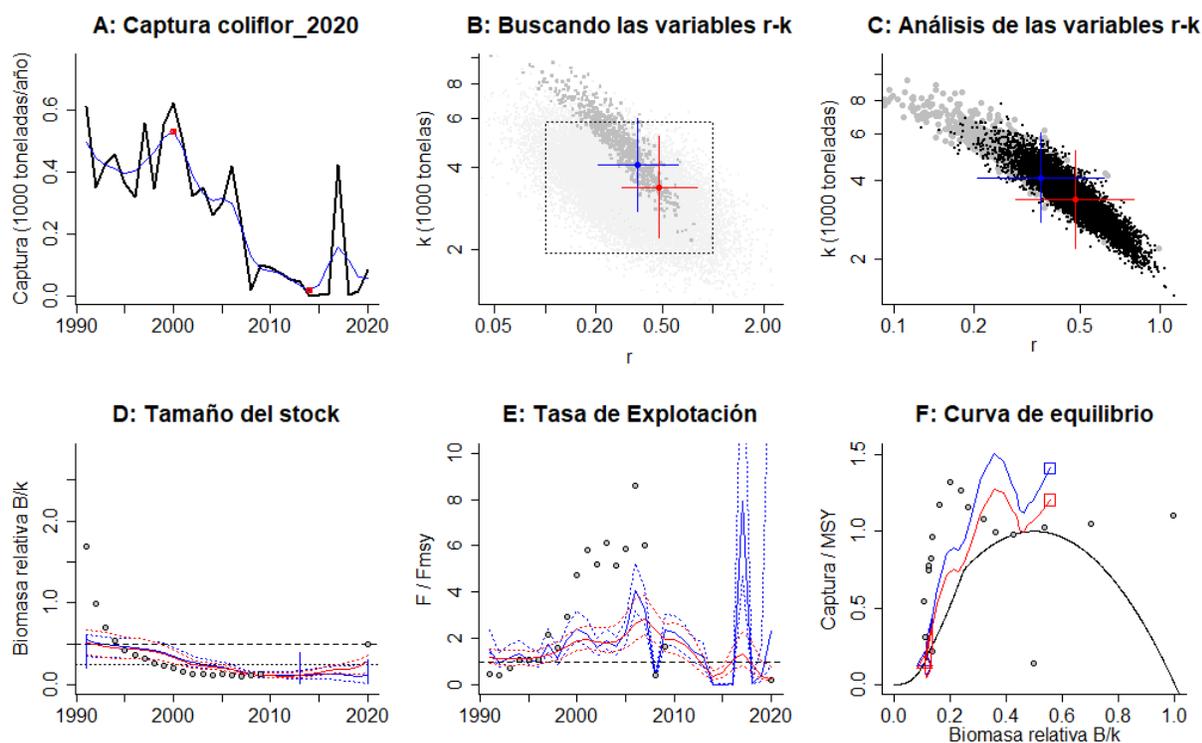


Figura 4-222. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Siguiendo los derroteros marcados para el análisis de esta pesquería se analizó el **tamaño del stock** proyectando el modelo bayesiano prior entre las capturas y la CPUE (líneas azules y rojas respectivamente de la Figura 4-222, panel D), la densidad de biomasa del sistema prior presentó para el año 1991 un rango entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre 2013 esta rango estuvo entre 0.01 a 0.4, para terminar el 2020 con una rango entre 0.01 a 0.3 (Figura 4-222, panel D).

Para la **tasa de explotación**  $F/F_{msy}$  se notó una gran dispersión de los valores de captura y los del CPUE., destacándose que para el 2015 esta tasa mostro un sistema estable (Figura 4-222, panel E).

Finalmente, la **curva de equilibrio** dejó ver que la mayoría de los valores estuvieron en la área de mayor peligro, esto es concertadas donde las capturas/MSY frente a las biomasa relativas  $B/K$  fueron inferiores al 0.5.

Los resultados de algoritmo CMSY se encontró un nivel de residencia bajo teniendo en cuenta la deducción de las estimaciones de la tasas intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), de otra parte, las deducciones de las biomasa son las más altas detectadas para todos los recurso analizados en este documento, por lo que el MSY correspondientemente, también es el mayor, pero lo que preocupa, es que las biomasa relativa si son muy bajas (Tabla 4-140)

Tabla 4-140. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón coliflor *Solenocera agassizii* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetro	95% de Limite de confianza		
	$r$	0.356	0.206
MSY	353	282	476
Biomasa relativa	0.111	0.0141	0.289
$F/(r/2)$	2.33	0.895	18.3

Los resultados al utilizar el algoritmo bayesiano de Schaefer (BSM) mostró una capacidad de residencia un poco más alta que la calculada con el CMSY, aunque las estimaciones de MSY fueron, igualmente, un poco más altas, lo que sí mostró fue un sistema en sobre aprovechamiento ya que las tas de biomasa relativas estimado para el último año del trabajo fueron muy bajas, con un tasa de explotación alta (Tabla 4-141).

Tabla 4-141. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del camarón coliflor *Solenocera agassizii* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetro	Valor	L inferior	L superior
$q$	0.00454	0.00287	0.00719
$k$	3,370	2,200	5,150
$r$	0.48	0.287	0.8
MSY	404	325	501
		Percentil. 2.5	Percentil. 97.5
Bimasa relativa	0.287	0.15	0.762
$F/(r/2)$	0.243	0.172	0.762

Finalmente, y como una medida de administración se estimó la mortalidad por pesca en MSY, esta acción implicó calcular la capacidad de sostenibilidad de recurso frente a las pesquerías, lo anterior implicó calcular que la biomasa estimada estuviese o no por debajo de 50% de la biomasa en MSY. Para este recurso esto fue lo que sucedió por lo que se determinó como punto de administración

de este punto de referencia como el valor más bajo, igualmente el valor propuesto se escogió el determinado por el algoritmo BSM (Tabla 4-142)

Tabla 4-142. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de camarón coliflor *Solenocera agassizii* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetro	Valor	95% de Limite de confianza	
Fmsy	0.24	0.144	0.4
MSY	404	325	501
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Bmsy	1680	1100	2570
Biomás 2020	967	504	1250
B/Bmsy	0.574	0.299	0.743
F para el 2020	0.0573	0.0443	0.11

Se utilizó el gráfico probabilista de fases para estudiar el comportamiento general de la historia de las pesquerías, se pudo establecer que la mayoría de las capturas reportadas se encontraron dentro de la zona de crítica, aunque este tipo de análisis mostró que no todo es malo ya que para el 2020 el recurso se encuentra en un 98.8 % de probabilidades de estar en la zona recuperación, (Figura 4-223)

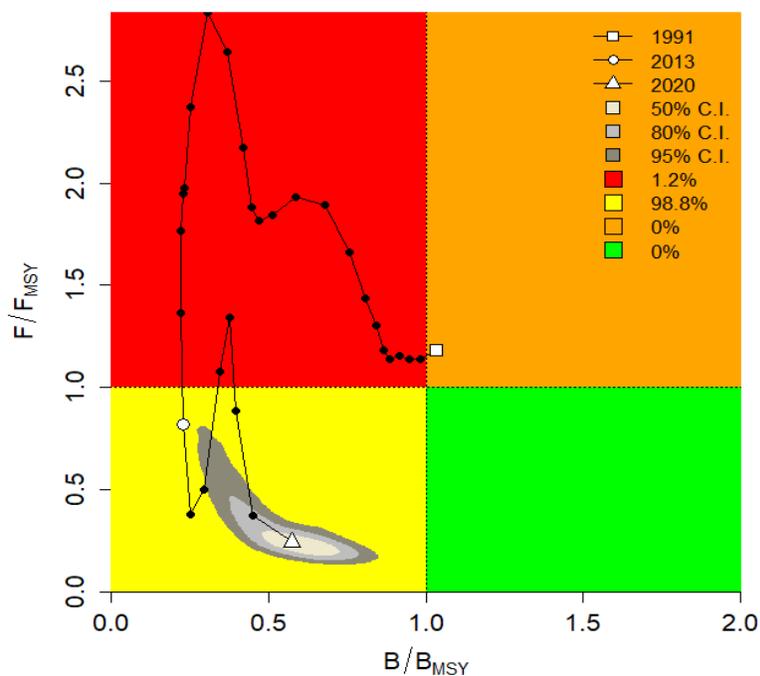


Figura 4-223. Análisis de las pesquerías del camarón coliflor *Solenocera agassizii* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.3.5.3 Conclusiones sobre las pesquerías del camarón coliflor *Solenocera agassizii*

Una vez analizados todas las referencias que permitieron realizar un diagnóstico de sus pesquerías y que son reflejo de la dinámica poblacional del recurso y encontrándose que el bajo los acondicionamientos teóricos de las pesquerías se mostró que la especie está en un nivel de recuperación ya que se encontró que para el último año evaluado solo el 1.2 % presenta probabilidad de estado crítico y, el 98.8 % que está en recuperación muestra que las pesquerías están estables.

Por lo anteriormente expuesto se recomienda una cuota de  $404 \pm (325 \text{ a } 501)$  toneladas.

#### 4.4 Moluscos

##### 4.4.1 Pesquerías de la piangua [*Anadara tuberculosa*, Sowerby I, 1833]



Nombre en inglés: pustulosa ark.

##### 4.4.1.1 Antecedentes del recurso de piangua (*Anadara tuberculosa*)

Es un molusco bentónico de aguas abiertas con distribución de profundidad entre los 0 y los 20 m., aunque usualmente está hasta los 15 m., se encuentra entre los 26 a los 38 °C y pertenece al Océano Pacífico y al Atlántico centro occidental: desde Laguna Ballena, Baja California Sur, México hasta Tumbes en Perú. (FishBase consortium, 2020).

Puentes (1997) analizo los aspectos biológico-pesqueros de la piangua en el PNN Sanquianga. Barreto y Borda (2008) hicieron una relación de trabajos realizados para la especie en el pacífico colombiano. Polo et al (2014) establecieron parámetros de la biología pesquera y de historia de vida para la especie. Zambrano et al (2018 a, b) la reportaron en las caracterizaciones de la pesca artesanal de las zonas centro y sur de la costa pacífica colombiana Zambrano et al (2018 b) muestra una relación de trabajos sobre la TMM que esta entre 23.2 y 44mm y una TMC de 52mm (pacífico sur).

##### 4.4.1.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de piangua (*Anadara tuberculosa*) [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Con los datos recopilados hasta 2015 [Borda, Barreto & Portilla en preparación] y aplicando la primera secuencia de modelos, se encontró que la especie presentó un recurso de tipo isométrico [b=3, P>0.05], con crecimiento alto, ya que la tasa metabólica de crecimiento es cercana a 1, que hace que el recurso tenga un desarrollo temprano ( Borda & Cruz, 2004). (Tabla 4-143)

Tabla 4-143. Relación de los parámetros estimados para la piangua *Anadara tuberculosa* para la cuenca del Pacífico colombiano.

a	B	r <sup>2</sup>	T.M. [mm]	T.M.C. [mm]	Loo [mm]	k	Z	M	F	E
0.1917	3.1904	0.8525	44	47.6	78.4	0.96	3.36	0.82	2.54	0.76

#### 4.4.1.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de piangua (*Anadara tuberculosa*) [ecuaciones (29)(30)(31)(33)(34)(35)(36)(37)],

La observación de la información de dinámica de poblaciones utilizando varios modelos de tipo bayesiano y analíticos, presentó rendimiento máximo sostenible bastante alto, si se compara con los demás recursos, pero este hecho presentó un problema sobre la abundancia relativa de la biomasa, ya que la utilización efectiva de su capacidad de renovación estuvo sobre el 27% que empieza a ser una cifra de cuidado si se estima que la presión de pesca, si no se regula, puede ir en aumento. (Tabla 4-144)

#### 4.4.1.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB piangua (*Anadara tuberculosa*) [ecuaciones (5)(46)(47)(62)(63)(64)(65)(66)(67)(68)],

La secuencia de las tallas de la piangua muestra como entre el primero y último año la longitud asintótica creció, al igual que la tasas  $Z/K$  que, además, en el año 2018 fue más alta que la propuesta en los análisis prior, aunque las diferencia no son sustanciales; debido a que no se pudo obtener información de tallas entre el 2011 al 2017; de alguna manera, se puede estimar que la talla de primera captura [ $L_c$ ] como la talla media no han tenido variaciones apreciables por lo que se puede deducir que en este aspecto el recurso no ha sido presionado por el tamaño de los organismos capturados. (Tabla 4-144, Figura 4-225)

Tabla 4-144. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Anadara tuberculosa* para la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS ton.	PRO [\$]	B/K	Q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
4566	8.E+09	0.63	0.0001	0.9243697 5	Barreto & Borda 2008.	Bayesiano - bioeconómico O Schaefer & Gordon.	Se pasó los límites del rendimiento máximo.

Tabla 4-145. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la piangua *Anadara tuberculosa*, se muestra el visón prior de estos cálculos.

Loo prior	9.69	SD		0.0969	CM			
Z/K prior	5.27	SD		13.9	M/K prior =	1.5	SD	0.15
F/K prior	3.37	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)						
Lc prior	3.98	SD		0.398	alfa prior =	52.6	SD	5.26

El análisis de la abundancia relativa de la biomasa, la situación se torna compleja, pues durante todos los años, ésta tasa siempre ha estado por debajo del proxi 0.5  $Bmsy$ , indicando que el recurso estuvo afectando en reclutamiento a las pesquerías, por lo tanto, ni los datos de análisis general, ni el último año han superado la barrera de 10%, esto hace pensar que las mujeres

recolectoras de piangua están recibiendo una fuerte demanda del producto. (Figura 4-225, Tabla 4-146, Tabla 4-147)

A pesar de que este recurso es capturado con la mano, todos los datos de distribuciones de frecuencia se comportaron como la típica distribución de la selectividad propuesta para las artes de enmalle (Frose R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019); debido a este se decidió proseguir con los análisis. (Figura 4-224).

Analizado el comportamiento de las pesquerías desde el punto de vista de la presión pesquera [F/M] se notó una variación en los primeros años, pero lo más preocupante es que todos los valores están por encima del punto de referencia tanto prior como posterior. (Figura 4-225)

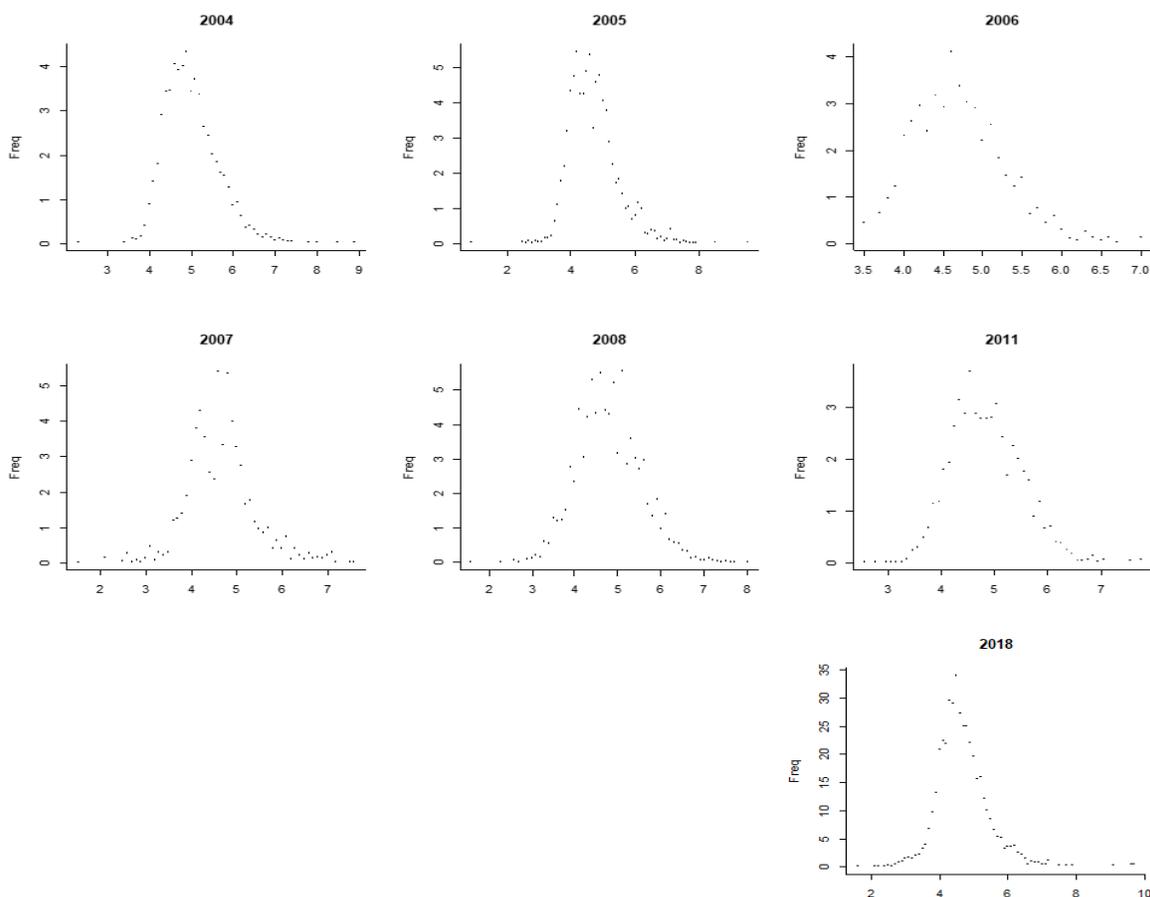


Figura 4-224. Distribución de las tallas de la piangua *Anadara tuberculosa*, entre los años 2006 -2012; 2018. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

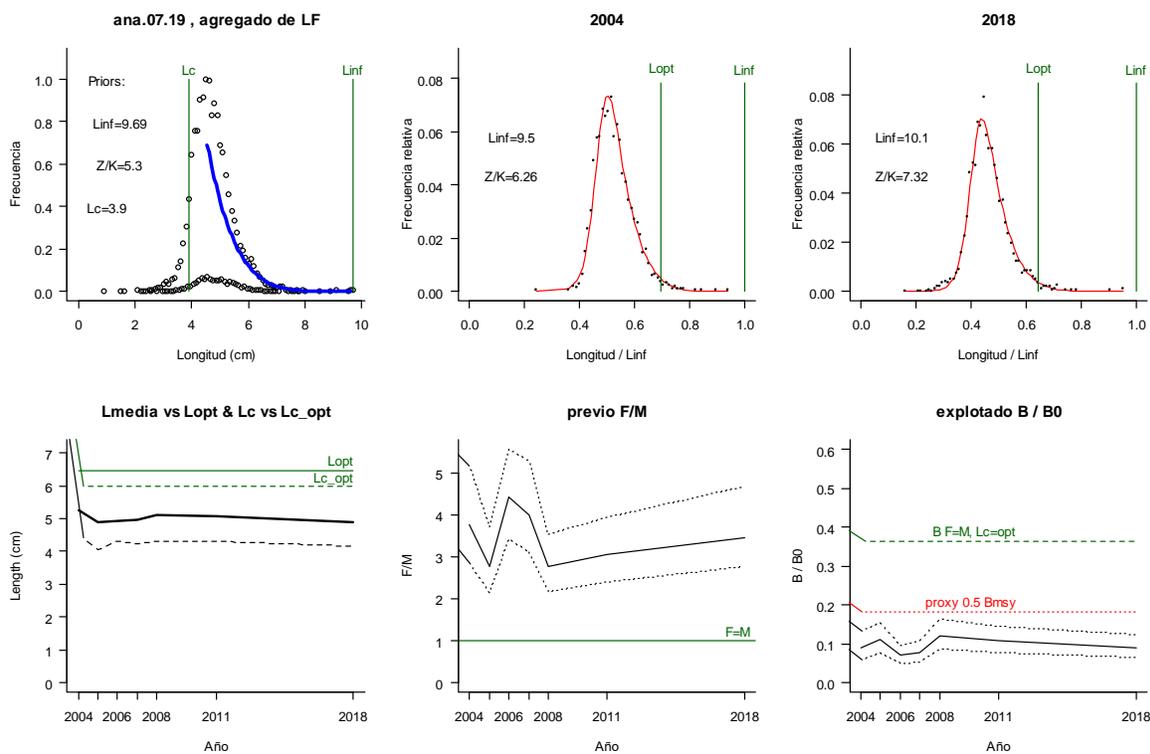


Figura 4-225. Comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Anadara tuberculosa* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxy para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxy para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Tabla 4-146. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento de la piangua *Anadara tuberculosa* obtenidos de las pesquerías del Pacífico colombiano.

Parámetro	valor	estadístico	valor	valor
Loo (mm)	9.81	rango	9.68	9.95
Lop (mm)	6.5	Lopt/Linf =	0.66	
Lc_opt (mm)	6	Lc_opt/Linf	0.61	
M/K	1.56	rango	1.3	1.8
F/K	4.95	rango	4.52	5.34
Z/K =	6.37	rango	6	6.72
F/M =	3.45	rango	2.77	4.67
B/Bo	0.0904	rango	0.0639	0.131
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt		0.0432		

Parámetro	valor	estadístico	valor	valor
Y/R´	0.0188	rango	0.0131	0.0253

Tabla 4-147. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento de la piangua *Anadara tuberculosa* obtenidos de las pesquerías del Pacífico colombiano.

parámetro	valor	rango	
Lc =	4.17	4.15	4.2
Alfa	44.1	42.8	45.8
Lpromedio/Lopt	0.76		
Lc/Lcopt	0.7		
L95th	9.6	L95th/Loo	0.95
F/K			
F/M			
Z/K			
Y/R´			
B/Bo			
B/BMSY			
Lm50	28	Madurez	60.00%

#### 4.4.1.5 Modelo CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de piangua (*Anadara tuberculosa*) [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

Las observaciones realizadas con la información proveniente de las capturas se ajustaron perfectamente a las predicciones del modelo, por lo tanto, las desviaciones de las biomazas casi siempre estuvieron sobre la línea de equilibrio; de otra parte, los datos observados de la CPUE estuvieron bien ajustadas tanto a la predicción del modelo como a la franja del intervalo de confianza al 95%, esto se ve corroborado cuando se hizo el diagnóstico de los residuos. (Figura 4-226)

El estudio de las densidades mostró que cuando se analizó los datos de las capturas con el modelo CMSY, mostró que el menor valor de la razón de varianzas prior y posterior PPVR el valor más bajo, se dio para el coeficiente intrínseco de crecimiento poblacional [r], significando que este fue el parámetro mejor ajustado, seguido por los ajustes a la capacidad de carga de la especie en el ecosistema [K] y al rendimiento máximo sostenible [MSY], respectivamente. (Tabla 4-148, Tabla 4-149). (Froese T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017)

De la misma manera con la información obtenida se constató que la tasa intrínseca de crecimiento poblacional es del rango de resiliencia medio.

Una de las ventajas que se tuvieron con el desarrollo de este modelo fue la de calcular el punto de referencia límite que fue sensiblemente menor que el proyectado inicialmente. (Tabla 4-150)

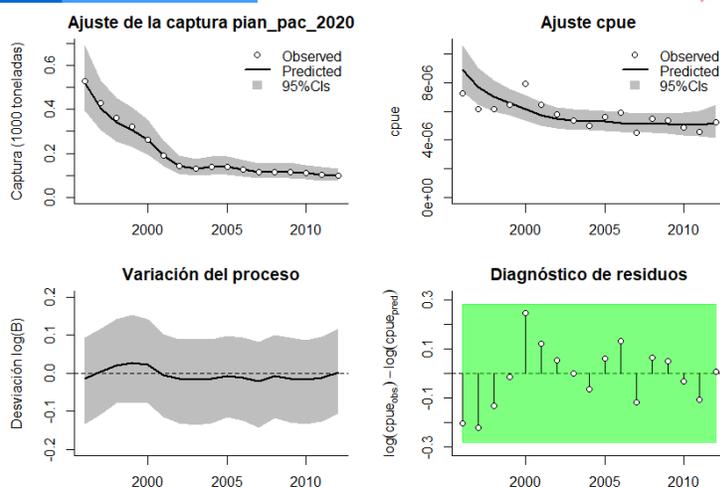


Figura 4-226. Modelación de las pesquerías de la piangua (*Anadara tuberculosa*). En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Tabla 4-148. Resultados del CMSY para las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límites de confianza al 95%	
R	0.237	0.142	0.395
MSY	316	2010	519
K	5490	3670	8220
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.135k	0.0145	0.294
Explotación F/(r/2) en el último año	1.87	0.862	17.5

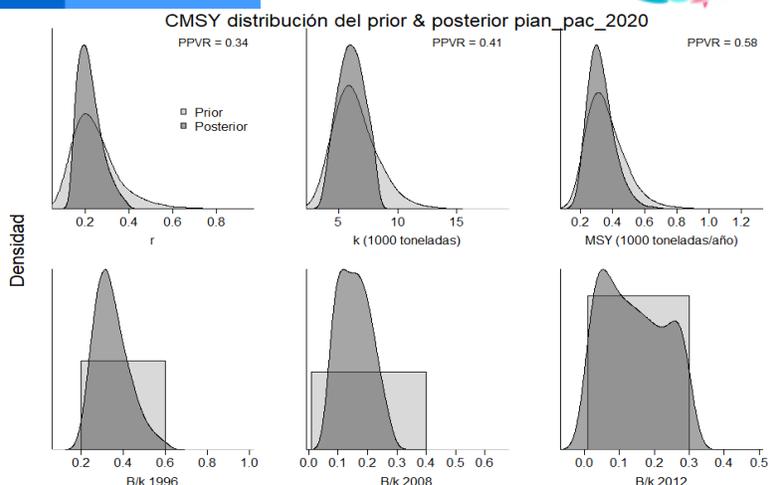


Figura 4-227. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la piangua *Anadara tuberculosa*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Tabla 4-149. resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para el Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.00000447	0.0000029	0.0000069
Límites de confianza al 95%			
r	0.183	0.105	3.321
k	5880	4040	8560
MSY	270	171	425
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.194 de K	0.133	0.311
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.18	0.638	2.34
r -k log correlación =		-0.589	

Tabla 4-150. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la piangua *Anadara tuberculosa* en el Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Límite de confianza al 95%		Decisión
Fmsy =	0.091	0.0506	0.164	
Fmsy =	0.074	0.0412	0.133	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$ )
MSY	270	171	425	
Bmsy =	2940	2020	4280	



Parámetros	valor	Límite de confianza al 95%		Decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	1140	783	1830	
B/Bmsy en el último año	0.389	0.266	0.622	
Mortalidad por pesca en el último año	0.0838	0.0539	0.126	
Explotación F/Fmsy	1.18	0.651	2.34	

Revisados los datos observados sobre el comportamiento de las capturas, y la proyección de un media móvil, muy ceñida a los datos originales, el recurso muestra disminución ostensible que supera el 80% de lo capturado para el primer año, estando por debajo del rendimiento máximo sostenible proyectado, lo que explica el recuento histórico; aunque el tamaño del stock desde la perspectiva de las biomazas relativas no mostró un impacto tan fuerte, con una tendencia general entre la modelación utilizando capturas como cuando se usó la CPUE. (Figura 4-228).

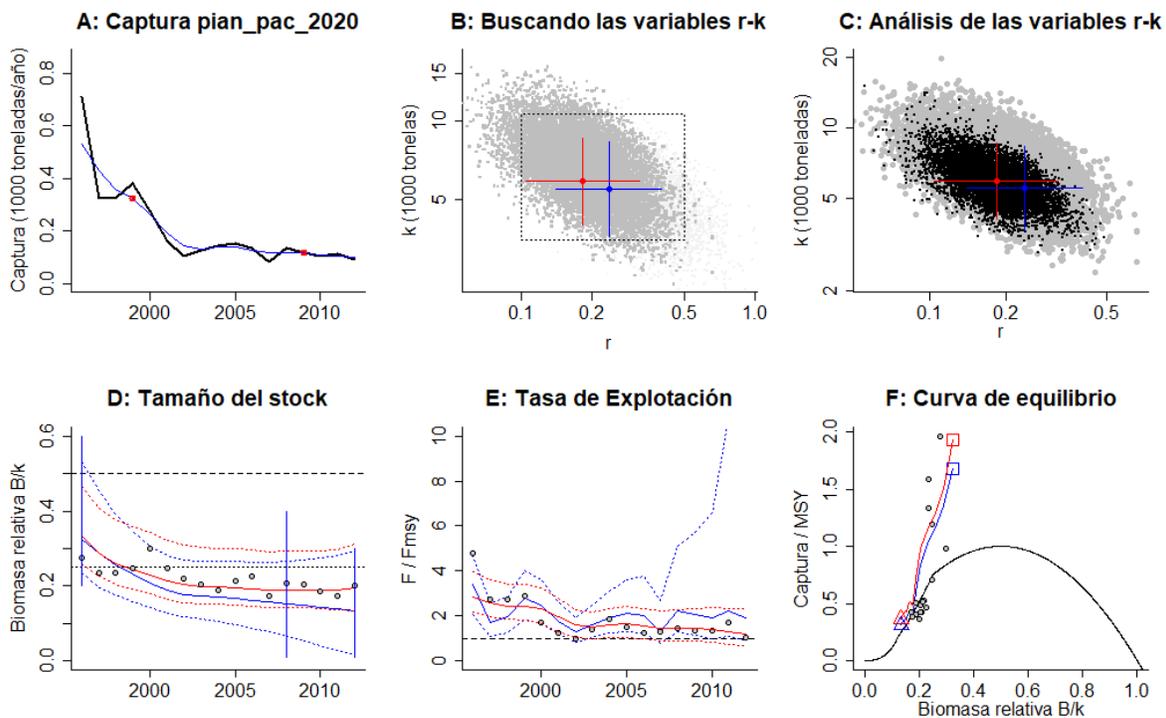


Figura 4-228. Modelación de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con aproximación al 95% de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

De otra parte, las pesquerías de la piangua vistas como tasa de explotación mostraron una presión de pesca alta pero uniforme, indicando que las pesquerías mantienen un nivel de esfuerzo constante (Figura 4-228, Tabla 4-150).

Pero el panorama general que mostró el comportamiento de este tipo de actividad se mostró cuando se construyó la curva de equilibrio, allí se puede ver como las pesquerías empezaron en un nivel de aprovechamiento alto y decayeron muy por debajo de la curva donde se tiene el nivel de rendimiento máximo sostenible. (Tabla 4-150, Figura 4-228)

El comportamiento de las capturas frente al rendimiento máximo sostenible planteado determinó que la mitad del tiempo de las pesquerías el sistema se ha mantenido por debajo del valor límite, la misma situación se observó en la presión de pesca  $[F/F_{msy}]$  aunque este es el factor mostró una ligera recuperación por lo que el tamaño del stock, que está por debajo del proxi  $0.5 B_{msy}$ , se presentó desde 2000 constante. (Figura 4-229, Tabla 4-150).

La mejor explicación sobre el desarrollo de la pesquería se encontró en el gráfico de Kobe, evidenciándose que el recurso nunca ha dejado la fase roja de nivel crítico, pero que en los últimos años presentó una ligera recuperación, por lo que se estimó que, aunque la probabilidad estadística que para el 2012 continúe en la en la fase de sobreexplotación; se marca un 32% que la misma se esté recuperando. (Figura 4-230)

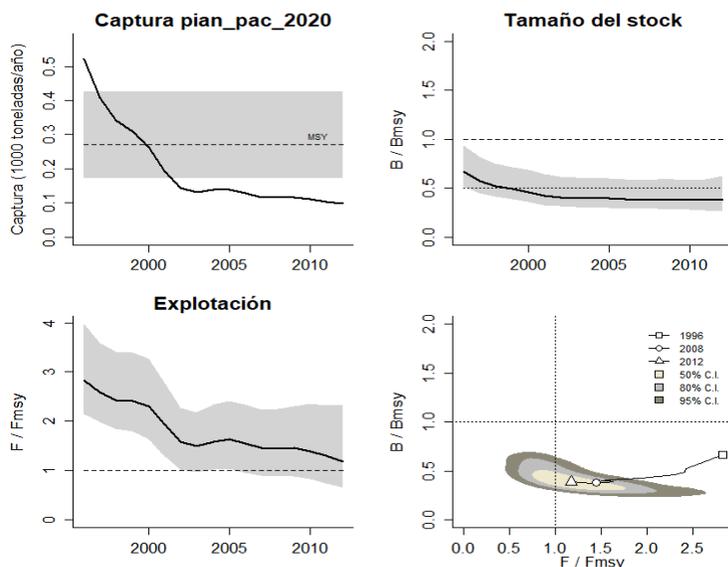


Figura 4-229. Análisis de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

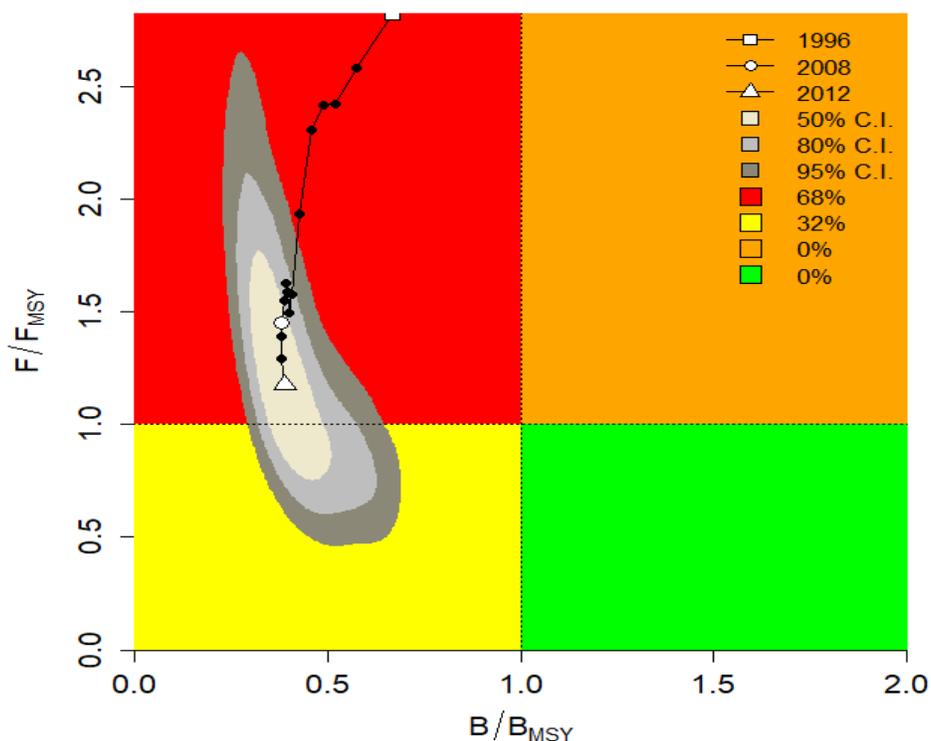


Figura 4-230. Análisis de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.4.1.6 Conclusiones para la piangua (*Anadara tuberculosa*)

Pese a que no se tienen todos los datos de la temporalidad de la pesquería, los modelos empelados muestran que ya se sobrepasó el punto de referencia límite para la especie. De esta manera las poblaciones deben ser manejadas con medidas administrativas que no solo se limiten a la talla mínima. Por lo anterior se considera que una alternativa a corto plazo sería proponer un precio de venta variable por talla, con el cual no se estimularía la captura de los ejemplares < de 40 mm [Lt], Se aumentaría el largo de primera captura en un 10% [de 44 a 49 mm], y la captura máxima sostenible alcanzaría un nivel significativo con el actual reclutamiento -superior en un 14% en relación con la situación actual- y tenderían a mantenerse altas y sostenidas las ganancias [a largo plazo]. Esta es la estrategia de manejo más recomendable y sería la medida más adecuada para incrementar la biomasa. Puede haber otras estrategias que se puedan implementar de manera participativa con los recolectores de piangua (Ej. “Descanso de zonas de captura, vedas temporales secuenciales por zonas, otras).

De otra parte, es imperativo mantener la solicitud de armonización de las medidas de manejo en la Comisión de Vecindad Colombia Ecuador, a fin de que el país vecino asuma la talla mínima de captura de 50 mm.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.18, la mortalidad por pesca actual de 0.0838 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible

0.074 año<sup>-1</sup>, se propone el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie fue de 270 ± (171- 425).

#### 4.4.2 Pesquerías del calamar (*Lolliguncula diomedea*, (Hoyle, 1904))



Foto: tolweb. Org © (<http://tolweb.org/Lolliguncula/19860>)

Nombre en inglés: dart squid.

##### 4.4.2.1 Antecedentes del recurso calamar (*Lolliguncula diomedea*).

Es una especie demersal, que es capturadas hasta los 100 m, se distribuye principalmente en el Pacífico oriental pero típicamente tropical; su reproducción es de tipo gonocrómica; los adultos suelen morir después de del proceso de desove. (FishBase consortium, 2020).

Es muy poca la información biológica y pesquera que hay sobre esta especie por lo que es difícil determinar el estado del aprovechamiento regional; sin embargo, se encontraron algunos datos sobre su biología como la proporción de sexos de 8:1 H:M ( $P < 0.05$ ), el crecimiento fue alométrico negativo, la tala de madurez sexual ( $L_m$  50) para los machos fue de 42.7 mm Longitud del manto, maduran a tallas menores que las hembras que lo hacen a los 74.5 mm de longitud del manto. (Alejo-Plata, Gómez-Marquez, & Herrera-Galindo, 2014). Se hizo un estudio sobre la descripción morfológica de las masas ovígeras de la especie (Fernandez- Alvarez et al 2017). Se estimó también la relación longitud peso de varios calamares, entre ellos, esta especie para las aguas mexicanas (Granados- Amores et al. 2019).

##### 4.4.2.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del calamar (*Lolliguncula diomedea*). [ecuación (1)(5)(6)(7)(8)(9)(11)(16)(17)(19)(20)(24)(25)(26)(27)]

Como una primera fase del estudio de esta especie se determinó, con la información recolectada por la autoridad pesquera y utilizando los modelos tradicionales, que el estado de salud del recurso no era el mejor y se evidenciaban algunos problemas de abundancia como se nota en la biomasa relativa. (Tabla 4-151)

Tabla 4-151. Relación de los parámetros estimados para el calamar *Lolliguncula diomedea* en la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
115	D.N.D.	0.71	0.0026	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones críticas

4.4.2.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del calamar (*Lolliguncula diomedea*). [ecuaciones (48)(49)(50)(51)(52)(53)(54)(55)(56)(57)(58)(59)(60)(61)]

En esta segunda fase se compararon las capturas y CPUE observados frente al modelo predictivo se encontró que las capturas fueron explicadas en su totalidad, mientras que se tuvieron algunas diferencias en la CPUE, debido a ello el estudio de la variación de procesos en cuanto a las biomazas fue muy ajustado al valor de referencia e igualmente el análisis de los residuos de las CPUE se ajustaron a los niveles de seguridad. (Figura 4-231)

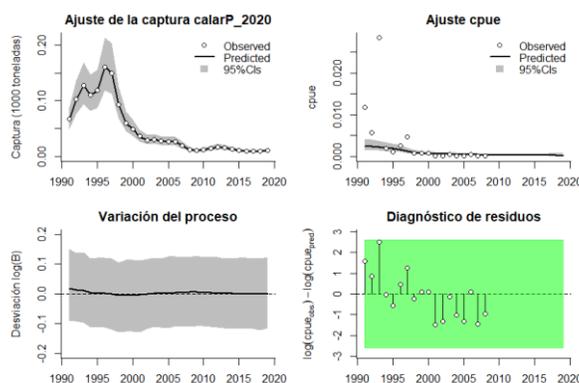


Figura 4-231. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

El estudio del comportamiento de las densidades probabilísticas de los puntos de referencia usando los algoritmos CMSY y BSM mostraron que el mejor ajuste fue para el MSY, las densidades en biomazas tuvieron para 1991 un rango entre 0.4 a 0.8, para el año de quiebre en 2015 fue de 0.0 a 0.4 y en 2021 en rango fue 0.01 a 0.1; las distribuciones Posterior tuvieron buzamientos en casi todos los años excepto para los resultados de BSM en 1991 que fu de tipo normal. (Figura 4-232, Figura 4-233)

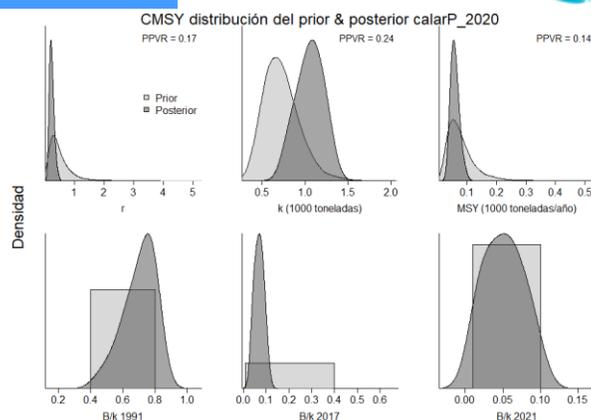


Figura 4-232. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el calamar *Lolliguncula diomedea*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

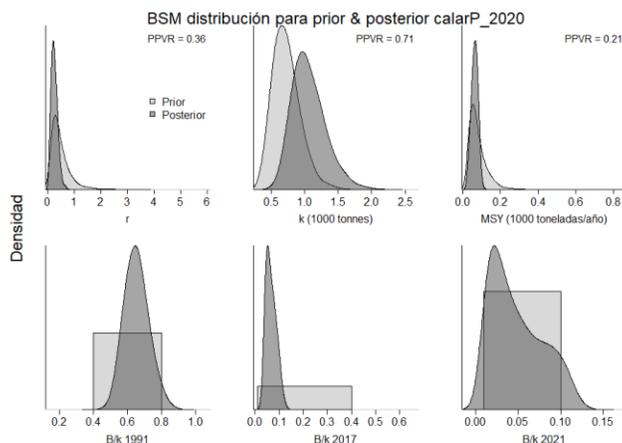


Figura 4-233. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el calamar *Lolliguncula diomedea*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

La cuantificación de los resultados mostró estimaciones de puntos de referencia relacionados con la tasa  $r$  la cual se ajustó al utilizar los algoritmos CMSY BMS, a su vez este resultado nos muestra una baja capacidad de renovación y por lo tanto una baja resiliencia; de otra parte la estimación del otro punto de referencia MSY fue menor al estimado en la fase inicial de los cálculos; la relación cuantificada de las tasas de biomasa relativa aunque varío entre los algoritmos se permitió concluir que las pesquerías está sometidas a una alta presión de de pesca. (

Tabla 4-152, Tabla 4-153)

Tabla 4-152. Resultados del CMSY para las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	0.246	0.132	0.458
MSY	56.9	39.3	90.2
K	1010	755	1350
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0515 de K	0.0118	0.097
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.77	2	16.5

Como aporte a las medidas de manejo se cuantificaron algunos puntos de referencia y se encontró que la mortalidad por pesca en MSY indica que el sistema ya sobrepaso el valor de  $\frac{1}{4}$  de B, lo cual implique que el recurso está siendo sometido a altas presiones, además las tasas de biomasa relativa (B/Bmsy) presento igualmente un valor bastante bajo. (Tabla 4-154)

Tabla 4-153. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
		q	0.00372
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.232	0.086	0.625
k	1030	658	1620
MSY	59.9	32	112
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.041 de k	0.0113	0.111
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	6.37	0.787	104
r -k log correlación =	-0.885		

Tabla 4-154. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.116	0.043	0.312	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ ) <b>0.019</b>
Fmsy	0.019	0.00706	0.0513	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	59.9	32	112	
Bmsy	517	329	812	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	42.4	11.7	115	
B/Bmsy en el último año	0.0821	0.0227	0.222	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.124	0.046	0.45	
Explotación $F/Fmsy =$	6.37	0.787	104	

La revisión de los datos de captura mostraron una pesquería en declive permanente, por lo tanto el análisis del tamaño del stock presentaron unas tasas de biomasa relativas por debajo de los niveles recomendados; esta situación se ve magnificada en el estudio de la tasa de explotación don los valores estimados en cada año siempre estuvieron por encima del punto referente, por lo tanto en la curva de equilibrio la trayectoria de impacto siempre está apuntando hacia el lado izquierdo de la gráfica donde se reportan las biomasa relativas más bajas. (Figura 4-234)

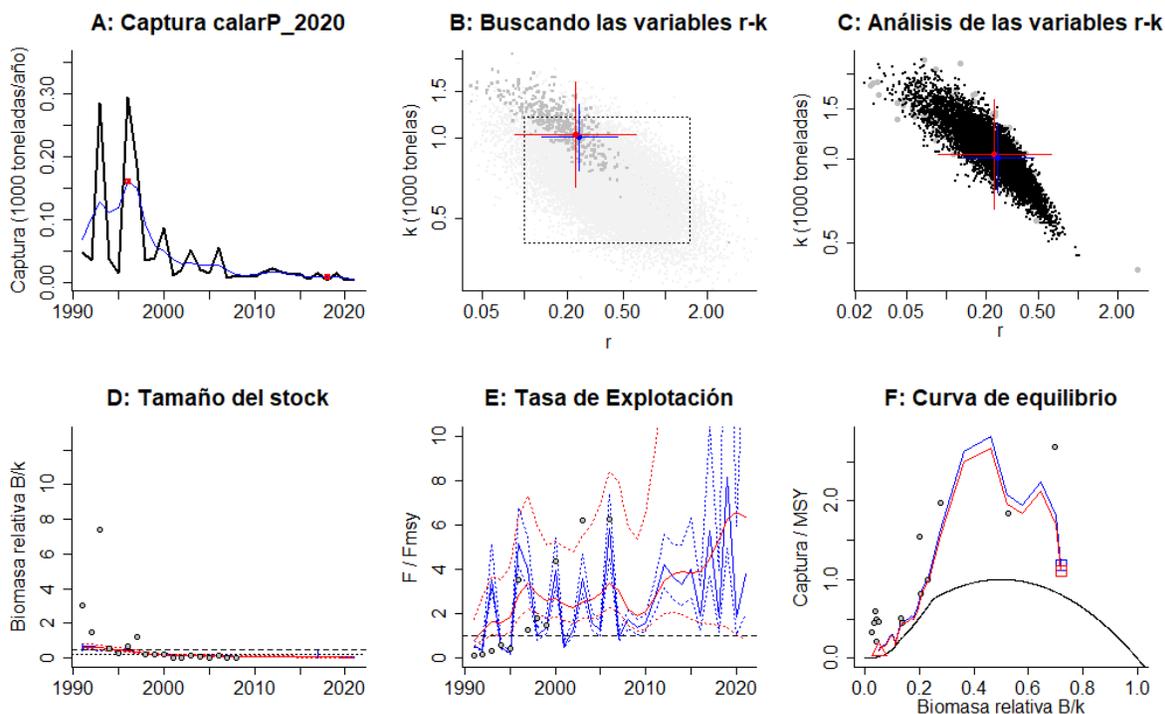


Figura 4-234. Resultados del Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura/abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Bajo el esquema planteado y realizado una comparación entre el desarrollo de las capturas referenciadas con su punto de referencia límite MSY se encontró que desde el 2000 las capturas descendieron, por lo tanto, la comparación de la tasa relativa de biomasa ha disminuido hasta por debajo de los dos referentes. (Figura 4-235).

El complemento holístico a todos estos análisis se concentró en el desarrollo de la gráfica de fases pirolásticas de Kobe, en este esquema se visualiza el recorrido del desarrollo histórico de las pesquerías, en el mismo concluye que para el último año la probabilidad de que se esté en la fase crítica de la pesquería es de 93.3%, con un 6.7% que este en fase de recuperación y no registra ninguna otra posibilidad. (Figura 4-236)

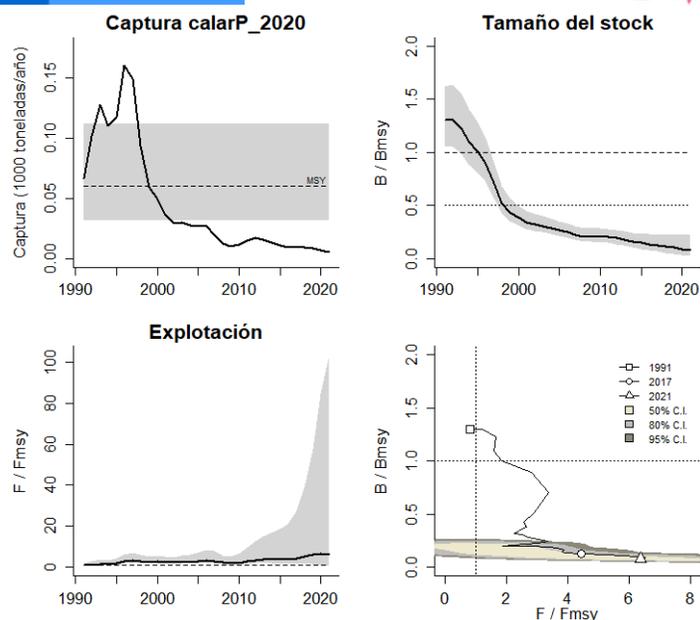


Figura 4-235. Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

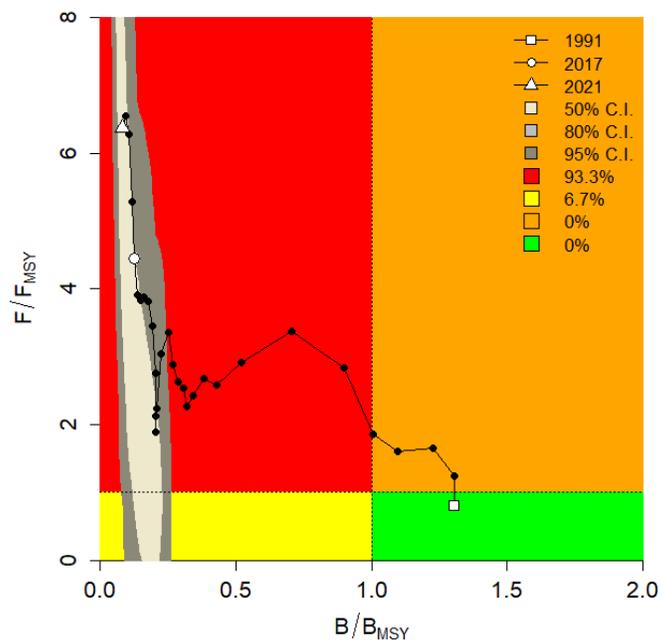


Figura 4-236. Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 4.4.2.4 Conclusiones de las pesquerías del calamar (*Lolliguncula diomedea*).

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 3.77, biomasa relativa de 0.041, la mortalidad por pesca actual de 0.124 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.019 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 59.9 ± (32 - 112) toneladas.

#### 4.4.3 Pesquerías del calamar pota (d'Orbigny [in 1834-1847], 1835)



Imagen: internet shutterstock

Nombre en inglés:

##### 4.4.3.1 Antecedentes del recurso calamar pota.

Este recurso es el tipo organismo que demanda alta energía por lo que su crecimiento es rápido y es de por sí un eficiente predador; se ha podido determinar que cambios espacio temporales de temperatura y alimentación explican los cambios demográficos en maduración y crecimiento; su alimentación tiene entre el 5 % al 25% presas del tamaño de su longitud del manto; las hembras pueden alcanzar hasta 32 millones de huevos (Keyl, Wolf, Mariategui, Tafur, & Aguelles, 2008).

Ibañez et al., 2015 propone dos hipótesis: Hipótesis 1: Los calamares maduran a gran tamaño y desovan en aguas oceánicas con temperaturas cálidas, donde para larvas y juveniles se desarrollan. Los calamares inmaduros migran hacia la costa para alimentarse, crecer y madurar, y luego vuelven a los sitios en alta mar para desovar. Hipótesis 2: Alternativamente, los juveniles de *D. gigas* en la zona oceánica no migran a las aguas costeras y maduran pequeños en comparación a los individuos que viven cerca de la costa que maduran a un tamaño más grande y migran a las aguas oceánicas para desovar.

A distribución de los calamares pota ha tenido algunos patrones de comportamiento que señala que puede existir dos poblaciones bien definidas que son el calamar de la corriente de Humboldt y el calamar del Golfo de California (Clarke & Paliza, 2000). Estudios genéticos han confirmado las dos poblaciones, una en el hemisferio norte y otra en el hemisferio sur (Ibañez, Sepulveda, Ulloa, & Pardo-Gardarillas, 2015).



Son predados principalmente por cachalotes, tiburones y peces espada, se les ha reportado algunos parásitos y es la pesquería de moluscos más grande del mundo al momento (Ibañez, Sepúlveda, Ulloa, & Pardo-Gardarillas, 2015).

#### 4.4.3.2 Proyección de los datos evaluados por el INVEMAR y uso de un modelo de proyección.

Tomando como base los resultados efectuados por el INVEMAR que encontró en el crucero de investigaciones realizados en el Pacífico colombiano una estimación mediante modelos estocásticos una biomasa de 12.545 t, luego con el método de área barrida se estimó una biomasa de 11.061 toneladas; y teniendo en cuenta que el método de área barrida demostró ser 11.8 % más conservador que el estocástico (INVEMAR, 2021); con esta información de base se montó un modelo de proyección con 7 escenarios de los cuales se pudo estimar un rendimiento máximo sostenible de 2.263 toneladas (Figura 4-237)

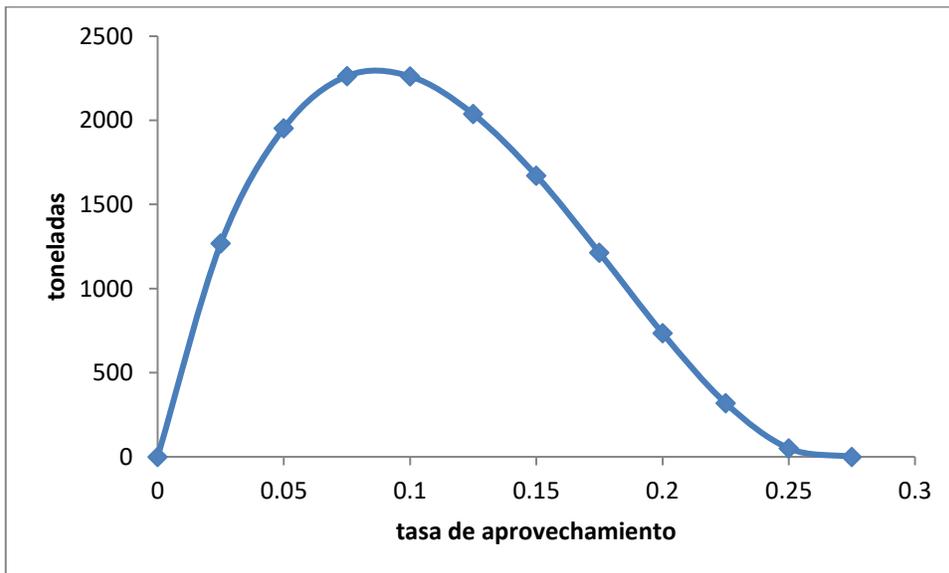


Figura 4-237. Curva de estimación de los rendimientos pesqueros a diferentes tasas de aprovechamiento del calamar pota del Pacífico colombiano

Tabla 4-155. Resultados de las estimaciones probabilísticas de los rendimientos pesqueros del calamar pota del Pacífico colombiano.

1480.0096	Estados de la naturaleza (diferentes valores de lambda)							Captura esperada
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
	<b>1.05</b>	<b>1.1</b>	<b>1.15</b>	<b>1.2</b>	<b>1.25</b>	<b>1.3</b>	<b>1.35</b>	
<b>0</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
<b>0.025</b>	714.5	1153.3	1297.2	1371.4	1417.2	1448.2	1470.8	1267.50462
<b>0.05</b>	164.8	1432.6	2009.7	2301.2	2479.3	2599.6	2686.5	1953.3841
<b>0.075</b>	0.9	777.2	2092.8	2755.1	3158.1	3430.1	3626.3	2262.92808
<b>0.1</b>	0.0	49.4	1480.0	2696.4	3423.0	3913.2	4266.9	2261.28532
<b>0.125</b>	0.0	0.1	339.1	2077.3	3241.0	4020.5	4583.1	2037.30318
<b>0.15</b>	0.0	0.0	2.6	857.7	2572.5	3720.9	4547.3	1671.58533
<b>0.175</b>	0.0	0.0	0.0	30.5	1352.2	2978.3	4129.6	1212.92772
<b>0.2</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	119.6	1732.0	3294.9	735.219986
<b>0.225</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	249.4	1987.3	319.551679
<b>0.25</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	356.6	51.0217523
<b>0.275</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.14782007

#### 4.4.3.3 Conclusiones de las pesquerías del calamar pota.

De acuerdo con las estimaciones realizadas se recomienda una cuota de aprovechamiento para este tipo de recursos entre 2000 a 2300 toneladas.

#### 4.5 Consideraciones generales del litoral Pacífico

Con el fin de presentar una visión de los resultados que la autoridad de pesca AUNAP ha podido desarrollar con todas las bases de datos disponibles desde los datos de INDERENA, hasta los registros del Servicio Estadístico Pesquero SEPEC efectuado dentro de la geografía de la cuenca del Pacífico colombiano; se elaboró una tabla que consigna la evaluación integral de todos los modelos que el conocimiento que se tiene de la ciencia pesquera.

El cuadro que a continuación se presenta trata de incluir las estimaciones de los puntos de referencia más relevantes de los puntos de referencia que en marcan desde los más objetivos que son las biomásas relativas (B/K, B/B0, C/Cmsy) hasta los límites determinados por el rendimiento máximo sostenible (MSY), así como estimaciones de las biomásas iniciales y las tasas de tipo pesquero y ecológico que suministran los diferentes modelos (Tabla 4-156).

Aunque este documento no tiene como objetivo realizar mediadas de cuotas sobre los recursos de aguas continentales si se considera importante que con los análisis que se pudieron revisar se tomen medidas de ordenación orientadas a desarrollar evaluaciones de artes y métodos de pesca.

Tabla 4-156 Resumen de los resultados obtenidos para las especies analizadas del Pacífico colombiano con los diferentes modelos evaluados

Especie	Excedente bootstrap		Thompson y Bell/Schafer Gordon		Bayesiano 7 escenarios				MCMC		LBB				CMSY								
	B21/K	MSY	MSY (t)	rms económico	C/Cmsy	r	Bo	MSY	C/Cmsy	r	MSY	C/Cmsy	Z/k	Lop/Loo	B/Bmsy	Madure %	MSY	r/CMSY	r/BMS	Bmsy	F actual	Fmsy	Biom. Rel.
Tunnus albacares																	25500	1.28		41300	0.562	0.638	0.653
Katsuwonus pelamis																	13600	0.888		31000	1.48	0.444	0.392
Tunnus obesus																	1830	1.19		3200	0.204	0.594	0.111
Scomberomorus sierra	0.77	720	889	82,000,000,000	1.715	1.4	8000	936	0.86	0.44	564	0.9751773	7.02	0.69	0.22	96	524	1.61	1.43	2330	0.807	0.254	0.389
Cetengraulis mysticetus	0.7747	24303				1.15	354000	35400	0.60	0.66	22110	0.96											
Coryphaena hippurus	0.73	250				0.786	18550	667.2	0.40	0.69	701	0.54											
Epinephelus quinquefasciatus	0.95	169	5	43022676	17.0200978	0.0281	1800	69.4	1.23	0.0281	6.7	8.04											
Cynoscion phoxocephalus	0.735	293	123	12510000000	5.43091586	1.19	7600	273.8	2.44				17.9	0.7	0.041	64	272	1.06	0.764	254	0.817	0.382	0.419
Lutjanus peru	0.68	132	1284	12299499307	0.22030662	2.52	23420	842.4	0.34				2.69	0.67	0.84	47	862	2.85	2.52	684	1.04	0.743	0.147
Centropomus viridis	0.09	15				0.885	650	23.5	1.859435		0.2	2.7	0.7437037				28.2	1.05	0.839	61.4	0.39	0.419	0.651
Caranx caninus	0.88	180	106	316092270	1.90809621	1.1	2800	101.1	2.00057565	0.24	78	1.07051288					107	0.281	0.253	847	0.398	0.126	0.267
Centropomus armatus	0.9	187	278	2378820526	2.13423028	1.33	6730	242.6	2.44565548				29.4	0.63	0.045	98	203	2.05	1.95	209	0.89	0.973	0.631
Seriola lalandi	0.89	63	72	334099627	0.97222222					0.52	65	1.10769231					75.9	0.756	0.701	216	0.738	0.0802	0.304
Caranx caballus			302	120600000	0.9261573	0.699	5380	194	1.44175003								483	2.62	0.619	603	0.63	0.309	0.352
Caulolatilus affinis	2.7	204	116	378366328	0.95137124	1.26	3530	127.3	0.86692116	0.85	99.78	1.17959511					114	1.7	1.26	182	0.632	0.63	0.52
Mycteroperca xenarcha	0.86	193	257	1433022198	0.00136153	0.737	5900	212.5	0.00164666	144.72	144.72	0.00241787					213	0.752	0.833	511	0.0294	0.0497	0.0288
Lobotes pacificus	0.86	169	243	1306000000	1.08971642	1.13	2404	86.7	3.05422248	0.6	82.49	1.30924961	3.57	0.7	0.54	61	110	1.12	0.71	309	0.971	0.55	0.262
Brotula clarkae	0.97	387	541	5051461757	1.09943059	1.26	14800	532.5	1.11698019				6.49	0.69	0.015	93	539	1.59	1.26	854	0.334	0.63	0.655
Cynoponticus coniceps	0.87	138				1.5	3000	132	0.87121212	0.77	78.9	1.50823828					95.1	1.56	1.18	163	1.17	0.589	0.407
Elagatis bipinnulata	0.79	10				1.15	400	14	0.23571429	0.62	13	0.01069231					9.4	0.272	0.169	111	0.681	0.00544	0.0161
Bagre panamensis	0.99	169	323	1065354274	1.8017701	1.07	7980	287.7	2.02284234								128	1.46	1.07	399	1.07	0.453	0.505
Polydactylus opercularis						0.85	3000	122	0.1352439	0.4	145	0.12950342					121						0.0119
Sciades dowii			456	136708025	0.50187795	1.01	3230	116.58	1.96308412	0.2	58.7	0.68143101					98.7	1.01	0.322	614	0.311	0.616	0.335
Sphyaena ensis			166	840425983	2.13726935	0.44	3710	133.9	2.64956499	0.44	79.5	0.23610068	13.7	0.72	0.052	70	204	0.44	0.188	1360	0.195	0.0942	0.706
Bagre pinnimaculatus			148	546575265	0.9527027	1.15	3000	108.3	5.50912751								329	1.62	1.37	481	0.688	0.684	0.617
Selene peruviana	0.93	73				1.1	2800	101	2.77895438	0.85	99.78	1.17257968					159	1.38	0.873	363	0.834	0.834	0.574
Menticirrhus panamensis																	14.9	0.212	0.178	167	0.126	0.00893	0.0251
Seriola peruana	0.87	47	45	116292525	0.92245104	1.67	1000	36	1.1530638	1.5	34	0.85794118					40.5	1.58	1.7	47.8	0.847	0.848	0.52
Centropomus medius	0.93	100	45	11673983	7.87042368	1.41	12800	460.6	0.7689298								159	1.6	1.37	232	0.713	0.685	0.554
Trachinotus rhodopus	0.76	46	448	35700000000	0.00079875	2.86	187	6.7	0.05340926	0.11	1.33	0.0962406					7.38	3.25	2.72	5.42	2.25	0.0881	0.0162
Penaeus occidentalis	0.95	1287	1418	39954421720	0.29880464	1.15	9576	1463	0.28861379	0.53	832	1.125	13.1	0.67	0.037	2.3	697	0.155	0.216	6460	0.153	0.0874	0.202
Xiphopenaeus kroyeri	0.00033	2273				0.281	12000	1833.3	0.45275713	0.3	1500	0.15133333	5.25	0.65	0.02	0	2070	0.263	0.36	11500	0.11	0.18	0.298
Solenocera agassizii	1.24	750				0.48	3000	429	0.19439627	0.4	450	0.03622222					404	0.356	0.48	1680	0.0573	0.24	0.287
Penaeus brevirostris						0.528	2800	448.9	0.14181578	0.28	476	0.68487395					430	0.394	0.528	1630	0.137	0.217	0.182
Penaeus californiensis						1.15	3960	605	0.09052066								381	0.307	0.504	1510	0.179	0.242	0.24
Anadara tuberculosa			1910	382004080	0.5486911								6.37	0.66	0.0904								
Lolliguncula diomedae	0.71	155				0.2	961	45.8	0.32751092	0.35	63.7	0.06028257					59.9	0.246	0.232	517	0.124	0.019	0.041

Los colores representan los niveles de estado de aprovechamiento de los recursos evaluados, el verde es un estado óptimo, el amarillo se refiere a recurso con nivel aceptable, en naranja es uno ya con alarmas y un estado de explotación fuerte, y el rojo muestra ya pesquerías con niveles críticos.

#### 4.6 Cálculos complementarios sobre especies del Pacífico colombiano.

Después de revisar todas las bases de datos existente, se encontró que para algunos recursos solo se disponía de información de tallas, con ésta solo se pudo realizar modelación del tipo bioeconómico de Thompson y Bell, pero por ser fundamental para el cálculo de cuotas se considera que forma parte estructural de la evaluación de recursos (Tabla 4-157)

Tabla 4-157. Desarrollo de modelación de Thompson y Bell para algunos recursos del Pacífico colombiano.

Especie	RMS ton	RME \$
Caranx sexfasciatus	89	320,918,770
Centropomus robalito	161	1,032,491,489
Cynoscion albus	862	10,072,079,479
Cynoscion squamipinnis	133	987,110,836
Haemulon flaviguttatum	19	135,194,392
Hypothodus acanthistius	224	1,734,603,041
Lutjanus argentiventris	127	1,191,730,733
Lutjanus colorado	116	1,101,847,878
Lutjanus guttatus	557	5,805,419,840
Mugil cephalus	530	1,275,101,934
Mugil cephalus	530	1,275,101,934
Notarius troscheli	894	3,630,129,142

#### 4.7 Conclusiones generales

Los modelos que se utilizaron como los de producción excedente con remuestreo Bootstrap y los desarrollados con cadenas de Márkov y remuestreo Montecarlo (MCMC) utilizaron información de por lo menos 10 años antes del 2019, ya que su funcionamiento dependen de datos de CPUE y como las pesquerías se han inclinado más por la pesca artesanal esta información se ha vuelto difícil de adquirir, sin embargo, esto permitió tener un referente de como funcionaron las pesquerías antes, por ello la mayoría de los recursos se marcó en verde, otros modelos como el de Thompson y Bell solo fueron aplicados con datos de 2019. Los dos modelos LBB y CMSY si utilizaron el total de la información histórica completa hasta el 2019 por ello representa el estado actual de las pesquerías que ya no son tan halagadoras como la evidencia antigua; sin embargo y respeto a los trabajos realizados para las cuotas del 2019, algunos recursos muestran una ligera recuperación, especialmente en los peces óseos (demersales y pelágicos), y otros se mantiene o están en región crítica de sobreexplotación.

De los nuevos modelos, se puede ver que el LBB castiga de una manera significativa el diagnóstico del estado de salud de las poblaciones, lo que puede deberse a dos razones:

- No se dispone de registro de tallas anteriores a los del 2012.
- No se han podido registrar un ciclo anual completo desde el 2012, y con años donde los registros de esta no fueron lo suficientemente amplias que permitieran disponer de tallas que representaran todas las capturas ejercitadas durante el año de la observación.

## CAPÍTULO V

### 5. Resultados de la modelación de las pesquerías del del Caribe Colombiano

#### 5.1 Peces

La biodiversidad del Caribe es amplia ya que, entre algas, foraminíferos, invertebrados y peces llega a las 12046 especies (Miloslavich, Díaz, Klein, Alvarado, & Díaz, 2010); para Colombia y en especial para el Caribe se han realizado un inventario sobre el tipo de situación en que se encuentran los ambientes ecológicos, de tal manera que los estudios evidencian que el 46% se encuentran en estado vulnerable, 15% en peligro, 15% con datos insuficientes y 11% en peligro Crítico. Finalmente, se puede anotar que el INVEMAR en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia, posee 65000 lotes depositados de organismos marinos y cuenta con 4700 especies descritas -Mar Caribe y Océano Pacífico-. En cuanto a la riqueza íctica marina y estuarina, en aguas nacionales habitan aproximadamente 2000 especies de peces (Acero & Polanco, 2006) así mismo, se registran para el Caribe 1498 especies de moluscos, 239 de equinodermos, 990 de peces (Díaz et al. 2010). De las 2000 especies marinas y estuarinas, aproximadamente, 449 se consideran especies de peces de importancia comercial actual o potencial (FAO & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural., 2015), considerándose que para el Caribe el 16% son comerciales.

##### 5.1.1 Pesquerías del pargo chino [*Lutjanus synagris*. Linnaeus, 1758]



Foto: J. Soward © (<https://www.floridamuseum.ufl.edu/discover-fish/species-profiles/lutjanus-synagris/>)

Nombre en inglés: Lane snaper.

##### 5.1.1.1 Antecedentes del recurso de pargo chino (*Lutjanus synagris*)

Este recurso es de tipo arrecifal marino, se encuentra entre los 10 a los 400 m de profundidad, se encuentra distribuido en el Atlántico este desde Bermuda y Carolina del Norte, USA hasta el Sur de Brasil, incluido el Golfo de México; es muy abundante en las Antillas y el banco Campeche de Panamá y al Noroeste de Sur América; la talla de madurez es de 23.8 cm de Lt., se reporta

el tamaño más grande en 60 cm de Lt., con una longitud asintótica de 38.9 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.28 cm/año. (Fishbase, 2020).

De otra parte, para Puerto Rico se estimó una tasa metabólica de crecimiento de 0.23 año<sup>-1</sup>, y un L<sub>oo</sub> = 450 mm, con una estimación de la relación longitud peso de  $W_g = 0.000061Fl^{2.75}$ , de igual manera y, con los datos de longitudes, se estimó  $Z = 1.65$  año<sup>-1</sup>, y con la ecuación empírica de Ralston  $\hat{s}$  para mortalidad natural  $M = 0.527$  año<sup>-1</sup>, con una mortalidad por pesca  $F = 1.13$  año<sup>-1</sup>, y con el modelo de Beverton y Holt se determinó que la producción pesquera se sustenta hasta en un 91%. (Acosta, R.S., & Appeldon, 1992).

Utilizando la metodología de otolitos y con un rango de tallas entre 18 a 37 cm de Lf., se estimó un coeficiente de  $K = 0.395$ , una longitud asintótica de 33.9 un  $t_0 = -1.95$ , el 99 % de L<sub>oo</sub> alcanza en 4 años este tamaño, y la primera madurez sexual se alcanza en 1+ clase anual. No de encontraron diferencias significativas de los parámetros de crecimiento entre hembras y machos. (Luckhurst, Dean, & Reichert, 2000).

En el Caribe Colombiano, Barreto y Borda (2008) y Escobar et al (2014) establecieron parámetros de la biología pesquera de la especie con base en frecuencias de talla.

#### 5.1.1.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del pargo chino (*Lutjanus synagris*)

Este recurso ha sido evaluado por varios investigadores; y en especial sus registros más recientes se encuentra consignados en los documentos de cuotas, pero sus principales resultados se evidenciaron en la investigación de Gutiérrez-Bonilla & Barreto, (2019). (Tabla 5-1)

Tabla 5-1. Relación de los parámetros estimados para el pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano.

Especie	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> <sup>2</sup>	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	L <sub>oo</sub> [cm]	<i>k</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
<i>Lutjanus synagris</i>	0.0332	2.7304	0.9739	38.5	36.6	105	0.51	2.25	0.8	1.45	0.64

Estos resultados muestran que la especie es de crecimiento alométrico negativo [ $b = 3$ ;  $p > 0.05$ ]. La talla de madurez sexual [T.M.] comparada con la talla media de captura muestra un recurso en el límite de su estructura de tallas (Tabla 5-1). De otra parte, la tasa metabólica de crecimiento permite establecer que es un recurso de crecimiento relativamente alto, con una tasa instantánea de mortalidad total que implica un alto nivel de aprovechamiento, la cual es comprobada con la tasa de aprovechamiento que está ligeramente por encima de los estimado en los aspectos teórico (Ricker, 1975) (Csirke, 1980) (Sparre & Vennema, 1997).

En estudios realizados sobre estructuras duras (Gallaerdo-Cabello, Sanabria-Medez, M., Espino-Barr, & Anislado-Tolentino, 2010), determinaron que los parámetros de crecimiento estimados mediante esta metodología arrojaron un valor de L<sub>oo</sub>= 33.09 de longitud horquilla [equivale a 35.9 de longitud total calculada con la ecuación  $Lt = 0.2 + 1.08 * Lh$ .]; estas estimaciones difieren en gran medida por las estimaciones realizadas para el Caribe colombiano permitiendo especular que este es un stock diferente, aunque la connotación del L<sub>oo</sub> depende en gran medida de la intensidad de muestreo y del tiempo, para el muestreo. De otra parte, el mismo

estudio estimo la tasa metabólica de crecimiento  $K=0.395$ , que es mucho más cercana a las estimaciones realizadas en este estudio Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de estructuras duras (Gallaerdo-Cabello, Sanabria-Medez, M., Espino-Barr, & Anislado-Tolentino, 2010).

De los estudios realizados con esta especie se ha encontrado que el rendimiento máximo sostenible representa un 20% menos que los encontrados en esta investigación. Por ello se reseña, como una medida de ordenación, el punto de referencia  $[B/K]$  aceptable ya que implica que las pesquerías han aprovechado hasta un 42% de la biomasa disponible, esto es corroborado por la tasa de aprovechamiento que está en el nivel máximo permitido (Tabla 5-2).

Tabla 5-2. Estimación de los principales parámetros poblacionales del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano.

Especie	RMS	PRO	B/K	$q$	TMM/TMC	Fuente	$E$	Modelo usado	Observación
pargo chino	32 t.; 248 millones \$	34.79; 39; 36.63	0.68	0.00025	1.1	Barreto & Borda 2009; Gutiérrez & Barreto 2019	0.58	Thompson & Bell	En el límite de aprovechamiento los PRL y PRO.
								Schaefer	

Aunque la especie no se encuentra en un nivel de sobreexplotación si está al límite de su capacidad biológica y productiva por lo que su permisibilidad pesquera no debe ser superior a las 40 toneladas.

Durante el 2020 el SEPEC registro 6,782 individuos medidos, el sistema también registro 11 artes de pesca que capturaron esta especie, de estas artes de pesca la líneas de mano fue la que más preponderante en cuanto a registro de tallas y número de individuos capturados, con estos registros se pudo estimar la talla media de captura en 26.9 Lt.  $\pm$  0.08 (Tabla 5-3, Figura 5-1)

Tabla 5-3. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el pargo chino *Lutjanus synagris*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

Arte de pesca	Talla Promedio	S2	S	E.E.	n
Atarraya	21.2	61.25	7.83	1.43	30
Buceo marino mixto	25.6	32.61	5.71	1.14	25
Chinchorro de jala playa	23.1	9.81	3.13	0.51	38
Chinchorro marino	22.0	13.88	3.73	0.60	38
Línea de mano	25.5	45.70	6.76	0.13	2761
Línea de mano correteo curricán o trolling	28.2	71.23	8.44	1.29	43
Nasas de Peces	31.9	20.03	4.48	0.16	786
Palangre o espinel de fondo	29.4	24.20	4.92	0.26	362
Red de enmalle de encierro marina	25.7	18.85	4.34	0.14	955
Red de enmalle fija marina	27.3	34.16	5.85	0.15	1603
Red de enmalle fija marina campaña	26.4	9.64	3.10	0.27	134

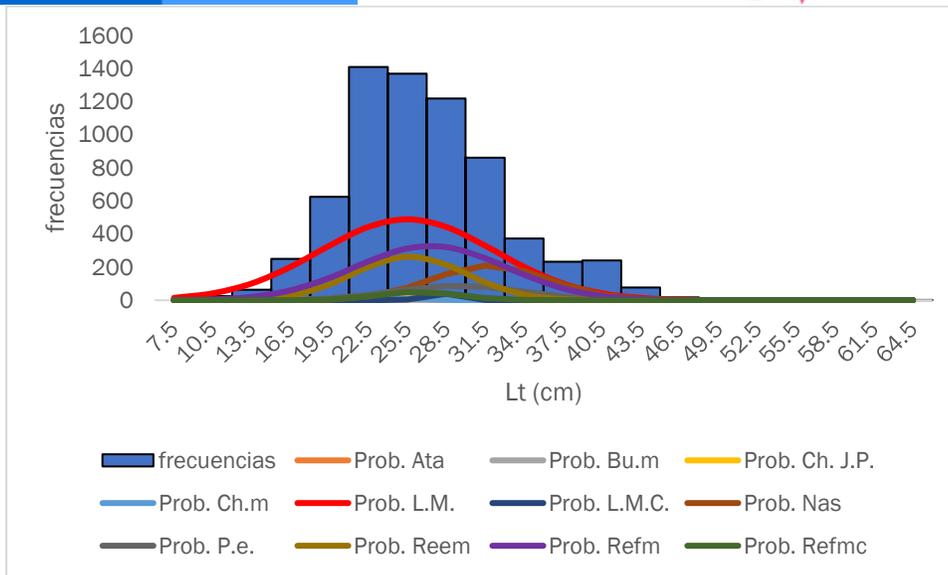


Figura 5-1. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de pagro chino *Lutjanus synagris* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu.m.. = buceo marino mixto; Ch.J.P. = chinchorro de jala playa; Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = línea de mano, L.M.C. = línea de mano correteo o curricán; Nas. = nasa de peces; P.e. = palangre o espinel; Reem. = red de enmalle de encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina; Refmc. = red de enmalle fija marina campaña.

### 5.1.1.3 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB del pagro chino (*Lutjanus synagris*)

Con el fin de disponer de una modelación pesquera, de tipo bayesiano, se procedió a estudiar el comportamiento de la especie, basada en los datos de tallas recopilados entre los años 2006 al 2020.

Los resultados, por evaluación geométrica y espacial, se dividieron en dos grupos de tallas, el primero comprendido entre 2006 y 2012 y el otro entre 2013 y 2020, estos muestran que las frecuencias de tallas se comportan de acuerdo con el típico modelo de selectividad, aunque, se puede observar que se obtuvieron dos años con una ligera deformación [2009 y 2010] ya que, en estos, las tallas no fueron plenamente muestreadas, dejando algunas tallas por fuera del muestreo (

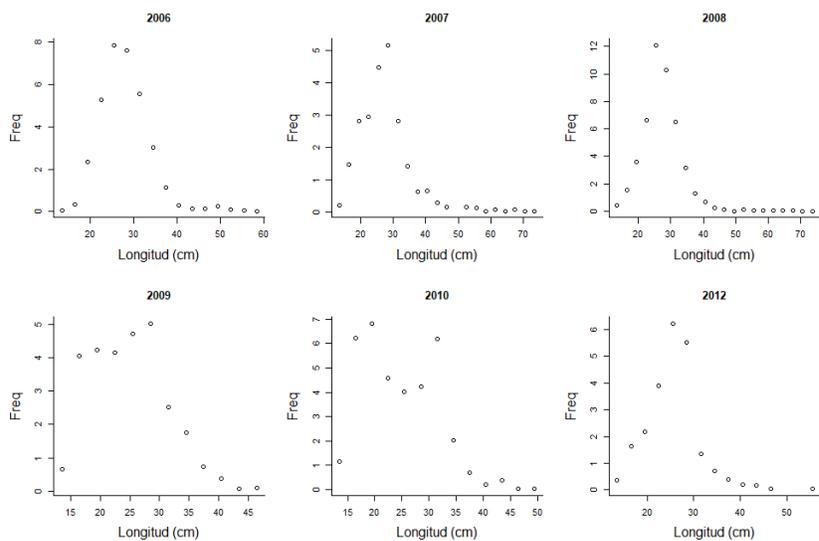


Figura 5-2, Figura 5-3).

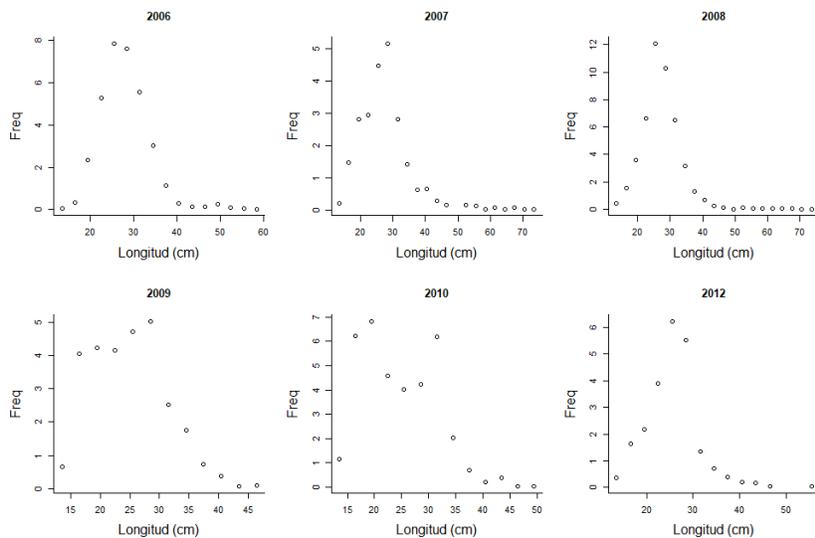


Figura 5-2. Distribución de las tallas del pargo chino *Lutjanus synagris*, entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

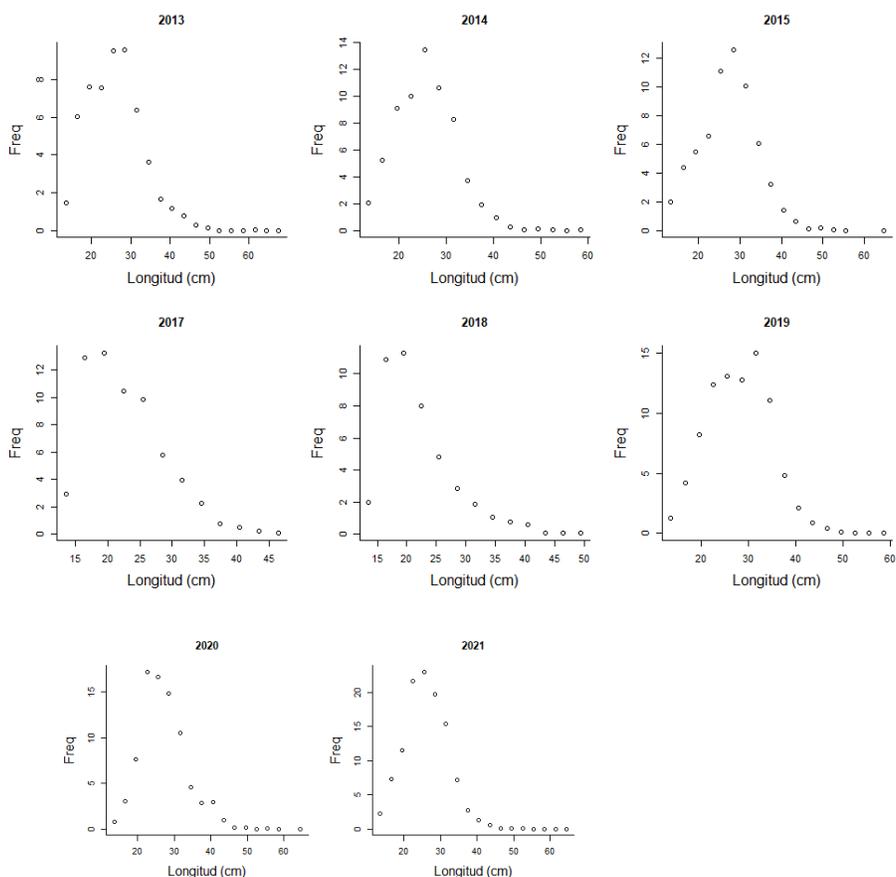


Figura 5-3. Distribución de las tallas del pargo chino *Lutjanus synagris* entre los años 2013 a 2021. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

El segundo grupo, presenta la secuencia entre el 2013 al 2021, que de forma general si presentaron un comportamiento homogéneo respecto a los modelos de selectividad (Figura 5-3).

El modelo muestra que para la estructura poblacional las estimaciones de sus parámetros de crecimiento fueron  $L_{\infty} = 73.9$  de Lt;  $Z/K = 9.19$  (Tabla 5-4) que se pueden considerar como un estándar dentro de este tipo de evaluaciones. De esta manera, si se compara lo ocurrido con los datos estimados en el primer año de estudio cuyos resultados son:  $L_{\infty} = 68.4$  cm de Lt. y  $Z/K = 11.5$  están ligeramente diferentes y al tener en cuenta los resultados obtenidos para el último año (2021) se pasó, de una estimación de  $L_{\infty} = 73.8$  de Lt.;  $Z/K = 11$  que, aunque no varió de manera apreciable, si evidencia que las poblaciones de estos peces están siendo presionadas más allá de sus límites, por ello se presenta las primeras evidencias de un alto aprovechamiento de los stocks pescales. (Tabla 5-4).

Tabla 5-4. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del pargo chino *Lutjanus synagris*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Linf prior	73.4	SD	0.743	cm			
Z/K prior	6.71	SD	4.73	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	5.21	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)					
Lc prior	19.9	SD	1.99	alfa prior =	21.2	SD	2.12

El otro aspecto importante para analizar es el relacionado con la tasa de mortalidad natural, respecto a la tasa metabólica (M/K), que no difiere de los estándares establecidos, siendo muy cercana a los aspectos teóricos para esta especie; de otra parte, se observa que las otras tasas estimadas (F/K, Z/K, F/M) son valores altos, casi todos por encima de los esperados. Como una guía de lo que las pesquerías deberán buscar en el ordenamiento de la especie es el tipo de rendimiento por recluta, en este estudio se encontró que el valor en equilibrio fue de 0.039, pero encontrado para la pesquería fue de 0.00419, lo cual implica cambios en las estrategias de utilización de los métodos y artes de pesca y el manejo de las condiciones ecológicas que rodean las pesquerías (Tabla 5-5).

Tabla 5-5. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del pargo chino *Lutjanus synagris* obtenidos de las pesquerías del Caribe colombiano.

Loo	73,9	Rango	72,4	75,2
L opt	49	L opt/Loo	0,66	
Lc_opt	46	Lc_opt/Loo	0,62	
M/K	1,53	Rango	1,29	1,76
F/K	7,5	Rango	6,78	8,22
Z/K	9,19	Rango	8,54	9,9
F/M	4,86	Rango	3,87	6,4
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0,364			
B/Bo	0,039	Rango	0,0271	0,0536
Y/R <sup>ˆ</sup> F=M Lc=Lc_opt	0,0432			
Y/R <sup>ˆ</sup>	0,00419	Rango	0,00309	0,0055

Respecto al comportamiento de las tallas se observa, que tanto la talla media como la longitud al 50% Lc. tiene un comportamiento similar siendo el cambio más importante efectuado en el año 2018, que puede estar indicando que este año se presentaron las presiones por selectividad de pesca más importantes (Figura 5-4, panel inferior izquierdo).

De otra parte, la presión de pesca muestra claramente que al inicio de estos análisis [año 2006] fue el periodo de pesca más intenso, al igual que el que se registró en 2012, años en los cuales las condiciones socioeconómicas permitieron aumentar la presión pesquera relativa (Figura 5-4).

Finalmente, los datos analizados para los puntos de referencia de biomosas (0.5 Bmsy) muestran que los indicadores de las capturas están muy por debajo de este punto de referencia y especialmente alejado de los estándares de biomasa en el punto de equilibrio  $F = M$ , lo que está indicando que se puede estar comprometido el sistema de reclutamiento de la especie (Figura 5-4, panel inferior derecho).

Es importante anotar que se notó una ligera recuperación del recurso para el 2020, en especial en el comportamiento de la tasas de aprovechamiento  $F/M$  (Figura 5-4) y que la capacidad reproductiva, en la talla media de madurez que se ha estado recuperando con un nivel porcentual de 86%.

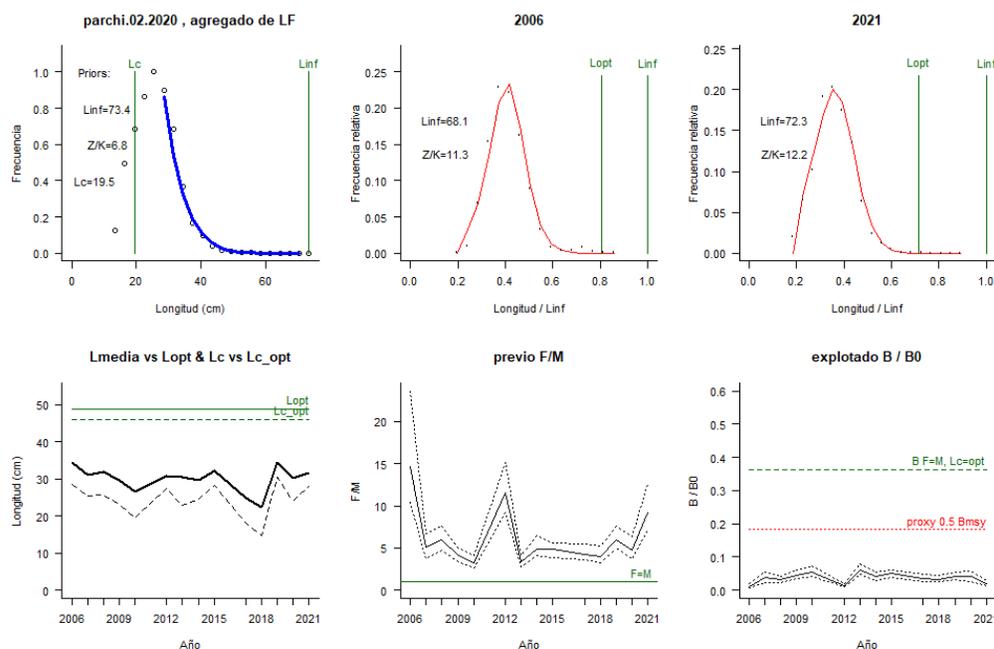


Figura 5-4. Comportamiento de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de  $L_c$ ,  $L_{oo}$  y  $Z/K$ . El medio y derecho superior muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de  $Z/K$ ,  $M/K$ ,  $F/K$   $L_c$ ,  $L_{oo}$ , los cuales se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra  $L$  media [curva en negrita] en relación con  $L_{opt}$ . Y  $L_c$ , [curva negra discontinua] con relación a la  $L_c$   $opt$ . El panel medio inferior muestra la presión de pesca relativa  $F/M$  [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde  $F=M$  [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa  $B/B_0$  [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con proxy para  $B_{ps}$  [línea discontinua verde] y un proxy para  $B_{pa}$  o 0.5 de  $B_{msy}$  [línea de puntos roja].

#### 5.1.1.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pargo chino (*Lutjanus synagris*)

En cuanto al comportamiento probabilístico de las densidades priori y posterior de los parámetros estimados, muestran que el ajuste más efectivo con el menor valor de PPVR se encontró para el MSY y la máxima biomasa ( $k$ ) lo cual determina que estos ajustaron mejor en los análisis prior y posterior (Figura 5-5).

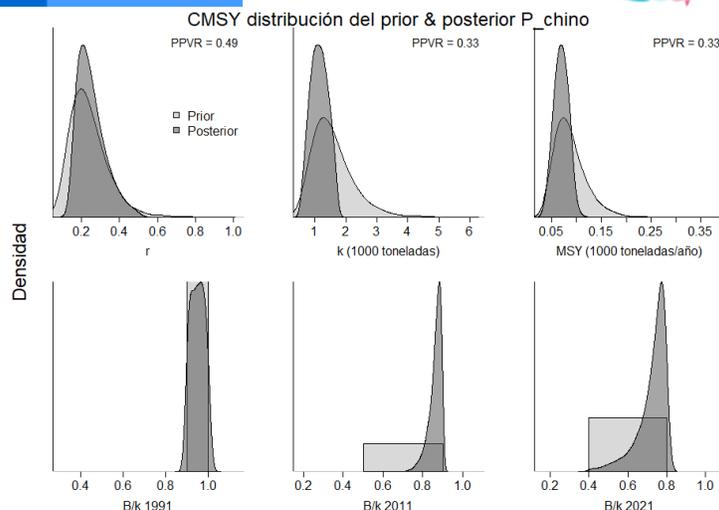


Figura 5-5. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Efectuado el análisis de las densidades obtenido por el modelo BSM, se encuentra que el comportamiento es muy parecido al realizado con el CMSY, pero el valor más bajo de PPVR se obtuvo para el MSY que nos permite establecer que esta estimación es el mejor ajuste en los resultados finales (Figura 5-6).

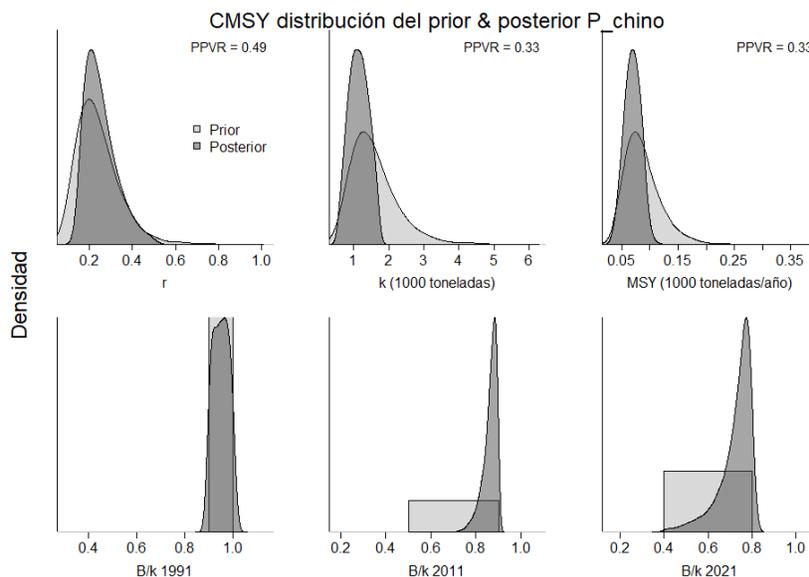


Figura 5-6. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Si se toma como punto de análisis las densidades ocurridas entre los tres referentes anuales, se nota que en el primer año el rango de distribución de las densidades probabilísticas es similar, pero a medida que el periodo avanza el esquema cambia siendo para el 2011 más amplias las densidades priores que las posteriores, y para el año 2021 su rango de aplicación es diferente. Esto demuestra las grandes variaciones que la pesquería soportó a lo largo de los años (Figura 5-6).

El ajuste de las capturas, tanto las de predicción como las estimadas fueron comparadas, con un nivel de seguridad el 95%, de tal manera, que se muestra cómo las pesquerías del 2012 son realmente diferentes frente al resto de los años evaluados; este comportamiento atípico es poco frecuente en las pesquerías, pero inicialmente se pudo atribuir a un aumento considerable del esfuerzo de pesca debido a cambios en la estructura ecológica de la región (Figura 5-7).

Como una medida de verificación de la estructura evaluativa del comportamiento de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), el sistema ajustó los datos reales frente al comportamiento logístico, apreciándose que no se presentaron datos por fuera de la banda de seguridad del 95% en especial los primeros cuatro años; de otra parte el ajuste de los residuos de los logaritmos de CPUE se ajustaron a los patrones teóricos lo que le dan significancia estadística a los datos trabajados (Figura 5-7).

Tabla 5-6. Resultados del CMSY para las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
R	0,277	0,149	0,515
MSY	69,3	40,8	96,6
K	981	559	1720
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.749 de K	0,511	0,798
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,1	1,03	1,62

Tabla 5-7. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Mar Caribe colombiano

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	7,25E-06	4,17E-06	0,000126
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,529	0,244	1,15
k	423	245	729
MSY	55,9	36,7	85,2
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.658 de K	0,394	0,843



Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,07	0,568	2,52
$r - k$ log correlación =	-0,853		

Tabla 5-8. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,264	0,122	0,574	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ )	<b>0,264</b>
Fmsy	0,264	0,122	0,574	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	55,9	36,7	85,2		
Bmsy	211	123	365		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	278	167	356		
B/Bmsy en el último año	1,32	0,788	1,69		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,282	0,22	0,471		
Explotación $F/Fmsy =$	1,07	0,568	2,52		

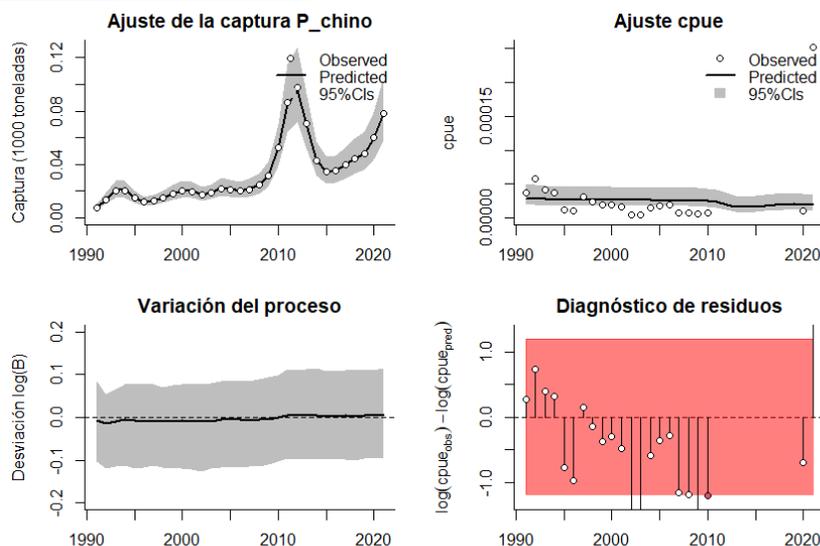


Figura 5-7. Modelación de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

El modelo, de forma general, muestra que las pesquerías empezaron en una zona óptima, pero luego se rebasaron los niveles límites de máximo aprovechamiento por lo que en la actualidad está en una zona registrada como de sobre aprovechamiento (Figura 5-8, panel A).

Una visión general el **tamaño del stock** para las pesquerías de esta especie muestra que la actividad extractiva ha venido en aumento con un pico importante entre 2011 y 2012 con una evaluación que muestra como las biomazas prior oscilan entre 0.9 y 1.0 para el primer año; entre 0.5 y 0.9 para el prior y entre 0.0 y 0.4 en el último año del muestreo (Figura 5-8, panel D).

La **tasa de explotación** muestra que entre los años 1990 hasta 2010, las pesquerías tuvieron un comportamiento uniforme, donde las éstas estuvieron por debajo de nivel de pleno aprovechamiento o cercanos al equilibrio; pero a partir de esta fecha la presión de pesca aumento de manera considerable siendo el año 2011 como el 2021 los de más alto impacto (Figura 5-8, panel E).

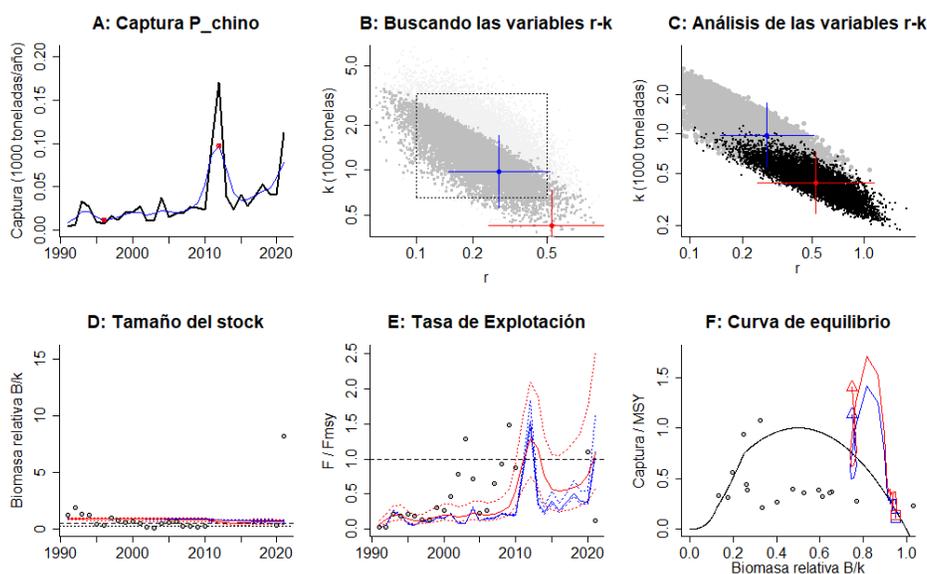


Figura 5-8. Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Mirando las repuesta que el modelo presenta en cuanto a los niveles de rendimiento máximo sostenible MSY, se puede notar que las capturas realizadas comparadas con este punto de referencia, se pueden dividir en tres fases: la primera está entre los años 1990 al 2009 donde el recurso se mantuvo en crecimiento pero sin llegar al límite de su aprovechamiento, una segunda etapa entre 2009 y 2011 donde se alcanzan las mayores tasas de aprovechamiento llegando inclusive a sobrepasando el punto de referencia límite; una tercera etapa desde el 2011 hasta el 2020 donde busca mantenerse dentro de los límites de punto de referencia, aparentemente es un equilibrio (Figura 5-9, panel izquierdo superior).

De otra parte, evaluamos las tasas relativas de biomasa ( $B/B_{msy}$ ) respecto al rendimiento máximo sostenible ( $B_{msy}$ ) encontramos que ésta se mantiene por encima de 1 indicando una recuperación de la biomasa aprovechable. (Figura 5-9, panel superior derecho).

Frente a la tasa de aprovechamiento ( $F/F_{MSY}$ ) se puede observar que las pesquerías presentan un distribución uniforme, excepto para el 2013 donde los niveles se disparan de manera apreciable, pero luego disminuyen reduciendo la presión sobre el recurso. Finalmente, del análisis de los impactos de las tasas relativas de biomasa [ $B/B_{msy}$ ] frente al esfuerzo de pesca y la tasa relativa de mortalidad están indicando que el recurso está recuperándose (Tabla 5-8, Figura 5-9).

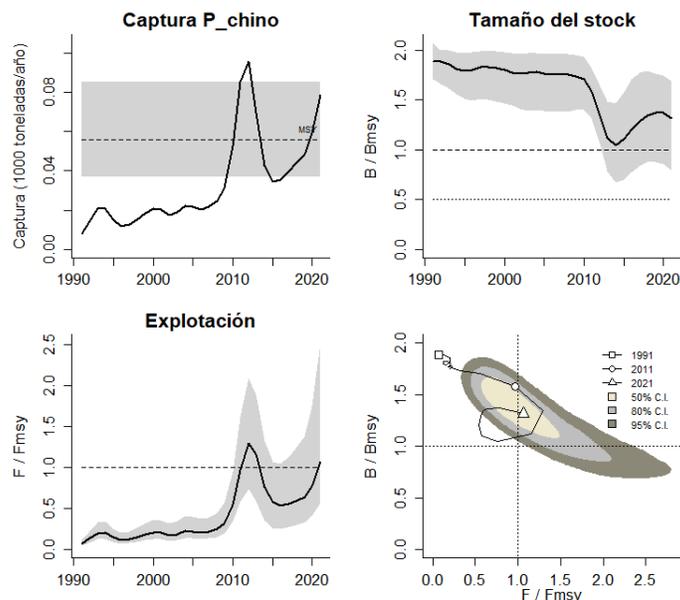


Figura 5-9. Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

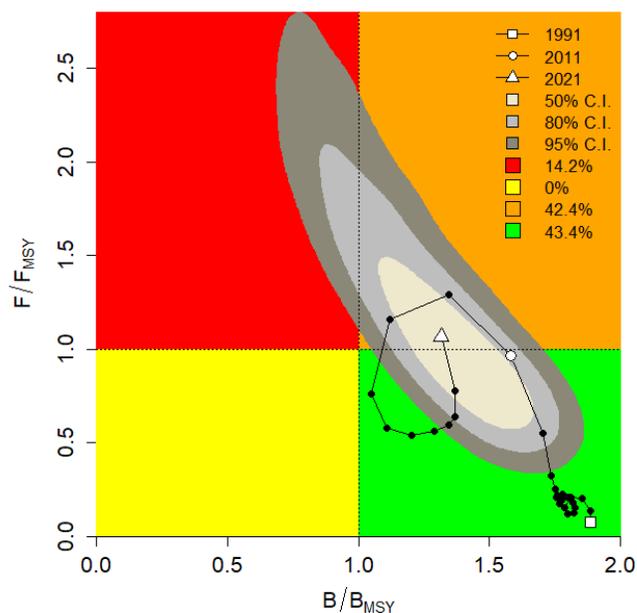


Figura 5-10. Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

5.1.1.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el pargo chino (*Lutjanus synagris*)

Como una visión diferente de lo calculado para determinar el comportamiento de la especie se ensayó este modelo para averiguar cómo sería los cambios de la dinámica poblacional frente a los diferentes movimientos de los parámetros ambientales; para ello se montó una estrategia de 7 escenarios de la naturaleza. Como resultado se obtuvo que si las condiciones permanecen estables el RS estuvo en 37.8 toneladas, si las condiciones son adversadas el cálculo del RMS fue de 30.9, pero si, por el contrario, si estos aspectos naturales son propicias el RMS fue de 44 toneladas (Figura 5-11).

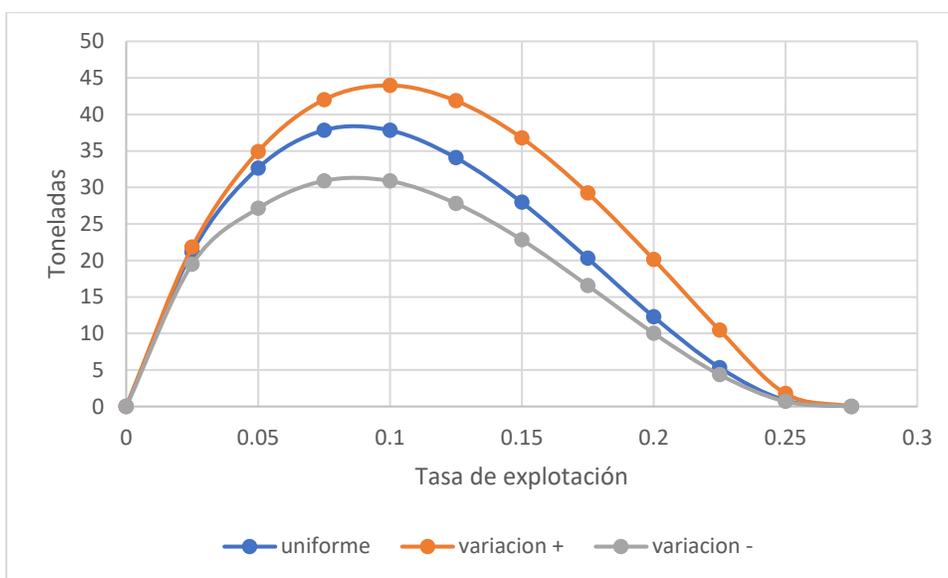


Figura 5-11. Resultados del modelo probabilístico con diferentes tasas de aprovechamiento para el pargo chino *Lutjanus synagris*.

5.1.1.6 Conclusiones de las pesquerías de pargo chino (*Lutjanus synagris*)

De acuerdo con la propuesta sobre las categorías de tipo de agotamiento, este recurso se encuentra dentro de la categoría de agotamiento medio ya que su biomasa relativa de 0.749 (rango establecido entre 0.2 a 0.6) (Froese R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

El resultado de la tasa intrínseca de crecimiento encontrada por el CMSY de  $r = 0,277$  catalogan a la población con una resiliencia media, que permite intuir que el recurso, aunque presionado, puede con, una adecuada administración, tener elementos biológicos y de dinámica poblacional para recuperarse, siendo el estado de recuperación evidenciado con los datos analizados.

Las tasas de aprovechamiento pesquero  $F/F_{msy}$  o  $F/(r/2)$  de 1.07 son muy bajas, manteniendo un valor cercano a 1, que es el nivel estable, por lo tanto, esto se puede lograr con mejores prácticas de pesca y manejo ambiental de los ecosistemas ya que muchos de estos impactos

se deben a la depauperación del ecosistema. Es una especie aprovechada, pero con signos de sobreexplotación.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1.1, y un porcentaje de madurez sexual de 86%, longitud óptima  $L_{opt}$  la biomasa relativa de 49 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de  $0.137 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0.0784 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $33.3 \pm (21.4 - 51.8)$ .

### 5.1.2 Pesquerías de robalo (*Centropomus undecimalis*, Bloch, 1792)



Carla Isobel Elliff © .

Nombre en inglés: Common snook

#### 5.1.2.1 Antecedentes del recurso robalo (*Centropomus undecimalis*)

El róbalo es un recurso que se distribuye solamente en el Atlántico Occidental desde el sur de la Florida hasta el Golfo de México, igualmente se encuentra en las Antillas, en el Caribe Sur América inclusive hasta el Sur de Río de Janeiro, se han tenido reportes en Carolina del Norte y Texas. Suele encontrarse en aguas dulces [anfidromo] y muchas veces asociado a sistemas de arrecifes coralinos; se distribuye desde aguas someras hasta los 22 metros y prefiere rangos de temperatura entre los  $25^{\circ}$  a los  $31^{\circ}\text{C}$  (Fishbase, 2020).

Es un importante carnívoro en los sistemas de aguas tropicales y subtropicales tanto en aguas marinas como en estuarios y en ríos. Este es un recurso eurihalino y semi-catódromo. Las mareas altas facilitan el movimiento de los huevos dentro de los ambientes dulceacuícolas que son los hábitats que ocupan las larvas. Los juveniles están tanto en aguas dulces como salobres. (Gilmore et al. 1983; Peters 1993 en McMichael, Peters, & G.R., 2020).

Es una especie protándrica hermafrodita (R. Taylor y H. Grier e McMichael, Peters, & G.R., 2020), por lo que los individuos maduran y desovan primero como machos y luego con la edad cambian de sexo.

Los estudios de genética poblacional proponen que hay diferentes grupos o stock separados que son los stocks del Atlántico y las aguas del Golfo, así como entre las poblaciones de la Florida y el Caribe (Trigliani & Bert, 1995). Esto nos indica que los peces que se capturan en Colombia deben pertenecer al stock del Caribe.

Por la connotación metabólica, las hembras son más viejas que los machos hasta en un 50% de la madurez, esto es, que las hembras tienen una edad de 5 años entre 500 a 522 mm de Ls. versus 2 años y entre 330 a 348 mm de Ls., y el desarrollo ovárico tiene grupos sincrónicos; los desoves ocurren aproximadamente entre abril a diciembre o enero e incluyen múltiples desoves

especialmente entre mayo y septiembre, con un rango de temperatura mayor a los 22°C y salinidades de mayores a las 27 partes por mil. Temperaturas por debajo de los 15°C son la principal causa de mortalidad natural (Peters, Matherson, & R., 1998)

Los róbalo pueden alcanzar hasta 20 años de vida máxima con una talla de 1.100 mm de Lh., en muestreos realizados por Taylor en el 2000 encontró hembras de hasta de 18 años con un tamaño de 1.105 mm de Lh., los machos más viejos solo fueron de 15 años y 865 mm de Lh. (Peters, Matherson, & R., 1998).

En el Caribe colombiano, Barreto y Borda (2008) así como Escobar et al (2014) estimaron parámetros biológico-pesqueros de la especie; entre otros parámetros TMC de 48.9 y 46.1 respectivamente,

### 5.1.2.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del robalo (*Centropomus undecimalis*)

Teniendo en cuenta que las pesquerías de róbalo forman parte de un grupo importante de aprovechamiento y que la literatura base tiene inclusive connotaciones en el sistema productivo de la acuicultura, son variados los estudios que hay sobre el tema. Pero en este documento se tiene en cuenta estudio realizados para el establecimiento de las cuotas globales. (Barreto & Borda, 2008) (Gutierrez Bonilla & Barreto, 2019).

Por lo tanto, como referencias de las evaluaciones realizados con anterioridad al presente estudio se presenta un resumen de los documentos evaluados como se muestran en Tabla 5-10.

Tabla 5-9. Relación de los parámetros estimados para róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano.

A	B	r <sup>2</sup>	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	L <sub>∞</sub> [cm]	k	Z	M	F	E
0.0076	3.0278	0.9616	48.9	41.5	120.3	0.2	0.61	0.41	0.19	0.311475

Tanto en este estudio como en la literatura revisada se encontró que el crecimiento de la especie es tipo isométrico ( $b=3$ ,  $P < 0.05$ ). los resultados de la evaluación sobre la talla de madurez respecto a la talla de captura mostraron que el recurso está ya en niveles de sobreexplotación.

Respecto al tipo de crecimiento se ha podido determinar que la especies es de crecimiento lento, como lo demuestra la tasa metabólica de crecimiento [k] y que presenta registros parecidos a los calculados por varios investigadores cuyos resultados variaron entre 0.3 y 0.49 (Fishbase, 2020).

Desde el punto de vista del aprovechamiento de recurso los parámetros estimados muestran una tasa instantánea de mortalidad total razonablemente baja, ya que suelen esperarse valores superiores a 1; junto con estas deducciones se une a que la tasa de mortalidad por pesca es baja con una tasa de aprovechamiento [E] bastante baja, indicando que para el tiempo que se realizó esta evaluación las pesquerías mostraban un nivel bueno en relación con las capturas y el equilibrio ecológico (Caddy & Sharp, 1988) (Tabla 5-9).

Se ha podido determinar que analizando el comportamiento de las tallas es marcada la diferencia entre los machos y las hembras representado que los machos tiene el 69 % de las tallas estudiadas frente a un 31 % de las hembras (Perea-García, Mendoza-Carranza, & Páramo-Delgadillo, 2008).

### 5.1.2.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del robalo (*Centropomus undecimalis*)

En los estudios realizados por Barreto & Borda [2009] y Gutiérrez Bonilla & Barreto [2019] y encuentra que el punto de referencia de la tasa de aprovechamiento  $B/K$  es alta que deja como remanente un nivel de aprovechamiento de solo 8 % de la biomasa activa, lo cual parece un nivel aceptable para el rendimiento pesquero (Tabla 5-10).

Tabla 5-10. Estimación de los principales parámetros poblacionales de róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano.

RMS	PRO [\$]	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
168	406,443,534	0.92	0.00052	1.178313	Gutiérrez & Barreto 2019; Barreto & Borda 2008	Bayesiano con variantes de cambios de 6 escenarios	sobrepasa los rendimientos máximos sostenibles.

Contando con la información aportada por el SEPEC, se pudo medir 2,338 individuos, que fueron capturados por 11 artes de pesca; con estos datos se calculó la talla media de captura en 112 cm de Lt.  $\pm 0.46$ ; de estos el arte de pesca denominado red de enmalle fija marina fue el arte más preponderante en cuanto a número de individuos y diversidad de tallas (Tabla 5-11, Figura 5-12).

Tabla 5-11. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el robalo *Centropomus undecimalis*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

Arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	N
Atarraya	33.4	199.08	14.11	1.33	112
Buceo de peces	59.0	164.14	12.81	1.59	65
Chinchorro camarero	72.2	247.09	15.72	2.55	38
Chinchorro de jala playa	32.9	14.63	3.82	0.83	21
Chinchorro marino	60.9	304.48	17.45	1.11	246
Flecha	52.0	24.00	4.90	2.00	6
Línea de mano	39.7	270.07	16.43	1.24	175
Línea de mano cometa	73.4	199.13	14.11	1.54	84



Arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	N
Red de enmalle de deriva marina	74.8	199.73	14.13	2.26	39
Red de enmalle de encierro marina	32.8	138.15	11.75	1.43	68
Red de enmalle fija marina	69.1	424.60	20.61	0.54	1470

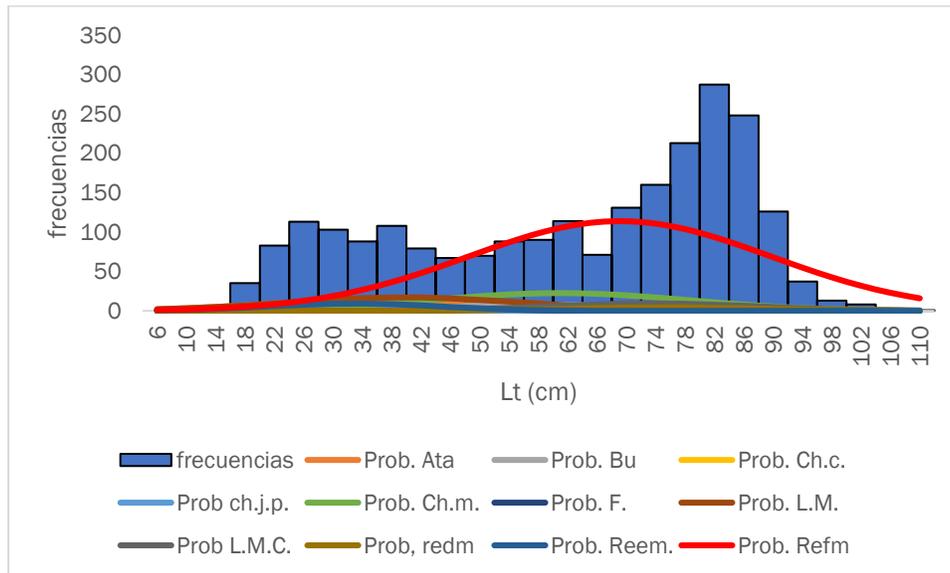


Figura 5-12. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de robalo *Centropomus undecimalis* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu. = buceo; Ch.c. = chinchorro camaronero; ch.j.p. = chinchorro de jala playa; Ch.m. = CHINCHORRO MARINO, F. = flecha; L.M. = líneas de mano; L.M.C. = línea de mano cometa; redm. = red de enmalle deriva marina; Reem. = red de enmalle encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

#### 5.1.2.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el robalo (*Centropomus undecimalis*)

Mediante la aplicación de análisis de pesquerías con el modelo bayesiano LBB y siguiendo como primer paso, el análisis de comportamiento de las tallas en cada uno de los años muestreados se encontró que para 2006 y 2012 tuvieron diferencias respecto a los demás, debido a que se tuvieron dificultadas en la toma de la información, los otros años mostraron el comportamiento tipo de la distribución de acuerdo con los modelos de selectividad (Figura 5-13).

Para el segundo grupo las tallas estuvieron dentro de los parámetros de selectividad, aunque se nota que en casi todos existe una pequeña elevación en las tallas mayores indicando que se cambiaron los hábitos de la pesca donde se buscan las poblaciones a una mayor profundidad de las costa donde se encuentra los especímenes más grandes (Figura 5-14).

La evaluación de la dinámica poblacional muestra que los resultados prior de los principales parámetros como Loo de 125 cm de Lt., Z/K de 1.29 y M/K de 1.5 actúan como un punto de comparación para el resto de los cálculos realizados (Tabla 5-12).

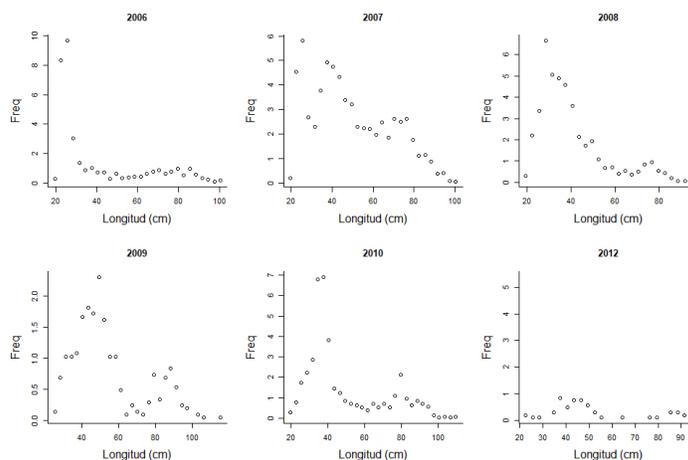


Figura 5-13. Distribución de las tallas del róbalo *Centropomus undecimalis*. Entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan el típico comportamiento de la estructura de selectividad.

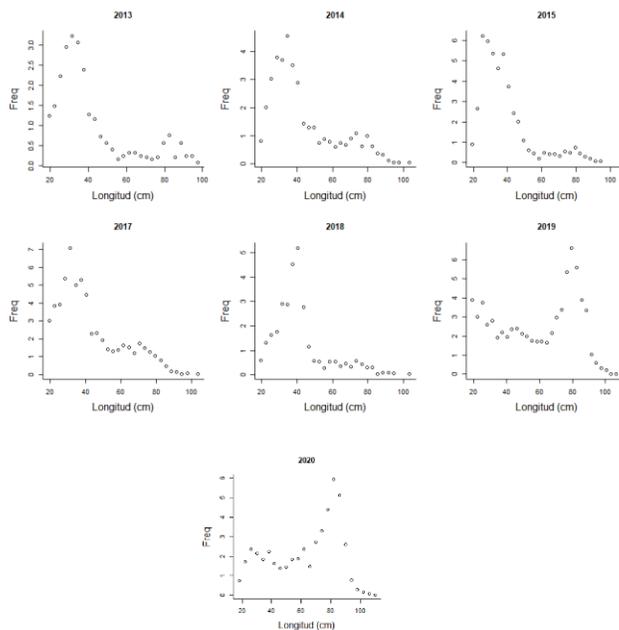


Figura 5-14. Distribución de las tallas del róbalo *Centropomus undecimalis*. Entre los años 2013 a 2020. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 5-12. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del róbalo *Centropomus undecimalis*. Se muestra el visión prior de estos cálculos.

Linf prior	125	SD	1.25	cm			
Z/K prior	1.29	SD	1.94	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	5.21	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)					
Lc prior	22.9	SD	2.29	alfa prior	88	SD	8.8

Soportados en los anteriores supuestos y, observando lo que ocurrió para el primer año del muestreo, los valores empiezan a cambiar, notándose un crecimiento original casi igual al prior ( $L_{oo} = 129$  cm de Lt.) y una tasa  $Z/K$  superior, pero lo más importante fue el cambio generado por las estimaciones de estos parámetros para el año 2020. Una estimación de  $L_c$  casi igual y una  $z/k$  un poco más alta, indica que la presión al sistema por cambios medioambientales y la presión de pesca se han mantenido uniformes (Figura 5-15).

Calculado lo ocurrido de manera global, se encuentra que el  $L_{oo}$  se estabilizó sobre los 129 cm de Lt., pero su rango de seguridad está dentro de los parámetros ya estimados de Lt., y el  $M/K$  es ligeramente diferente al estándar establecido (Froese T., Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017).

Las tasas estimadas  $F/K$ ,  $Z/K$ ,  $F/M$ , presenta valores un poco altos, por ejemplo, el valor encontrado de  $F/K$  es mucho más alto que el determinado para la evolución tipo prior; de otra parte los puntos de referencia de las tasas de abundancia  $B/B_0$  establecidas en 0.228 son más bajas que las determinadas para el año 2020 de 0.78, de igual manera el punto de referencia de rendimiento por recluta de 0.0428 es más altos de lo estimado de 0.062, estos dos indicativos están mostrado que el recurso está siendo presionados por los factores externos al grupo poblacional de la especie.

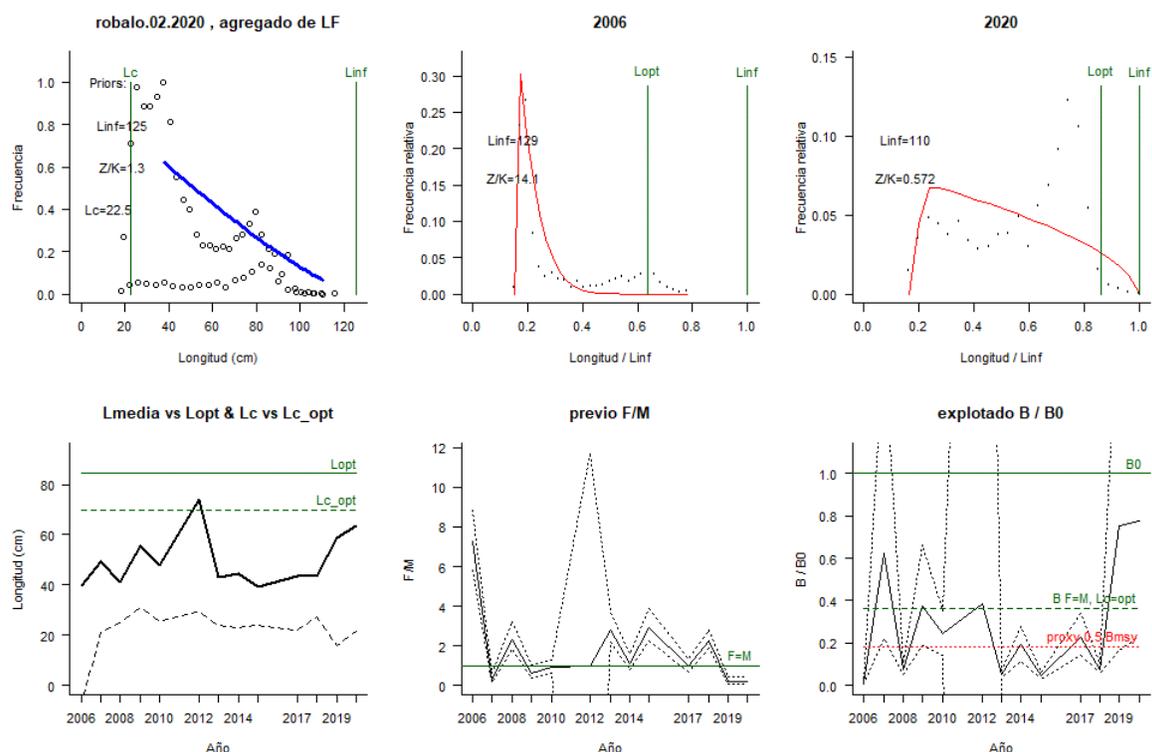


Figura 5-15. Comportamiento de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de  $L_c$ ,  $L_{oo}$  y  $Z/K$ . Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de  $Z/K$ ,  $M/K$ ,  $F/K$   $L_c$ ,  $L_{oo}$ , los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra  $L$  media [curva

en negrita] en relación con  $L_{opt}$  y  $L_c$ , [curva negra discontinua] con relación a la  $L_{c opt}$ . el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo  $F/M$  [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde  $F= M$  [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa  $B/Bo$  [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un *proxi* para  $B_{msy}$  [línea discontinua verde] y un *proxi* para  $B_{pa}$  o 0.5 de  $B_{msy}$  [línea de puntos roja].

Analizada la evolución de la serie histórica, se encuentra que el comportamiento de la talla media ha tenido variaciones con picos y caídas sucesivas determinados por la variación en los métodos de pesca y en los cambios ambientales; así podemos observar que la tasa de aprovechamiento  $F/M$  presentó un nivel alto [2006] pero como este sistema mostró permanentes oscilaciones, mostraron que históricamente la actividad sobre el recursos ha sido variable no solo por la actividad pesquera sino por cambios ambientales; se destaca que en el año 2019 y 2020 se presentó uno de los mejores valores de los observados, puesto que los niveles estuvieron por debajo del límite permitido. Este resultado se corrobora con la tasa de densidad de biomasa  $B/Bo$  que muestra dos años bastante buenos el 2012 y el 2019, 2020 que mostraron una aceptable recuperación, indicando que estas capturas no afectaron el proceso del reclutamiento, pues el  $B/Bo$  fue superior al *proxi* de 0.5  $B_{msy}$ , igualmente se nota que para el último año la tasa de abundancia relativa  $B/Bo$  paso 0.228 a 0.78 aumentando tres veces su capacidad>; es importante resaltar que la capacidad de madurez presento un buen nivel lo cual hace pensar que por este aspecto las pesquerías muestran un estado saludable en cuanto a su capacidad de renovación (Figura 5-15, Tabla 5-12, Tabla 5-13).

Tabla 5-13. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
$L_c$	21,4	21	21,7
$L_c/L_{oo}$	0,19	0,191	0,197
$\alpha$	88	82,7	91,3
$L_{medio}/L_{opt}$	0,67		
L 95 %	110		
L 95 %/ $L_{oo}$	1		
$L_m$ 50%	42,7	Madurez	74%
$F/K$	0,084	0,0456	0,167
$F/M$	0,17	0,0855	0,415
$Z/K$	0,574	0,552	0,604
$Y/R$	0,062	0,0185	0,17
$B/Bo$	0,78	0,231	2,11
$B/B_{msy}$	2,1	0,634	5,81

### 5.1.2.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de robalo (*Centropomus undecimalis*)

Revisado el comportamiento ajustado de las capturas y la CPUE, se encuentra que las primeras presentan una trayectoria uniforme entre lo observado y los valores estimados, pero en cuanto a la CPUE si se aprecia que algunos años que no estuvieron dentro de los niveles del seguridad al 95%, aunque el diagnóstico de los residuos muestra uniformidad cercana a cero lo que demuestra un nivel de confianza en los datos analizados y los estimados; en cuanto a la variación de proceso de las biomásas capturadas mostraron que los primeros años fueron de decaimiento uniforme, pero entre 2013 y el 2016 - 2021, aunque todos los años estuvieron dentro del nivel de seguridad al 95% (Figura 5-16).

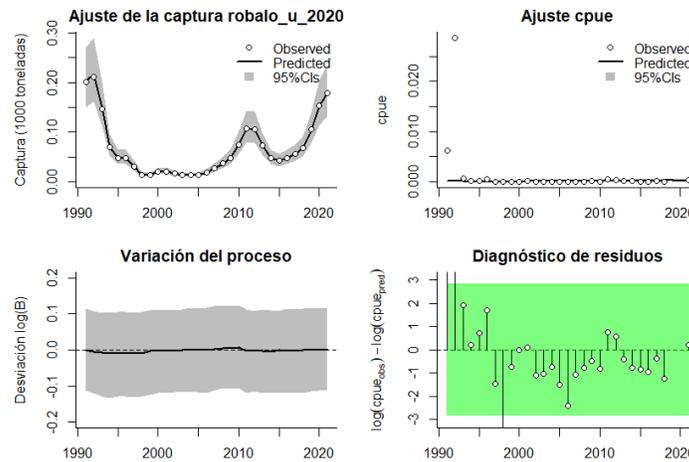


Figura 5-16 Modelación de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximad ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación de la CPUE, la zona en verde muestra que hay un nivel de significancia al comportamiento normal de los mismos.

Siendo importante estudiar las densidades prior y posterior, el mejor ajuste con el algoritmo CMSY, se obtuvo para la tasa intrínseca de crecimiento  $r$ , seguido por el rendimiento máximo sostenible MSY (Figura 5-17).

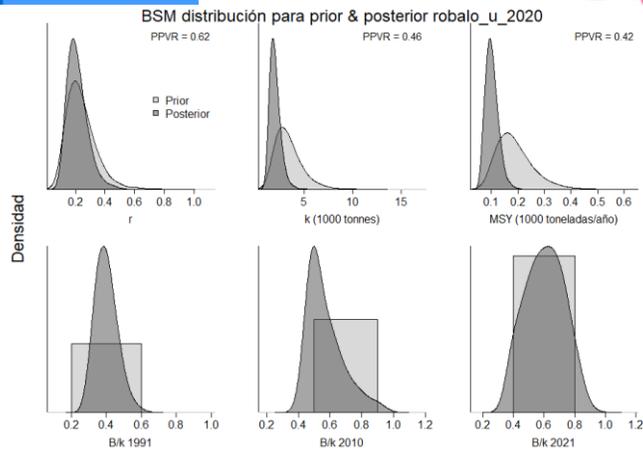


Figura 5-17. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el róbalo *Centropomus undecimalis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Analizado el comportamiento de las densidades prior y posterior teniendo como modelación la CPUE notamos que el mejor ajuste fue el efectuado para la tasa intrínseca de crecimiento (r) pero muy cercana la del MSY y como en el anterior análisis la peor se mostró en las densidades de K (Figura 5-18).

La evaluación de las densidades prior que en el año de 1991 esta tasa varió entre 0.2 a 0.6, luego para 2010 la misma fue de 0.3 a 1 y bajó de nuevo en el 2020 entre 0.25 y 1 (Figura 5 17) y aunque la producción de este año fue alta se evidencia que las biomazas relativas están menos presionadas (Figura 5 19, panel D), donde el recurso pasó de tasas de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  [ $F/[r/2]$ ] cercano a 2, y se redujo positivamente entre los años 2000 a 2010, pero aumenta con un nuevo pico para 2011, estabilizándose en los años siguientes, pero con ligero incremento para el último año. Al incorporar los valores de CPUE en el análisis se observó en el un incremento, en la tasa de aprovechamiento desde 1.42 a 1.82 (Figura 5 19, Tabla 5 15, Tabla 5 16), mostraron que en el año de 1991 esta tasa varió entre 0.2 a 0.6, luego para 2010 la misma fue de 0.3 a 1 y se mantuvo en el 2021 entre 0.2 y 1 (Figura 5-17).

Aplicados el modelo productivo bayesiano, compuesto principalmente por las capturas y la CPUE, se encontró que históricamente las pesquerías pasaron de una alto nivel de producción se redujeron drásticamente hacia 2005, y luego una segunda fase de recuperación, con un pico excepcional en 2011 y 2020, con una ligera disminución en el 2021, que indica que la pesca de este recurso ha ido en alza y su disponibilidad es buena (Figura 5-19, panel A).

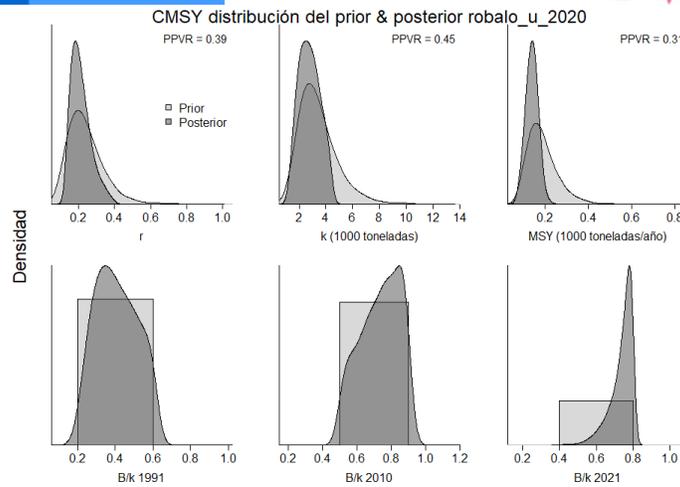


Figura 5-18. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el róbalo *Centropomus undecimalis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

El **tamaño del stock** y sus biomásas relativas, tanto de las capturas como de las CPUE (líneas azules y rojas, respectivamente, en el panel D de la Figura 5-19) muestran que existe una aparejamiento complementario entre estos dos indicadores.

Tabla 5-14. Resultados del CMSY para las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
$r$	0,229	0,13	0,401
$MSY$	141	84,2	197
$K$	2330	1230	4430
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.757 de $K$	0,574	0,798
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0,885	0,839	1,17

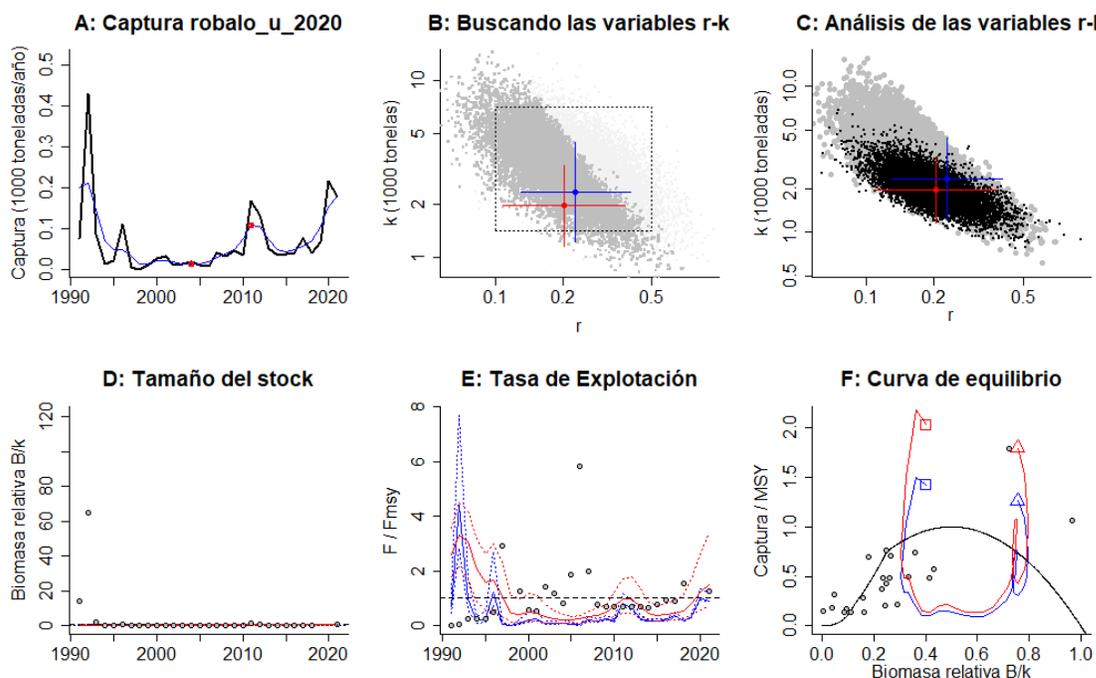


Figura 5-19. Resultados del análisis de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Tabla 5-15. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0,000226	0,000123	0,000415
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,203	0,109	0,38
k	1950	1150	3300
MSY	99,2	63	156
		Percentil 2.5	Percentil 97.5



Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
Biomasa relativa para el último año	0.608 de K	0,375	0,84
Explotación F/(r/2) en el último año	1,49	0,722	3,42
r -k log correlación =	-0,702		

En el panel F de la Figura 5-19, relacionada con la **curva de equilibrio** que mostró los aspectos generales de las capturas con relación al rendimiento máximo sostenible MSY, se observó que los cambios entre las capturas y el CPUE fueron idénticos en su trayectoria; como respuesta de las pesquerías desde su inicio al estado actual, se determinó un descenso cercano al 20%.

Para tener una visión amplia del comportamiento de las pesquerías, se estimó el rendimiento máximo sostenible (MSY) en un valor 99.2 toneladas. Bajo la estimación de este parámetro, se observó que entre los años 1991 hasta el 1995, se estuvo por encima de valor MSY, luego de esta fecha hasta el 2007 se presentó un bajo sensible que ocasionó sobreexplotación, para iniciar una etapa de recuperación y en los últimos años las pesquerías se encuentran dentro del nivel de seguridad del MSY. Con relación a la tasa de aprovechamiento del **tamaño del stock** se puede destacar que entre el 1994 y 2005, la presión sobre el recurso estuvo por debajo del 0.5B valor que indica que las pesquerías afectaron el reclutamiento, este comportamiento se ve reflejado en la tasa de explotación F/Fmsy cuyo dibujo mostró el mismo desarrollo que las capturas (Figura 5-20).

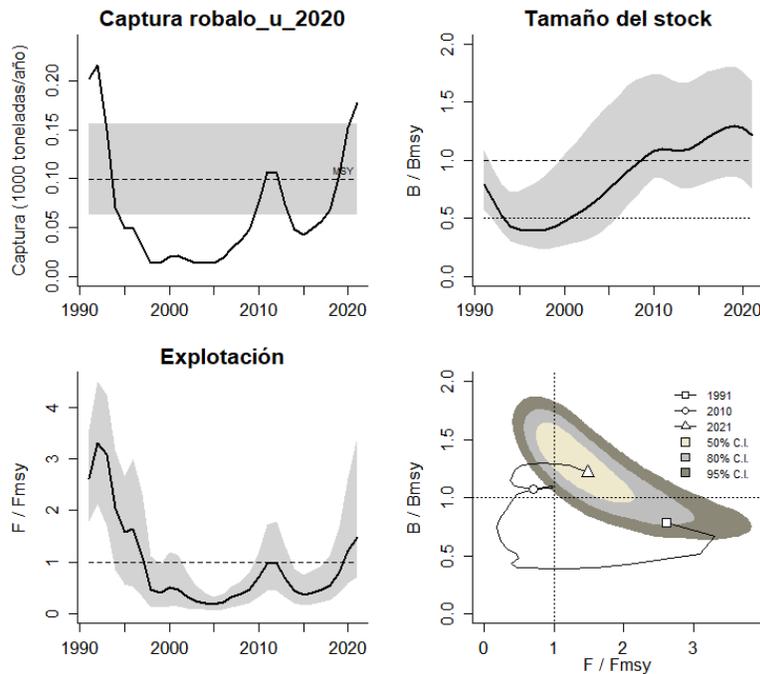


Figura 5-20. Análisis de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el

observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Como punto final y determinante se presentó el gráfico de fase de Kobe que determino de manera resumida el impacto que han tenido de las pesquerías en el desarrollo de esta actividad; los resultados mostraron que las pesquerías empezaron en la fase de sobre aprovechamiento, aunque, pero a partir de 1998 las pesquerías se encuentra en la Fase de recuperación (zona amarilla de Figura 5-21 ), pero este sistema solamente se mantuvo hasta 2010 cuando se ingresa de nuevo a la fase crítica. Sin embargo, se pudo percibir que en los dos últimos años (2019 y 2021) se muestra recuperación hacia la zona verde, que es la de aprovechamiento sostenido. Asimismo, cabe resaltar que solamente entre los años 1993 y 2009, las pesquerías estuvieron por debajo de nivel de referencia de 0.5 B ya que cuando se da este tipo de afectación se ve afectado el reclutamiento. (Froese T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017). (Figura 5-21).

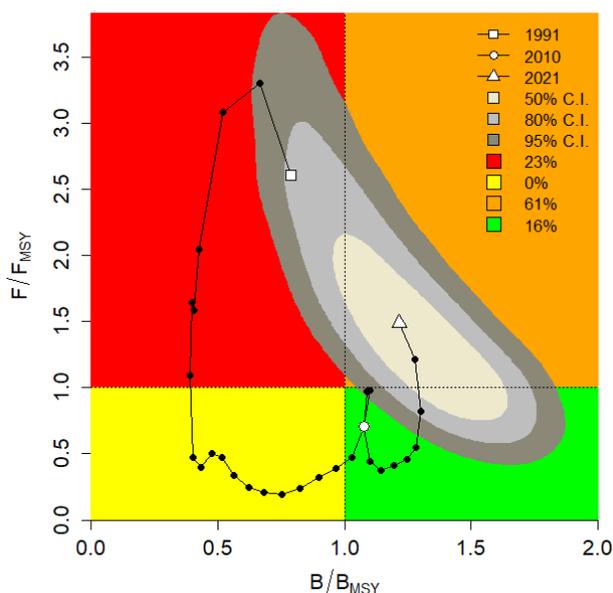


Figura 5-21. Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 5.1.2.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del robalo (*Centropomus undecimalis*).

Con la base de los datos de SEPEC sobre mediciones de tallas y precio de primera venta, se desarrolló este modelo el cual permitió calcular un RMS de 99.2 toneladas y un RME de \$ 1.2 mil millones de pesos; en general se notó que, aunque ya se pasó el punto de referencia objetivo RME está en el punto de referencia limite RMS (Figura 5-22)

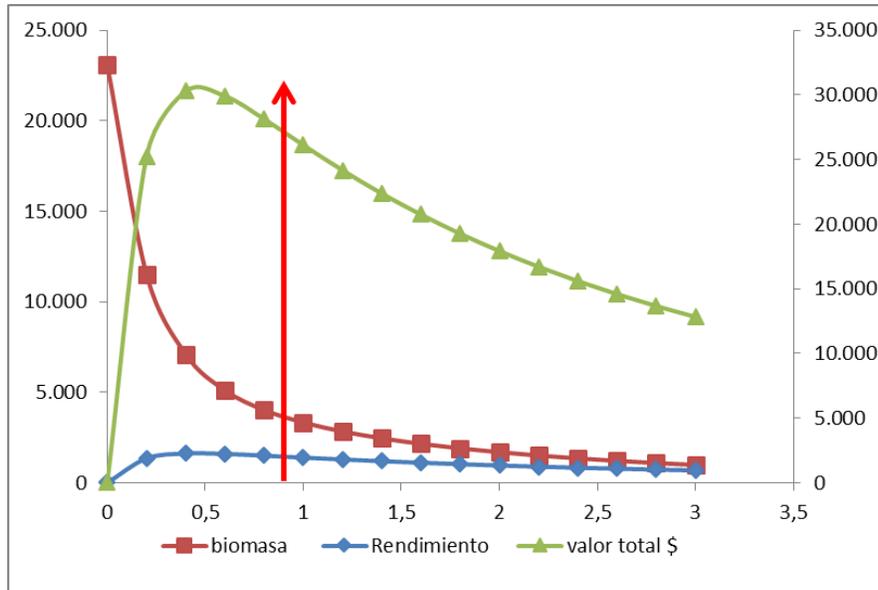


Figura 5-22. Resultados de las estimaciones del robalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 5.1.2.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer robalo (*Centropomus undecimalis*)

Como un aporte al análisis de la dinámica poblacional se utilizó este modelo que capturo los supuestos de la estructura de la población frente a los cambios ambientales, para ello se construyó una evaluación de población virtual con 7 escenarios de la naturaleza para establecer es tipo de variaciones; como resultado se obtuvo que si las condiciones naturales son estables el RMS estimado fue de 84.3 toneladas, si las condiciones ambientales son favorables el RMS subió a 98 toneladas, pero si este aspecto es negativo el estimativo de RMS fue de 68.8 toneladas (Figura 5-23).

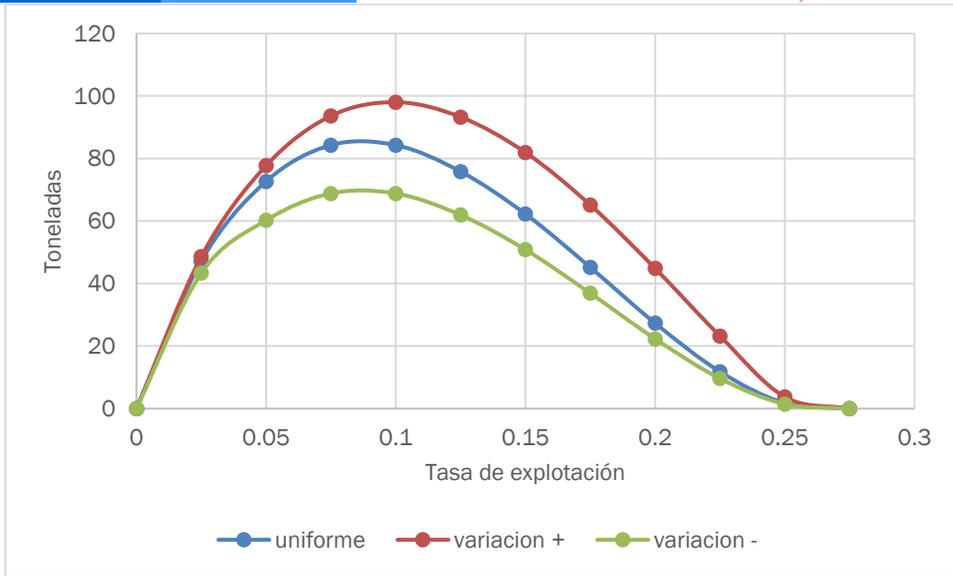


Figura 5-23. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del robalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

Tabla 5-16. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,102	0,0544	0,19	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0,102</b>
Fmsy	0,102	0,0544	0,19	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	99,2	63	156	
Bmsy	976	577	1650	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	1190	732	1640	
B/Bmsy en el último año	1,22	0,75	1,68	



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Mortalidad por pesca en el último año =	0,15	0,109	0,244	
Explotación F/Fmsy =	1,49	0,722	3,42	

#### 5.1.2.8 Conclusiones de las pesquerías del robalo (*Centropomus undecimalis*)

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.885, y un porcentaje de madurez sexual de 74 %, longitud óptima  $L_{op}$  la biomasa relativa de 49 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de 0.282 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.264 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 55.9 ± (36.7 – 85.2) toneladas.

Como la biomasa relativa estimada por CMSY y por BMS nos permite catalogar el sistema poblacional como un agotamiento medio de acuerdo con los establecido en las recomendaciones teóricas (Tabla 5-14, Tabla 5-15). (Froese R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

De la misma manera la tasa intrínseca de crecimiento  $r$  estimada por CMSY y BMS catalogan a la especie como una resiliencia de tipo baja, de acuerdo con los estándares teóricos (Tabla 5-14, Tabla 5-15) (Froese R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

A pesar de que la tasa de aprovechamiento es un valor ligeramente por encima de 1 ( $F/F[r/2]$ ), los valores estimados por CMSY y BMS, se puede colegir que el recurso puede ser fácilmente recuperado si se establecen reglas de aprovechamiento del recurso. Por lo anterior lo catalogamos como un recurso plenamente explotado con indicios de recuperación.

#### 5.1.3 Pesquerías de la sierra [*Scomberomorus cavalla*, Cubier, 1829]



Foto: J. Soward © (STRI)

Nombre en inglés: King mackerel

##### 5.1.3.1 Antecedentes del recurso sierra (*Scomberomorus cavalla*)

La sierra forma parte de la cotidianidad de casi todos los colombianos, es un recurso altamente apetecido tanto en la costa como en el interior del país. Se captura en aguas marinas, especialmente asociado con arrecifes coralinos, pero en esencia es pelágico distribuyéndose

desde el Atlántico oeste hasta Brasil; así como en como el este del Atlántico central. Tiene un rango de distribución de profundidad desde los 5 a los 140 m, se reporta una talla de madurez sexual a los 63.3bcm de Lt., con una longitud máxima de captura reportada en 184 cm de Lt. (Fishbase, 2020).

En 2009 se estudió la edad y crecimiento de las especies utilizando estructuras duras como los otolitos y se logró estimar parámetros de crecimiento divididos en machos  $L_{\infty} = 116.8$  cm de Lh., con una tasa metabólica de crecimiento de  $K = 0.19$  y un  $t_0 = 0.377$  y para las hembras de  $L_{\infty} = 132.7$  cm de Lh., con un  $K = 0.159$  y un  $t_0 = 0.387$ . (Nobrega & Lessa, 2009).

Debido a la amplia distribución se establecen varios grupos o stocks pesqueros, es así como por lo menos se han detectados dos stocks diferentes uno del Golfo de México y otro del Atlántico oriental. (Gold, Pak, & DeVries, 2002).

Barreto y Borda (2008) y Escobar et al (2014) establecieron parámetros de la biología pesquera para la especie en el Caribe colombiano. Entre ellos TMC de 47.5 y 46.6 cm LT, respectivamente; TMM de 53.2 y 49.6, respectivamente, entre otros.

### 5.1.3.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus cavalla*)

Los estudios más recientes sobre la dinámica poblacional de esta especie están relacionados con la estimación de los parámetros, en especial los relacionados con las frecuencias de tallas que fueron la base estructural de estos resultados. (Barreto & Borda, 2008) (Gutierrez Bonilla & Barreto, 2019). (Tabla 5-17)

Tabla 5-17. Relación de los parámetros estimados para la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano.

<i>a</i>	<i>B</i>	$r^2$	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	$L_{\infty}$ [cm]	<i>k</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
0.0088	2.8771	0.8765	48.9	55.2	115.9	0.32	1.85	0.48	1.37	0.740541

La evaluación permitió determinar que el tipo de crecimiento de las especies es alométrico negativo [ $b \neq 3$ ,  $P > 0.05$ ]. Otros estudios relacionan este índice desde 2.7 hasta 3.2, en este rango está incluido en valor mencionado. De otra parte, la longitud asintótica [ $L_{\infty}$ ] y la tasa metabólica de crecimiento [ $k$ ] obtenida [Tabla 5-17] está dentro de los valores estimados en otros estudios que van, para  $L_{\infty}$  desde 90.3 hasta 160 de Lh., y los valores de  $k$  desde 0.087 hasta 0.35. (Fishbase, 2020).

De otra parte, de manera preliminar la tasa de aprovechamiento es elevada por lo que se puede colegir que el recurso está sometido a presión de pesca, igualmente los resultados tanto de la tasa de mortalidad instantánea [ $Z$ ] como de la mortalidad por pesca [ $F$ ] son igualmente altos; estos hechos se ven ratificados cuando se analicen los resultados de los modelos desarrollados más adelante (Tabla 5-17).

### 5.1.3.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sierra (*Scomberomorus cavalla*)

Aunque los estudios realizados sobre la dinámica no advierten sobre una sobredimensión de las pesquerías ya que la relación con la biomasa B/K no muestra niveles preocupantes, la tasa de talas medias de captura frente a la talla de madurez si es una primera advertencia del problema que esto puede ocasionar. (Tabla 5-18)

Tabla 5-18. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Sierra Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano.

RMS [ton.]	PRO [\$]	B/K	Q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
128	1.104.000	0.99	0.00017	0.88586957	Gutiérrez & Barreto 2019; Barreto et al cuotas 2019.	Bayesiano, producción excedente por remuestreo.	Está sobre el nivel de máximo aprovechamiento, aunque las biomásas están en buen nivel.

Durante el 2020 el SEPEC logró medir 1,581 individuos, reportados por el ejercicio de 7 artes de pesca, con base en esta información se calculó la talla media de captura en 42.8 cm de Lt.  $\pm$  0.48, el arte de pesca más sobresaliente por un registro en número de individuos capturados y una amplitud de tallas fue la red de enmalle fija marina (Tabla 5-19, Figura 5-24).

Tabla 5-19. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el robalo *Scomberomorus cavalla*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Chinchorro de jala playa	47.0	35.83	5.99	1.89	10
Línea de mano	61.9	1390.43	37.29	2.34	255
Línea de mano correteo curricán o trolling	46.4	51.32	7.16	1.02	49
Red de enmalle de deriva marina	53.9	47.86	6.92	1.51	21
Red de enmalle de encierro marina	44.6	100.18	10.01	2.43	17
Red de enmalle fija marina	38.4	75.90	8.71	0.25	1216
Red de enmalle fija marina campaña	52.5	43.75	6.61	2.20	9

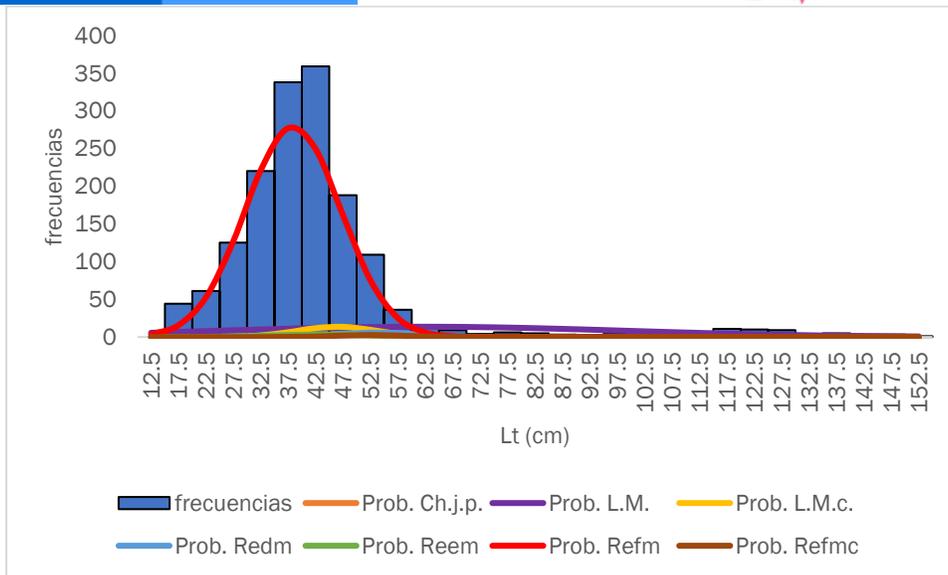


Figura 5-24. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de robalo *Scomberomorus cavalla* en el año 2020. Ch.j.p. = chinchorro de jala marino; L.M. = líneas de mano; L.M.c. = línea de mano Correteo o currican; Redm. = red de enmalle deriva mariona; Reem. = red de enmalle de encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina; Refmc. = red de enmalle fija marina campaña.

#### 5.1.3.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la sierra (*Scomberomorus cavalla*)

Revisado el comportamiento de los datos de frecuencias de tallas desde 2006 hasta el 2021, se encontró que todos cumplen con el supuesto esperado de selectividad de acuerdo con lo propuesto teóricamente. (Frose R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

El resultado de los análisis planteados mostró que esencialmente la pesca ha tenido una interesante variación entre el primero y el último año, pues las diferencias en las estimaciones Z/K están por el orden del 73 %, por lo que para el 2021 la presión de pesca fue menor con respecto a la registrada para el año anterior; sin embargo, la talla media de madurez mantuvo un indicador negativo ya que se estima que está por debajo del 50% de aprovechamiento (Figura 5-25, Tabla 5-20,

Tabla 5-21, Tabla 5-22). Lo destacable es que durante los años muestreados se tuvieron valores de presión de pesca muy altos como en el 2010 y 2018; mientras que 2010, 2014, 2019 y 2021, fueron los años más favorables (Figura 5-25), que no muestran una relación con los fenómenos ambientales notables como «El Niño».

Tabla 5-20. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus cavalla* se muestra el visón prior de estos cálculos.

Parámetro	valor	S.D. (cm)
Loo	152	1,52
Z/K	7,55	15,7



Parámetro	valor	S.D. (cm)
F/K	6,05	
Lc prior	33,7	3,37
$\alpha$ prior	44,1	4,41

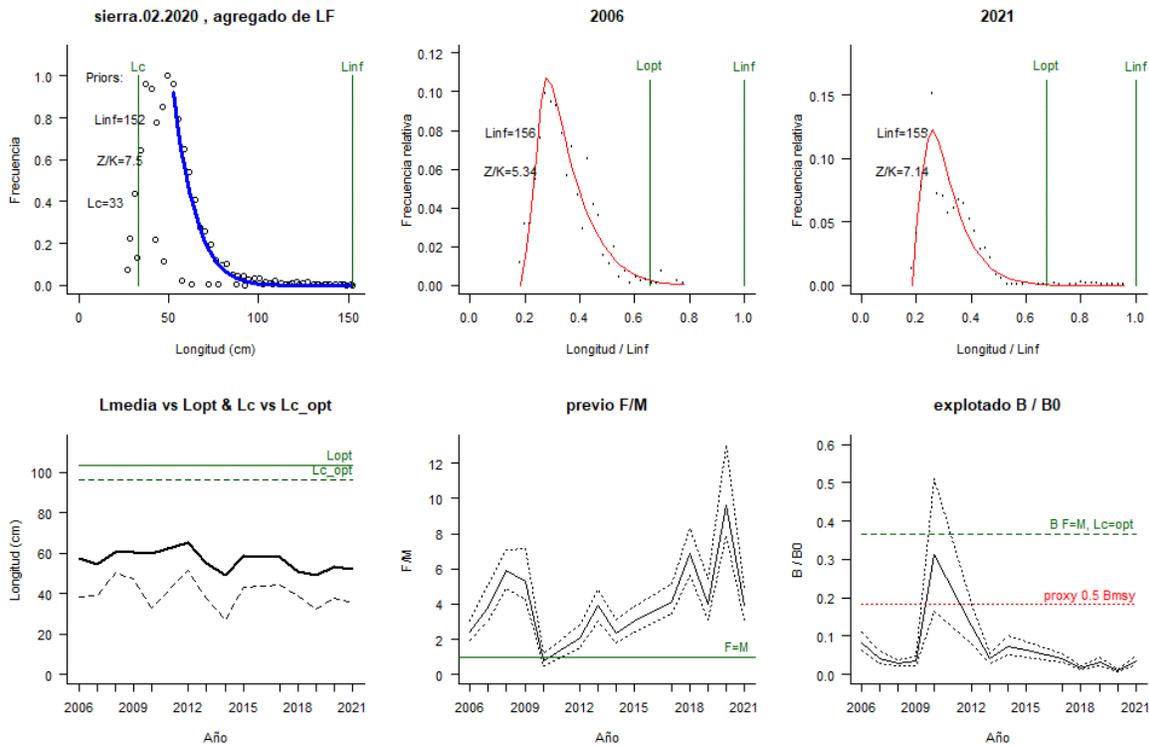


Figura 5-25. Comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se calculan y se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. el panel medio inferior muestra la presión de pesca relativo F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con indicación de un proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Tabla 5-21. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento de *Scomberomorus cavalla* obtenidos de las pesquerías del Caribe colombiano.

Loo	156	Rango	153	159
L opt	103	L opt/Loo	0,66	
Lc_opt	96	Lc_opt/Loo	0,62	
M/K	1,51	Rango	1,22	1,79



Loo	156	Rango	153	159
F/K	5,8	Rango	5,39	6,34
Z/K	7,35	Rango	6,97	7,74
F/M	3,9	Rango	3,04	4,97
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0,366			
B/Bo	0,041	Rango	0,0296	0,0536
Y/R <sup>ˆ</sup> F=M Lc=Lc_opt	0,0451			
Y/R <sup>ˆ</sup>	0,0039	Rango	0,00286	0,00533

Tabla 5-22. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus cavalla* obtenidos de las pesquerías del Caribe colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	35,4	35	35,7
Lc/Loo	0,23	0,226	0,23
$\alpha$	46,3	44,5	48,5
Lmedio/Lopt	0,5		
L 95 %	148		
L 95 %/Loo	0,96		
Lm 50%	53,2	Madurez	34%
F/K	5,7	5,25	5,95
F/M	3,9	3,02	4,81
Z/K	7,1	6,8	7,4
Y/R <sup>ˆ</sup>	0,0033	0,00232	0,00432
B/Bo	0,037	0,0258	0,048
B/Bmsy	0,1	0,0706	0,0131

Finalmente, lo más significativo es la relación entre las tasas de abundancia en biomasa B/BO a través del tiempo que se mostró considerablemente bajas. La anterior nos permite determinar que el recurso está totalmente sobreexplotado y requiere de medidas más extremas de administración ambiental y pesquero. Aunque hacia los años 2019 y 2021 se nota una ligera mejoría, pero estos cambios pudieron deberse a las normales oscilaciones que este recurso mostró durante el periodo de muestreo. Entre otras razones y, revisando su comportamiento con otros países como Venezuela y Brasil, se estableció que sus stocks también sufren los cambios de reclutamiento y esfuerzo. Por lo tanto y como estos recursos son compartidos mostraron que las marcadas variaciones de las tasas de abundancia de biomasa están afectado su reclutamiento (Sparre & Vennema, 1997). (Tabla 5-22, Tabla 5-22).

### 5.1.3.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para la sierra (*Scomberomorus cavalla*)

Mostar los resultados de los ajustes de los datos, se considera importante, pues dan una mejor idea de la certeza que se tiene sobre la efectividad de los análisis. En primer lugar, los datos de captura observados se ajustaron al modelo de predicción, mientras que los datos de CPUE no se ajustaron en el 30%. Por lo que la evaluación de los residuos tuvo un ajuste aceptable (cuadro rosado en la Figura 5-26).

La relación entre las densidades prior y posterior en cuanto a los cálculos realizados para el algoritmo BMS, arroja para el primero ajuste muy parejo, aunque se destaca el MSY como el mejor. Ya para el segundo algoritmo de CMSY, mostro que el sigue siendo el mejor ajuste los realizados con el MSY (Figura 5-27).

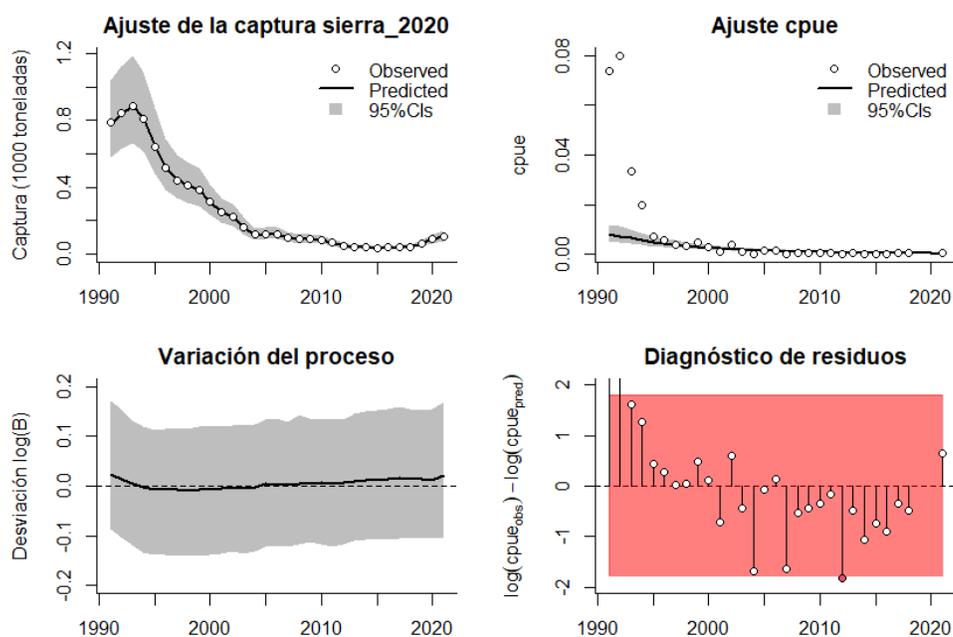


Figura 5-26. Modelación de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado al 95 %. En el superior derecho, el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]. En el panel inferior izquierdo, el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%. El panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

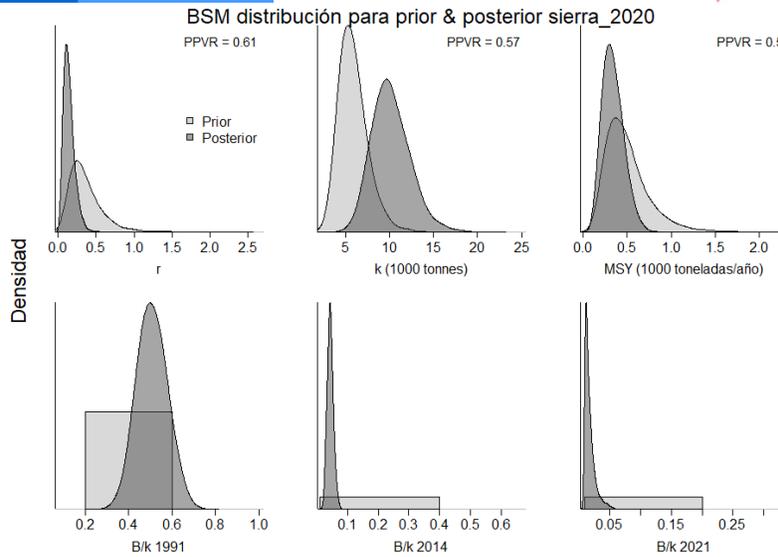


Figura 5-27. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus cavalla*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el inferior se muestran los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

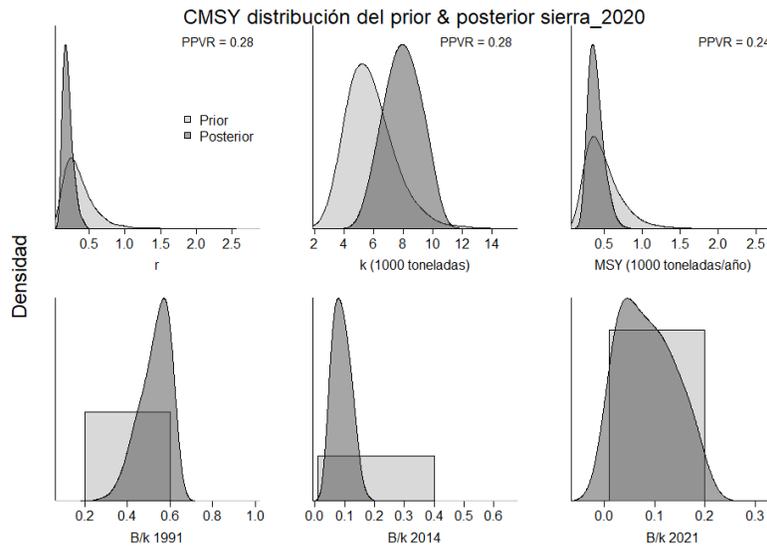


Figura 5-28. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus cavalla*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes de la tasa intrínseca de crecimiento [ $r$ ], la capacidad de carga del ecosistema [ $K$ ], y del rendimiento máximo sostenible [ $MSY$ ]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

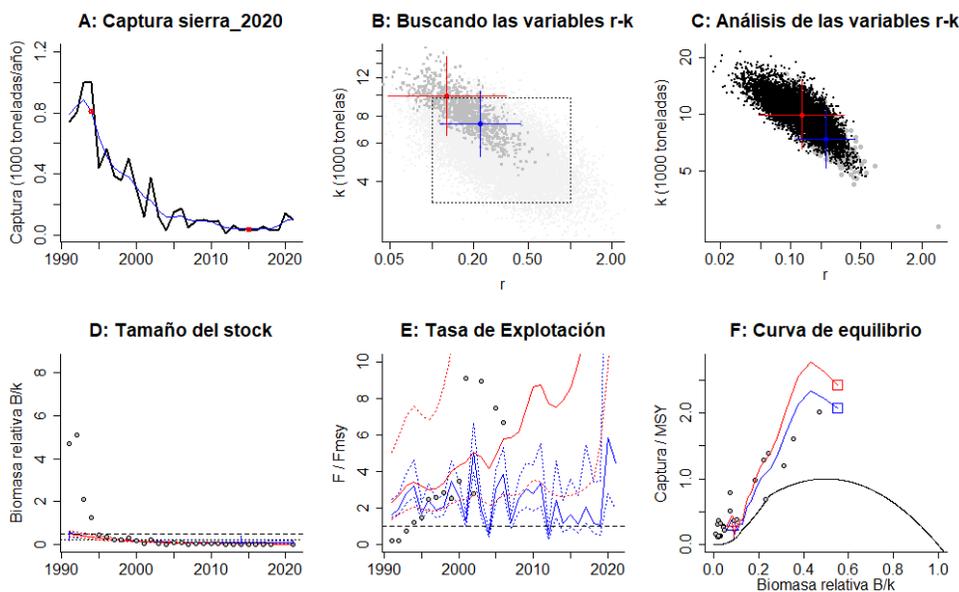


Figura 5-29. Resultados del Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r$  2 de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Es importante comentar que las evaluaciones realizadas sobre el impacto de las tasa relativas de biomasa son mucho más críticas para los años de referencia de estudio priori, estos es que tanto para el 2014 como el 2021 éstos mostraron claramente que los niveles de aprovechamiento pueden llevar a colapsar las pesquerías (Figura 5-27, Figura 5-28, Tabla 5-23, Tabla 5-24).

Cuando se comparó lo que pasó con las **capturas** frente al rendimiento máximo sostenible [MSY] encontramos que los niveles de redimieron han caído está en un 96 % que es de por si una situación verdaderamente alarmante, se pude decir que las biomasa están severamente colapsadas (Figura 5-30).

De acuerdo con la revisión histórica de la producción las pesquerías de este recurso siempre han ido en decaimiento, aunque esta situación no continuó en su decaimiento ya que a partir de 2010 hasta el 2020, las pesquerías se han estabilizado, pero para efectos de la vigencia 2021 se registró un incremento de las capturas [panel A de Figura 5-29].

Tabla 5-23. Resultados del CMSY para las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0,224	0,115	0,437
MSY	381	260	618
K	7360	5200	10400
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0811 de K	0,0121	0,186
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4,47	1,95	30

En el desarrollo de los cálculos se observa que el **tamaño del stock** ha disminuido de forma sustancial el análisis prior de las tasas relativas de las biomazas mostraron un valor de 0.2 a 0.6 para el primer punto de referencia [año 1991], luego este rango bajo a 0.0 - 0.4 para el siguiente año de referencia [2014]. Posteriormente se obtuvo un valor entre 0.01 y 0.1, siendo éste el más bajo de todos los resultados [Panel D en la Figura 5-29].

Pero lo más preocupante que encontramos fue los valores de la **tasa de explotación** o aprovechamiento, en todos los años este índice muestra niveles muy altos, inclusive la corrección efectuada utilizando los datos de CPUE fue realmente enormes (panel E de la Figura 5-29). Pero el dibujo más contundente de este ejercicio se puede ver en la **curva de equilibrio** ya que la mayoría de los puntos se encuentran por rendimiento máximo sostenible (Panel F en la Figura 5-29).

La evaluación de las tasas relativas de biomasa ( $B/B_{msy}$ ) en el **tamaño del stock**, no son alentadoras ya que han llegado bajar hasta en un 20% de su valor inicial, esto se refuerza con los resultados obtenidos para la tasas de presión de pesca o aprovechamiento [ $F/F_{msy}$ ] que creció más de tres veces respecto a los primero años, esto es que se ha disparado vertiginosamente en los último cinco años aunque el esfuerzo de pesca es el mismo o ligeramente superior, pero lo más preocupante es que la biomasa disponible disminuye secuencialmente (Figura 5-30).

De acuerdo con los resultados de la mortalidad por pesca calculada sobre el rendimiento máximo sostenible es de 0,0645 lo que implica que comparada con la tasa de aprovechamiento para el 2021 ( $F/F_{msy}$ ) es de 170  $\text{ano}^{-1}$  que implica una valor de mortalidad por pesca de  $F=0.00396$  debe cambiar a 0.01 para que la tasa llegue a 1, y se pueda administrar las pesquería con un valor del rendimiento máximo sostenible de 319 toneladas (Tabla 5-25).

Pero la visión más precisa que se puede dar en el presente análisis es la realizada mediante el gráfico de fases de Kobe, allí se observa que las pesquerías en los años de evaluación empezaron en la fase de plena explotación con tendencia al sobre aprovechamiento,

manteniéndose en sobre aprovechamiento hasta la fecha (Tabla 5-23, Tabla 5-24 y Figura 5-32).

Tabla 5-24. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0,00158	0,00102	0,00244
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,129	0,0483	0,344
k	9910	6560	15000
MSY	319	158	647
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0153 de K	0,0109	0,0434
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	170	16,4	588
r -k log correlación =	-0,783		

Tabla 5-25. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,0645	0,0242	0,172	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,00396</b>
Fmsy	0,00396	0,00148	0,647	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	319	158	647		
Bmsy	4950	3280	7490		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	152	108	430		
B/Bmsy en el último año	0,0307	0,0218	0,0869		



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Mortalidad por pesca en el último año =	0,692	0,244	0,974	
Explotación F/Fmsy =	170	16,4	588	

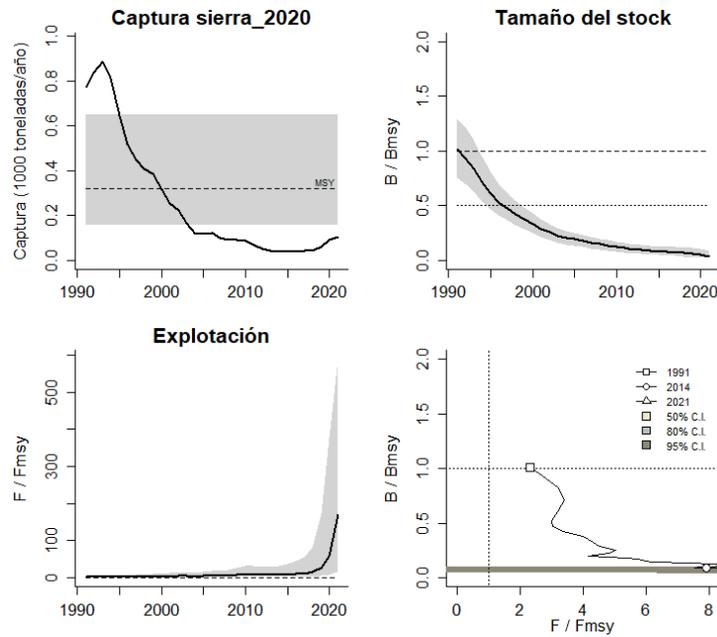


Figura 5-30. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

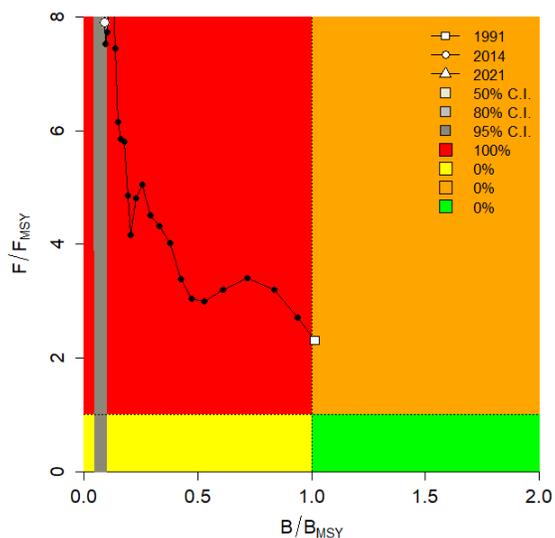


Figura 5-31. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* el Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

### 5.1.3.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la sierra (*Scomberomorus cavalla*).

Con la información recopilada del SEPEC sobre las tallas y los precios de primera venta, y teniendo en cuenta que este modelo bioeconómico permite hacer un ejercicio que compatibiliza los dos horizontes que mueven la pesca, se determinó para este recurso que el RMS estimado fue de 10.915 toneladas y el RME fue de 143 mil millones de pesos; pero lo más destacado de estos resultados es que la fotografía de lo que pasó en el 2021 pronosticaron que la situación es de sobrepesca (Tabla 5-32).

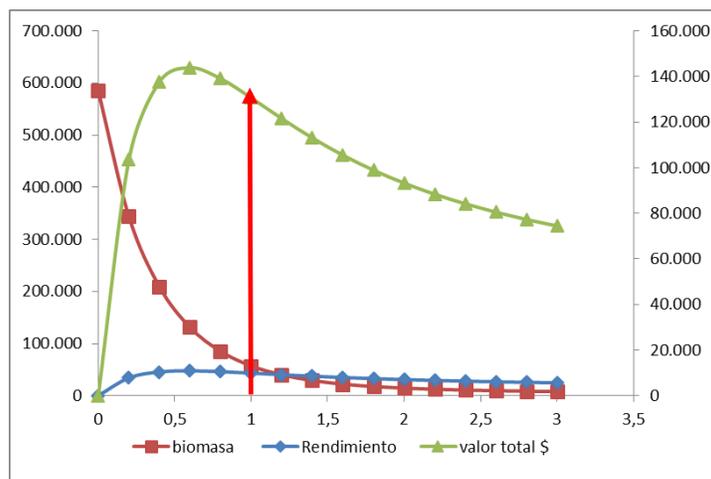


Figura 5-33. Resultados de las estimaciones de la sierra en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

5.1.3.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la sierra *Scomberomorus cavalla*.

Con estas propuestas se pretende evaluar cuál puede ser la situación de las poblaciones de estos peces frente a los cambios en las condiciones ambientales, de esta manera se utilizó el montaje de 7 escenarios diferentes de la naturaleza; el resultado destacado es que si estas condiciones permanecen constantes el RMS fue de 330.1 toneladas, si las condiciones favorecen el desarrollo del recurso fue de 384.1 toneladas y, si las condiciones no favorecen al desarrollo de la dinámica poblacional el cálculo de RMS fue de 269.6 toneladas (Figura 5-32).

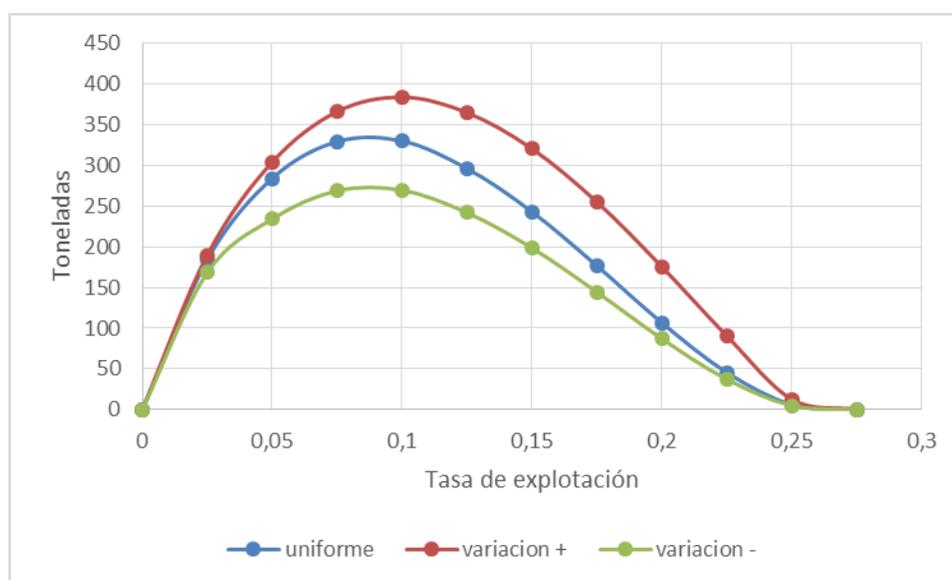


Figura 5-32. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

5.1.3.8 Conclusiones de la pesquería de la sierra (*Scomberomorus cavalla*)

Hasta el presente y, con los modelos utilizados, la situación de recurso está a punto de colapsar, ya que tanto los modelos de tallas como el modelo de producción, coinciden en establecer parámetros muy graves, es por ello, por lo que, si se quiere que se muestren algunos signos de recuperación se debe prestar atención a la administración de la pesca.

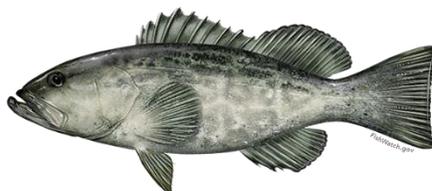
De los antecedentes sobre el uso de modelos antes de este estudio mostraron un recurso en sobre explotación condiciones aceptables con una tasa de explotación, aunque alta, pero con posibilidades de recuperación; sin embargo, con estos nuevos modelos, la situación es crítica con un alto contenido de afectación al equilibrio ecológico. Comparando los modelos de capturarabilidad de las artes de pesca evaluados con anterioridad (0.0005276) frente a los

calculados ahora [0.00178], se nota que las artes de pesca están aumentando su eficiencia con efectos directos en la estabilidad del recurso.

Lo anterior se ve corroborando con las estimaciones de las tasas relativas de biomasa estimadas tanto por LBB como por CMSY ambas tuvieron niveles inferiores a un decimal que indica que existe menos de 1% de renovación de las biomasa de los grupos poblacionales. Pero es indudable que estos aspectos deben ser equilibrados con las pesquerías que se ejercen en los países vecinos, ya que existe cierta certeza de que no estamos trabajando con el stock entero, lo que hace pensar que los resultados aun no disponen de una certeza absoluta.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 170, biomasa relativa de 0,0307, la mortalidad por pesca actual de  $0,692 \text{ año}^{-1}$ , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible  $0,00396 \text{ año}^{-1}$ , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie en un rango de 158 a 647 toneladas, con énfasis en el límite inferior.

#### 5.1.4 Pesquerías de la cherna (*Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860))



Dibujo: Fishwatch - NOAA (<https://www.fishwatch.gov/profiles/black-grouper>)

Nombre en inglés: Black grouper

##### 5.1.4.1 Antecedentes del recurso cherna del Caribe (*Mycteroperca bonaci*)

Recurso demersal marino asociado a sistemas arrecifales, se encuentra hasta los 200 m de profundidad, se distribuye desde Bermudas y Massachusetts, USA hasta el sur de Brasil, incluido el sureste del Golfo en México, y el Caribe, se reporta una longitud máxima de 150 cm de Lt., con una longitud asintótica de 131 cm de Lt., con una tasa metabólica de crecimiento de 0.17 cm/año, una mortalidad natural de  $0.29 \text{ año}^{-1}$ , con una talla de madurez de 66.6 cm de Lt., una tasa instantánea de mortalidad total de  $0.59 \text{ año}^{-1}$ , mortalidad por pesca de  $0.3 \text{ año}^{-1}$ , y una tasa de aprovechamiento de 0.51 que es el límite de nivel máximo.

La cherna es capturada por los pescadores artesanales con líneas de anzuelo o con compresores de buceo, los estudios de madurez sexual indican que la especie es protoginia hermafrodita por lo que el paso de hembra a macho ocurre por continuas absorciones del tejido ovárico y la proliferación de tejido testicular en los ovarios, la cherna es un desovador múltiple desovando ente abril a septiembre (Ferreira, Padovani, & Pereira, 2004).

#### 5.1.4.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones cherna (*Mycteroperca bonaci*)

En la primera fase de análisis sobre el comportamiento de las pesquerías y contando con la información que se pudo recopilar de CPUE, se diagnosticó la situación del recurso que dio como resultado que las biomazas relativas estaba en un nivel óptimo de aprovechamiento que permitió realizar una estimación de rendimientos máximos sostenible.

Tabla 5-26. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
48	D.N.D.	0.960	0.00009	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones optimas

#### 5.1.4.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cherna (*Mycteroperca bonaci*)

El realizar análisis de consistencia con los datos de las series de tiempo, se encontró que los datos de captura se comportaron de acuerdo con el modelo predictivo, pero los correspondientes al CPUE no funcionaron, por lo anterior solamente se utilizaron las respuestas correspondientes al algoritmo CMSY. (Figura 5-33).

La evaluación de las densidades probabilísticas de los puntos de referencia fue evaluados con el índice PPVR y mostro que el mejor ajuste fue para el MSY; de otra parte, los rangos de biomazas relativas con análisis prior fueron para 1991 un rango de 0.4 a 0.8, para el año de quiebre de 2010 este estuvo en 0.0 a 0.4, finalmente para el 2021 fue de 0.01 a 0.3. (Figura 5-34)

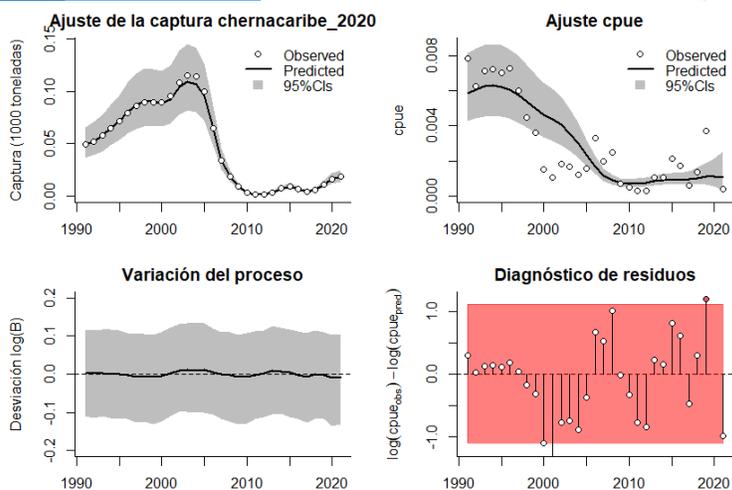
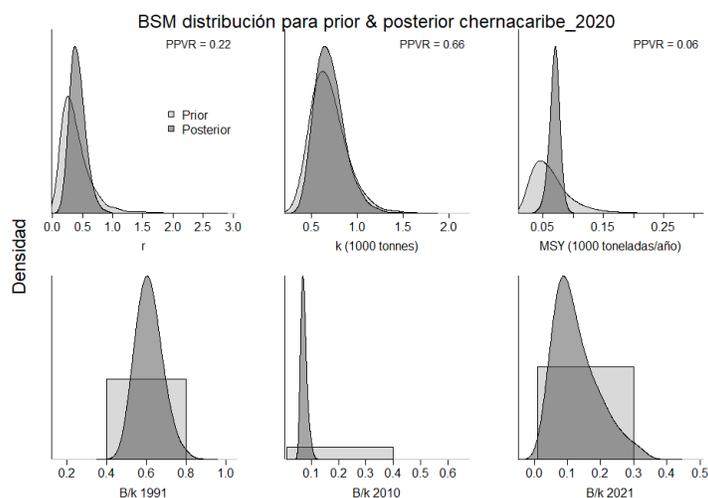


Figura 5-33. Modelación de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en rojo muestra que hay algunas diferencias de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.



Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la corvina *Cynoscion jamaicensis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

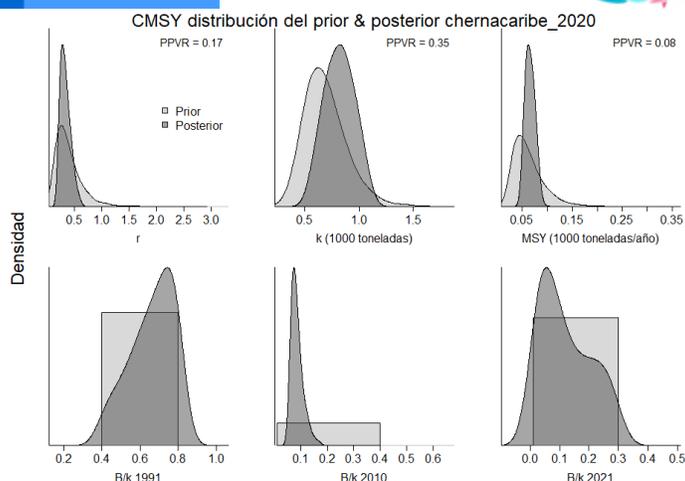


Figura 5-34. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de *Mycteroperca bonaci*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

De manera puntual, se analizaron las respuestas de los algoritmos CMSY y BMS, los segundo se revisaron con detenimiento ya que no se pudo realizar un ajuste eficiente del CPUE, por lo tanto, las diferencias entre el coeficiente r y el MSY se pueden atribuir a los desajustes iniciales, igualmente se considera que las diferencias entre las tasa de explotación se puede decir que el efecto más lógico es el señalado como  $F/(r/2)$  de 4.15 que es un valor alto. (Tabla 5-27, Tabla 5-28)

Tabla 5-27. Resultados del CMSY para las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	C.I. al 95%	
R	0.377	0.225	0.629
MSY	67.2	51.4	87.8
K	732	506	1,060
		2.2 th perc.	97.5th perc.
Biomasa relativa en el último año	0.0935 k	0.0128	0.284
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.15	1.37	30.4

Tabla 5-28. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.016	0.00996	0.0255
95 % CI			
r	0.503	0.291	0.583
k	583	390	870
MSY	73.3	59.4	90.6
		2.5th perc.	97.5th perc.
Biomasa relativa para el último año	0.236 k	0.0916	0.353



Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.458	0.267	3.23
correlación $\log(r - K)$		-0.947	

Un componente general de los datos analizados se propone, como medida de ordenación, estabilizar la tasa de mortalidad por pesca en el MSY hacia el valor de  $0.252 \text{ año}^{-1}$ , que parece no afectar el reclutamiento que es capaz de sustentar el MSY puesto que la biomasa relativa ( $B/B_{msy}$ ) catalogan al recurso en un nivel de recuperación (Tabla 5-29)

Tabla 5-29. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.252	0.146	0.435	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.237</b>
Fmsy	0.237	0.137	0.41	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	73.3	59.4	90.6	
Bmsy	291	195	435	
		Percentil 2.25	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	137	53.4	205	
$B/B_{msy}$ en el último año	0.472	0.183	0.705	
Mortalidad por pesca en el último año	0.108	0.0722	0.278	
Explotación $F/F_{msy}$	0.458	0.267	3.23	

La revisión de las series de tiempo de las capturas de esta especie, presentaron dos fases claras una de ascenso hasta 2005, y luego un descenso abrupto dejando los niveles de producción bajos, ello se ve dibujado en el estudio del **tamaño del stock** donde tanto de capturas como de CPUE se mostraron igualmente en decaimiento (Figura 5-35, panel D), de la misma manera las evaluaciones de la **tasa de explotación** muestran un esfuerzo alto especialmente en la franja de 2000 a 2010, pero que se ha ido estabilizando en los últimos años (Figura 5-35, panel E), pero la fotografía más clara del estado de salud del recurso se puede ver en la **curva de equilibrio** en donde la trayectoria de las tasas comparativas de captura/MSY muestran que se ha pasado por valores críticos, aunque a nivel de punto está en un 30% por encima de los YMS. (Figura 5-35, panel F)

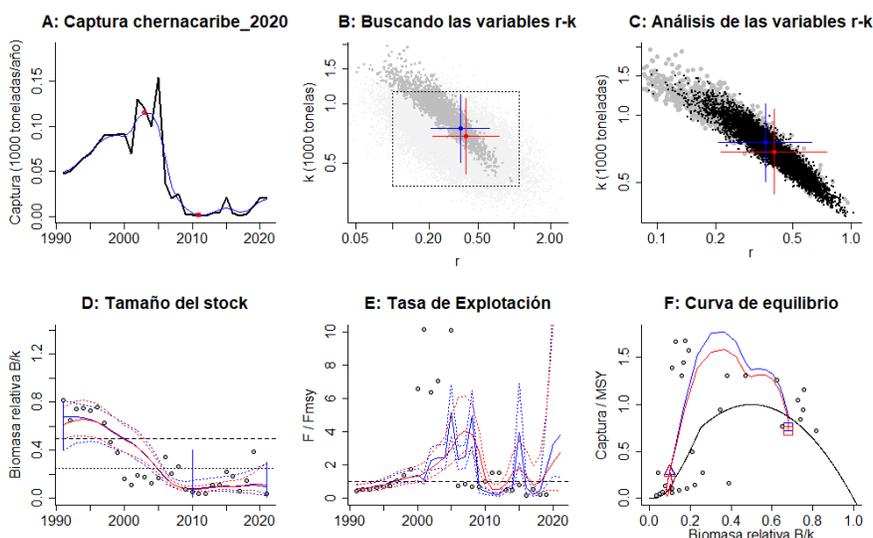


Figura 5-35. Resultados del Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Los resultados de estudio, también se evaluaron desde el punto de vista del comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY que mostro un periodo de pesca aceptable pero que después de 2015 el sistema se desmoronó y a partir de allí se mantuvo en niveles bajos pero estable. De igual manera, se comparó secuencialmente, la biomasa relativa como medición del **tamaño del stock** en el cual se tuvieron registros por debajo del límite de referencia de  $0.5B$ , que muestran una recuperación progresiva desde 2010, la tasa de explotación fue muy intensa que decayó en el 2010 y ha mostrado un nivel aceptable de recuperación en especial para 2021. (Figura 5-36)

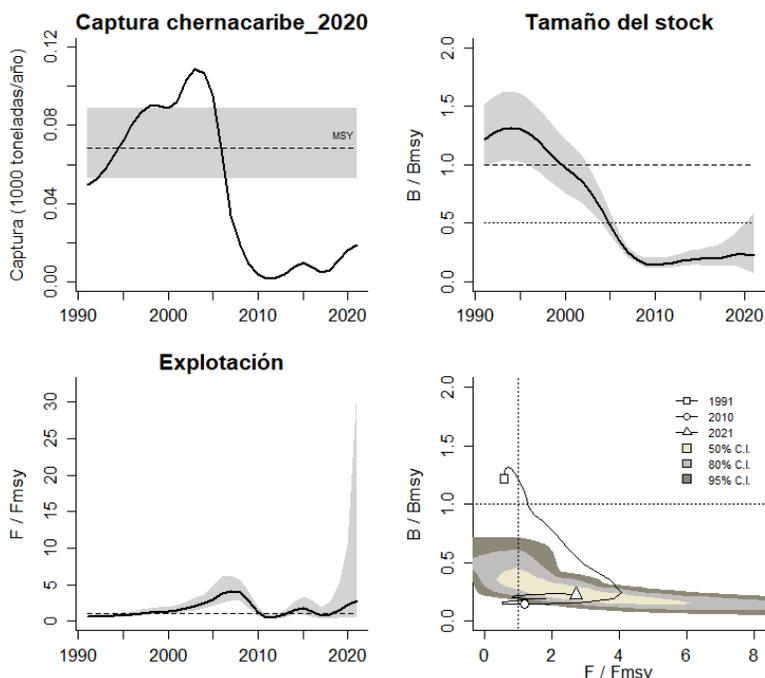


Figura 5-36. Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

El diagnóstico final, de las pesquerías de la cherna del caribe, se presentó con la utilización de la gráfica de fases de Kobe, el cual muestra el recorrido de todos los datos históricos de las capturas mostraron que esta pesquería inició en fase óptima y con el paso de los años se ubicó en sobre aprovechamiento, pasando a recuperación durante algunos años, pero retornando a un período crítico en la última vigencia con una leve probabilidad de recuperación de captura para finalmente una fase de recuperación que muestra alguna probabilidad de estado crítico del 19.5 %, pero que la probabilidad de estado crítico es del 80.5%. (Figura 5-37).

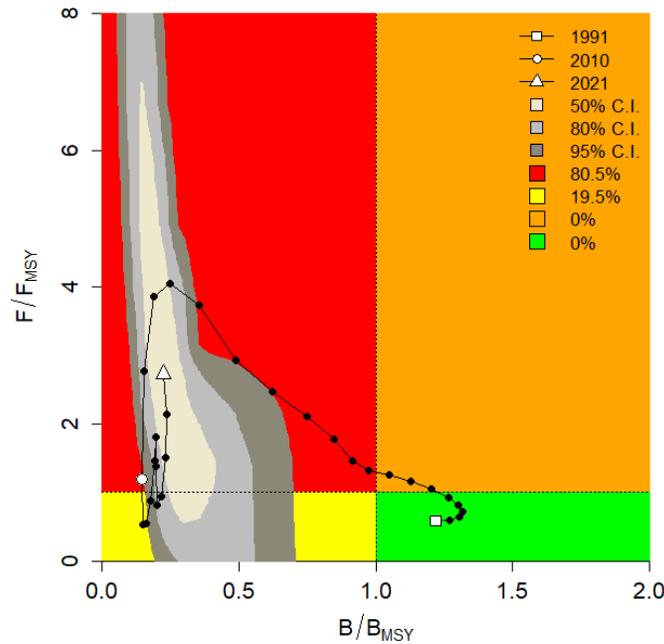


Figura 5-37. Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 5.1.4.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la cherna (*Mycteroperca bonaci*)

Este es uno de los recursos más sensibles en su estabilidad en el ecosistemas, por lo tanto también se consideró importante hacer el ejercicio probando la dinámica de las poblaciones frente a los posibles cambios ambientales, para ello se realizó un análisis virtual con 7 escenarios de cambios en los parámetros ambientales que dio como resultado que si las condiciones son estables el RMS calculado fue de 76.9 toneladas, de otro lado si las condiciones son cambiantes y en contra del desarrollo de la especie el RMS fue de 62.8 toneladas, pero si estos factores favorece el desarrollo de la especie su valor de RMS llegó hasta las 89.4 toneladas (Figura 5-38).

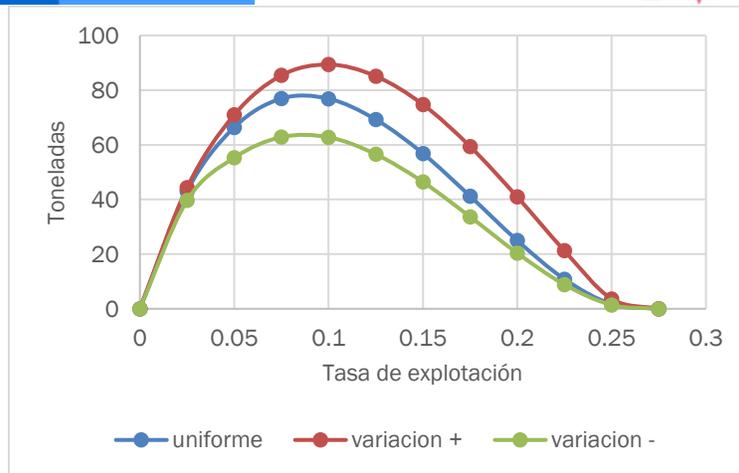


Figura 5-38. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la cherna *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

#### 5.1.4.5 Conclusiones de las pesquerías de la cherna (*Mycteroperca bonaci*)

De acuerdo con los análisis realizados este recurso presenta indicios de haber recaído en sobre aprovechamiento generando la necesidad de implementar acciones de manejo complementarias a las cuotas de pesca que promuevan la recuperación de este recurso.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.458, biomasa relativa de 0.237, la mortalidad por pesca actual de 0.108 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.237 año<sup>-1</sup>, se propone como una segunda alternativa visualizar que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de cuotas de 73.3 ± (59.4 – 90.6) toneladas.

Como estrategia de manejo basada en cuotas se propone continuar con las 48 toneladas estimadas en la primera fase de la modelación de las pesquerías, en especial teniendo en cuenta que es un serránido vulnerable a diferentes pesquerías por su historia de vida (crecimiento lento, reproducción tardía, entre otras).

#### 5.1.5 Pesquerías de la corvina (*Cynoscion jamaicensis* (Günther, 1864).



Foto: G. Allen © (STRI)

Nombre en inglés: Whitefin weakfish.

### 5.1.5.1 Antecedentes del recurso corvina (*Cynoscion jamaicensis*)

Recurso demersal, marino y de aguas salobres, se encuentra entre los 1 a los 70 m de profundidad, se distribuye entre Panamá las Antillas Mayores y Menores hasta Argentina, también reportado en Nicaragua; se reporta una talla máxima de 50 cm de Lt., con una longitud asintótica 39 cm de Lt., una tasa metabólica de crecimiento 0.4 cm/año, mortalidad natural 0.76 año<sup>-1</sup>, longitud de madurez 22.4 cm de Lt. (Fishbase, 2020).

### 5.1.5.2 Análisi de los datos de dinámica de poblaciones de la corvina (*Cynoscion jamaicensis*)

Dentro de la primera fase de esta evaluación y de acuerdo con información que la autoridad de pesca pudo reunir haciendo énfasis en la consecución de cpue se pudo realizar un análisis sobre el estado de salud de recurso en esa época, los resultados son alarmantes ya que el recurso se encontró con una tasa de biomazas relativas muy bajo. (Tabla 5-30)

Tabla 5-30. Estimación de los principales parámetros poblacionales de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Caribe colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
553	D.N.D.	0.001	0.0065	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones críticas

Durante el 2020 se midieron 708 especímenes de este recurso y se registraron dos artes de pesca que ejercieron su actividad sobre ellos, con este tipo de información se calculó una talla media de captura de 22.8 cm de Lt.  $\pm$  0.1 (Tabla 5-31, Figura 5-39).

Tabla 5-31. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para la corvina *Cynoscion jamaicensis*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

arte de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	n
Línea de mano	22.8	7.51	2.74	0.15	332
Red de enmalle fija marina	22.8	7.63	2.76	0.14	376

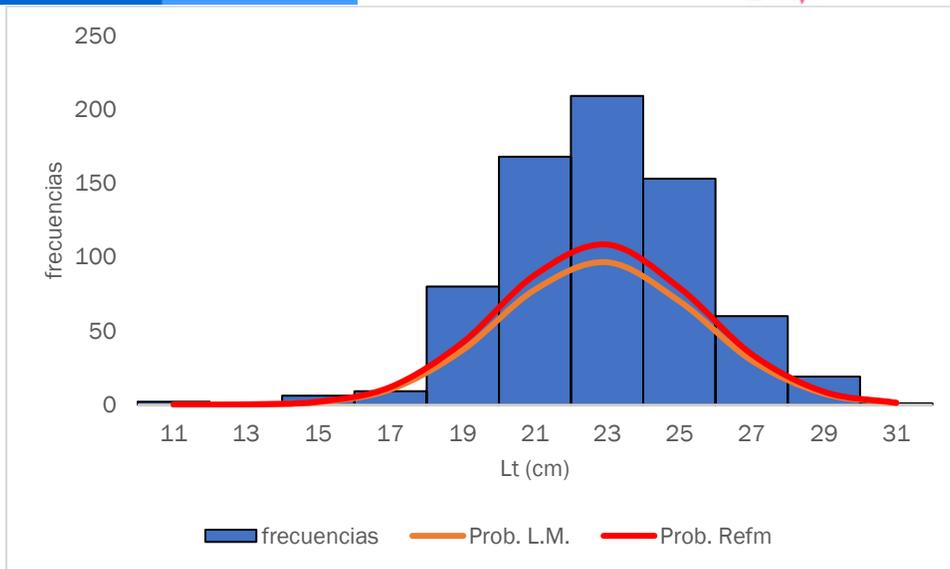


Figura 5-39. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; Refm. = red de enmalle fija marina.

### 5.1.5.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la corvina (*Cynoscion jamaicensis*)

El diagnóstico de las pesquería de la corvina consistió en analizar los datos de captura y CPUE frente a los modelos predictivos, las series históricas de las capturas estuvieron alineadas con el modelo logístico y se ajustaron con un probabilidad del 95%, aunque en los análisis de la **variación del proceso** se presentaron constantes cambios que mostraron una alta fluctuación de las biomاسas respecto a su equilibrio; de otra parte los CPUE frente al modelo predictivo y al análisis de los residuos no se ajustaron de acuerdo con lo esperado desde el punto de vista estadístico por lo que los análisis relacionados con el CPUE serán tomados con precaución. (Figura 5-40)

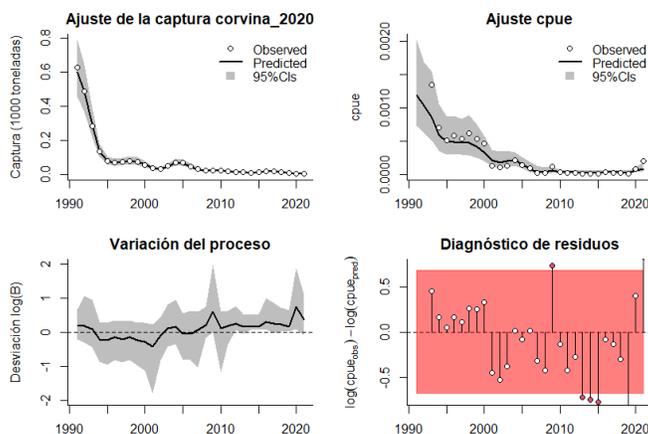


Figura 5-40. Modelación de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación de la CPUE, la zona en verde muestra que hay un nivel de significancia de los residuos de los datos del CPUE.

El siguiente proceso realizado fue el de evaluar las densidades probabilísticas de los puntos de referencia; el desarrollo de los dos algoritmos (CMSY y BSM) presentaron resultados similares, pero usando el indicativo del PPVR se encontró que para CMSY los mejores ajustes fueron para K, mientras que para BMS el coeficiente r fue el mejor ajustado; los análisis de las densidades de tipo prior, mostraron un rango que para el 1991 estuvo entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre 2013 presentaron un rango entre 0.0 a 0.4, y en el 2020 el mismo se relacionó con un rango de 0.01 a 0.1, así mismo las distribuciones prior fueron mucho más amplias mediante el CMSY que con el BSM que fueron muy estrechas. (Figura 5-41, Figura 5-42)

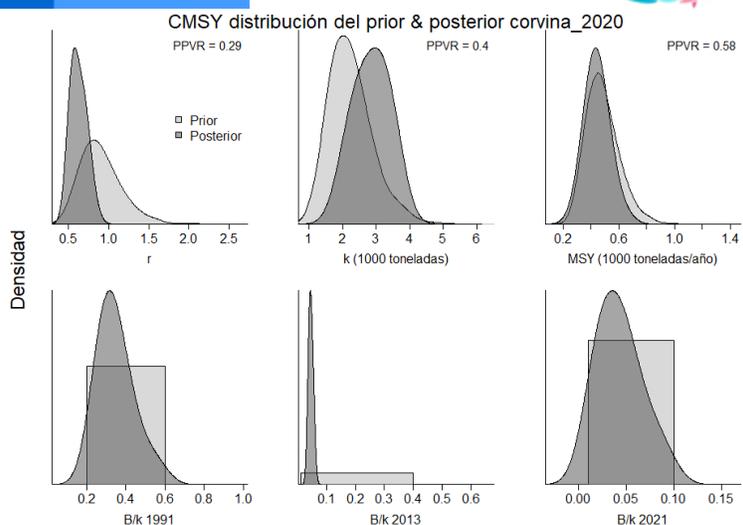


Figura 5-41. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la corvina *Cynoscion jamaicensis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

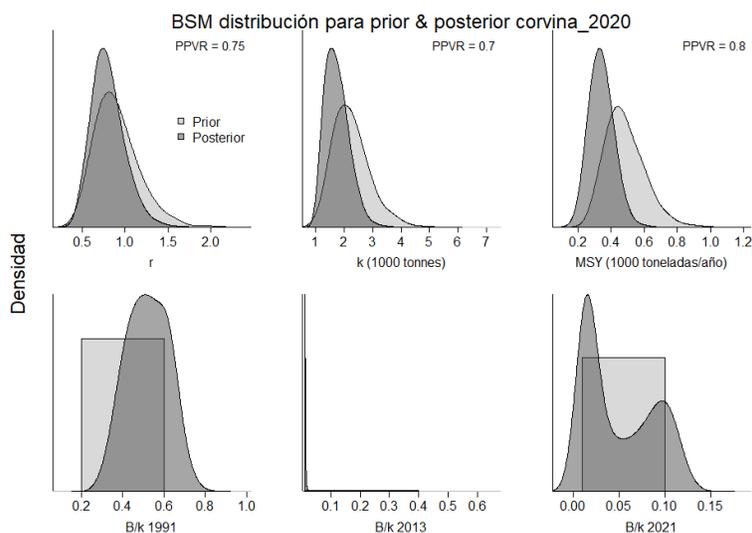


Figura 5-42. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la corvina *Cynoscion jamaicensis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Los resultados puntuales y cuantificables se obtuvieron con los algoritmos CMSY y BMS las variaciones entre los resultados del coeficiente r no fueron mayores mientras que en las estimaciones del MSY se cambiaron en un 18% entre ellas, lo que sí es coincidente es la estimación de las biomazas relativas que dan como resultado una recurso altamente capturado, que de acuerdo con las convenios lo sitúan como explotación muy fuerte, se dará prioridad a los

resultados CMSY ya que como se comentó los CPUE no mostraron una ajuste estadístico con los residuos. (Tabla 5-32, Tabla 5-33)

Tabla 5-32. Resultados del CMSY para las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
R	0,652	0,48	0,887
MSY	433	291	624
K	2640	1870	3730
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0402 de K	0,0122	0,0902
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0,46	0,205	1,52

Tabla 5-33. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0,00139	0,000867	0,00222
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,783	0,492	1,25
k	1700	1080	2690
MSY	333	214	540
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0.035 de K	0,0111	0,117
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,05	0,0926	11,3
r -k log correlación	-0,539		

Estos resultados permitieron hacer inferencias sobre el estado de salud del recurso respecto a su mortalidad por pesca en el MSY que marca, de manera general, que este está alterando la capacidad del reclutamiento para producir el MSY, aunque la mortalidad por pesca en el último año 2020, una interesante recuperación. (Tabla 5-34)

Con esta información se proyectó el seguimiento de las capturas en comparación con el MSY, lo cual permitió encontrar que las mismas declinaron vertiginosamente desde el inicio de la serie temporal, por lo tanto, el **tamaño del stock** presentó una rápida decadencia en sus biomazas

relativas ( $B/B_{msy}$ ) que solamente para el 2020 se presentó una ligera recuperación (Figura 5-43)

Tabla 5-34. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,392	0,246	0,623	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,0549</b>
Fmsy	0,0549	0,0345	0,0876	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	330	214	519		
Bmsy	851	538	1340		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	59,6	18,9	199		
B/Bmsy en el último año	0,0701	0,0222	0,234		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,059	0,0177	0,186		
Explotación $F/F_{msy} =$	1,05	0,0926	11,3		

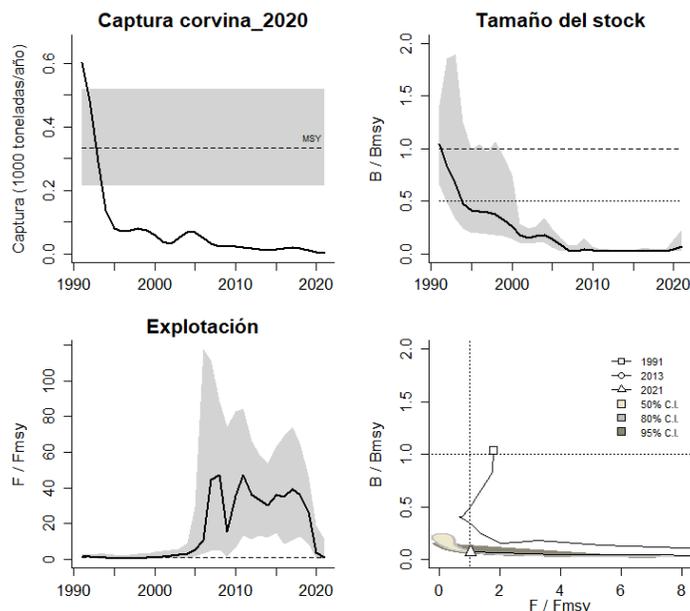


Figura 5-43. Análisis de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Como un resumen de la evaluación sobre el estado de salud de este recurso se utilizó la gráfica de fases de Kobe que mostro una pesquería al borde del colapso con gran parte de los últimos años en la fase crítica, en especial para 2021 el 50.4 % (ligeramente inferior al registrado para el año 2020), pero muestra un aspecto positivo en la probabilidad de estar recuperándose en 49.6%. (Figura 5-44)

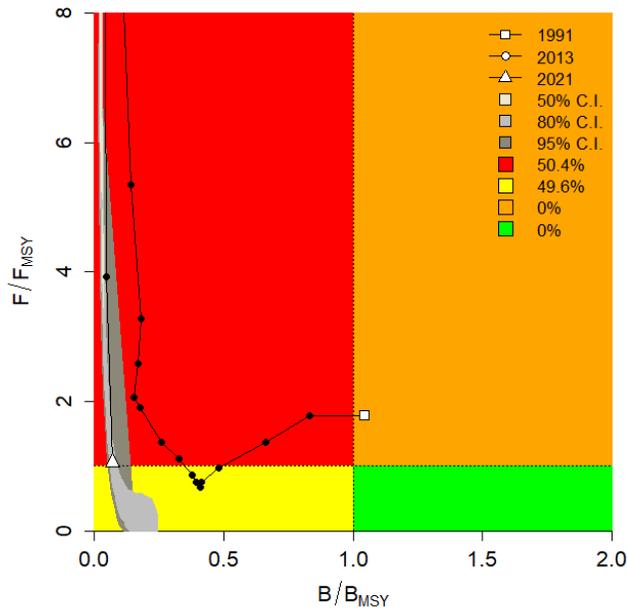


Figura 5-44. Análisis de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 5.1.5.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la corvina (*Cynoscion jamaicensis*).

Para el 2020 y contando con la información de tallas y precios de primera venta obtenidos por el SEPEC se desarrolló este modelo con los cual se pudo estimar un RMS de 351 toneladas como punto de referencia limite y un RME de \$ 2.1 mil millones de pesos (Figura 5-45.).

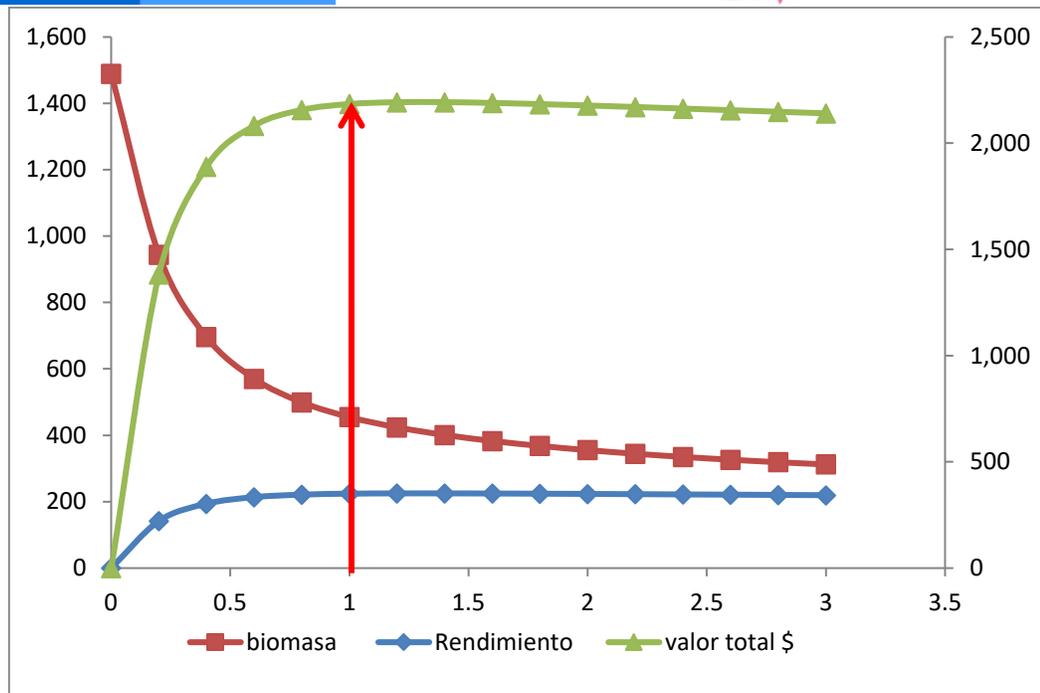


Figura 5-46. Resultados de las estimaciones de la corvina en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 5.1.5.5 Conclusiones de las pesquerías de corvina (*Cynoscion jamaicensis*).

De acuerdo con los análisis realizados este es un recurso que se encuentra en problemas de allí que la recomendación es dar una cuota de pesca que no sobrepase las 330 toneladas, igualmente de debe controlar la mortalidad por pesca para que supere los niveles de 0.5 año<sup>-1</sup>, con lo cual y en unos 4 años tener de nuevo las poblaciones saludables; mientras tanto se considera como un recurso sobreexplotado.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1,05, biomasa relativa de 0.0701, la mortalidad por pesca actual de 0,059 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0,0549 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 330 ± (214 - 519) toneladas.

### 5.1.6 Pesquerías pargo rojo (*Lutjanus purpureus* (Poey, 1866))



Foto de JAMARC (Fishbase, 2020).

Nombre en inglés: Southern red snapper

#### 5.1.6.1 Antecedentes del recurso del pargo rojo (*Lutjanus purpureus*)

Recurso marino demersal, se encuentra entre los 26 a los 340 m de profundidad, se distribuye entre el Mar Caribe desde Cuba hasta el Noreste de Brasil. Se reporta una talla máxima de 100 cm de Lt., con una talla de madurez de 43 cm de Lt., una edad máxima reportada de 18 años; con una longitud asintótica de 85.1 cm de Lt., una tasa metabólica de crecimiento de .13 cm/año, una mortalidad natural de 0.25 año<sup>-1</sup>, (Fishbase, 2020).

Para Brasil los parámetros de crecimiento fueron estimados como  $L_{\infty} = 115$  cm una tasa de crecimiento  $K = 0.091$  año<sup>-1</sup>, la mortalidad natural fue estimada entre 0.25 a 0.31 año<sup>-1</sup>, utilizando respectivamente las ecuaciones de Pualy y Rikhter & Efanov, se calculó la tasa instantánea de mortalidad total, utilizando la curva de captura linealizada en  $Z = 0.54$  año<sup>-1</sup>, y por Beverton & Holt  $Z = 0.66$ , la mortalidad por pesca  $F = 0.34$  año<sup>-1</sup>, y la tasa de aprovechamiento  $E = 0.57$ , con una longevidad máxima de 33 años. (Souza, 2002).

#### 5.1.6.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del pargo rojo (*Lutjanus purpureus*)

De los datos recopilados por la autoridad de pesca de Colombia se pudo establecer que la especie presentó un crecimiento alométrico negativo ( $b \neq 3$ ,  $P > 0.05$ ), se estimó una longitud asintótica de 91.5 cm Lt., que estuvo entre lo estimado por (Fishbase, 2020) y por (Souza, 2002). La tasa de aprovechamiento mostro un recurso en equilibrio. (Tabla 5-35)

Tabla 5-35. Relación de los parámetros estimados para el pargo chino *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano.

a	b	r2	T.M.	T.M.C.	L <sub>∞</sub>	k	Z	M	F	E
0.0372	2.7062	0.91	45.2	34	91.5	0.35	0.96	0.164	0.48	0.5

A pesar de tener un indicativo positivo de los datos analizados con tallas con los datos del 2009 de CPUE se estimó una tasa de biomasa relativa muy baja indicando que bajo esta estimación la especies se encontraba en dificultades. (Tabla 5-36).

Tabla 5-36. Estimación de los principales parámetros poblacionales del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
93	1,777,100,544	0.040	0.0009	1.33	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones críticas

Para esta especie el SEPEC mido, para el 2020 un total de 1,178 individuos, que fueron capturados por 8 artes de pesca, con estos datos se calculó la talla media de captura en 32.1 cm de Lt.,  $\pm 0.17$ , de las cuales las líneas de mano fueron las que mayor efectividad hicieron en cantidad y tamaño de los individuos (Tabla 5-37, Figura 5-47).

Tabla 5-37. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el pargo rojo *Lutjanus purpureus*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S2	S	E.E.	n
Atarraya	47.2	41.96	6.48	2.05	10
Buceo marino mixto	30.0	27.73	5.27	1.32	16
Línea de mano	33.7	30.70	5.54	0.24	527
Línea de mano correteo curricán o trolling	35.0	16.62	4.08	0.36	127
Palangre o espinel de fondo	29.0	23.55	4.85	0.41	138
Red de enmalle de deriva marina	28.2	11.51	3.39	0.78	19
Red de enmalle de encierro marina	28.8	17.59	4.19	0.41	106
Red de enmalle fija marina	30.2	23.92	4.89	0.32	235

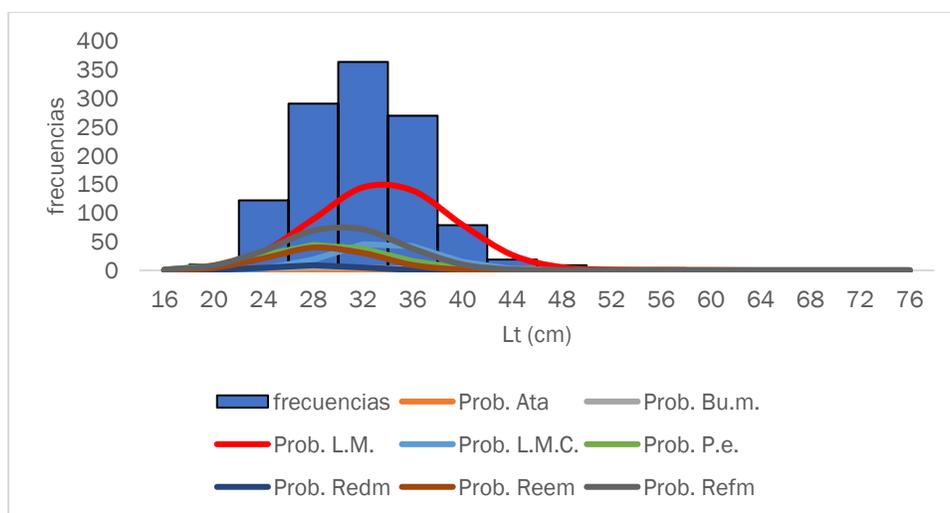


Figura 5-47. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu.m. = buceo marino; L.M. = línea de mano; L.M.C. = línea de mano correteo o curricán; P.e. = palangre o espinel; Redm. = red de enmalle de deriva marina; Reem. = red de enmalle de encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

### 5.1.6.3 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB del pargo rojo (*Lutjanus purpureus*)

Como análisis inicial de este recurso se revisó para la estructura de las tallas de cada año con el fin de establecer si las éstas se comportaron de acuerdo con lo esperado por la selectividad de artes de pesca; se encontró que efectivamente todas las tallas cumplieron esta condición por lo que se puede establecer que los resultados presentan significancia. (Figura 5-48, Figura 5-49)

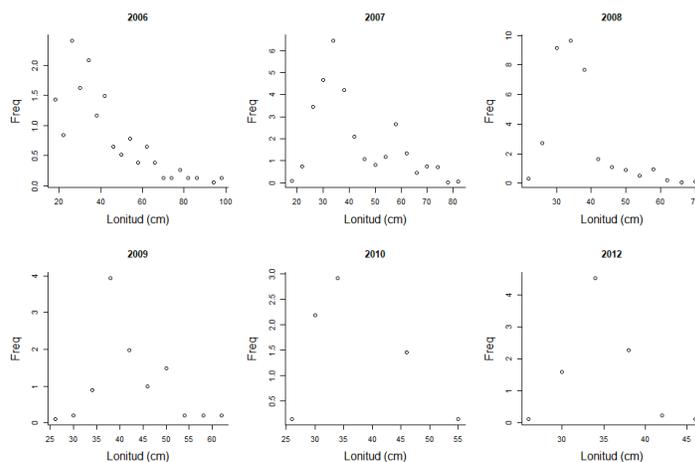


Figura 5-48. Distribución de las tallas pargo rojo *Lutjanus purpureus*. entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

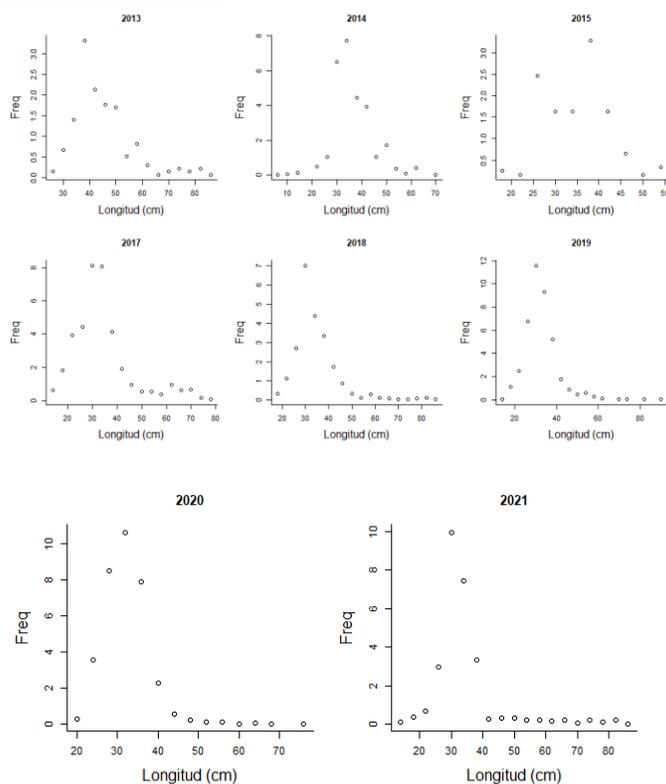


Figura 5-49. Distribución de las tallas pargo rojo *Lutjanus purpureus*. entre los años 2013 a 2021. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

De otra parte, el siguiente proceso del análisis mostró en términos de la propuesta bayesiana prior se encontró una longitud asintótica superior a la encontrada en la primera parte de este estudio. En general las tasas de aprovechamiento (M/K) es bastante cercanas con las encontradas por el análisis prior, que se escogieron como el valor estándar (Froese, y otros, 2018), la biomasa relativa B/B0 y el rendimiento por recluta (Y/R´) fueron muy bajos, lo que significa que desde la perspectiva del aprovechamiento fueron muy altos, que dificulta que la especie pueda recuperarse. (Tabla 5-38)

Tabla 5-38. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento pargo rojo *Lutjanus purpureus*. Se muestra el cálculo prior de estos.

	Unidades cm.		Límite inferior	Límite superior
Loo	111	Rango	109	113
L opt	75	L opt/Loo	0,67	
Lc_opt	71	Lc_opt/Loo	0,64	
M/K	1,46		1,2	1,7
F/K	9,61		9,11	10,2



	Unidades cm.		Límite inferior	Límite superior
Z/K	11,2	Rango	10,6	11,7
F/M	5,72	Rango	4,68	7,2
B/Bo F=M Lc=Lc_opt	0,368			
B/Bo	0,0203	Rango	0,0148	0,0276
Y/R´ F=M Lc=Lc_opt	0,0477			
Y/R´	0,00164	Rango	0,00119	0,00233

El complemento de los resultados anteriores, se calcularon los valores de los principales indicadores pesqueros para el último año de la serie histórica donde se determinó que las biomásas relativas fueron aún más bajas que las estimadas de forma general para toda la serie, así mismo la Madurez sexual está muy por debajo del 50% que indica problemas en equilibrio de la población. (Tabla 5-39)

Tabla 5-39. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Caribe colombiano.

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
Lc	32,2	31,9	32,6
Lc/Loo	0,3	0,297	0,303
$\alpha$	42,3	41,2	43,3
Lmedio/Lopt	0,54		
L 95 %	86		
L 95 %/Loo	0,8		
Lm 50%	42,5	Madurez	8%
F/K	24	22,3	25,3
F/M	18	14,2	23,1
Z/K	25	23,7	26,8
Y/R´	0,00043	0,000292	0,000598
B/Bo	0,006	0,00401	0,00821
B/Bmsy	0,016	0,0109	0,0223

Los registros de la serie histórica muestran el cambio que se tuvieron entre el año 2006 al 2020 con un aumento en la tasa Z/K bastante preocupante que se afirma con las diferencias en las estimaciones de la longitud asintótica; de otra parte, las tallas medias y Lc tuvieron diferentes comportamientos siendo la talla media de captura un poco más estables que la talla Lc., aunque para los últimos años éstas fueron más estables. De todas maneras, la situación se ve



más comprometida ya que las tasas de aprovechamiento F/M tuvieron años muy fuertes (2010 a 2019) luego se presentó una disminución que pudo disminuir un poco la presión; sin embargo, en los dos años finales (2019 y 2020) esta tasa estuvo por encima de los estándares; de tal manera que el efecto sobre las biomásas relativas hizo que el recurso se haya presentado por debajo del proxi 0.5 Bmsy, que es bastante grave. (Figura 5-50)

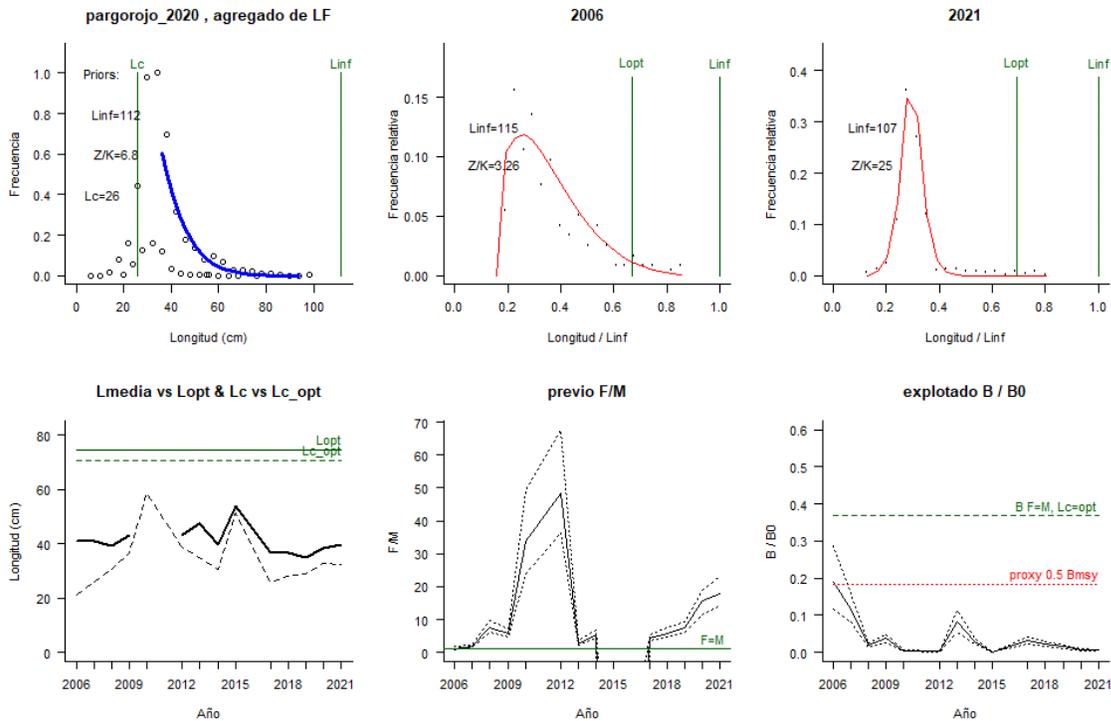


Figura 5-50. Comportamiento de las pesquerías pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias del primero y último año de la serie de tiempo estudiada. La curva roja muestra el ajuste de la ecuación que provee estimaciones de Z/K, M/K, F/K Lc. Loo, los cuales se muestran como referencia. El panel inferior izquierdo muestra L media [curva en negrita] en relación con L opt. Y Lc., [curva negra discontinua] con relación a la Lc opt. El panel medio inferior muestra la presión de pesca relativa F/M [curva negra] con límites de confianza aproximados del 95% [curva punteada], con relación al nivel de referencia donde F=M [línea horizontal verde]. El panel inferior derecho muestra la biomasa relativa B/Bo [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva negra punteada] con proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

#### 5.1.6.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pargo rojo (*Lutjanus purpureus*).

Para validar tanto el comportamiento de las capturas como el CPUE se analizaron los datos enfocándose al comportamiento de las variables captura y CPUE, el resultado mostró que, dentro de la validación al 95% ambas se ajustaron bastante bien al modelo logístico, con algunas divergencias en los primeros años del CPUE, de otro lado las biomásas examinadas mediante la **variación del proceso** estuvieron muy ligadas al valor estándar, y lo mismo ocurrió

con el diagnóstico de los residuos de las CPUE; estos le dan un nivel de significancia a las dos variables lo que le dio seguridad a los siguientes estudios. (Figura 5-51)

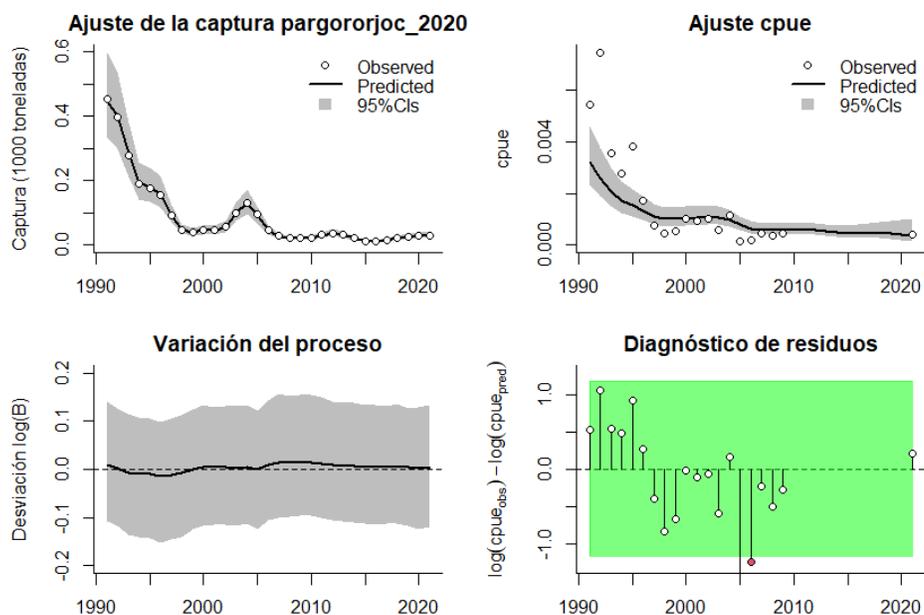


Figura 5-51. Modelación de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación del CPUE, la zona en verde muestra que hay significancia estadística en el resultado de estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

La otra parte importante de análisis es la valoración de las densidades probabilísticas de cada uno de los puntos de referencia; por ello el indicador PPVR mostró que el mejor ajuste se hizo sobre el coeficiente  $r$ ; para el algoritmo CMSY; mientras que con el BSM el mejor ajuste fue con MSY; de otra parte las biomasa relativas prior tuvieron, referente a las tasas relativas (B/K) para el 1991 estuvieron entre un rango de 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre 2015 la misma estuvo entre 0.0 a 0.4 y para 2020 fue entre 0.01 a 0.2, que demuestra una presión al recurso. (Figura 5-52, Figura 5-53)

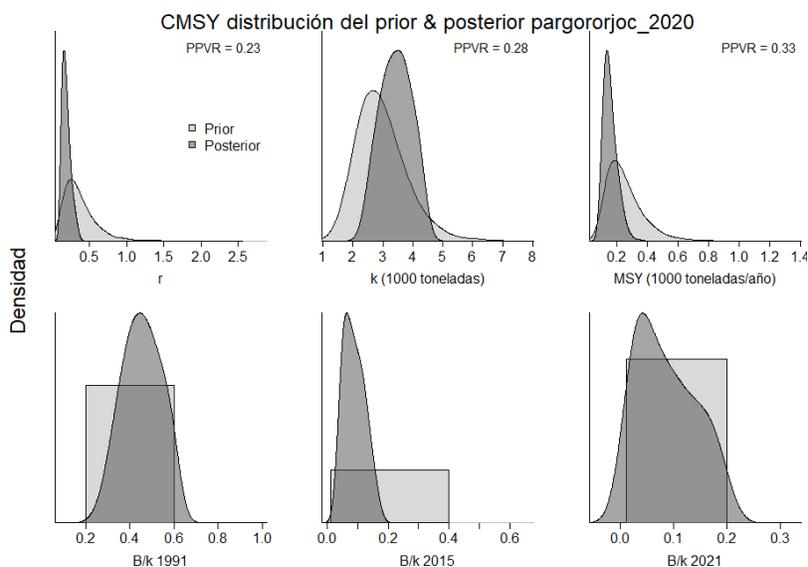


Figura 5-52. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pargo rojo *Lutjanus purpureus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga d l ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

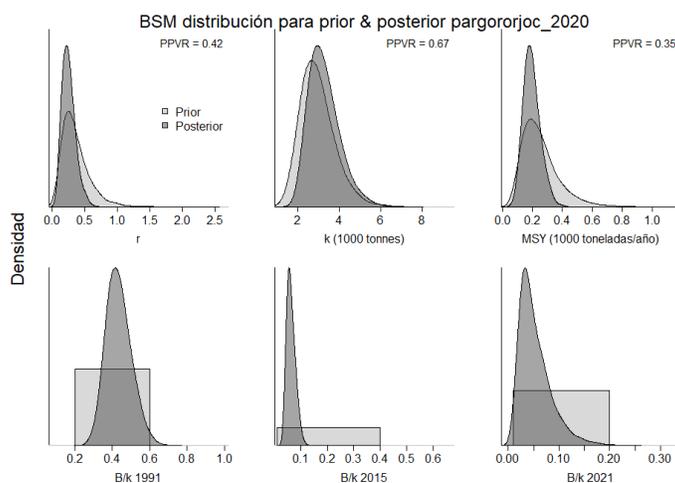


Figura 5-53. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga d l ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Con los resultados numéricos se encontró diferencias en el cálculo del coeficiente r, pero con la estimación de MSY estuvieron muy cercanos, esto debido a que los algoritmos fueron más

sensibles con la resiliencia de recurso que con las capturas y la CPUE; de otra parte, las biomazas relativas resultaron ser muy altas para la sostenibilidad del recurso. (Tabla 5-40, Tabla 5-41)

Tabla 5-40. Resultados del CMSY para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	0,202	0,11	0,37
MSY	148	97,3	261
K	3210	2350	4400
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0774 de K	0,0124	0,193
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3,49	1,4	21,9

Tabla 5-41. resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
		Intervalo de confianza al 95%	
q	0,00236	0,00148	0,00378
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,235	0,103	0,335
k	3190	2070	4930
MSY	188	105	335
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0448 de K	0,0149	0,137
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	9,97	0,89	93,5
r -k log correlación =	-0,741		

Con la idea de suministrar las bases para regular la pesquería, se calcularon las mortalidades por pesca tanto en MSY como para el último año (2021), las estimadas para el punto de referencia muestran que actualmente la decisión sugerida sería la más baja, lo que está indicando que las pesquerías han sido sometidas a esfuerzos extremos que y como espeto crucial la biomasa relativa ( $B/B_{msy}$ ) del último años es extremadamente baja. (Tabla 5-42).

Tabla 5-42. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,118	0,0517	0,268	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando Fmsy = $0.5r$ ) <b>0,0211</b>
Fmsy	0,0211	0,00927		(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	188	105	335	
Bmsy	1600	1030	2470	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	143	47,6	438	
B/Bmsy en el último año	0,0897	0,0298	0,274	
Mortalidad por pesca en el último año =	0,209	0,0683	0,628	
Explotación F/Fmsy =	9,97	0,89	93,5	

El comportamiento de las **capturas** estuvieron con una tendencia general en permanente descenso con un año alto 2004 al cual no se le puede dar una explicación lógica de su ocurrencia y, después de esto ha estado en niveles muy bajos (Figura 5-54, panel A); el **tamaño del stock** también mostró biomazas relativas en permanente decaimiento que en líneas generales es compatible con las capturas (Figura 5-54, panel D); y las **tasas de explotación** casi siempre han estado por encima de nivel de referencia (Figura 5-54, lianas azules y rojas panel E); por lo anterior la **curva de equilibrio** mostro que más de 60% de los datos están muy por debajo del punto de referencia (MSY). (Figura 5-54, panel F).

Para tener una visión holística de lo que pasó con la serie histórica de las capturas se observó que el comportamiento frente a su punto de referencia, después de 1996 estuvo siempre por debajo; por este motivo, las biomazas relativas muestran que el recurso entró en una situación difícil para su sostenibilidad que casi siempre se mantuvo por debajo del referente proxi del 0.5B; así la tasa de explotación también mostro un recorrido por encima del referente de equilibrio. (Figura 5-55)

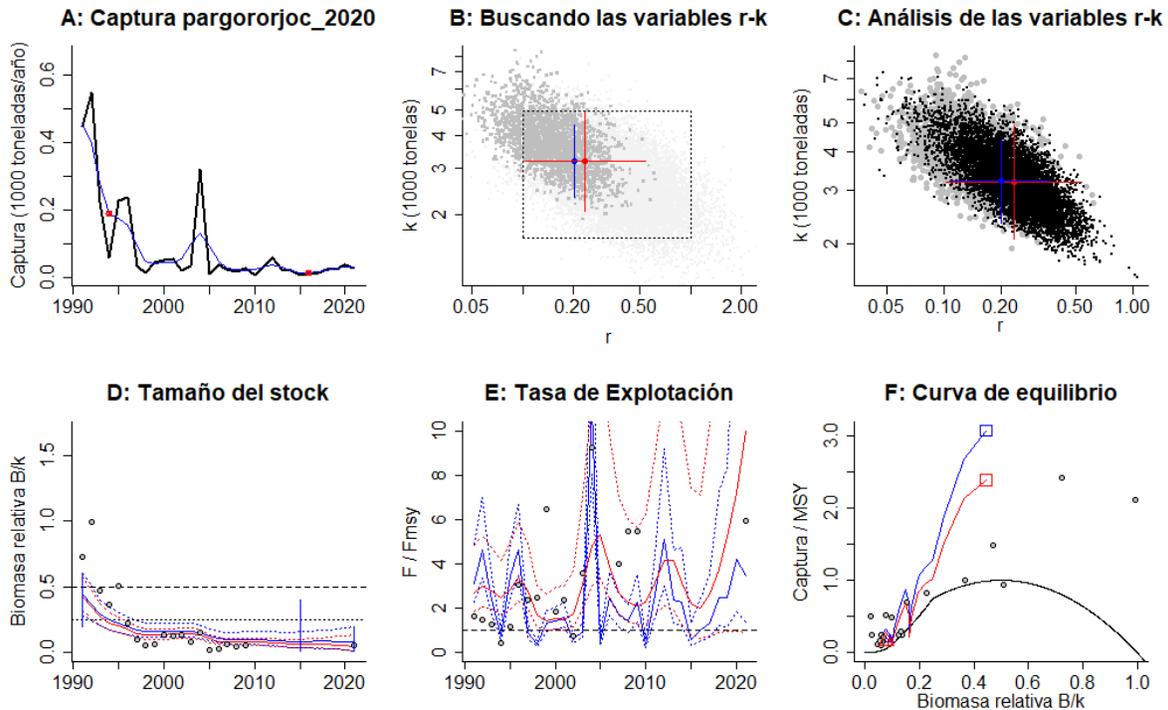


Figura 5-54. Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Finalmente, y con el objetivo de mostrar cómo funciona el sistema se utilizó las gráficas de fase de estado de Kobe, este modelo mostró que todo el recorrido histórico de las capturas estuvo en la zona crítica y en especial para el 2021 el porcentaje probabilístico fue de 96.9%, de tal manera que la probabilidad que el recurso este en zona de recuperación es tan solo de 3.1% que fue más baja que el efectuado para el año anterior. (Figura 5-56)

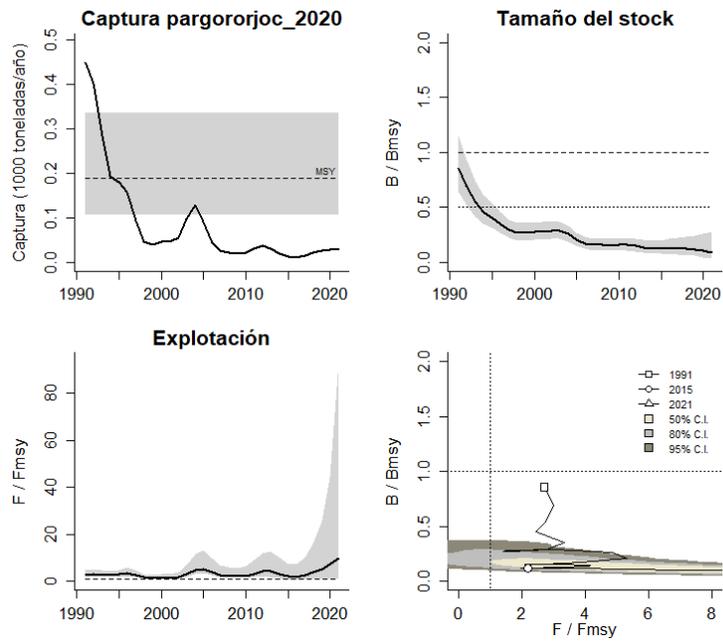


Figura 5-55. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F = F_{msy}$  [línea punteada] y el observado

[curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

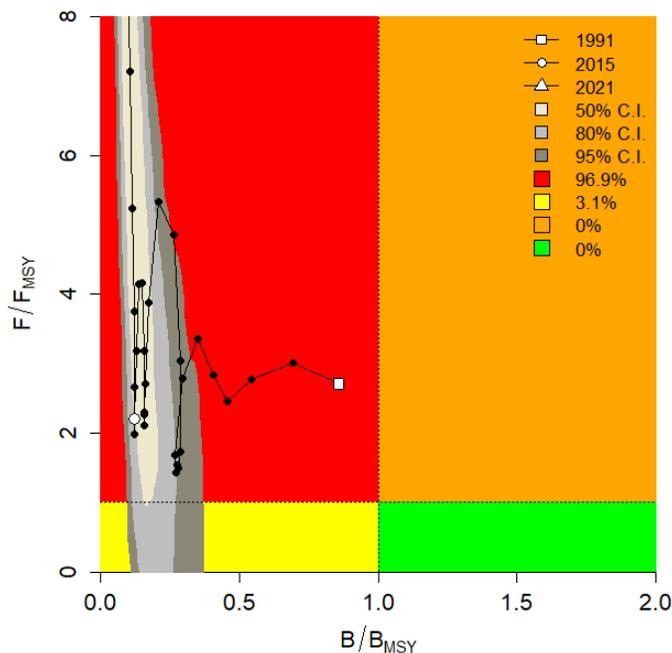


Figura 5-56. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 5.1.6.5 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del pargo rojo (*Lutjanus purpureus*).

Teniendo en cuenta que mediante el SEPEC se pudo recopilar, para el 2021, datos de tallas y precios de primera venta, que permitieron desarrollar el modelo; el resultado de este ejercicio fue el de obtener una estimación de RMS 3.191 con un valor de RME \$ 42 mil millones de pesos (Figura 5-57).

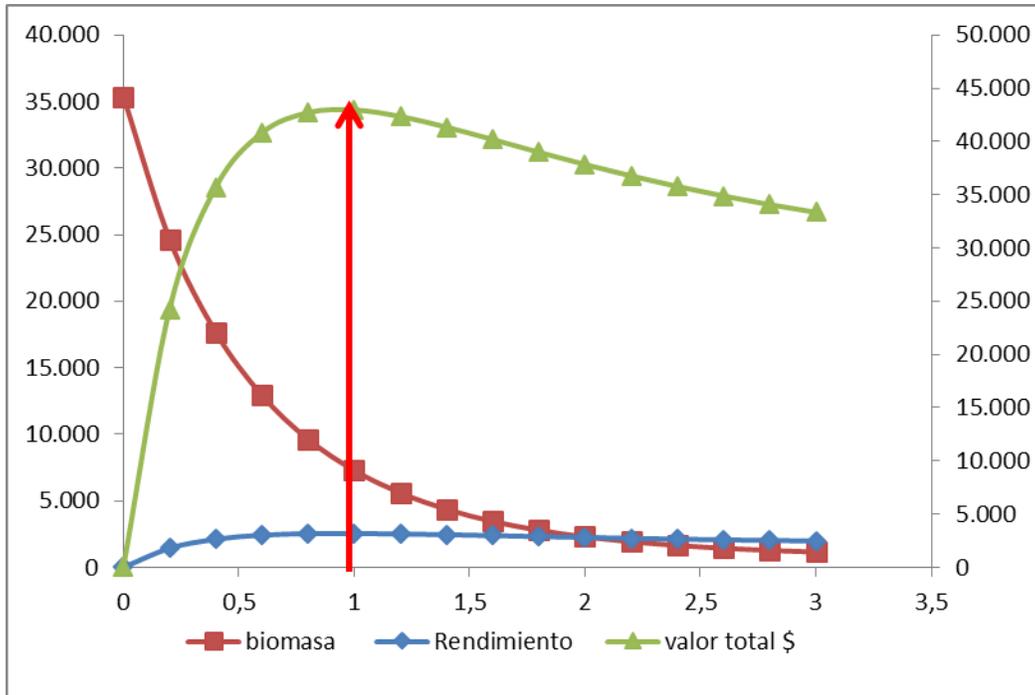


Figura 5-57. Resultados de las estimaciones del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

#### 5.1.6.6 Conclusiones de las pesquerías de pargo rojo (*Lutjanus purpureus*)

Los análisis muestran que este es un recurso en una muy difícil situación que se considera que ya entro en la fase de sobreexplotación y que además por su tasa de aprovechamiento y los resultados de las biomazas relativas determina que las pesquerías no están permitiendo que el reclutamiento sea capaz de producir los niveles aptos para sostener el MSY.

Por lo anterior las pesquerías de este recurso debe reducir la mortalidad por pesca por lo menos en un 10% para que en 4 o 5 años se note recuperación de este. A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 9,97, y un porcentaje de madurez sexual de 8%, longitud óptima  $L_{op}$  la biomasa relativa de 75 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de 0,209 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0,0211 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de  $188 \pm (105 - 335)$ .

## 5.2 Crustáceos

### 5.2.1 Pesquerías del camarón de aguas someras (*Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936))



Picture by Elliff, Carla Isobe ©.

Nombre en inglés: Southern White shrimp

#### 5.2.1.1 Antecedentes del recurso camarón (*Litopenaeus schmitti*)

Es un recurso bentónico se encuentra desde los 0 a los 50 m de profundidad se distribuye desde el sureste del Golfo de México y las Antillas Mayores, Cuba, Islas Vírgenes y desde Honduras británicas hasta Brasil. La máxima longitud reportada es de 17.5 cm de Lt., con una longitud asintótica entre 17.3 a 21.4 cm de Lt., (FishBase consortium, 2020)

#### 5.2.1.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del recurso camarón (*Litopenaeus schmitti*)

No son muchos los datos que se han podido recopilar de esta especie, pero lo reportados hasta el 2009 muestra un recurso en sobre pesca con una cuota bastante alta. (Tabla 5-43)

Tabla 5-43. Estimación de los principales parámetros poblacionales del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* para el Caribe colombiano.

RMS (t.)	PRO (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
991	D.N.D.	0.100	D.N.D.	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones críticas

Durante el 2020 el SEPEC midió 2,660 individuos, que fueron capturados por 7 artes de pesca, de los cuales el chinchorro camaronero fue el que más individuos, en cuanto a número y amplitud de tallas capturó, con esta información se calculó la talla media de captura de 13 cm de Lt.  $\pm$  0.07 (Tabla 5-44, Figura 5-58).

Tabla 5-44. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para camarón blanco *Litopenaeus schmitti*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

Artes de pesca	Promedio	S <sup>2</sup>	S	E.E.	N
Atarraya	5.1	2.59	1.61	0.15	121
Chinchorro camaronero	14.4	4.36	2.09	0.05	2054
Chinchorro marino	7.3	3.56	1.89	0.28	45
Red de arrastre artesanal o changa	9.2	8.52	2.92	0.16	319
Red de enmalle camaronera	9.9	0.60	0.77	0.14	30
Red de enmalle de encierro marina	7.0	0.92	0.96	0.12	61
Red de enmalle fija marina	9.1	0.39	0.63	0.11	30

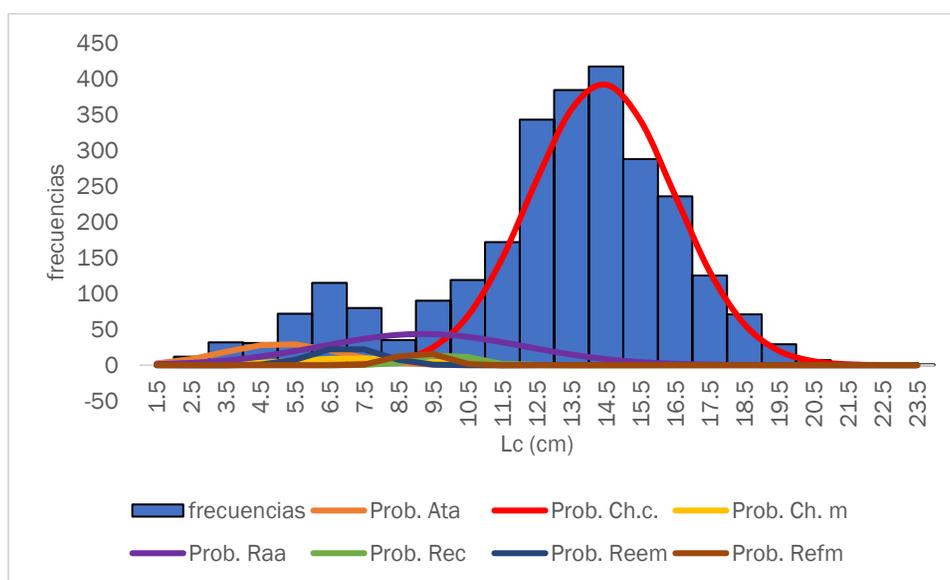


Figura 5-58. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en el año 2020. Ata. = atarraya; Ch.c. = chinchorro camaronero; Ch.m. = chinchorro marino; Raa = red de arrastre artesanal o changa; Rec. = red de enmalle camaronero; Reem. = red de enmalle de encierro marina.

### 5.2.1.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del camarón (*Litopenaeus schmitti*)

Los datos de captura y CPUE almacenados por la autoridad de pesca de Colombia (SEPEC) fueron sometidos a una primera inspección que consistió en revisar las series históricas de las capturas; bajo este escrutinio, se encontró que se ajustaron bien; mientras que las CPUE estuvieron un poco fuera del contexto; por ello se complementó el análisis primero con una validación de las **variaciones del proceso** de las biomásas, estas fueron positivas, y luego se hizo un diagnóstico de los residuos de la CPUE, esto fueron también positivos; con esta base se continuo con este estudio. (Figura 5-59)

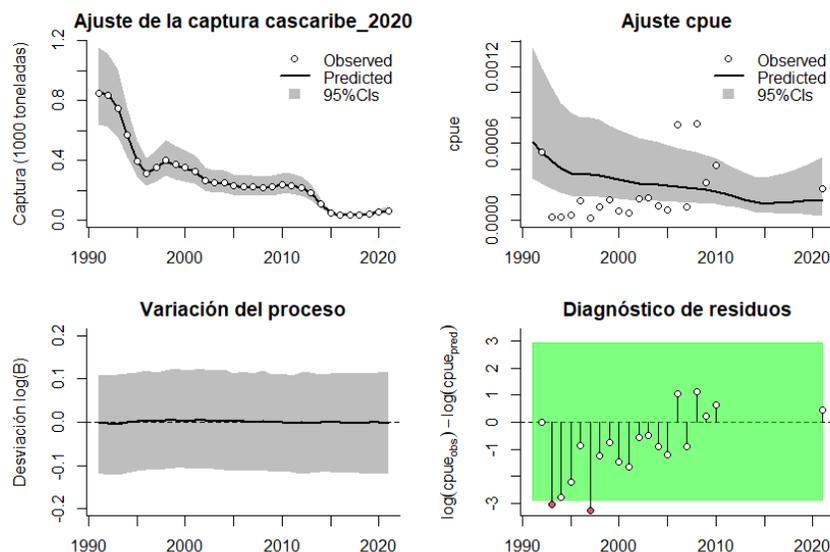


Figura 5-59. Modelación de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de seguridad [zona gris]; en el panel inferior izquierdo se muestra el comportamiento del modelo estimado con una visión del logaritmo de la biomasa, la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior izquierdo es en análisis de los residuos de la evaluación de la CPUE, la verde muestra que hay significancia estadística estos residuos frente al comportamiento normal de los mismos.

Continuando con el procesamiento de evaluación, se pasó a determinar la validación de los puntos de referencia. Bajo la distribución probabilística de sus densidades, con esta idea y utilizando en indicador PPVR mostro que con el algoritmo (CMSY) el mejor ajuste fue para el coeficiente  $r$ , mientras que con el algoritmo (BSM) el resultado positivo fue para el MSY; de otra parte, se continuo con este estudio, pero mirando las biomاسas relativas por años, por ello para el 1991 el rango estuvo entre 0.2 a 0.6, en el año de quiebre 0.0 a 0.4 y en el 2021 se presentó la peor densidad entre 0.001 a 0.2. (Figura 5-60, Figura 5-61)

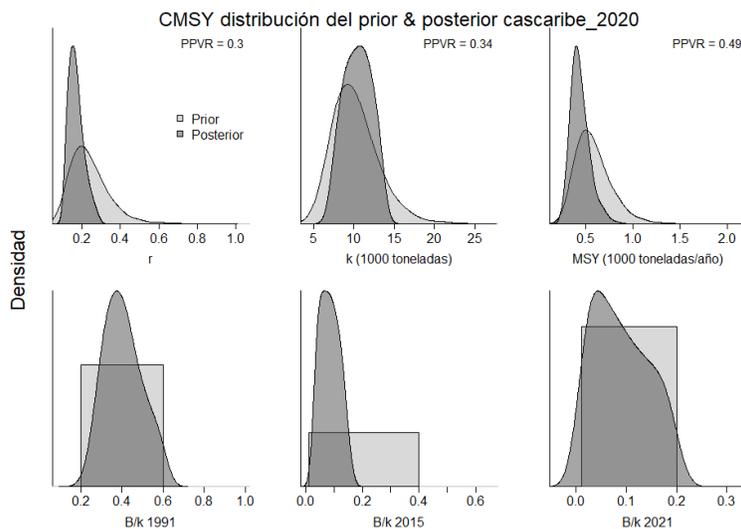


Figura 5-60. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

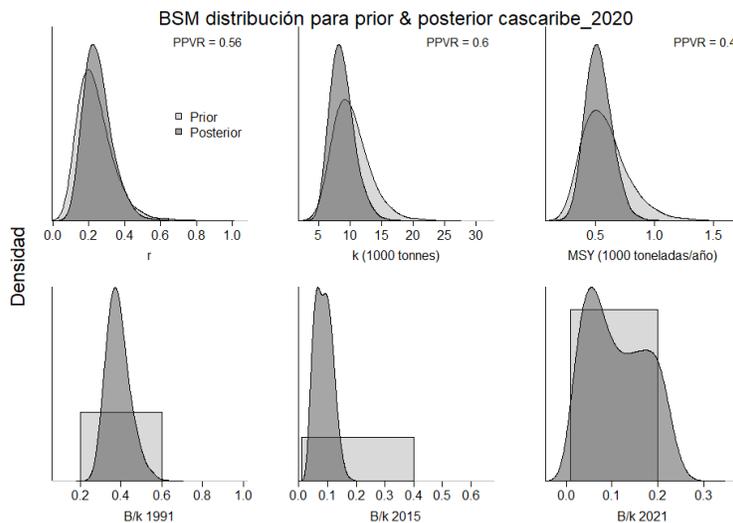


Figura 5-61. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga del ecosistema [K], y del rendimiento máximo sostenible [MSY]. En el panel inferior está el estudio muestra los mismos análisis probabilísticos para los años iniciales el medio más bajo y el final.

Con los resultados cuantificables de los puntos de referencia que determina el estado de salud del recurso, se encontraron deferencias entre los algoritmos BSM y CMSY que determinaron las estimaciones del coeficiente r como el del MSY; de todas maneras, es notorio que estas estimaciones denotan una especie que tuvo una residencia baja, que además con una tasa

relativa de biomasa deficiente denotaron un sistema en estado de explotación muy fuerte. (Tabla 5-45, Tabla 5-46)

Tabla 5-45. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
R	0,182	0,112	0,293
MSY	420	282	689
K	9670	6840	13700
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0826 de K	0,013	0,193
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2,93	1,25	18,5

Tabla 5-46. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite inferior	Límite superior
q	0,00019	0,00001	0,000359
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0,24	0,13	0,445
k	8590	5640	13100
MSY			
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.103 de K	0,0177	0,227
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,48	0,273	53,5
r -k log correlación =	-0,742		

Como medidas de ordenación, se hicieron cálculos de la mortalidad por pesca en MSY y de las dos posibilidades obtenidas se decidió escoger el menor valor, puesto que los cálculos apuntan a que la biomasa ha ido cayendo a una velocidad superior a la mitad de la biomasa en MSY; la tasa de biomasa relativa ( $B/B_{msy}$ ) fue muy bajas, así como la mortalidad por pesca para el último año y por lo tanto la tasa de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ) fue alta. (Tabla 5-47)

Cuando se revisa el comportamiento de las **capturas** a través del tiempo se encontró un comienzo bastante boyante, pero luego, por la presión pesquera hay un decaimiento, sin embargo, para el 2020 se notó una ligera recuperación que puede ser causada por la disminución

de esfuerzo de pesca (Figura 5-62, panel A); lo anterior se manifiesta cuando al medir el **tamaño del stock** se encontró que desde el 2000 las situación del recurso paso los límites mínimos de sostenibilidad (Figura 5-62, panel E), lo mismo se visualiza con la **tasa de explotación** que permanentemente estuvo por debajo del límite de referencia, lo que trajo como consecuencia que las poblaciones se afectaran en su abundancia relativa (Figura 5-62, panel E); lo anterior se ver corroborado en la **curva de equilibrio** donde las tasas de captura/MSY frente a las biomazas relativas presentaron un recurso con trayectoria decadente.(Figura 5-62, panel F)

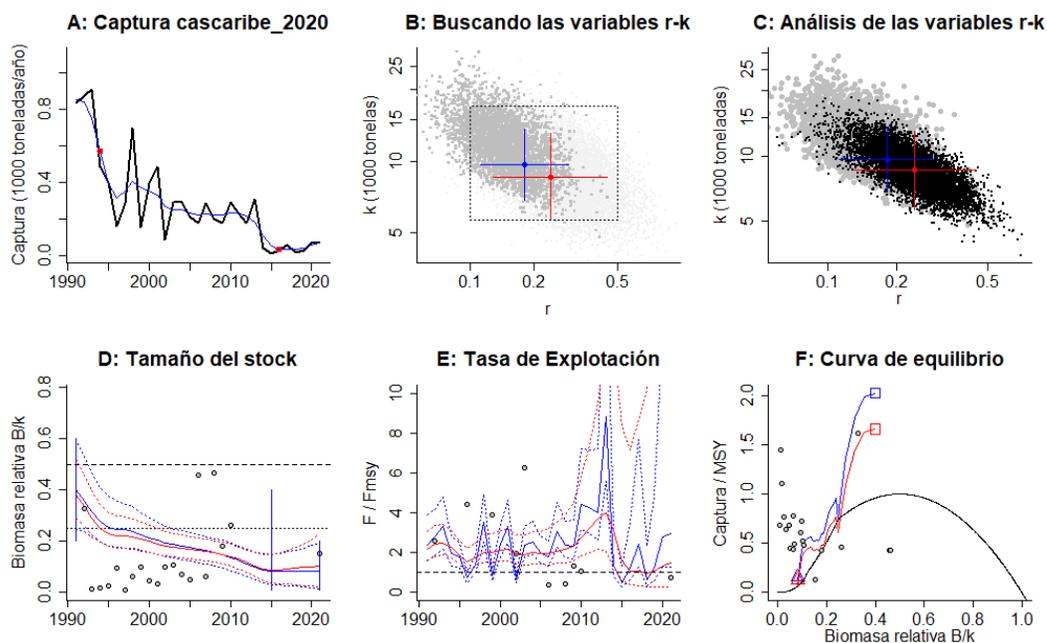


Figura 5-62. Resultados del análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. Los puntos negros son posibles pares r-k encontrados por el modelo BMS, con una cruz roja que indica el par r-k más probable y sus límites de confianza del 95%. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy}=0.5 k$ , y en azul la trayectoria de biomasa estimada por CMSY. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E muestra en rojo la tasa de cosecha [captura / abundancia] escalada a la estimación  $r/2$  de BSM, y en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura/RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM y los puntos azules se escalan por estimaciones de CMSY.

Con base en los anteriores análisis se comparó las capturas frente a su punto de referencia MSY que mostraron un permanente alejamiento de este, por lo tanto, las tasas de las biomazas relativas cruzaron inclusive el límite referente del  $0.5B$ , que es grave para la condición de la especie y esto ocurrió casi desde el inicio de las pesquerías. (Figura 5-63)

Tabla 5-47. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en manejo del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Caribe colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,12	0,0648	0,223	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ ) <b>0,0496</b>
Fmsy	0,0496	0,0268	0,092	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	516	340	781	
Bmsy	4300	2820	6540	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	888	152	1950	
B/Bmsy en el último año	0,207	0,0353	0,454	
Mortalidad por pesca en el último año =	0,0728	0,0331	0,426	
Explotación F/Fmsy =	1,48	0,273	53,5	

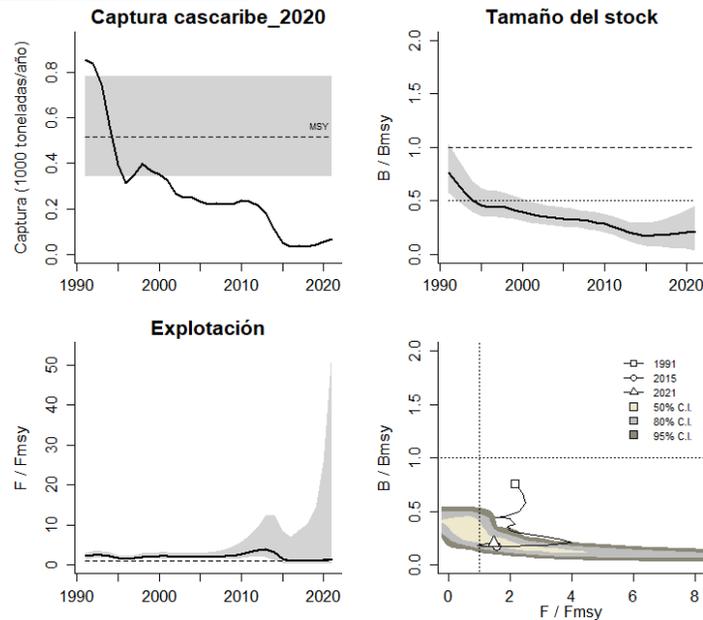


Figura 5-63. Análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente se considera que la fotografía instantánea de lo que paso con la especie en su historia, se hizo cuando se construyó el diagrama de fases probabilísticos de Kobe, se encontró que absolutamente toda la pesquería estuvo en el área crítica, casi todas las capturas fueron ubicadas hacia la izquierda del grafico (zona roja) que implica un alto nivel de estrés para el recurso. Para el último año (2021) la probabilidad de que se encuentre en recuperación fue bastante alta de 59%. (Figura 5-64)

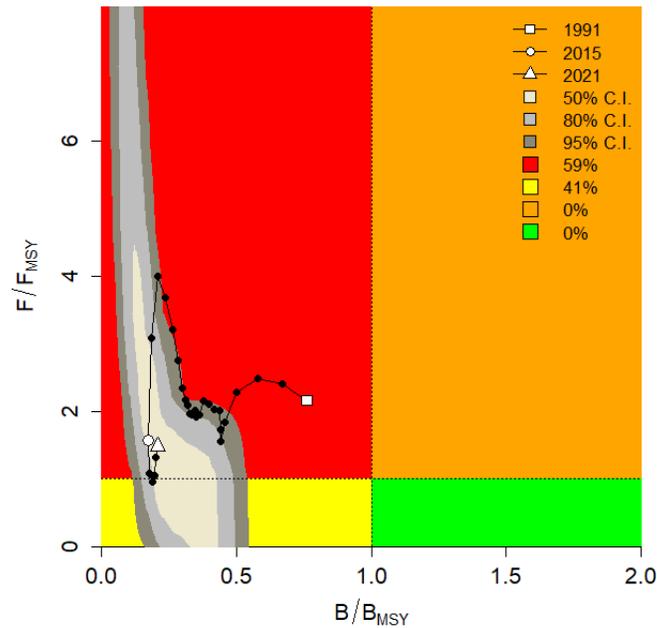


Figura 5-64. Análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

#### 5.2.1.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón de agua someras (*Litopenaeus schmitti*).

El SEPEC suministro la información de tallas y los precios de primera venta del 2021, con los cuales se construyó este modelo; los resultados mostraron que el RMS fue de 10.058 toneladas y que el TME tomó un valor de \$ 274 mil millones de pesos; en general el sistemas muestra un recurso que está en el límite del RME y en concordancia con el RMS (Figura 5-65)

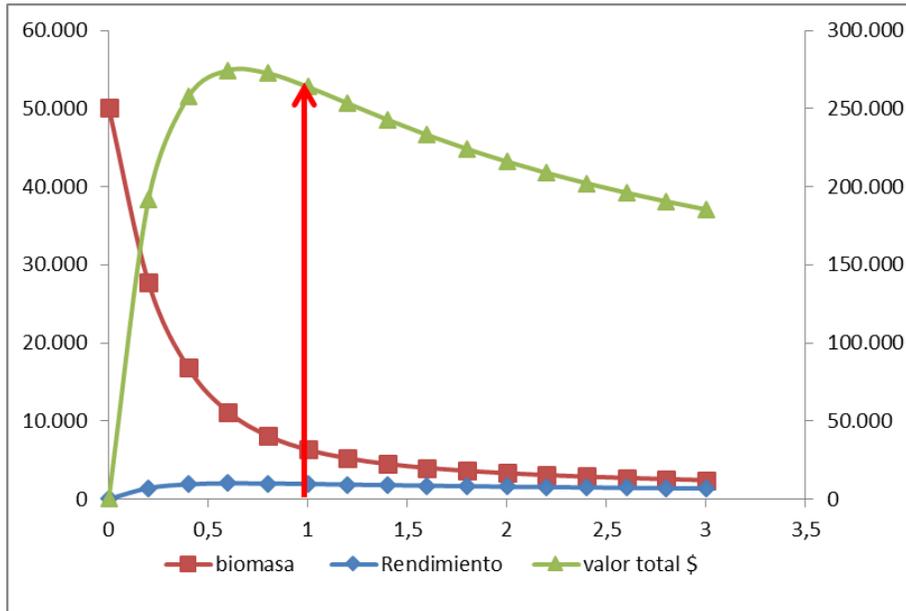


Figura 5-65. Resultados de las estimaciones del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* del Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

5.2.1.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*).

Uno de los aspectos que ameritan un enfoque diferencial son los relacionados con los cambios de los parámetros que rigen el medio ambiente de las zonas de pesca; para ello y con la ayuda del modelo bayesiana de producción excedente se calculó el comportamiento de los rendimientos de las biomazas aprovechables frente a 7 escenarios de cambios de la naturaleza; como resultado se obtuvo que si estas condiciones se mantiene estables el RMS sería de 473.3 toneladas; si la situación es desfavorable para el recursos esta estimación llegó a los 386.6 toneladas, pero por el contrario, si los parámetros ambientales son positivos para la especie se calculó que el aprovechamiento puede llegar hasta los 550.6 toneladas (Figura 5-66)

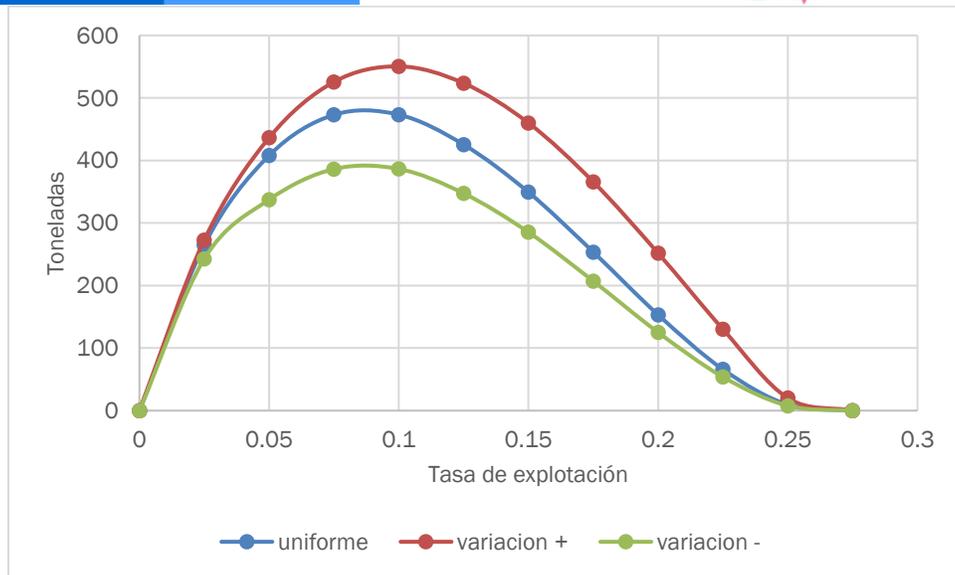


Figura 5-66. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* del Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

### 5.2.1.6 Conclusiones sobre las pesquerías del camarón de aguas someras (*Litopenaeus schmitti*).

Todos los resultados analizados muestran un recuso en agotamiento el cual permanente durante todos los años registrados. La pregunta que se aparece es ¿Por qué no ha desaparecido?, existen dos posibles respuestas 1. El recurso con su estrategia de crecimiento y recuperación es capaz de resistir todo el esfuerzo de pesca existente. 2. Una franja importante de los adultos con alta capacidad reproductiva escapan a las artes y métodos de pesca refugiándose en lugares de poco acceso. Pero es claro que todo apunta a denotar que es un recurso sobreexplotado.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 1,48, biomasa relativa de 0.114, la mortalidad por pesca actual de 0,0728 año<sup>-1</sup>, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0,0496 año<sup>-1</sup>, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 516 ± (340 - 781) toneladas.

## 5.3 Consideraciones generales del litoral Caribe

A continuación, se presenta un cuadro resumen con la información ya analizadas y con las respuestas de los análisis realizados con otras especies que por tiempo y espacio no fueron detalladas, pero que a la luz de lo ya descrito pueden, fácilmente dar una idea clara del estado de salud de estos.

En general el cuadro presenta dos dimensiones que son los modelos utilizado antes del 2019 y los dos modelos que se ejecutaron con las bases de datos recopiladas hasta en 2019; los

colores reflejan el estado del recurso sienten niveles muy altos de conservación, amarillo para los recursos que están en un nivel aceptable, naranja para aquellos que, aunque en un nivel crítico se podrían recuperar con medidas de administración, rojo para aquellos cuya situación es grave.

De manera general se concluyó que las pesquerías de caribe no pasan por su mejor momento y las medidas de recuperación implican un gran esfuerzo operativo logístico y financiero.

#### **5.4 Propuesta de nuevos recursos de pesca.**

Con el ánimo de presentar nuevas oportunidades en el aprovechamiento de los recursos pesqueros, ya que las pesquerías de los recursos tradicionales como la del camarón de arrastre de aguas someras han decaído sustancialmente, por lo tanto, se presenta una alternativa de utilizar las pesquerías de camarones de aguas profundas. Con estas pesquerías no solo favorecerían la pasca industrial, sino que sería una nueva alternativa para la pesca artesanal (Perez, y otros, 2022).

Bajo estas perspectivas investigadores de la Universidad del Magdalena viene desarrollando estudios sobre la dinámica de las poblaciones de camarones de aguas profundas, producto de ello el Dr. Jorge Páramo completó una investigación sobre el comportamiento de la dinámica poblacional de las comunidades de este grupo de organismos (Paramo, 2011).

Para el logro de estas prospecciones se logró determinar las áreas de abundancia de los mega crustáceos de fondo, no se realizaron prospecciones hacia la desembocadura del río Magdalena por ser una superficie demasiado irregular (Perez, y otros, 2022), sin embargo, se pudo notar que las concentraciones estuvieron determinadas en casi todas las zonas evaluadas (Figura 5-67)

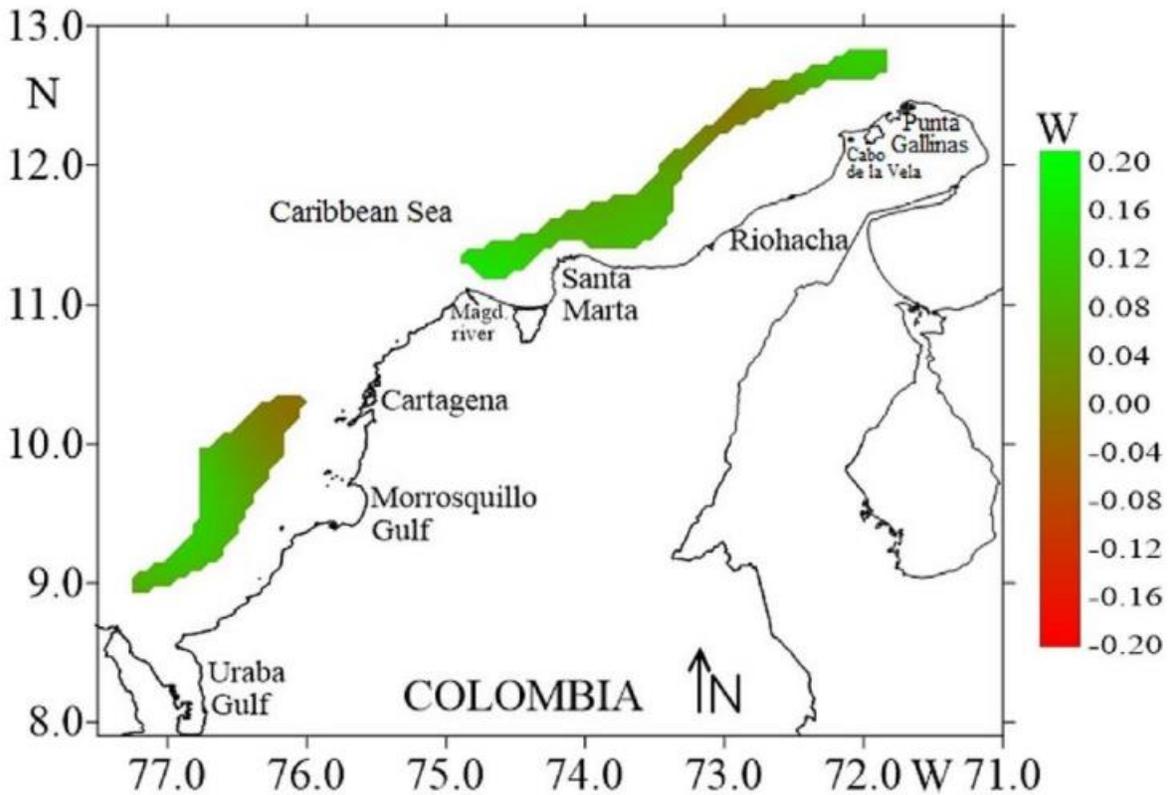


Figura 5-67. Distribución espacial para los megas invertebrados de profundidad encontrados en el Caribe colombiano. Fuente Paramo Presentación diapositivas

Dentro de los recursos más destacados, a continuación, se presentan los resultados preponderantes que permitieron diseñar una propuesta de cuotas de pesca:

#### Pesquerías de gamba española (*Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827))



Sealifebase.ca

Nombre en inglés: royal red prawn.

Esta especie se encuentra en aguas profundas de mar Mediterráneo con una importancia económica destacada (Paramo & Nuñez, 2015), en Colombia no se ha destinado un sistema pesquero que esté orientado hacia su aprovechamiento.

Aspectos biológicos de la gamba española.

Durante los estudios realizados se pudo determinar que la especie tiene un crecimiento alométrico negativo ( $b \neq 3$ ,  $P < 0.05$ ) con una alta correlación entre la relación de la longitud y el peso (Figura 5-68) (Paramo & Nuñez, 2015)

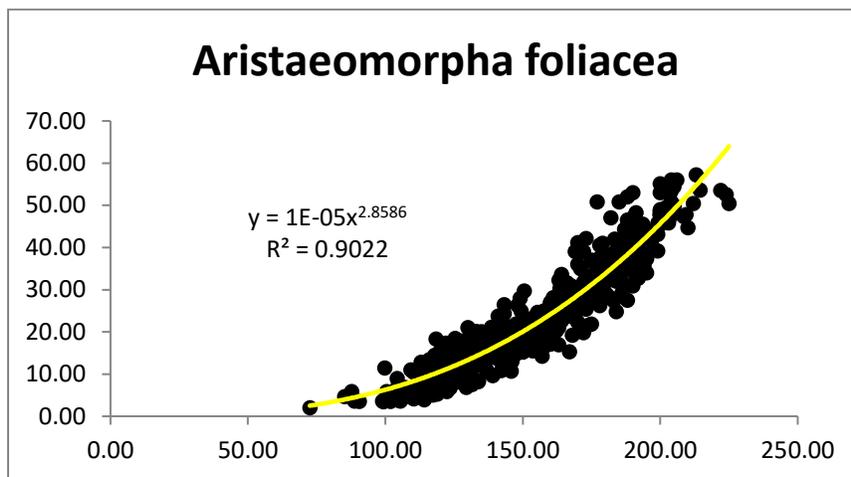


Figura 5-68. Relación longitud pesos de la gamba española *Aristaemomorpha foliacea*. Fuente Paramo J. archivo personal.

La talla de madurez sexual, para las hembras fue de 144.42 mm LT (32.3 % inmaduras y 67.7 % maduras), la especie mostró dimorfismo sexual (Paramo & Nuñez, 2015) (Figura 5-69)

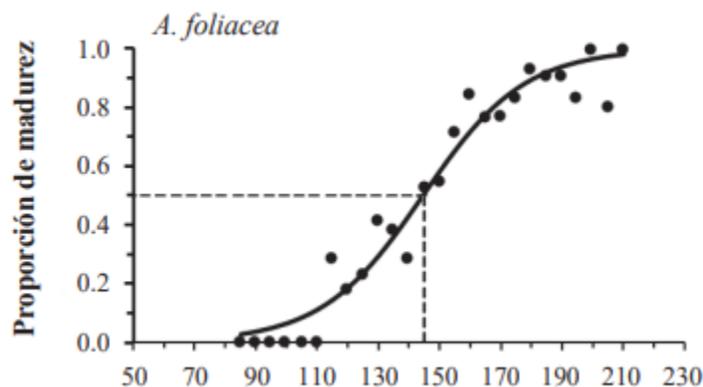


Figura 5-69. Distribución de los datos de tallas de la gamba española para la estimación de la talla de madurez. tomado de (Paramo & Nuñez, 2015)

Distribución espacial de la gamba española *Aristaemomorpha foliacea*.

De acuerdo con los estudios realizados la gamba española tuvo una abundancia superior en la parte norte del Caribe colombiano llegando inclusive a marcar valores alrededor de los  $kg/km^2$ , que es una densidad apreciable para este tipo de recursos (Figura 5-70)

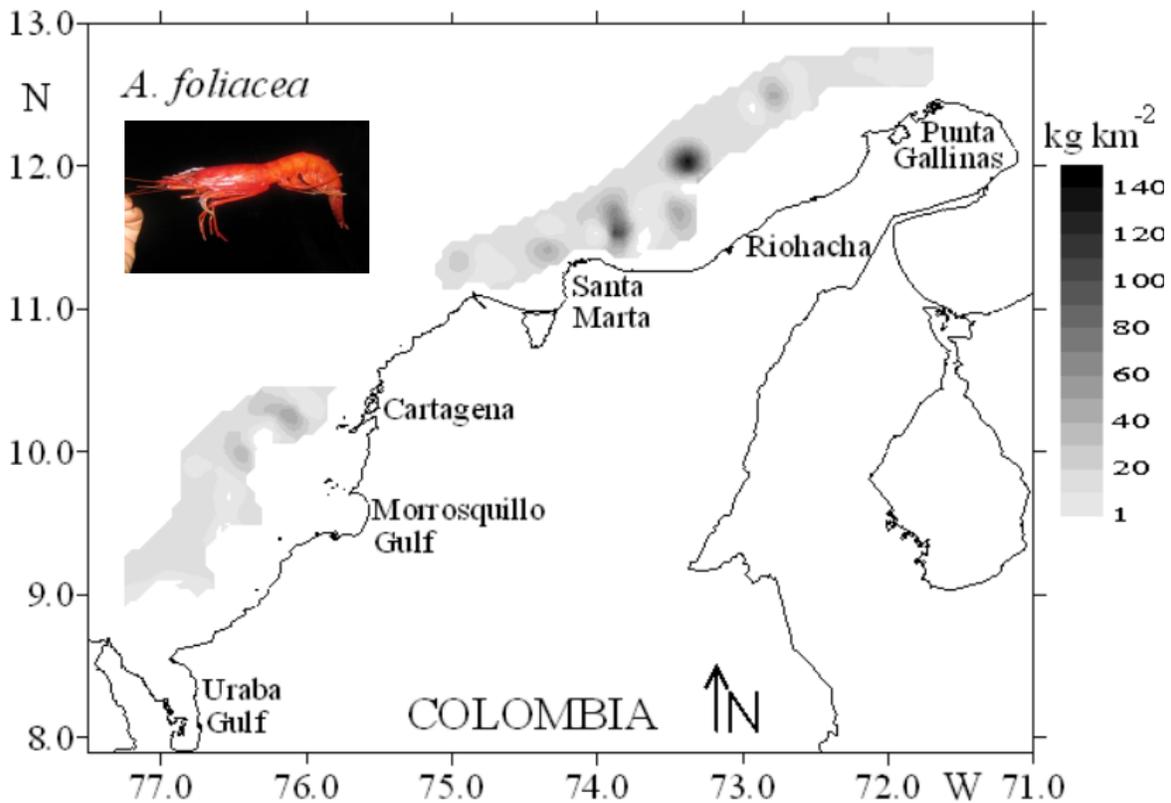


Figura 5-70. Distribución de las biomásas de la gamba española *Aristaemorpha foliacea*. fuente Paramo, J. Presentación personal.

### Propuesta de cuota de pesca gamba española.

Con los resultados obtenidos por los estudios realizados se construyó un modelo bayesiano donde se estimó una tasa de crecimiento anual de 1.5 y una construcción de un modelo virtual de pesquerías y con la construcción de una tabla probabilística con 7 escenarios de la naturaleza, se determinó una tasa de aprovechamiento al 10% de  $31.2 \pm 2.7$  toneladas (Tabla 5-48, Figura 5-71)

Tabla 5-48. resultado del análisis probabilístico de las tasas de aprovechamiento para la gamba española *Aristaemorpha foliacea*. fuente datos Paramo J.

	Estados de la naturaleza (diferentes valores de lambda)							Captura esperada
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
69.8442159	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	10.4134708	16.2369174	18.3106728	19.3820673	20.03957	20.4867326	20.811973	17.5953966
0.05	3.0258222	20.3957995	28.4565214	32.6058505	35.1341576	36.840516	38.0729589	27.2344276
0.075	0.05122798	12.1107222	29.8595895	39.1970227	44.8971072	48.7355745	51.5011468	31.6893347
0.1	9.3766E-05	1.18314578	21.9630009	38.6530851	48.9036397	55.8129335	60.7857714	31.8222338
0.125	3.8376E-08	0.00706665	6.66377645	30.4967539	46.6940315	57.6763038	65.5833303	28.9969768
0.15	9.5979E-12	4.4916E-06	0.13471398	14.5673061	37.8191363	53.8911749	65.5130142	24.069549



Estados de la naturaleza (diferentes valores de lambda)								
0.175	1.69E-15	1.0175E-09	0.00019363	1.11796961	21.8952693	44.015574	60.1535658	17.8055601
0.2	2.1505E-19	1.4548E-13	4.3157E-08	0.00308431	3.79637652	27.6690888	49.0640881	11.2745693
0.225	1.9796E-23	1.4269E-17	4.9956E-12	7.7247E-07	0.02022062	7.08666803	31.8761256	5.45762211
0.25	1.3057E-27	9.7534E-22	3.7251E-16	7.1685E-11	6.1129E-06	0.06833443	9.71311252	1.36940343
0.275	6.0716E-32	4.6278E-26	1.856E-20	3.9774E-15	4.4584E-10	2.2351E-05	0.13519282	0.01893012

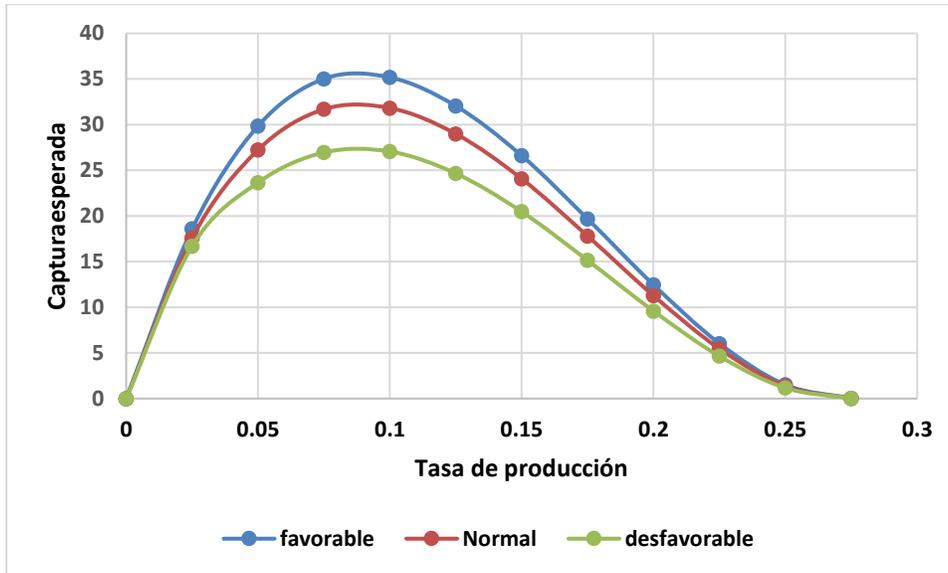


Figura 5-71. Modelo de producción para la gamba española *Aristaemorpha foliacea* para el Caribe colombiano. Fuente datos Paramo J.

Pesquerías de la langosta de aguas profundas (*Metanephrops binghami* (Boone, 1927))



Flick.com

Nombre en inglés: Caribbean lobsterette.

La especie presenta una distribución del Atlántico desde Norte América hasta Sur américa encantados a profundices superiores a los 100 m. (WoRMS, 2022), de manera regional comprende desde Islas Bahamas hasta la Guayana Francesa, e incluso el Golfo de México y el Mar Caribe, donde se ha registrado a profanidades entre los 200 a los 700 m. (Gómez, R., Guzman, & Ramírez, 2005).

Aspectos biológicos de la langosta de profundidad *Metanephrops binghami*.

El recurso presentó un crecimiento de tipo alométrico positivo ( $b \neq 3$ ;  $P < 0.05$ ), con una alta correlación entre la longitud y el peso (Figura 5-72)

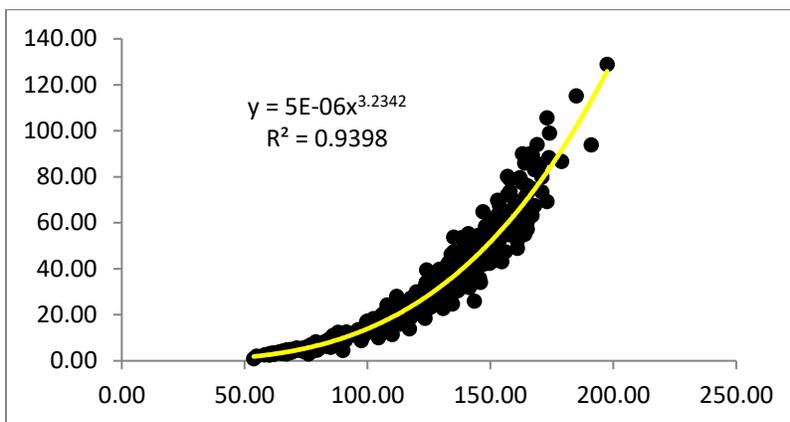


Figura 5-72. Relación longitud pesos de la langosta de profundidad *Metanephrops binghami*. Fuente Paramo J. archivo personal.

La talla de madurez obtenida para las hembras fue para la longitud total fue de 106.5 mm ( $TL_{50\%}$ ), con un 31 % de individuos inmaduros y un 69 % de individuos maduros (Figura 5-73)

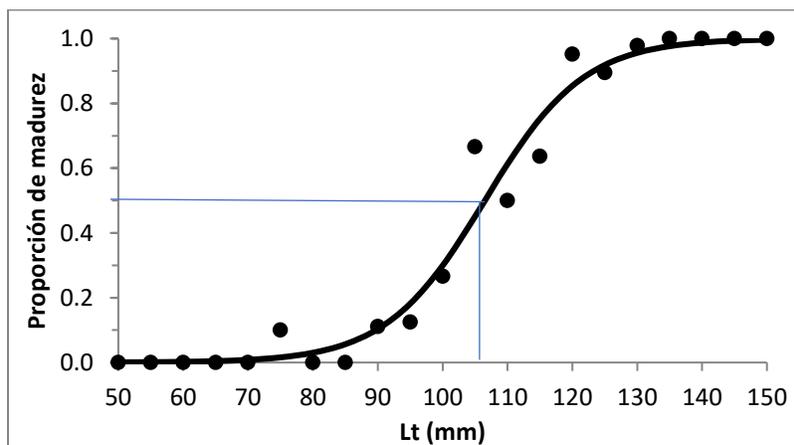


Figura 5-73. Distribución de los datos de tallas de la gamba española para la estimación de la talla de madurez. Fuente archivos personales Paramo J.

Distribución espacial de la langosta de profundidad *Metanephrops binghami*.

Durante el estudio se detectó que las mayores abundancias del recurso se detectaron para La Guajira donde hacia la parte norte se detectaron abundancias que alcanzaron los 300 kg/km<sup>2</sup> que fue de las más altas registradas para este estudio (Figura 5-74)

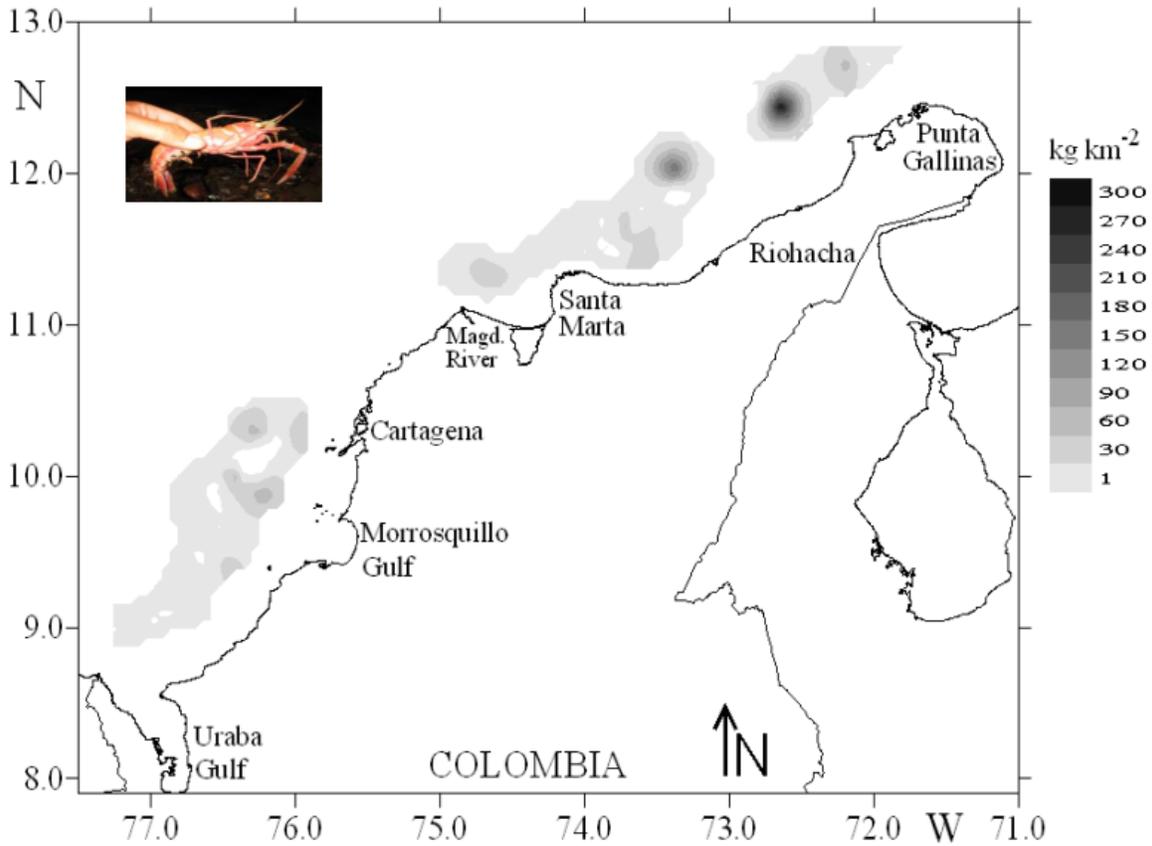


Figura 5-74. Distribución de las biomásas de la langosta de profundidad *Metanephrops binghami*. fuente Paramo, J. Presentación personal.

### Propuesta de cuotas para la langosta de profundidad.

Utilizando la información recopilada por el proyecto de investigación y utilizando un modelo bayesiano y con un parámetro de crecimiento poblacional de 1.2 y simulando una pesquería virtual por 300 años se encontró que los máximos rendimiento se dieron a una tasa de 0.075 de rendimiento anual con un valor de  $36.1 \pm 1.4$  toneladas (Tabla 5-49, Figura 5-76)

Tabla 5-49. resultado del análisis probabilístico de las tasas de aprovechamiento para la langosta de profundidad *Metanephrops binghami*. fuente datos Paramo J.

	Estados de la naturaleza (diferentes valores de lambda)							Captura esperada
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
38.8241378	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	11.4712923	19.818	22.8140907	24.3669406	25.3219166	25.9724906	26.4464823	21.8695699
0.05	1.68831925	21.8184301	33.5582265	39.6107377	43.3028413	45.7963615	47.5997835	32.672458
0.075	0.00495325	7.5811087	31.081686	44.7864612	53.1762032	58.8249737	62.8962529	36.1692295
0.1	9.7716E-07	0.08984113	14.8067605	38.8241378	54.0237425	64.291523	71.6748513	34.11952
0.125	6.2516E-11	2.2893E-05	0.65281502	20.5909951	44.7334616	61.2131036	73.1030563	28.0410836



	Estados de la naturaleza (diferentes valores de lambda)							
0.15	2.2251E-15	1.1673E-09	0.00023916	1.71571212	25.5224652	48.0598586	64.2353367	19.5347056
0.175	5.8171E-20	3.6479E-14	1.0941E-08	0.0011363	2.98457837	22.5073883	50.18113	10.5943926
0.2	1.3656E-24	9.2911E-19	3.1922E-13	5.4073E-08	0.00218594	2.54467294	22.2220698	3.46765002
0.225	2.4049E-29	1.7073E-23	6.3215E-18	1.2385E-12	1.2312E-07	0.00187188	1.81704905	0.25464895
0.25	2.559E-34	1.8742E-28	7.3108E-23	1.5678E-17	1.8618E-12	1.1724E-07	0.00101644	0.00014232
0.275	1.4578E-39	1.0912E-33	4.4053E-28	9.9956E-23	1.3089E-17	9.934E-13	4.1855E-08	5.8599E-09

Figura 5-75

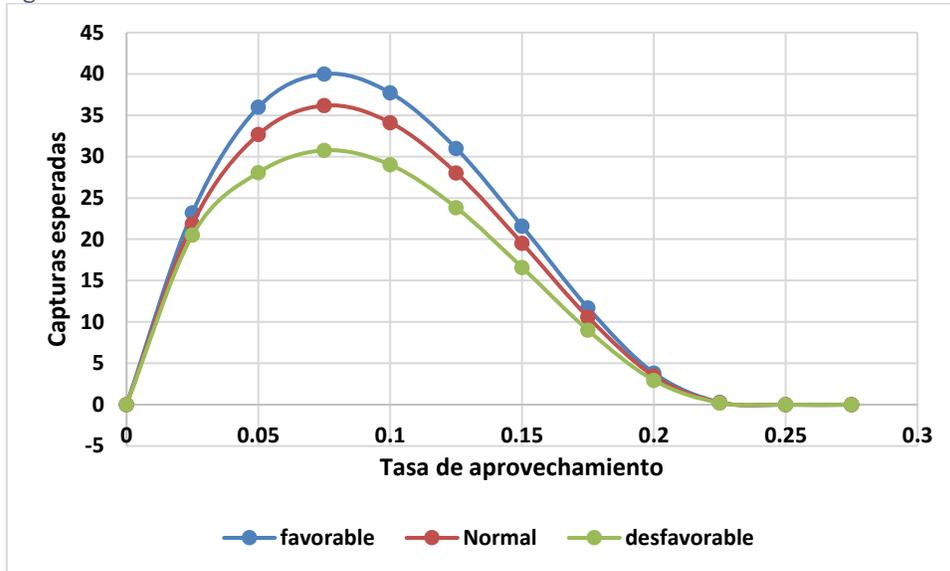


Figura 5-76. Modelo de producción para la langosta de profundidad *Metanephrops binghami* para el Caribe colombiano. Fuente datos Paramo J.

pesquerías del camarón rojo real (*Pleoticus robustus* (Smith, 1885))



es.wikipedia.org

nombre en inglés: royal red prawn.

Este recurso ha demostrado en otros países como México disponer de un interesante potencial pesquero; su distribución se circunscribe en el océano Atlántico ente EE. UU. y Brasil (WoRMS, 2022), en aguas colombianas esta registrado para todo el Caribe colombiano (Paramo, 2011).

Aspectos biológicos de camarón rojo real *Pleoticus robustus*.



De acuerdo con los datos recopilados este recurso presentó un crecimiento individual del tipo alométrico positivo ( $b \neq 3$ ;  $P < 0.05$ ) con un alto coeficiente de correlación (Figura 5-77).

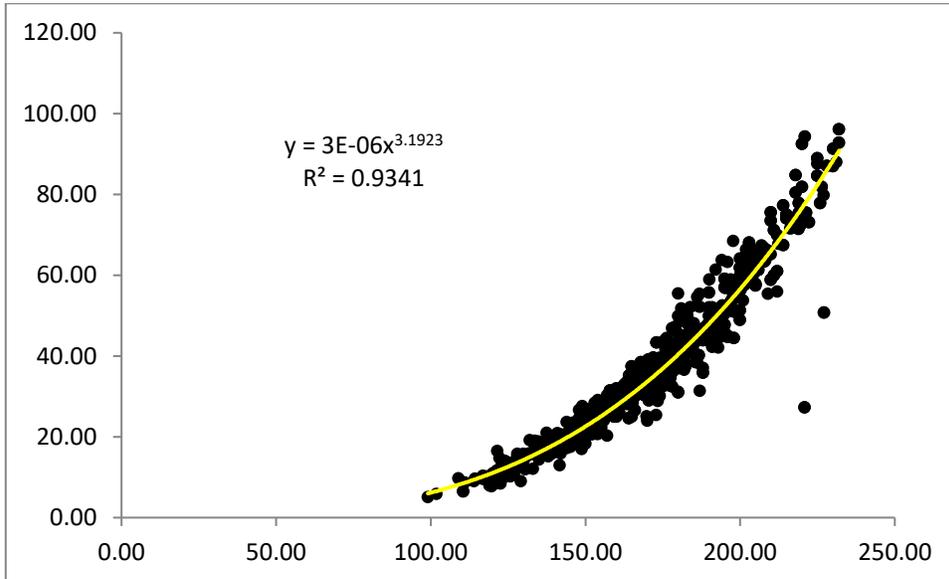


Figura 5-77. Relación longitud pesos del camarón rojo real *Pleoticus robustus*. Fuente Paramo J. archivo personal.

En las investigaciones realizadas *P. robustus* mostró que la talla de madurez sexual ( $LT_{50\%}$ ) fue de 147.35mm de LT de los cuales el 26.8 % fueron inmaduros y el 73.2 % maduros (Paramo & Nuñez, 2015) (Figura 5-78)

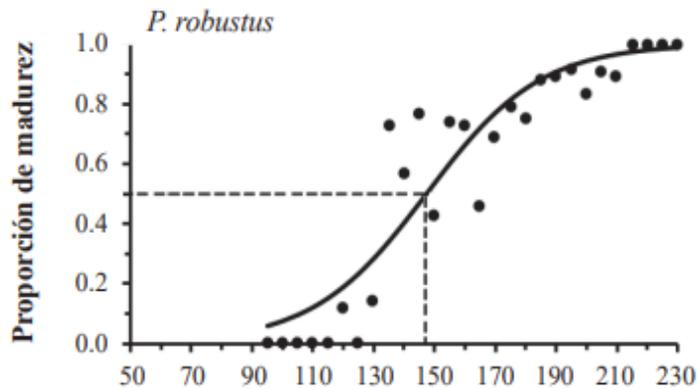


Figura 5-78. Distribución de los datos de tallas de la gamba española para la estimación de la talla de madurez. tomado de (Paramo & Nuñez, 2015).

Distribución espacial del camarón rojo real *Pleoticus robustus*.

Durante el estudio realizado este camarón tubo una amplia distribución con varios sectores de alta densidad cercana a los 200  $\text{kgkm}^{-2}$  que, aunque no es la abundancia más alta reportada si le da una franja de densidad geográficamente más amplia (Figura 5-79).

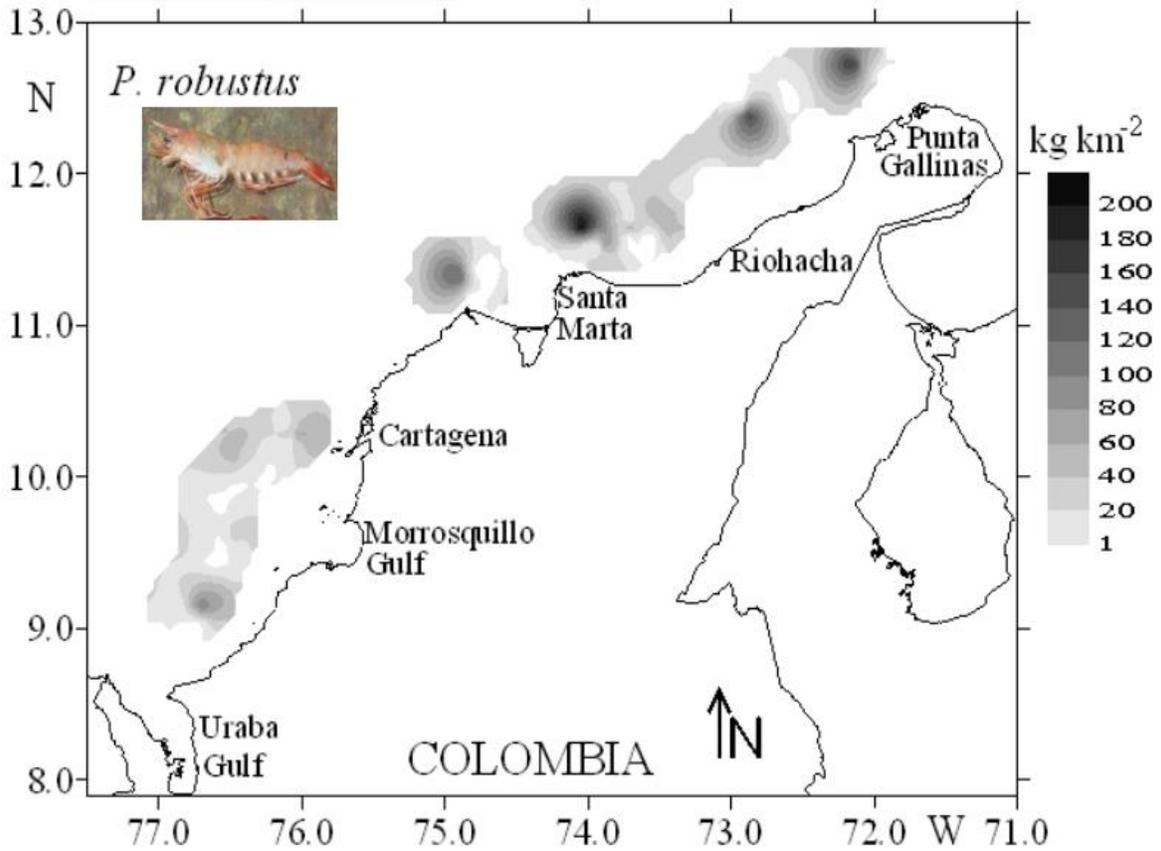


Figura 5-79. Distribución de las biomásas del camarón rojo real *Pleoticus robustus*. fuente Paramo, J. Presentación personal.

Propuesta de cuotas para el camarón rojo real *Pleoticus robustus*.

Con la información reportada se construyó una simulación de 300 años de pesquerías y con una matriz de tipo probabilística se determinó un valor de rendimiento al 10 de la tasa de aprovechamiento de  $55 \pm 5$  toneladas (Tabla 5-50).

Tabla 5-50. resultado del análisis probabilístico de las tasas de aprovechamiento para el camarón rojo real *Pleoticus robustus*. fuente datos Paramo J.

	Estados de la naturaleza (diferentes valores de Lambda)								Captura esperada
	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
138.466139	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.025	18	28	31	33	34	35	36	30	
0.05	5	35	49	56	60	63	65	47	
0.075	0	21	51	67	77	84	88	54	
0.1	0	2	38	66	84	96	104	55	
0.125	0	0	11	52	80	99	113	50	
0.15	0	0	0	25	65	93	112	41	



Estados de la naturaleza (diferentes valores de Lambda)								
0.175	0	0	0	2	38	76	103	31
0.2	0	0	0	0	7	47	84	19
0.225	0	0	0	0	0	12	55	9
0.25	0	0	0	0	0	0	17	2
0.275	0	0	0	0	0	0	0	0

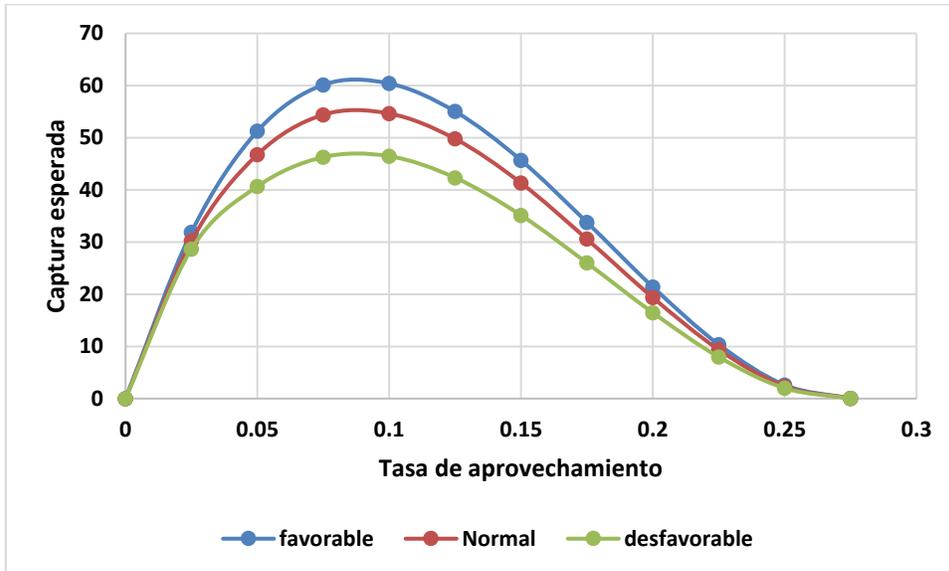


Figura 5-80. Modelo de producción para el camarón rojo real *Pleoticus robustus* para el Caribe colombiano. Fuente datos Paramo J.

### Conclusiones y recomendaciones

Las recomendaciones más importantes que tenemos son:

1. Establecer (delimitar) la zona de pesca global y también los caladeros individuales para poder hacer una gestión individualizada por caladero o en su caso asociación local de pescadores.
2. Establecer (delimitar) áreas marinas protegidas de la pesca (AMP) permanentes (todo el año) en zonas de crianza identificadas a partir de muestreos biológicos.
3. Hacer una veda temporal en la época reproductiva, preferiblemente en el mes de octubre, de acuerdo con el estudio reciente financiado por AUNAP.
4. Campañas experimentales de extracción con nasas, ya que es un arte de pesca pasivo que no altera el hábitat.
  - a. Hacer seguimiento del esfuerzo pesquero: número de nasas, horas de pesca, definir caladeros de uso potencial de nasa, delimitar época de pesca y interacción con otros metiers, etc.



5. Si la extracción con nasas es viable no es necesario realizar pesca de arrastre, por ser muy destructiva con el fondo marino. Si la extracción con nasas no es viable y se decide por realizar pesca de arrastre, es altamente recomendable:
- a. Hacer seguimiento del esfuerzo pesquero: horas de pesca efectiva y área barrida.
  - b. Uso de un sistema de posicionamiento satelital ampliamente usado a nivel global: Vessel Monitoring System (VMS) o BlueBox.
  - c. Máxima potencia de motor de 500 CV. Esta potencia se ha demostrado suficiente en pesquerías de gran profundidad como la que se realiza a más de 800 m en el Mediterráneo occidental (Italia y España).
  - d. Los barcos deben ir equipados con puertas semipelágicas, que evitan la remoción y Re-suspensión de sedimento y la severa modificación y destrucción de los hábitats del fondo marino.
  - e. La cuota inicial de capturas totales, durante el primer año ha de ser de máximo 80 toneladas, teniendo en cuenta que una exploración preliminar sugiere la existencia de un stock de aproximadamente 120 toneladas.
  - f. Las mallas del copo deben tener forma cuadrada (no rómbica) sin nudos, las cuales no se tienden a cerrar con la tensión del arte.
  - g. El tamaño mínimo de luz de malla ha de ser de 60 mm en el copo y el resto del arte debe tener una luz de malla superior.
  - h. El grosor del hilo del copo tiene que ser de 3 mm y de máximo de 5 mm en el resto del arte.
  - i. La longitud del copo tiene que ser superior a los 3 metros de longitud
  - j. El descarte no puede superar el 10 % del peso total de la captura y el 3% del peso total de la captura de especies comerciales. Si este porcentaje de descarte de individuos de especies comerciales es mayor al 3%, se ha de aumentar el tamaño de malla.
  - k. Una vez se realicen capturas con descartes nulos o inferiores al 10% del peso de la captura, se deben realizar pruebas de selectividad. Determinar la selectividad de la red de arrastre con las características indicadas (malla cuadrada de 60 mm sin nudos), realizando un mínimo de 15 pescas experimentales, con sobrecopo, para capturar los individuos que se escapan de la malla cuadrada. De este modo se determinan los parámetros de selectividad de las especies comerciales. La longitud al 50% de los individuos capturados no puede ser inferior a la longitud media de madurez. Si se capturan muy jóvenes sin dejarlos madurar, hay que aumentar el tamaño de malla.
  - l. En el caso de que exista pesca incidental de grandes mamíferos, se debe colocar una malla (con una dimensión a determinar) en la boca de la red para evitar dichas capturas o en su caso realizar pescas experimentales para la pesca accidental de especies locales (diseño de sistemas de no-captura de grandes mamíferos o reptiles).



El campo  
es de todos

Minagricultura



**AUNAP**  
AUTORIDAD NACIONAL  
DE ACUICULTURA Y PESCA

6. Establecer un programa de monitoreo anual para realizar evaluación de los stocks explotados, para obtener fisheries independent data. La evaluación siempre debe resultar en una explotación por debajo del máximo rendimiento sostenible.





<b>Especie</b>	<b>RMS ton</b>	<b>RME \$</b>
<i>Elops smithi</i>	119	536,505,264
<i>Eugerres plumieri</i>	20	60,501,137
<i>Euthynus alleteratus</i>	881	1,762,697,139
<i>Haemulon plumierii</i>	887	6,210,347,386
<i>Haemulosn bonariense</i>	407	2,845,634,996
<i>Lachnolaimus maximus</i>	30	151,458,044
<i>Lutjanus analis</i>	162	1,457,093,110
<i>Lutjanus vivanus</i>	92	829,115,264
<i>Macrodon ancylodon</i>	70	417,162,230
<i>Melongenba melongena</i>	19	299,448,127
<i>Micropogonias furnieri</i>	43	258,370,876
<i>Mugil incilis</i>	721	2,523,163,166
<i>Mugil lisa</i>	34	120,438,367
<i>Ocyurus chrysurus</i>	25	75,063,346
<i>Oplisthonema oglinum</i>	308	380,266,815
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	25	74,695,339
<i>Scarus coeruleus</i>	40	72,643,967
<i>Sciades proops</i>	281	1,688,429,889
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	192	1,152,868,534
<i>Selar crumenophthalmus</i>	73	161,448,536
<i>Sphyaena barracuda</i>	100	600,516,295
<i>Sphyaena guachancho</i>	124	618,259,641

## 6. Capítulo VI

### 6.1 Dinámica de la comercialización de peces ornamentales durante el año 2021

En el año 2021, Colombia exportó un total de 17.829.599 individuos de peces ornamentales, que corresponden a 459 especies, de las cuales 440 son nativas, agrupadas en 49 familias y 19 especies no nativas provenientes de cultivo pertenecientes a cinco (5) familias

Las familias que participaron con mayor diversidad en las exportaciones fueron: Loricariidae (18,91%), Cichlidae (16,09%), Characidae (12,83%) y Callichthyidae (8,48%), aportando el 56,36% de la oferta exportadora, mientras que las familias Loricariidae (36,20%), Characidae (34,69%) y Callichthyidae (10,77%), aportaron el 81,65% del número total de individuos comercializados.

A nivel de especies, se encontró que la especie que aportó el mayor número de individuos a la exportación de peces ornamentales en el año 2021 fue el *Otocinclus huaorani* (14,96%), seguido de *Paracheirodon axelrodi* (11,39%), *Paracheirodon simulans* (8,94%), *Otocinclus vestitus* (7,35%), *Otocinclus vittatus* (3,67%), *Hyphessobrycon saisi* (2,70%) y *Corydoras habrosus* (2,56%), representando estas siete especies (7) el 51,58% de las exportaciones.

Con respecto al origen de las especies exportadas, se observó que la Orinoquia aportó el 58,04% del número total de individuos comercializados en el año 2021, seguido por la amazonia con el 37,85%, mientras que el 4,11% restante se distribuyó entre la cuenca del Magdalena, el Pacífico, Caribe y las especies de cultivo.

En cuanto al seguimiento a las cuotas de aprovechamiento de peces ornamentales del año 2021 (Tabla 6-1), se observa en términos generales, que la dinámica comercial se redujo encontrando que especies como *Paracheirodon axelrodi*, *Otocinclus vittatus*, *Chaetostoma dorsale*, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* y *Potamotrygon schroederi* no sobrepasaron el 50% de la cuota asignada para el año 2021; mientras que especies como *Osteoglossum bicirrhosum*, *Corydoras axelrodi*, *Corydoras metae*, *Hemiancistrus guahiborum*, *Panaque nigrolineatus*, *Panaque sp.*, *Panaque titan*, *Pterophyllum altum* y el grupo otras especies, tuvieron un aprovechamiento de la cuota entre el 60 - 100%; finalmente se encontró que la especie *Panaqolus maccus*, sobrepasó la cuota en un 1 %, debido a que la entrega de los informes mensuales por parte de los permisionarios, no está sincronizada con la solicitud de autorización de exportaciones a la Ventanilla Única de Comercio Exterior; en tal sentido cuando se detectó el sobre paso de la cuota ya se habían autorizado las exportaciones de dichos individuos por parte de los comerciantes que cumplen de manera oportuna con la entrega de los informes; sin embargo se considera que el sobre paso de la cuota no pone en riesgo la sostenibilidad de esta especie, dado que el número de individuos totales comercializados se encontró dentro del rango del límite de seguridad establecido por el modelo.

Tabla 6-1. Seguimiento de las cuotas de peces ornamentales para la vigencia 2021

Especies / Grupo	Cuota Asignada (Unidades)	Total, Exportado (Unidades) Informes DTIV	% Aprovechamiento
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	700.000	472.570	67,51
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	4.832.000	2.031.741	42,05
<i>Corydoras axelrodi</i>	40.000	30.779	76,95
<i>Corydoras metae</i>	150.000	128.190	85,46
<i>Otocinclus vittatus</i>	1.772.000	655.137	36,97
<i>Chaetostoma dorsale</i>	63.000	31.135	49,42
<i>Hemiancistrus guahiborum</i>	14.000	12.622	90,16
<i>Panaqolus maccus</i>	93.000	93.961	101,03
<i>Panaque nigrolineatus</i>	180.000	64.233	66,31
<i>Panaque sp.</i>		10.211	
<i>Panaque titan</i>		44.917	
<i>Pterophyllum altum</i>	263.000	164.011	62,36
<i>Paratrygon aiereba</i>	11.000	0	4,51
<i>Potamotrygon motoro</i>		192	
<i>Potamotrygon orbignyi</i>		17	
<i>Potamotrygon schroederi</i>		287	
<i>Potamotrygon magdalenae</i>	9.000	0	0
Otras especies	14.107.600	14.089.596	99,87
<b>Total</b>	<b>22.234.600</b>	<b>17.829.599</b>	<b>80,19</b>

Con respecto al grupo de otras especies, el 99,87% del número total de individuos comercializados (14.089.596), estuvo conformado por *Otocinclus huaorani*, *Paracheirodon simulans*, *Otocinclus vestitus*, *Hyphessobrycon saizi*, *Corydoras habrosus*, *Corydoras pygmaeus* y *Axelrodia riesei* como se presenta en la Tabla 6-2

Tabla 6-2. Conformación del grupo Otras especies

Especies / grupo	Unidades	%
<i>Otocinclus huaorani</i>	2.667.415	18,93
<i>Paracheirodon simulans</i>	1.594.854	11,32
<i>Otocinclus vestitus</i>	1.310.320	9,30
<i>Hyphessobrycon saizi</i>	481.465	3,42
<i>Corydoras habrosus</i>	455.858	3,24
<i>Corydoras pygmaeus</i>	483.960	3,43
<i>Axelrodia riesei</i>	478.838	3,40
Subtotal	7.472.710	53,04
Las especies restantes (436)	6.616.886	46,96
<b>TOTAL</b>	<b>14.089.596</b>	<b>100</b>

Adicionalmente en la Tabla 6-3, se presenta el seguimiento de las cuotas globales para el año 2022 con corte a junio 30, Se observa que existen cuatro (4) especies que han sobrepasado el 70% de la cuota, estas son: *Carnegiella strigata*, *Nannostomus eques*, *Bunocephalus amaurus* y *Chaetostoma formosae*. En tal sentido es importante señalar que para las dos primeras especies el día siete (7) de junio se restringió su comercialización mientras que para las dos últimas el cierre de su comercialización está en proceso.

Tabla 6-3. seguimiento cuotas globales de pesca de peces ornamentales de la vigencia 2022.

Código *	Grupo / Especie	Nombre común	Cuota 2022	Acumulado Unidades Junio	% utilización cuota Junio
1	<i>Paratrygon aiereba</i>	Raya manzana	9.900		2,73
2	<i>Paratrygon sp.</i>	Raya manzana espinosa			
3	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Raya látigo			
4	<i>Plesiotrygon nana</i>	Raya látigo reticulada			
5	<i>Potamotrygon constellata</i>	Raya espinosa			
7	<i>Potamotrygon motoro</i>	Raya motoro			
8	<i>Potamotrygon orbignyi</i>	Raya común			
9	<i>Potamotrygon schroederi</i>	Raya guacamaya			
10	<i>Potamotrygon scobina</i>	Raya llovizna			
6	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya Barranquilla			
11	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Arawana plateada	700.000	264.539	37,79
91	<i>Paracheirodon axelrodi</i>	Cardenal	4.832.000	883.966	18,29
248	<i>Otocinclus vittatus</i>	Otocinco cola rayada	512.000	218.990	42,77
305	<i>Chaetostoma dorsale</i>	Cucha albina lisa punto de oro	37.000	17.343	46,87
317	<i>Hemiancistrus guahiborum</i>	Cucha roja	14.000	5.049	36,06
334	<i>Panaqolus maccus</i>	Cucha piña	200.000	91.070	45,54
335	<i>Panaque nigrolineatus</i>	Real de línea	180.000	26.362	29,67
336	<i>Panaque sp</i>	Real de punto		2.338	
337	<i>Panaque titan</i>	Real verde, Real royal		24.702	
500	<i>Pterophyllum altum</i>	Escalar altum		227.229	
302	<i>Ancistrus triradiatus</i>	Cucha Cúcuta	29.896	8.660	28,97
137	<i>Carnegiella marthae</i>	Estrigata marta (ORINOQUIA)	19.300	4.742	24,57
		Estrigata marta (AMAZONIA)	62.800	14.103	22,46
63	<i>Hemigrammus bleheri</i>	Nariz de borracho	200.000	2.600	1,30
194	<i>Bunocephalus amaurus</i>	Catalina común	9.740	9.390	96,41
210	<i>Corydoras concolor</i>	Corredora concolor	144.643	27.520	19,03
221	<i>Corydoras melanotaenia</i>	Corredora verde	80.249	38.504	47,98
140	<i>Carnegiella strigata</i>	Estrigata mármol (ORINOQUIA)	121.000	110.115	91,00
		Estrigata mármol (AMAZONIA)	297.205	11.320	3,81
165	<i>Nannostomus eques</i>	Pencil cola roja	52.900	51.365	97,10
347	<i>Microglanis iheringi</i>	Pacamú enano	74.000	19.263	26,03
28	<i>Leporinus fasciatus</i>	Laporino rayado	17.400	2.911	16,73
306	<i>Chaetostoma formosae</i>	Cucha albina lisa punto verde	238.392	178.764	74,99
499	<i>Mikrogeophagus ramirezi</i>	Ramirezi	136.000	30.979	22,78
	Otras especies **		12.624.095	6.461.846	51,19
Total			20.827.829	8.514.500	40,88

## 6.2 Resultado de la modelación de las pesquerías de peces ornamentales

Aunque no se cuenta con información precisa de las capturas que se realizan sobre los recursos ornamentales, para la aplicación del modelo bayesiano de producción excedente (CMSY) el cual

requiere de una serie histórica no inferior a nueve (9) años; se realizó un piloto con la información de las bases de datos de acopio y comercialización recopiladas en su momento por el INPA, INCODER y SEPEC, y con esta información se construyó una serie con la que se realizó una aproximación a la dinámica de estas pesquerías, que de por sí son los únicos recursos de agua dulce a los que actualmente se les establece una cuota de aprovechamiento.

Con respecto a las especies *Paratrygon aiereba*, *Paratrygon sp*, *Plesiotrygon iwamae*, *Plesiotrygon nana*, *Potamotrygon constellata*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbigny*, *Potamotrygon schroederi*, *Potamotrygon scobina* y *Potamotrygon magdalenae*), el cálculo de la cuota, se realiza tomando como referencia los datos de comercialización consignados en los informes de exportaciones y se aplica el modelo estadístico de medias móviles ARIMA, en razón a que a la fecha no se cuenta con la información poblacional; esta misma situación no permite que se tenga una cuota diferenciada por especie, por lo tanto se establece un solo valor para el grupo de rayas de la familia Potamotrygonidae así como para las especies arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), Panaques (*Panaque nigrolineatus*, *Panaque sp*, *Panaque titan*) y el grupo de otras especies.

Es importante aclarar que para el grupo de otras especies en el año 2021 fueron extraídas las especies *Carnegiella marthae*, *Carnegiella strigata*, *Bunocephalus amaurus*, *Ancistrus triradiatus*, *Hemigrammus bleheri*, *Corydoras melanotaenia*, *Nannostomus eques*, *Microglanis iheringi*, *Leporinus fasciatus*, *Chaetostoma formosae* y *Mikrogeophagus ramirezi*) a las cuales se les aplicó el modelo MSY y fue posible asignarle una cuota individual cuyo seguimiento se presenta en la Tabla 5-50.

En esta misma línea es importante señalar que las especies de la Familia Potamotrygonidae cuentan con dos medidas complementarias y adicionales a la cuota global de pesca orientadas al manejo y aprovechamiento sostenible; en tal sentido se destaca la expedición en el año 2017 de la resolución 1609 Compilada en la resolución 195 de 2021, mediante la cual se estableció el rango de talla de ancho de disco mínimo de 15 cm y máximo de 20 cm; de igual forma estas especies están cubiertas por la veda a la pesca en la Orinoquia colombiana que rige todos los años a partir del primero de mayo hasta el 30 de junio.

De otra parte, la especie *Osteoglossum bicirrhosum*, cuenta con una veda específica como medida complementaria a la cuota, que fortalece las medidas de manejo y protección de la especie, y corresponde al Acuerdo 18 de 1996 que se aplica en la cuenca del Amazonas y el Acuerdo 005 de 1997 de aplicación en la cuenca de los ríos Caquetá y Putumayo.

En cuanto al grupo de Panaques (*Panaque nigrolineatus*, *Panaque sp*, *Panaque titan*), estas también se encuentran protegidas por la veda de la orinoquia; en tal sentido la cuota no es la única medida de administración establecida por AUNAP para estos recursos.

### 6.3 Peces

#### 6.3.1 Pesquerías del cardenal *Paracheirodon axelrodi* (Schultz, 1956).



Foto: AUNAP – FUNINDES, 2020

##### 6.3.1.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para el cardenal *Paracheirodon axelrodi*.

El análisis de la información histórica de la pesquería del cardenal, muestra que en el periodo 1998 – 2021, el valor máximo de captura de esta especie se presentó en el año 2005, indicando que su biomasa relativa se encontraba en un adecuado nivel de aprovechamiento; más adelante, en el periodo 2005 – 2009 las capturas de cardenal muestran un comportamiento fluctuante, con tendencia a la disminución, siendo el año 2010 cuando se presenta el nivel más bajo, para el periodo 2011 – 2021 nuevamente la captura de cardenal presenta un comportamiento fluctuante con tendencia al incremento, pero sin alcanzar el nivel del año 2005. (Figura 6-1 panel A).

En cuanto al tamaño del stock, se observa que, en el año 1998, la biomasa relativa ( $B/k$ ) se encontró en el rango entre 0,4 - 0,8 indicando un bajo agotamiento ( $B/k$ ); mientras que para el año de quiebre 2011 este indicador disminuyó al rango entre 0.01 a 0.4 y para el último año de análisis (2021) la estimación de la biomasa relativa se ubicó en el rango entre 0.01 a 0.21 (Figura 6-1, panel D), mostrando una reducción crítica de la biomasa relativa de la especie.

Con respecto a la tasa de aprovechamiento, se observa como este recurso en el periodo 1998 – 2002, presentó una tasa de aprovechamiento por debajo del nivel estándar, y a partir del año 2003 – 2009 pasa a niveles por encima del estándar; en los últimos años la tasa de aprovechamiento fluctúa alrededor de este último rango, siendo el periodo comprendido entre los años 2020 – 2021 un periodo de clara recuperación (Figura 6-1, panel E).

La curva de equilibrio mostró que en general las tasas de rendimiento estuvieron por encima del MSY. (Figura 6-1, panel F)

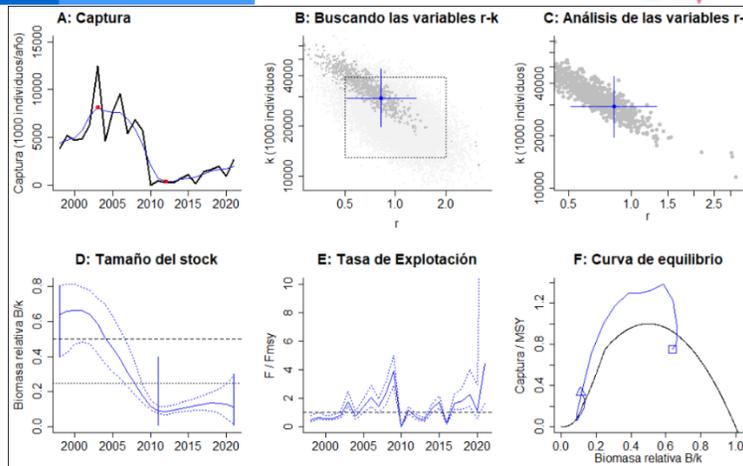


Figura 6-1. Resultados del análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi* utilizando los modelos CMSY. El panel A. muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ . Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

Los análisis efectuados con el modelo CMSY, muestran que la especie *Paracheirodon axelrodi* presenta una resiliencia media, dado que el coeficiente  $r$  (0,822) se encuentra contenido en el intervalo de confianza del 95% (0.511 – 1,32); la tasa de biomasa relativa para el último año es baja ( $0,112 \pm 0,0147 - 0,291$ ) y la mortalidad por pesca en el último año  $F/(r/2)$  está por debajo del valor referente del último año estudiado ( $4,43 \pm 1,7 - 33,8$ ), mostrando una ligera recuperación de la pesquería. (Tabla 6-4)

Tabla 6-4. Resultados del CMSY para las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0,822	0,511	1,32
MSY	5.854.000	4.694.000	7.421.000
K	29.332.000	16.659.000	43.764.000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.112 de K	0,0147	0,291
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4,43	1,7	33,8

El análisis del comportamiento de las capturas de cardenal muestra que el nivel de mortalidad por pesca del rendimiento máximo sostenible  $F_{msy}$  se encuentra en un nivel crítico (0,411 año-1); dado que punto de referencia objetivo es igual al  $F_{msy}$ . (Tabla 6-4).

Los resultados del modelo MSY indican que el aprovechamiento de *P. axelrodi* debe establecerse en un valor de  $5.854.000 \pm 4.694.000 - 7.421.000$  individuos teniendo en cuenta que la biomasa relativa en el último año  $B/B_{msy}$  fue baja (0,224); mientras que la tasa de

explotación para el mismo periodo fue alta ( $4,43 \pm 1,7 - 33,8$ ), por lo cual se debe buscar que esta baje por lo menos al límite inferior del rango es decir 1,7 (Tabla 6-4)

El ejercicio sobre el comportamiento de las **capturas** frente a su punto de referencia (MSY) mostro dos periodos, uno inicial de ascenso hasta el 2008 y otros de declive con una pequeña recuperación para el 2019 y 2021, pero no así para el 2020; por lo mismo las biomazas relativas (B/Bmsy) permitieron establecer que a partir del 2008 en adelante el recurso se encuentra en una zona de manejo; esto se manifiesta en el hecho de tener una tasa de aprovechamiento en permanente descenso. (Tabla 6-4).

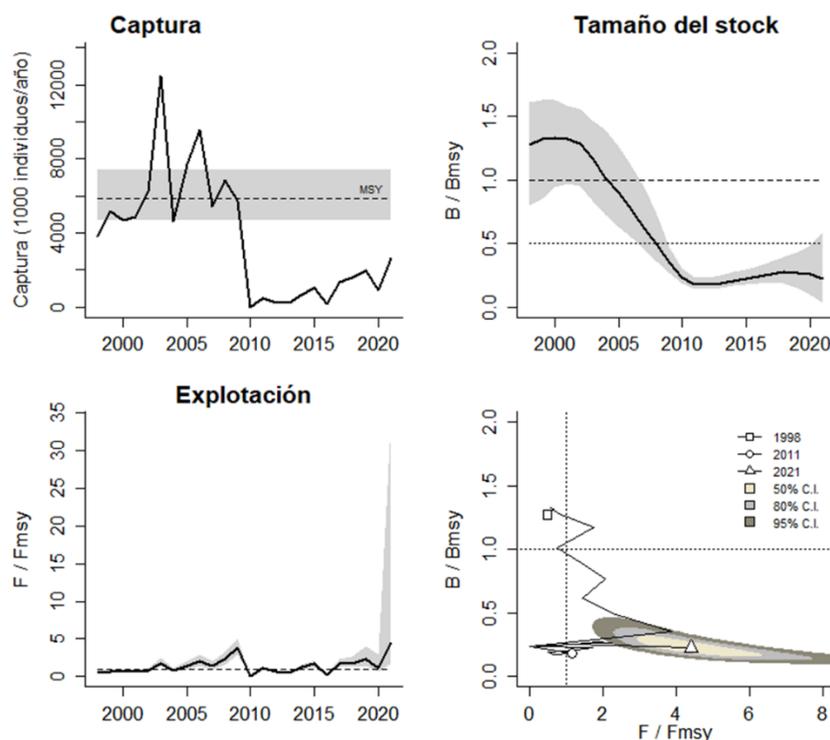


Figura 6-2. Análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=Fmsy$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo

El análisis del aprovechamiento de la especie *P. axelrodi*, finaliza con la construcción de una gráfica de Kobe que muestra la interacción entre las capturas y sus planos probabilísticos; en tal sentido se encontró que la pesquería de cardenal estuvo en sus primeros años en la fase óptima, entró en la fase de plena explotación y tuvo registros negativos para los últimos años; el sistema muestra para el año 2020 una probabilidad de estado crítico en 51.4% y en recuperación del 48.6%, mientras que para el año 2022 la probabilidad que la población se encuentre en una condición crítica es del 100%. (Figura 6-3)

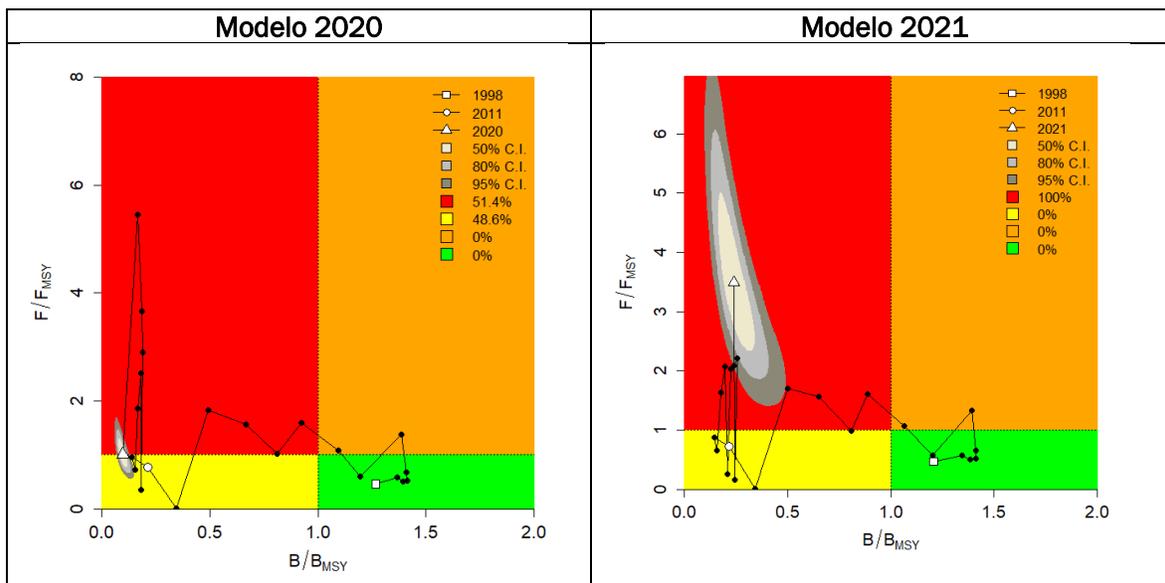


Figura 6-3. Comparativo gráfica de Kobe *P. Axelrodi* años 2020 - 2021

### 6.3.1.2 Conclusiones de las pesquerías del cardenal *Paracheiroidon axelrodi*.

Los resultados del análisis de la pesquería de *Paracheiroidon axelrodi* utilizando el modelo CMSY muestran que este recurso está siendo objeto de una presión de pesca mayor a su reclutamiento, por lo tanto, se recomienda mantener la cuota de pesca establecida para el año 2022 (4.832.000 individuos), en razón a que ésta se encuentra dentro de los niveles de seguridad del MSY, (4.694.000 - 7.421.000) calculados para el año 2023 así como el aprovechamiento de la cuota asignada para el año 2021 no sobrepaso el 50%.

### 6.3.2 Pesquerías del escalar altum *Pterophyllum altum* Pellegrin, 1903



Foto: AUNAP - FUNIDES, 2016

### 6.3.2.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del altum (*Pterophyllum altum*)

A partir del análisis de los registros históricos (1998 – 2021) de las capturas del escalar altum que realiza la AUNAP, se observa que en el periodo comprendido entre los años 2001 – 2014, se presentó una reducción en las capturas de esta especie; no obstante, a partir del 2015 hasta la fecha se observa un ligero incremento en las mismas. (Figura 6-4, línea azul panel A).

Con respecto al tamaño del stock, la estimación de la biomasa relativa según del modelo bayesiano, se observa que el rango de distribución de B/K en el año 1998 estuvo entre 0,2 – 0,6 siendo moderado; mientras que para el año de quiebre (2016) la biomasa relativa se ubicó entre 0,5 – 0,7 descendiendo nuevamente en el último año (2021) al rango inicial (0,2 – 0,6) (Figura 6-4, panel D). A pesar de que la tasa de aprovechamiento aumento en los últimos años, la evaluación del aprovechamiento de esta especie indica que la biomasa relativa se encuentra en buenas condiciones (Figura 6-4, panel E), dado que la curva de equilibrio presenta muchos datos agrupados en los niveles positivos. (Figura 6-4, panel F).

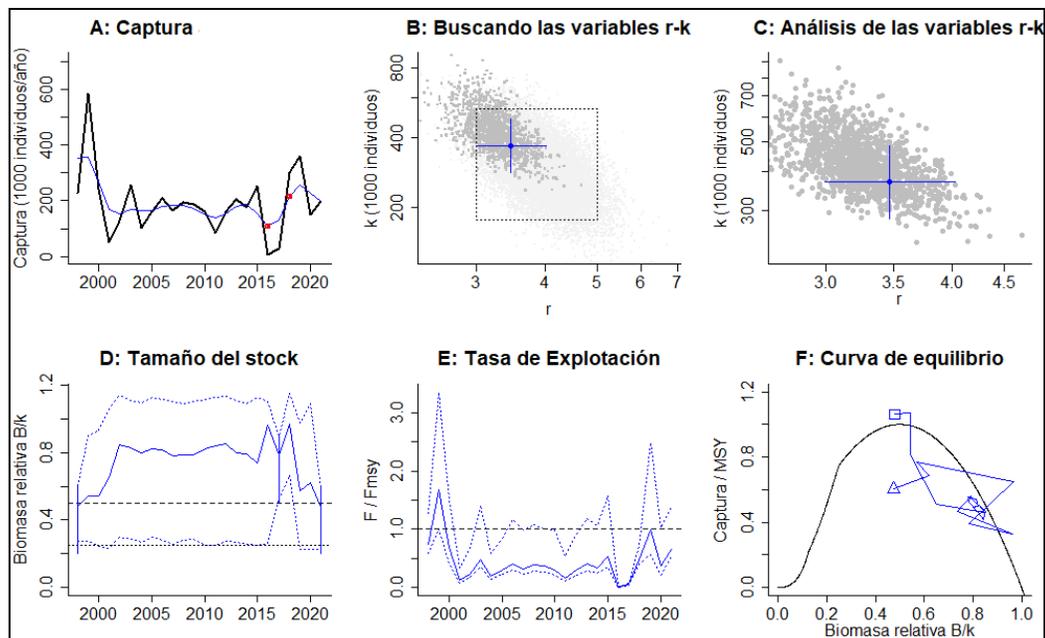


Figura 6-4. Resultados del análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ . Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con B/k, con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El análisis de los resultados del modelo de rendimiento máximo sostenible CMSY para el escalor altum, indican que esta especie presenta una tasa de crecimiento alta ( $r = 3,47$ ) lo que significa que este recurso tiene una rápida recuperación frente a condiciones de presión por pesca; la biomasa relativa estimada para el año 2021 fue de  $0,475 \pm 0,224 - 0,593$ , muy cercana al límite superior del intervalo; mientras que la tasa de aprovechamiento  $F/(r/2)$  para el año 2021 es inferior ( $0,654$ ) al nivel de referencia ( $1,73$ ); en tal sentido se considera que esta situación puede deberse a una reducción en el esfuerzo de pesca debido posiblemente a los cambios ambientales en el ecosistema. (Figura 6-5, Tabla 6-5, Tabla 6-5).

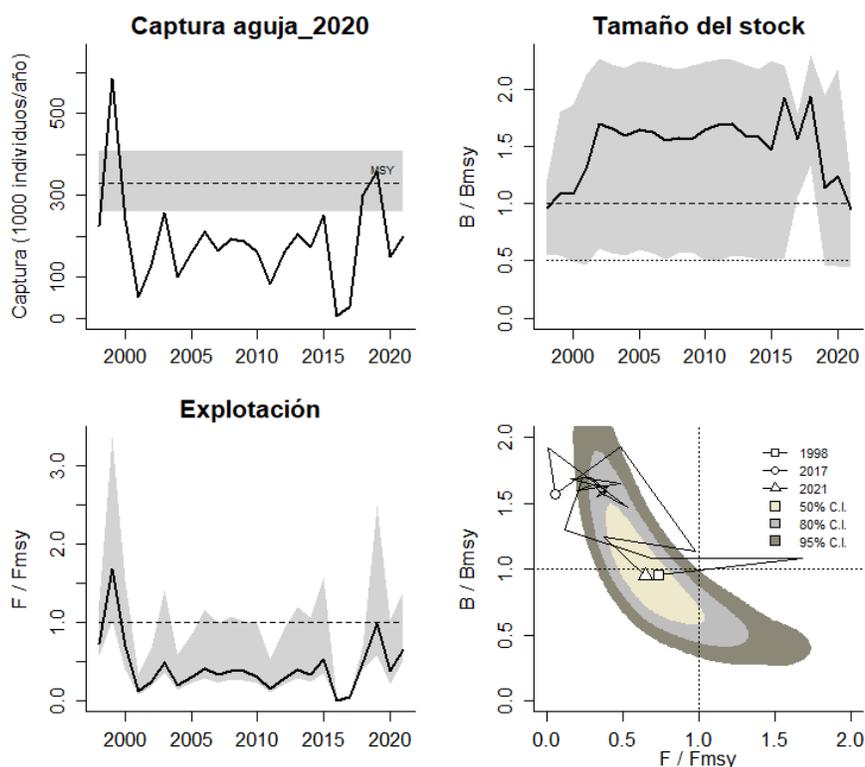


Figura 6-5. Análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [línea negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=Fmsy$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Tabla 6-5. Resultados del CMSY para las pesquerías de *Pterophyllum altum*.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	3.47	2.99	4.02
MSY	331000	260000	407000
K	369000	282000	483000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5



Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
Biomasa relativa en el último año	0.475 de K	0.224	0.593
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.654	0.523	1.39

Tabla 6-6. Resultados del modelo CMSY con fines de administración de *Pterophylun altum*.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	1.73	1.5	2.01	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>1.73</b>
Fmsy	1.73	1.5	2.01	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	331000	26000	404000		
Bmsy	185000	141000	242000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	175000	82700	219000		
B/Bmsy en el último año	0.95	0.448	1.19		
Mortalidad por pesca en el último año =	1.13	0.908	2.41		
Explotación $F/F_{msy} =$	0.654	0.523	1.39		

Finalmente, el análisis del comportamiento de la pesquería del escalar altum se completó con la construcción de una gráfica de fases probabilísticas de Kobe; en ella se muestra que la pesquería de esta especie, durante los primeros años de aprovechamiento, presento un comportamiento adecuado; luego pasa hacia la zona de plena explotación y en los últimos años ha estado entrando y saliendo de la zona óptima transitando por la zona de recuperación.

En términos generales se puede anotar que la probabilidad de que la pesquería del escalar altum en el 2020 se encuentre en el estado cíclico es de 38.4%, mientras que la probabilidad que se ubique en la zona de recuperación es de 57.6% y existe una probabilidad del 4% de encontrarse en el nivel óptimo de aprovechamiento (Tabla 6-9), mientras que para el año 2021 se observa que la probabilidad que la pesquería de escalar altum entre en una zona crítica es del 15%, que se encuentre en la zona de recuperación es del 39,7% y la probabilidad que se encuentre en un adecuado nivel de aprovechamiento es de 45,2%

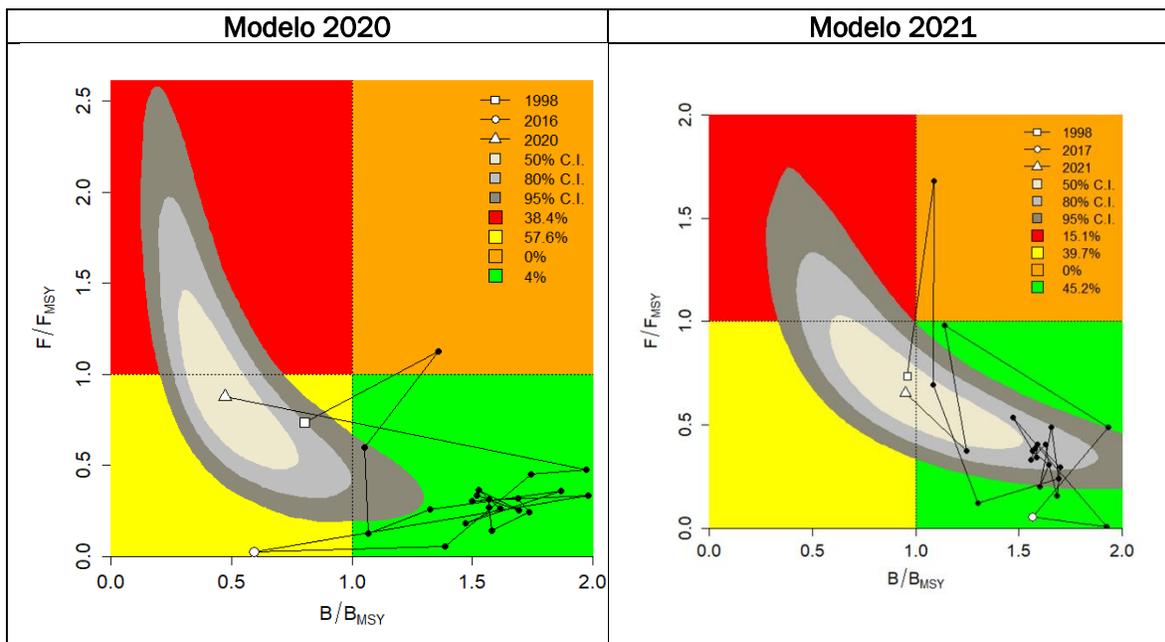


Figura 6-6. Análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum*, utilizando el gráfico de fases de Kobe años 2020 - 2021

### 6.3.2.2 Conclusiones de las pesquerías del escalar altum (*Pterophyllum altum*)

La pesquería de *Pterophyllum altum*, se encuentra en un nivel adecuado de aprovechamiento, condición que se atribuye al seguimiento riguroso de la cuota que realiza la AUNAP y a las medidas de manejo complementarias que se han tomado como el establecimiento de la veda, que se implementa todos los años a partir del 1 de enero al 30 de junio y el control de la talla para su comercialización en el rango 2 - 8 cm de longitud estándar, de acuerdo con lo señalado en la Resolución 1609 de 2017, compilada en la Resolución 195 de 2021

Por lo anterior, se propone para la vigencia 2023, establecer la cuota global de pesca para *Pterophyllum altum* en 260.000 unidades, que corresponden al límite inferior del intervalo de confianza; teniendo en cuenta que el seguimiento de la vigencia 2022 con corte al 30 de junio muestra que solo se ha utilizado el 1,86% de la cuota.



### 6.3.3 Pesquerías de cucha cúcuta (*Ancistrus triradiatus* Eigenmann, 1918)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016.

#### 6.3.3.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cucha cúcuta (*Ancistrus triradiatus*).

El análisis de las series históricas de las capturas de *A. triradiatus*, mostraron el comportamiento normal de una pesquería en desarrollo; es decir capturas altas en los primeros años, luego una reducción continua en ellas y después del 2015 se registra un aumento (Figura 6-7, panel A).

La evaluación de las biomásas, teniendo como indicador las biomásas relativas ( $B/K$ ), presentan una sistema prior; el rango de este indicador para 1998 se encuentra entre 0.2 - 0.6; para el año de quiebre 2013 el indicador baja al rango entre 0.05 - 0.4 manteniéndose constante para el 2021 así las cosas se observó que a partir de 2010 las capturas sobrepasaron el límite de estabilidad, sugiriendo que la pesquería de esta especie entro en una condición crítica para su estabilidad (Figura 6-7, panel D).

El comportamiento de la tasa de aprovechamiento muestra una situación oscilante frente a la línea límite de seguridad, lo cual revela que la situación de la pesquería frente a este indicador ( $F/(r/2)$ ), no resulta ser tan negativa (Figura 6-7, panel E).

Finalmente, la curva de equilibrio muestra una situación del recurso es delicada dado que cerca del 70% de las capturas están ubicadas en la zona de alta explotación (Figura 6-7, panel F)

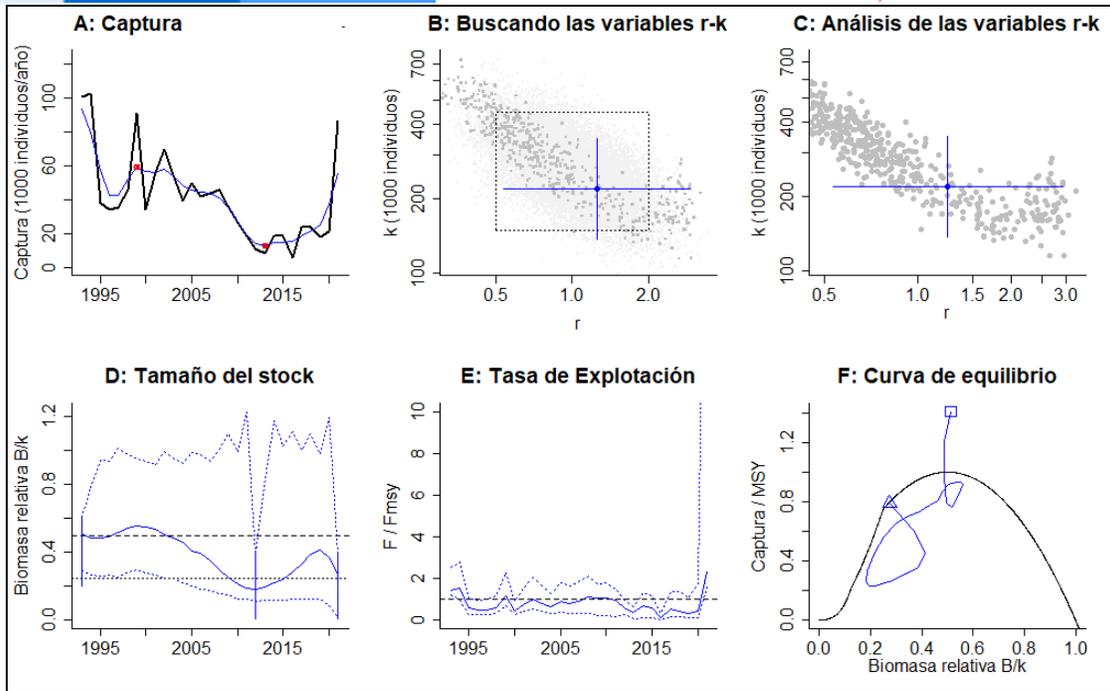


Figura 6-7. Resultados del análisis de las pesquerías de *Ancistrus triradiatus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ . Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

Otro enfoque del análisis de las capturas está relacionado con el Rendimiento máximo sostenible - MSY que fue sostenible hasta el año 2009, de allí en adelante las capturas se han reducido; comportamiento similar se observó en el análisis de las biomazas, dado que a partir de 2012 el equilibrio de las poblaciones se está viendo comprometido debido a que las capturas sobrepasaron el límite de sostenibilidad, hecho que se ve corroborado con el indicador de aprovechamiento ( $F/F_{msy}$ ), donde ya se registran varios años con altos niveles de captura, que sobrepasan la línea de equilibrio (Figura 6-8).

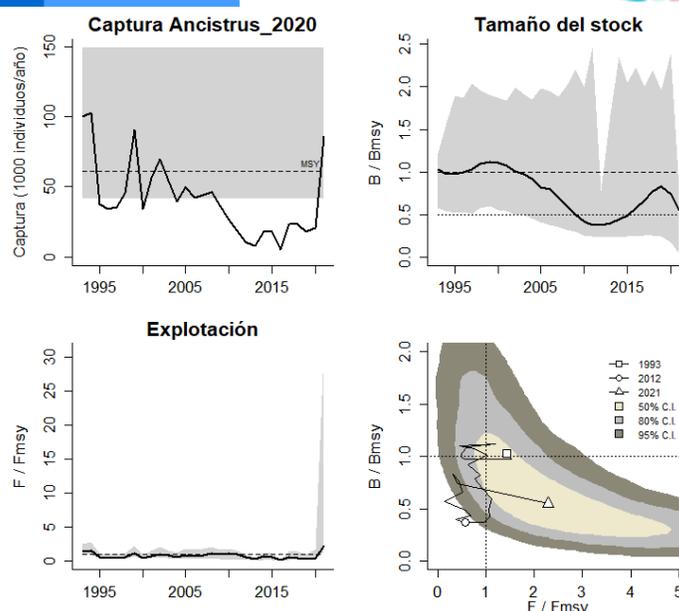


Figura 6-8. Análisis de las pesquerías de *Ancistrus triradiatus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados más relevantes se dieron con la tasa intrínseca de crecimiento que muestra un recurso con una tasa de resiliencia alta (1,35), y una capacidad de carga (k) razonable para los niveles de capturas poco intensos; Sin embargo, los resultados del MSY indican que la especie no soporta niveles de aprovechamiento altos, en razón a que el indicador de la biomasa relativa en el último año ( $0,287 \pm 0.0242 - 0.397$ ) estuvo por debajo del 0.5, indicando que la presión por pesca es alta, situación confirma por la tasa de explotación del último año  $F/(r/2) = 2,14$  que es mayor a la tasa intrínseca de crecimiento ( $r = 1,35$ ) de *A. triradiatus* (Tabla 219), i

Tabla 6-7. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la cucha cúcuta (*Ancistrus triradiatus*) en la Orinoquía colombiana.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.35	0.626	2.91
MSY	64700	46400	152000
K	208000	138000	315000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.287de K	0.0242	0.397
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.14	1.55	25.3

De otra parte, se estimó el valor que tendría la mortalidad por pesca frente al agotamiento del recurso; En tal sentido, se observa que este indicador muestra que el aprovechamiento de la cucha cucuta, ha sobrepasado los niveles de seguridad y que el valor de referencia para este indicador es de 0.675 año<sup>-1</sup>, que se muestra porque la tasa de explotación F/Fmsy es superior a 1 que es el punto de equilibrio (Tabla 6-8).

Tabla 6-8. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha cúcuta *Ancistrus triradiatus* en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,675	0,313	1,45	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0,675</b>
Fmsy	0,675	0,313	1,45	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	64.700	46.400	152.000	
Bmsy	104.000	69.000	157.000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	59.700	5.040	82.600	
B/Bmsy en el último año	0,573	0,0484	0,793	
Mortalidad por pesca en el último año =	1,44	1,04	17,1	
Explotación F/Fmsy =	2,14	1,55	25,3	

El análisis del comportamiento histórico de la pesquería *A. triradiatus*, se proyectó sobre el gráfico probabilístico de fases de Kobe; en este orden de ideas, se encontró que en los dos años iniciales el nivel de aprovechamiento de la cucha Cúcuta fue adecuado, mientras que en los años siguientes las capturas se incrementaron pasando a la zona de plena explotación, luego la pesquería se movió a la zona crítica y posteriormente a la zona de recuperación, sin embargo en los últimos años el comportamiento de la pesquería ha permanecido en la zona crítica. Por lo tanto, la probabilidad de que la pesquería de la cucha cúcuta se encuentre en el año 2020, en la zona crítica es de 87%, mientras que la probabilidad de que se ubique en la zona de recuperación es del 12.3% y solo el 0.7% es la probabilidad que esté en la zona óptima; para el año 2021 la situación de la pesquería de *A. triradiatus* presenta una ligera recuperación, observando que la probabilidad que la pesquería de esta especie se ubique en la zona crítica es de 76,9%, en la zona de recuperación 2,9%, 7,4% que se encuentre en la zona de transición y el 12,8%, se encuentra en la zona óptima como se observa en la Figura 6-9

Año 2020	Año 2021
----------	----------

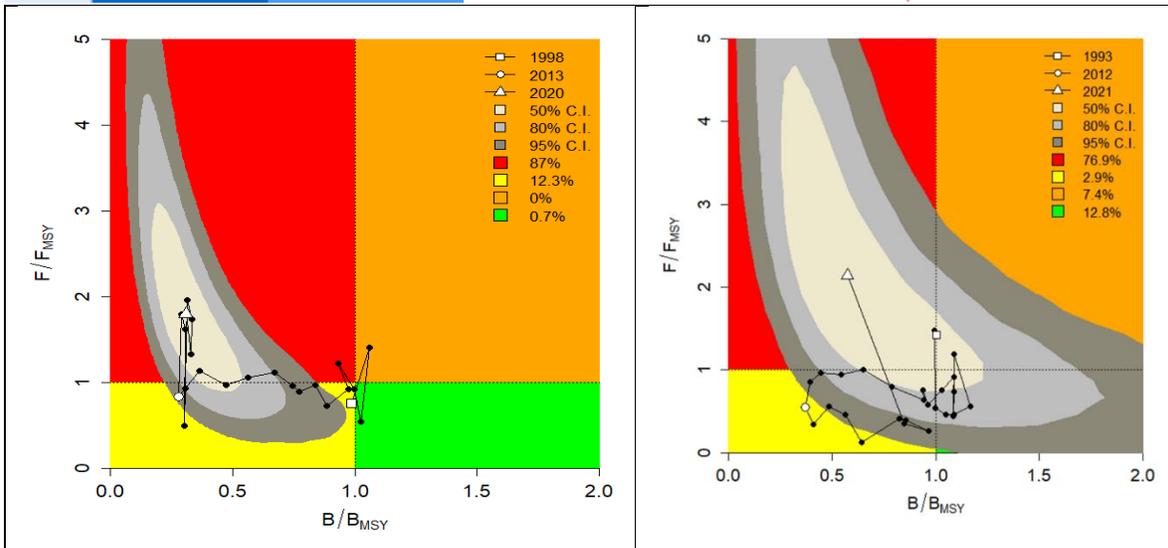


Figura 6-9. Resultados del grafico probabilístico de fases de Kobe para la cucha cúcuta (*Ancistrus triradiatus*) en la Orinoquia colombiana

### 6.3.3.2 Conclusiones de las pesquerías de la cucha cúcuta (*Ancistrus triradiatus*).

Teniendo en cuenta que la pesquería de *A. triradiatus* mostro una leve mejoría en su rendimiento y que el resultado de la modelación mostro un MSY de 64.700 individuos (46.400 – 152.000), En tal sentido se recomienda mantener la cuota asignada para la vigencia 2022 (29.896 unidades) dado que el aprovechamiento de esta con corta a junio 30 no supera el 30%.

### 6.3.4 Pesquería de estrigata marta (*Carnegiella marthae* Myers, 1927)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016.

#### 6.3.4.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la estrigata marta (*Carnegiella marthae*).

El análisis de las series históricas (1998 – 2020) de las capturas de la *C. marthae*, de la Orinoquia y Amazonia, muestran un incremento progresivo de éstas hasta un punto máximo entre los años 2004 – 2008; de allí en adelante la tendencia muestra una reducción en las

capturas (Figura 6-10, panel A); en la misma vía, se observa que la biomasa (calculada con base en el número de individuos) tuvo un comportamiento creciente hasta el 2004 año en el que se evidencia una reducción continua de la biomasa hasta su estabilización en el año 2010.

La **biomasa** relativa ( $B/K$ ), analizada como una acción prior del modelo en 1998 presenta una distribución entre 0.4 - 0.8, que en el 2015 paso al rango 0.1 - 0.4 y en el 2020 esta distribución se encuentra entre 0.1 - 0.3 (Figura 6-10, panel D).

En cuanto a la **tasa de aprovechamiento**, analizada como un índice del tipo  $F/(r/2)$  presenta periodos positivos que son los años donde la tasa de aprovechamiento estuvo por debajo del nivel crítico, y años donde la tasa de aprovechamiento estuvo por encima del nivel de referencia como se presenta en la Figura 6-10 Figura 6-10, panel E.

La curva de equilibrio muestra que el 30% de la información se encontró en un nivel de optimo aprovechamiento; el 40% se localizó en el nivel de máximo aprovechamiento y el 30% restante se encontró en niveles de presión, comprometiendo la estabilidad de la especie (Figura 6-10, panel F).

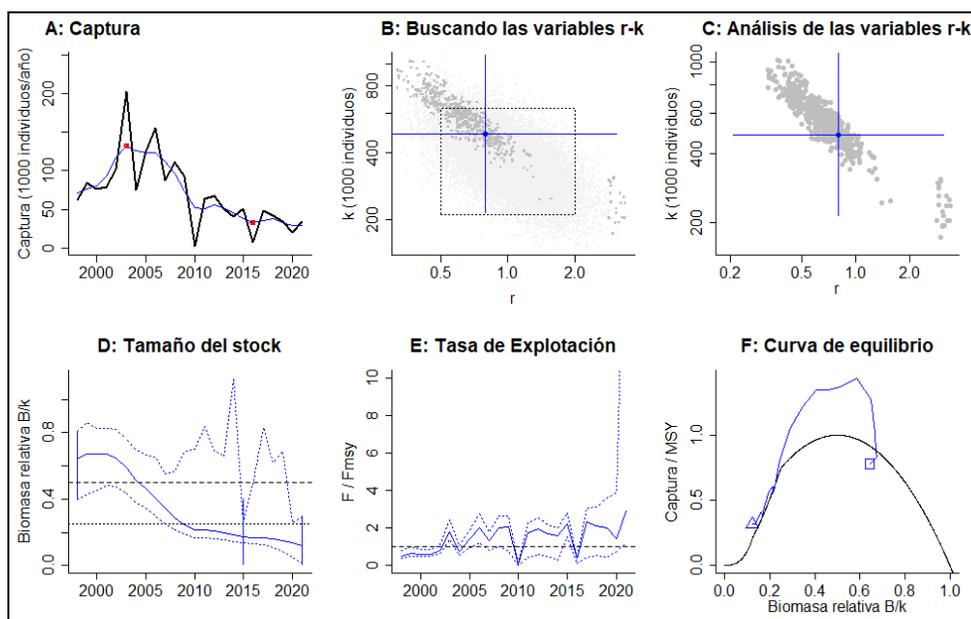


Figura 6-10. Resultados del análisis de las pesquerías de estrigata martha (*Carnegiella marthae*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El Análisis de la relación entre las capturas y su punto de referencia MSY, muestra que la pesquería de este recurso fue positiva durante los 9 primeros años del periodo de análisis, pero luego fue disminuyendo paulatinamente, al observar lo que ocurrió con la biomasa (calculada con base al número de individuos capturados), se repite la secuencia, 9 años con un buen nivel

de aprovechamiento de la especie, seguido de una reducción de la biomasa en el año 2010, con el atenuante que se sobrepasó el nivel crítico de 0.5 B/Bmsy, condición que puede estar indicando que la especie no pueden renovar su población para sostener el MSY (Figura 6-11).

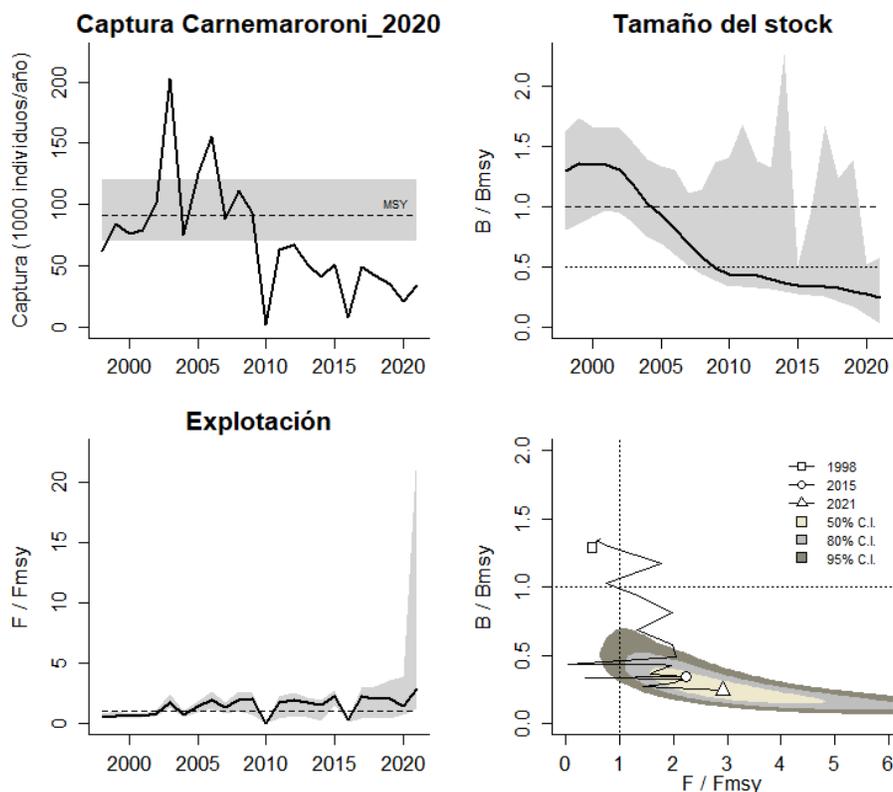


Figura 6-11. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae*, El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados del análisis CMSY, muestran que *C. marthae*, tiene una resiliencia entre media a alta, y una densidad poblacional de capacidad media ( $K= 48.400 \pm 214.000 - 1.094.000$ ), un Rendimiento máximo sostenible medio ( $MSY= 91.500 \pm 70.300 - 102.000$ ); es importante resaltar que la tasa relativa de biomasa del último año analizado, fue baja ( $0.122 \pm 0,0158 - 0,29$ ) indicando que esta especie está siendo objeto de una alta presión de pesca, lo cual es confirmado por la tasa de explotación del último año que es  $F/(r/2)= 2,91$  (Tabla 6-9).

Tabla 6-9. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la estrigata marta (*Carnegiella marthae*)

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.796	0.206	3.08
MSY	91500	70300	102000



Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
K	484000	214000	1094000
Biomasa relativa en el último año	0.122de K	0.0158	0.29
Explotación F/(r/2) en el último año	2.91	1.23	22.6

Teniendo en cuenta que la estrigata marta presenta una presión de pesca superior al 0.50 se decidió tomar el límite inferior del valor más bajo de la mortalidad por pesca en MSY es decir 70.300 unidades, observando que la biomasa (número de individuos) en MSY se ha reducido considerablemente respecto al valor original de K, igualmente las tasas de aprovechamiento B/Bmsy son bajas, por lo que se considera que el recurso tiene una alta presión de pesca (Tabla 6-10)

Tabla 6-10. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para *Carnegiella marthae*. **Error! Vínculo no válido.**

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Fmsy	0.398	0.103	1.54	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) <b>0.195</b>
Fmsy	0.195	0.0504	0.754	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)
MSY	91500	70300	120000	
Bmsy	242000	107000	547000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	59200	7630	140000	
B/Bmsy en el último año	0.245	0.0315	0.58	
Mortalidad por pesca en el último año =	0.568	0.24	4.14	
Explotación F/Fmsy =	2.91	1.23	22.6	

En la Figura 6-12 *Figura 6-12* se presenta un resumen de la historia de la pesquería de *C. marthae*, utilizando el gráfico de fases probabilístico de Kobe; En términos generales se encuentra que, en los cinco primeros años, la pesquería de la estrigata marta, se localizó en la zona de óptimo aprovechamiento, posteriormente, paso a la de plena explotación y la mayor parte del tiempo

ha estado en la zona crítica, exceptuando dos años que estuvo en la zona de recuperación. En virtud de lo anterior se considera que el recurso está amenazado, de tal manera que para 2020 la probabilidad de que la pesquería de la estrigata marta se encuentre en una condición crítica es del 88.8% y solamente hay un 12% de probabilidad que este en la zona de recuperación, mientras que para el año 2021 la situación se tornó más crítica para la pesquería de esta especie, encontrando que el 99,1% se encuentra en condición crítica, y solo el 0,1% que este en la zona de aprovechamiento optimo.

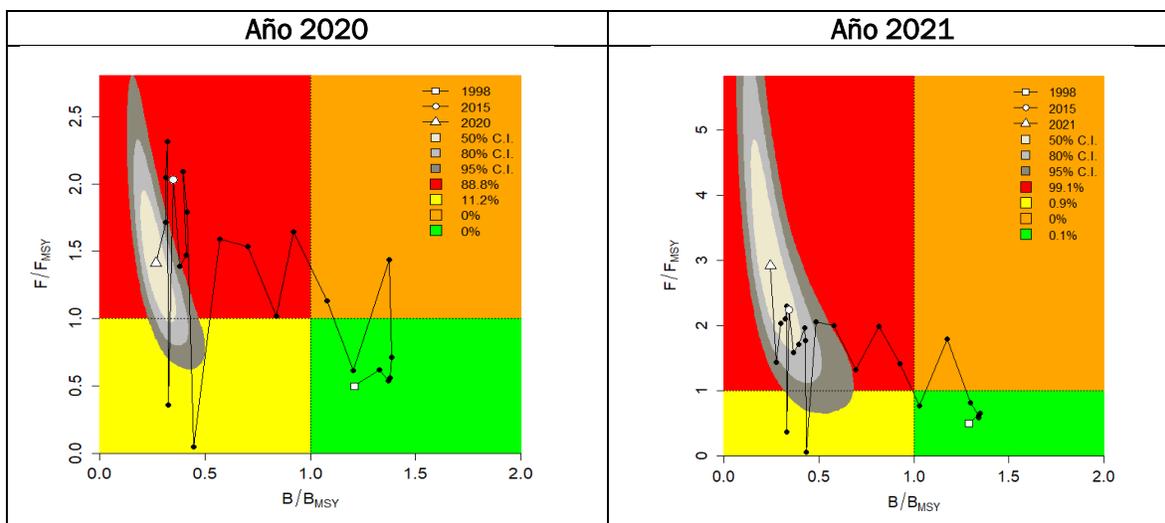


Figura 6-12. Análisis de las pesquerías de estrigata martha (*Carnegiella marthae*), utilizando el gráfico de fases de Kobe.

Teniendo en cuenta que la estrigata marta presenta una presión de pesca superior al 0.50 se decidió escoger el valor más bajo de la mortalidad por pesca en MSY, observando que la biomasa (número de individuos) en MSY se ha reducido considerablemente respecto al valor original de K, igualmente las tasas de aprovechamiento  $B/B_{msy}$  son bajas, por lo que se considera que el recurso tiene una alta presión de pesca (Tabla 6-10)

#### 6.3.4.2 Conclusiones de las pesquerías del estrigata marta (*Carnegiella marthae*)

Los resultados del análisis de la pesquería de la estigata marta proveniente de la Orinoquia y Amazonia, indican que la pesquería se encuentra en una condición sensible, por lo cual se recomienda establecer como cuota el límite inferior del MSY el cual corresponde a 70.300 unidades; adicionalmente el aprovechamiento de la cuota de la presente vigencia con corte a 30 de junio no ha superado el 25%.



### 6.3.5 Pesquerías de nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri* Géry & Mahnert, 1986)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

#### 6.3.5.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri*).

El análisis de la información histórica de las capturas de *Hemigrammus bleheri*, muestra que la pesquería de esta especie tuvo un desarrollo inicial como cualquier otra pesquería, pero a partir de 2013 estos rendimientos disminuyeron, posiblemente debido a modificaciones de tipo ambiental de su hábitat o debido a una reducción de su demanda en el mercado (Figura 6-13, panel A).

En cuanto a la **biomasa** (mediad en número de individuos), se observa que hasta el año 2006 la pesquería de *H. bleheri* sobrepasa límite óptimo y a partir de 2011 la pesquería se mantiene por debajo del límite crítico del valor de referencia; así mismo, la Biomasa relativa del recurso (B/K), en el año 1998 mostro una amplitud entre 0.4 - 0.8, posteriormente en el 2013 (año de quiebre) la biomasa relativa estuvo en el rango de (0.01 - 0.4) y en el 2021 se estrechó a tan solo 0.01 a 0.1 (Figura 6-13, panel D).

Con respecto a la **tasa de aprovechamiento**, se observa un continuo crecimiento, hasta encontrar su tope entre los años 2005 a 2010, no obstante en los últimos años ha disminuido considerablemente, lo que puede indicar que se está permitiendo la recuperación del recurso (Figura 6-13, panel E), en cuanto a la curva de equilibrio, se pude decir que ha tenido un 50% de capturas en la zona positiva y el resto en la parte negativa (Figura 6-13, panel F).

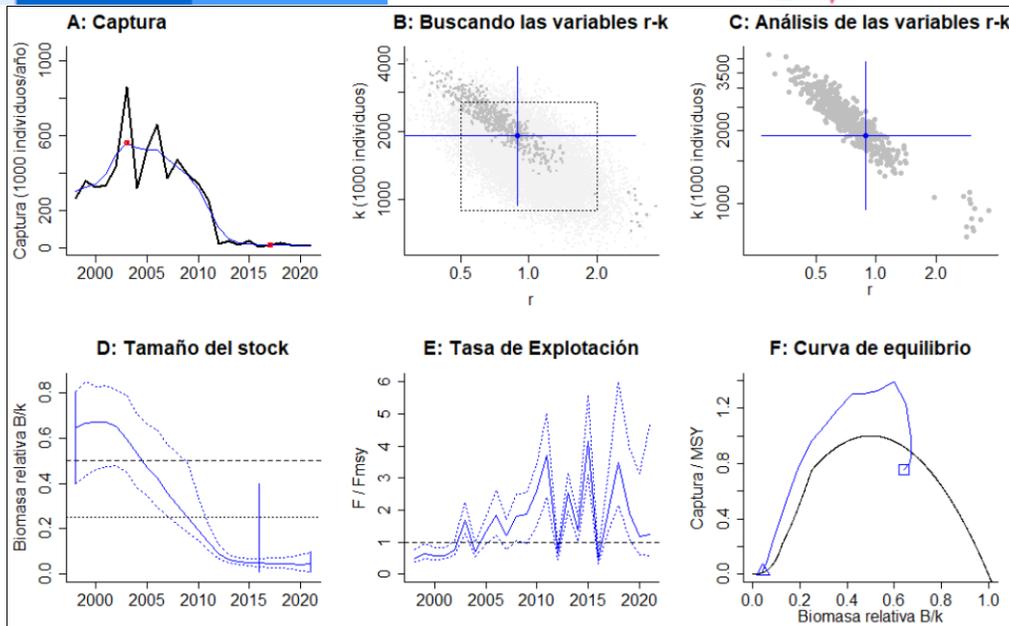


Figura 6-13. Resultados del análisis de las pesquerías del nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ . Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El Analisis del comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY, muestra que hasta el 2009 la pesquería de *H. bleheri*, se mantuvo en un estado óptimo, sin embargo a partir del 2010, la pesquería entro en un estado crítico; el análisis de las biomazas frente a la tasa de referencia ( $B/B_{msy}$ ) muestra que hasta el 2006 se mantuvo en equilibrio, sin embargo en el 2007, se sobrepasó el valor de referencia manteniéndose por debajo del límite del 0.5 de la tasa de aprovechamiento; de igual forma, la tasa de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  ha estado por mucho años por encima de su valor de referencia, aunque para los dos últimos años se ha aproximado al nivel de equilibrio (Figura 6-14)

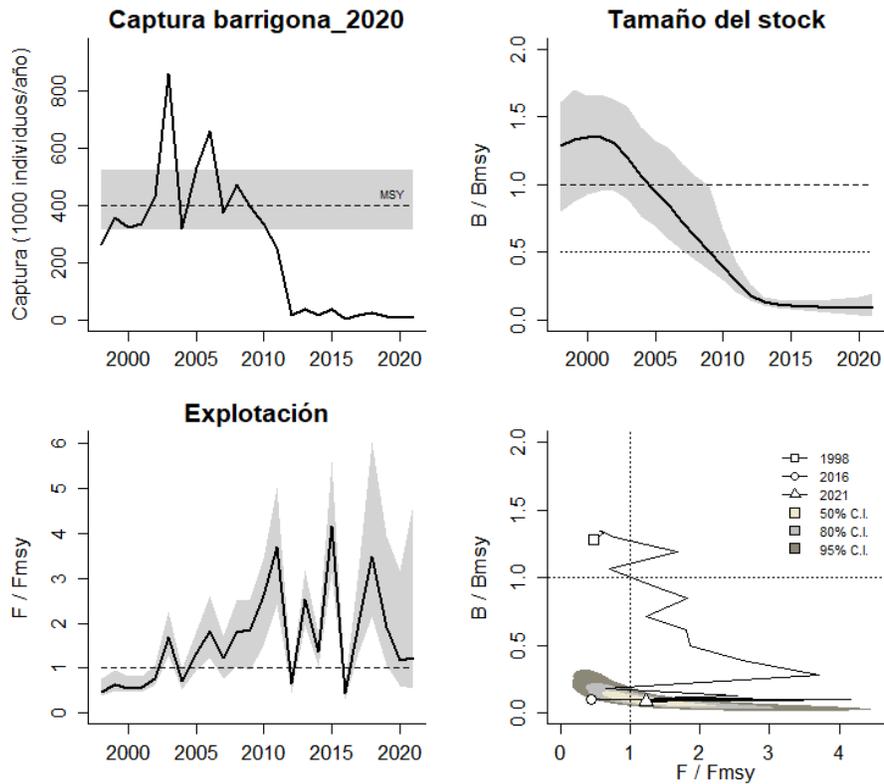


Figura 6-14. Análisis de las pesquerías del nariz de borracho *Hemigrammus bleheri*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

La Figura 6-15, muestra el estado de la pesquería de *H. bleheri*; mediante el análisis de las fases probabilísticas de Kobe para los años 2020 – 2021; se encontró que durante seis años la pesquería se mantuvo en la zona de óptimo manejo; sin embargo dos años después, la pesquería paso a la zona de máximo aprovechamiento; 10 años más tarde la pesquería paso a la zona crítica y tres años después paso a la zona de recuperación; En virtud de lo anterior se puede decir que para el año 2020 la probabilidad que la pesquería *H. bleheri* permanezca en la zona de recuperación es del 43.5% mientras que la probabilidad de entrar a la zona crítica es del 56.5% ; para el año 2021 la situación de la pesquería de *H. bleheri* se hace más delicada encontrando que la probabilidad que la pesquería se encuentre en la zona crítica es de 65% y que se encuentre en la zona de recuperación es del 35%.

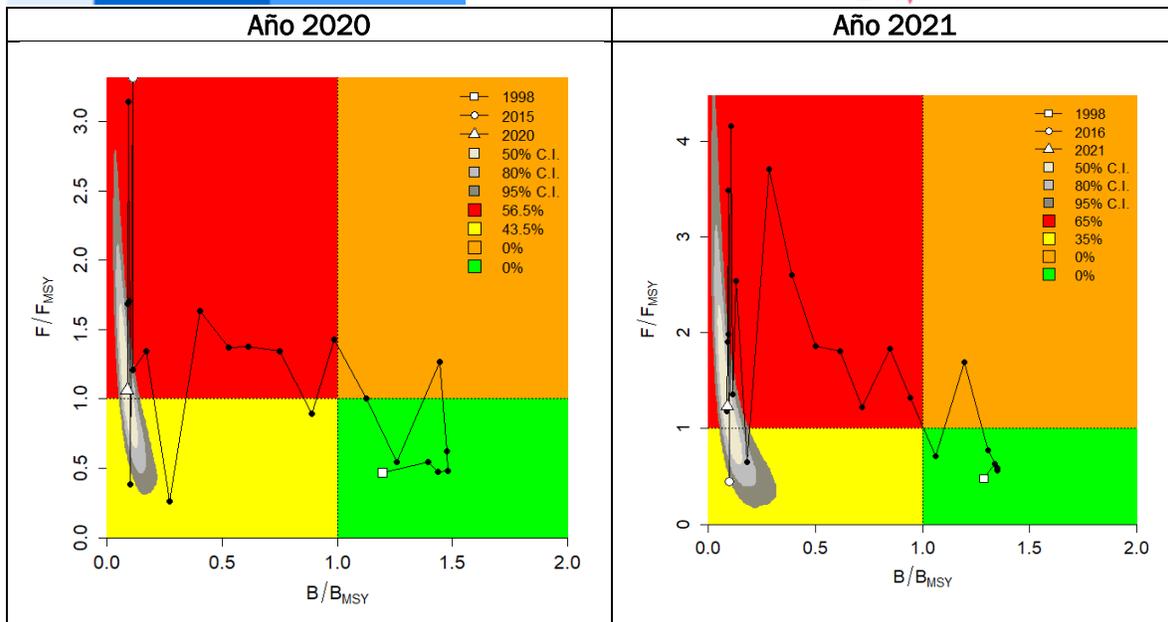


Figura 6-15. Análisis de las pesquerías del nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional muestra que la especie *Hemigrammus bleheri*, tiene un nivel de resiliencia alto ( $r = 0,892$ ), así como su capacidad de carga ( $K = 1.912.000 \pm 940.000 - 3.891.000$ ); de igual forma el nivel de rendimiento máximo sostenible es alto ( $MSY = 402.000$ ) en comparación con los referentes encontrados para los recursos ornamentales del país, sin embargo, su patrón de referencia de las biomazas relativas es bajo (Tabla 6-11)

Tabla 6-11. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para nariz de borracho *Hemigrammus bleheri* en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	0.892	0.268	2.96
MSY	402000	313000	523000
K	1912000	940000	3891000
Biomasa relativa en el último año	0.0437 de K	0.0116	0.096
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.23	0.561	4.66

En cuanto a los valores de referencia relacionados con la mortalidad por pesca en MSY, como el modelo presenta dos alternativas, se eligió la menor, debido a que la capacidad de renovación de *H. bleheri*, está por debajo del 0.5 de la biomasa inicial, de otra parte, el análisis de las biomazas medias para el 2021 se muestra considerablemente disminuida, esta situación se vio ratificada por las tasas de referencia  $B/B_{msy}$  y  $F/F_{msy}$  que presenta niveles muy bajos (Tabla 6-12).

Tabla 6-12. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri*) en la Orinoquia colombiana.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.446	0.134	1.48	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0.446</b>
Fmsy	0.0799	0.0234	0.259	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	402000	313000	523000		
Bmsy	956000	470000	1945000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	83600	22100	184000		
B/Bmsy en el último año	0.0874	0.0231	0.192		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.096	0.0437	0.363		
Explotación $F/F_{msy} =$	1.23	0.561	4.66		

#### 6.3.5.2 Conclusiones de las pesquerías del nariz de borracho (*Hemigrammus bleheri*).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de los análisis de CMSY, en los cuales se calculó el MSY en 402.000 individuos (313.000 a 523.000), se recomienda mantener la cuota asignada para la vigencia 2022 que corresponde a 200.000 individuos en razón a que el aprovechamiento de esta con corte a 30 de junio del presente año no supera el 2%.

#### 6.3.6 Pesquerías de catalina común (*Bunocephalus amaurus* Eigenmann, 1972)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016.

#### 6.3.6.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de catalina común (*Bunocephalus amauros*).

El comportamiento de la pesquería de *B. amauros*, ha sido atípica; dado que tuvo un comienzo con un alto número de capturas, las cuales posteriormente decayeron, y sólo en el año 2015 empieza a mostrar niveles interesantes de pesca, es posible que en este recurso el impacto de la demanda del mercado afecte este sistema (Figura 6-16, panel A), la relación de las biomásas frente a su indicador  $B/K$  presentó un comportamiento inesperado, en razón a que se inició con una fuerte reducción de las capturas las cuales paulatinamente se recuperaron, estabilizándose en el 2015 y a partir de este año se inició nuevamente el descenso de las capturas. La tasa de biomasa relativa, en 1998 se ubicó en un rango entre 0.2 a 0.6, en el 2016 año de quiebre el rango paso a 0.5 a 0.9; mientras que para el 2021 el rango bajo estableciéndose entre 0.01 a 0.21 (Figura 6-16, panel D); la **tasa de aprovechamiento** también presento un comportamiento atípico, en términos generales, en la mayoría de los años la tasa de aprovechamiento estuvo por debajo de valor de referencia, que solo en los últimos años ha subido (Figura 6-16, panel E), con respecto a la **curva en equilibrio**, se observa que el 80% de los valores se ubicaron en el área positiva (Figura 6-16, panel F)

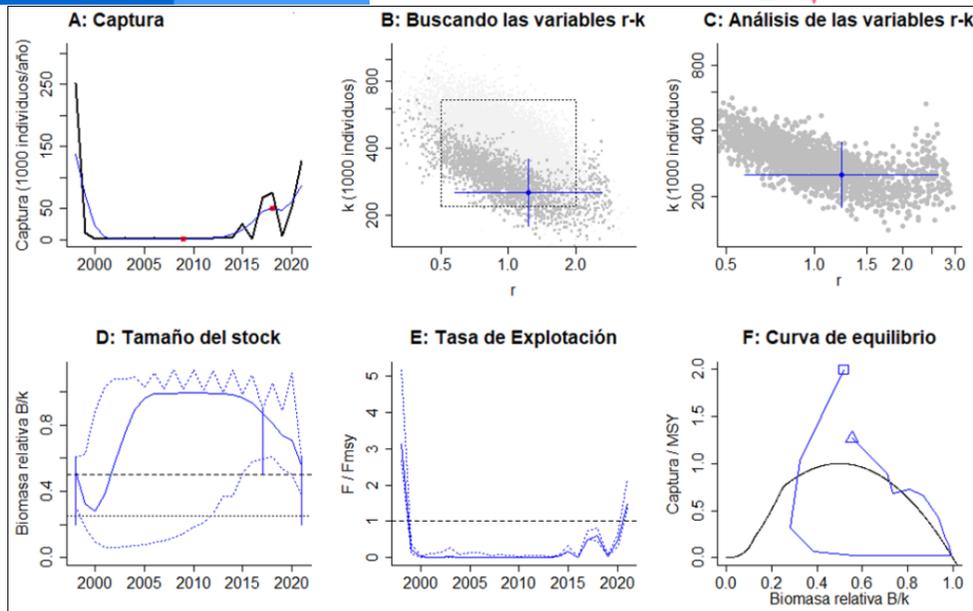


Figura 6-16. Resultados del análisis de las pesquerías de *Bunocephalus amaurus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMSY en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La relación de las capturas frente a su punto de referencia muestra que la pesquería de *B. amaurus*. ha estado muy cerca de los límites de confianza, las **biomasas** estuvieron por encima excepto para el 2021 que disminuyó ostensiblemente, situación que es similar para el **aprovechamiento** (Figura 6-17)

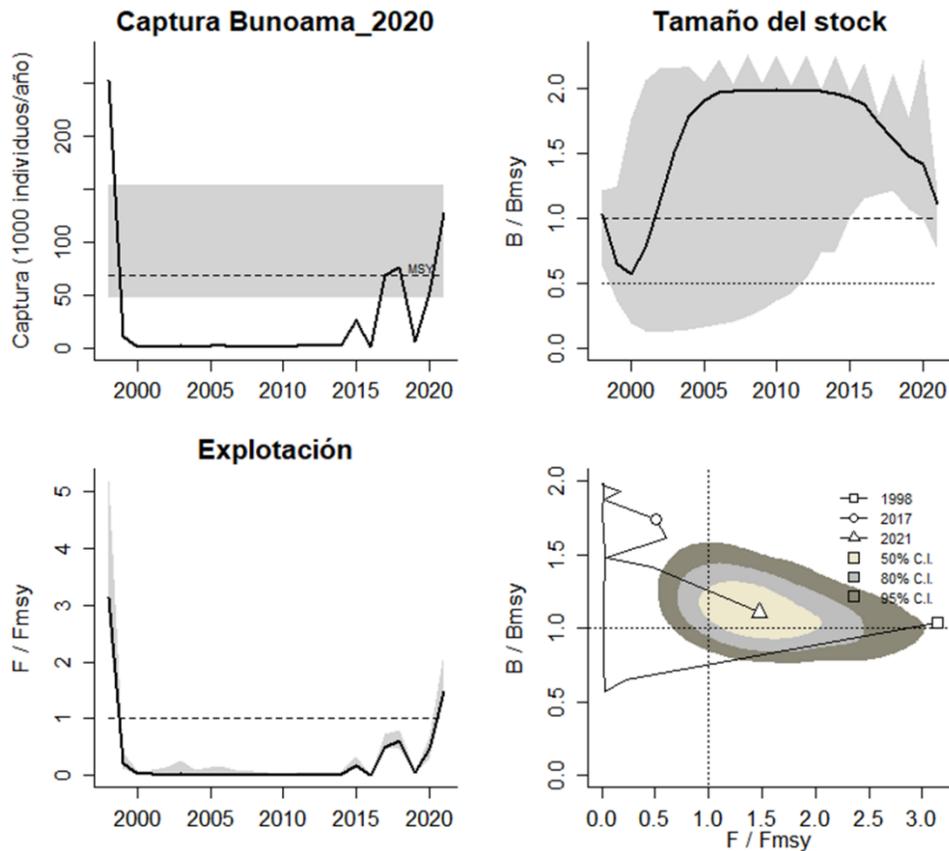


Figura 6-17. Análisis de las pesquerías de catalina común (*Bunocephalus amauros*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

En cuanto al diagnóstico general en la gráfica de fases probabilísticas de Kobe, muestra que *B. amauros* la mayor parte del tiempo se ha mantenido en la zona óptima, solamente en el 2020 se cruzó la fase crítica, por ello para este año la probabilidad de ubicarse en la zona crítica es de 60.6%, con un 39.4% de estar en la zona de recuperación el análisis para el año 2021 muestra que durante este año la pesquería paso a la zona de recuperación, sin embargo la probabilidad que la pesquería se ubique en la zona crítica es del 22% mientras que la probabilidad de localizarse en la zona de recuperación es del 67,1% y que pase a la zona de óptimo aprovechamiento es del 10,4% (Figura 6-18).

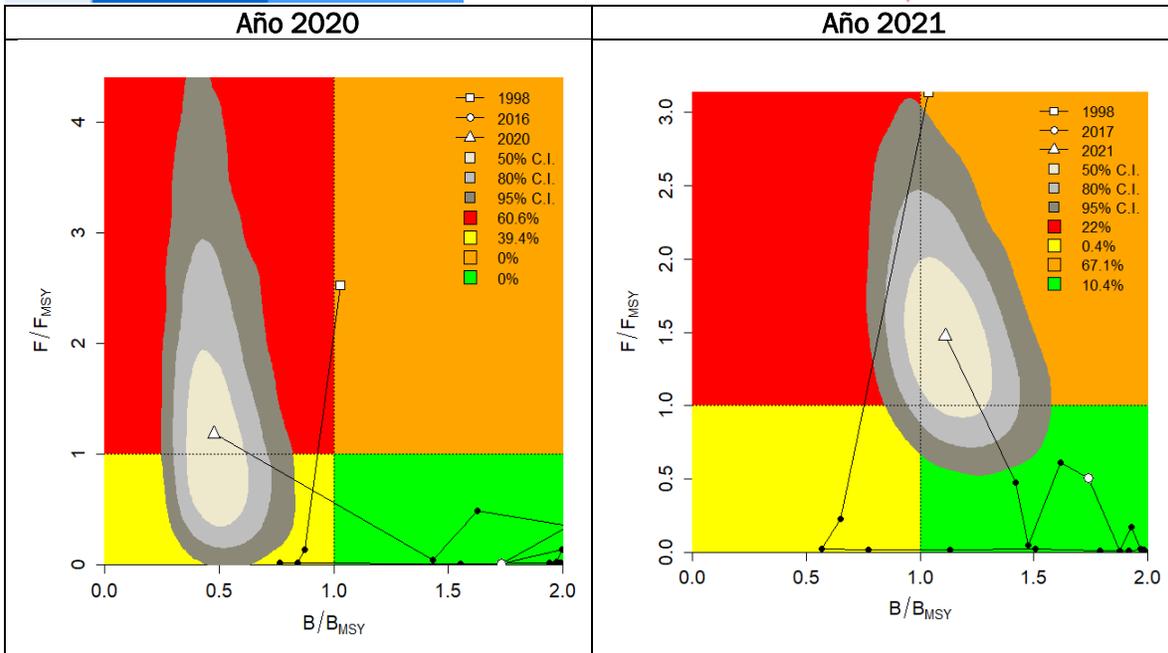


Figura 6-18. Análisis de las pesquerías de catalina común (*Bunocephalus amauros*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

Los resultados del análisis CMSY, muestra que el recurso tiene una tasa de resiliencia alta (1,23), y una capacidad de carga del ecosistema media ( $K= 252.000 \pm 178.000 - 356.000$ ), así mismo el punto de referencia mostro un nivel bajo, y una biomasa relativa ligeramente por encima del esperado de 0.5 (Tabla 6-13).

Tabla 6-13. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la catalina común (*Bunocephalus amauros*) en la Orinoquia colombiana.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.23	0.578	2.63
MSY	68800	46900	153000
K	252000	178000	356000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.555de K	0.379	0.599
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.47	1.37	2.16

Los análisis sobre el referente de la mortalidad por pesca en MSY, muestra que las dos variantes presentaron un comportamiento muy similar, Sin embargo, considerando el comportamiento de las biomazas, se escoge el valor más bajo, los indicadores como  $B/B_{msy}$  estuvieron cerca al nivel ideal, así como los referentes de mortalidad por pesca y  $F/F_{msy}$  están un poco altos, pero con un buen manejo se percibe que fácilmente se pueden recuperar (Tabla 6-14)

Tabla 6-14. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la catalina común (*Bunocephalus amaurus*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,616	0,289	1,31	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,616</b>
Fmsy	0,616	0,289	1,31	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	68.800	46.900	153.000		
Bmsy	126.000	89.000	178.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	140.000	95.500	151.000		
B/Bmsy en el último año	1,11	0,758	1,2		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,908	0,842	1,33		
Explotación F/Fmsy =	1,47	1,37	2,16		

#### 6.3.6.2 Conclusiones de las pesquerías de la catalina común (*Bunocephalus amaurus*).

Analizadas las variables sobre el estado de salud de *Bunocephalus amaurus*, se concluye que, su pesquería muestra una recuperación positiva, mostrando en la gráfica de Kobe una reducción del 22% de la probabilidad de encontrarse en condición crítica. Con base en lo anterior se recomienda establecer la cuota con el 10% de la tangente del modelo que corresponde a 40.820 individuos.



### 6.3.7 Pesquerías de corredora concolor (*Corydoras concolor* Weitzman, 1961).



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016.

#### 6.3.7.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la corredora concolor (*Corydoras concolor*).

El análisis histórico de la pesquería de la corredora concolor, muestra que se identifican dos picos productivos en los años 1998 y 2008; a partir de éste último año, se presenta una disminución continua con una ligera recuperación a partir del año 2020 (línea azul de la Figura 6-19, panel A); revisado el comportamiento de las biomásas se encontró un periodo de disminución y recuperación, sin embargo a partir de 2008, este comportamiento cambio ubicándose la biomasa en la zona de alto riesgo; por lo anterior el análisis bayesiano prior mostró que en el 1998 las densidades del recurso revisadas como la tasa B/K, estuvieron en un rango de 0.2 a 0.6, luego en el 2015, como año de quiebre el rango de la densidad estuvo entre 0.01 a 0.4 y para el 2021 la densidad se ubica en el rango entre 0.01 a 0.3 (Figura 6-19, panel D); El análisis de los resultados de la tasa de aprovechamiento muestra que en la mayoría de los años esta variable, se mantuvo por encima del nivel estratégico de referencia y solo para los años 2002, 2011 y 2016 – 2018 estuvo por debajo de éste. (Figura 6-19, panel E), de otra parte, la curva en equilibrio muestra que las pesquerías han permanecido la mayor parte del tiempo en la zona de bajo rendimiento (Figura 6-19, panel F).

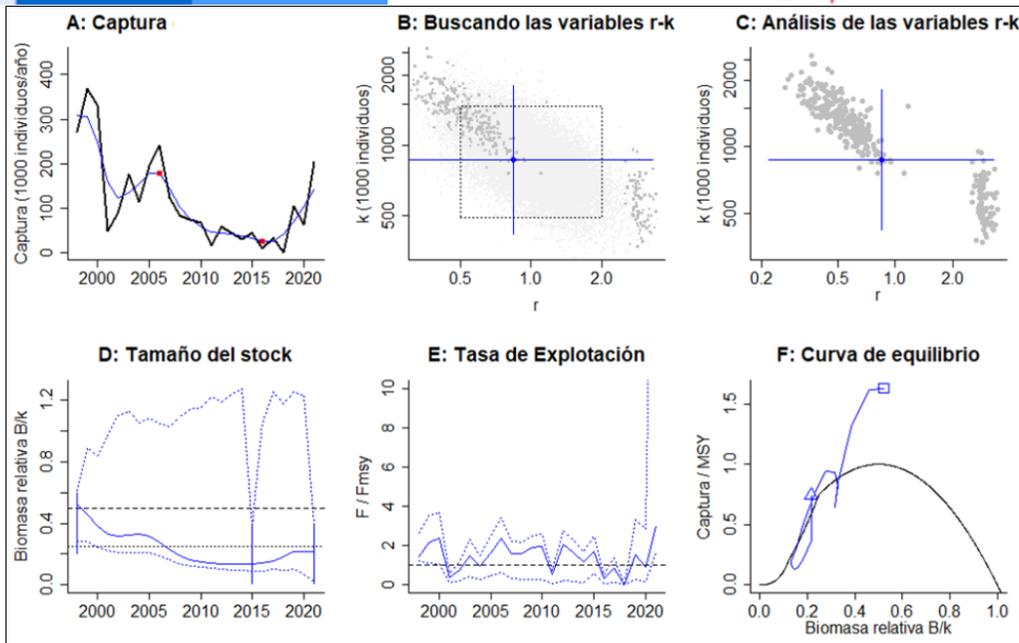


Figura 6-19. Resultados del análisis de las pesquerías de la corredora concolor (*Corydoras concolor*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

También se analizó el comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY, el cual denota que esta pesquería en la mayoría de los años estuvo por debajo del rango de seguridad de este indicador; el mismo comportamiento se observó al analizar las biomazas las cuales mostraron una tendencia a la disminución siendo el año 2008, en el que se cruzó el límite mínimo de estabilidad; en cuanto a la tasa de aprovechamiento F/Fmsy, estuvo oscilando respecto a su nivel de referencia, con una tendencia hacia la sobreexplotación (Figura 6-20)

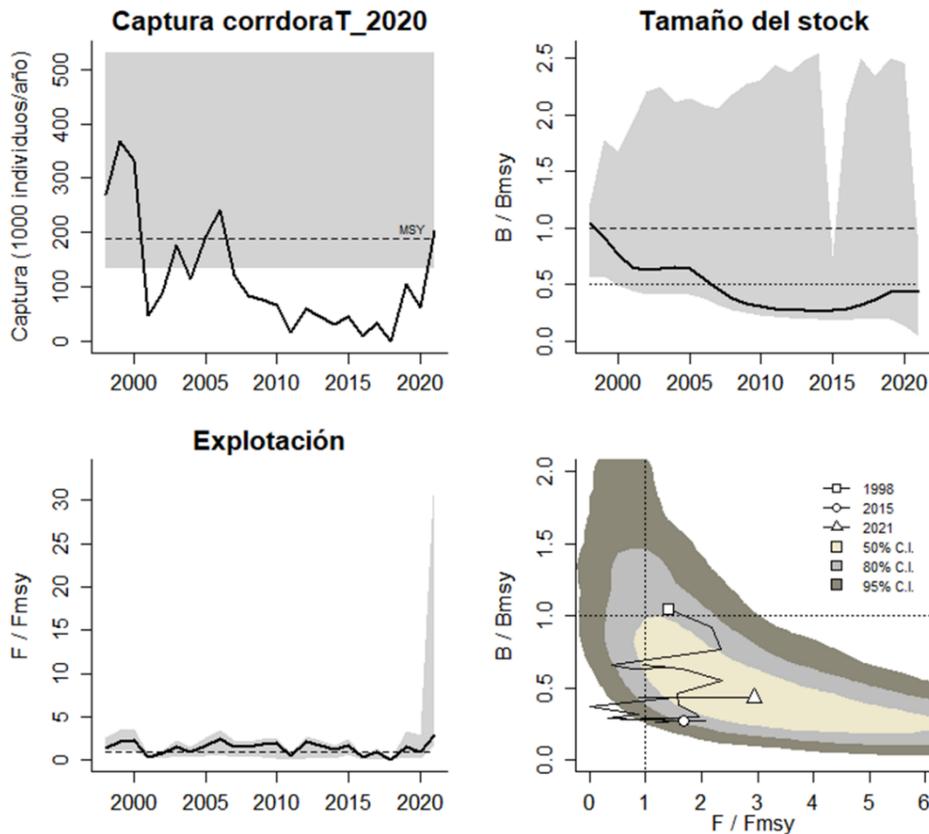


Figura 6-20. Análisis de las pesquerías de corredora concolor (*Corydoras concolor*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente, se presentaron los resultados que resumen el diagnóstico de esta pesquerías, para lo cual se utilizó el grafico de Kobe de fases probabilísticas, en ellos se observó que la pesquería ha estado en niveles críticos de aprovechamiento, y solamente se pudo comprobar que en algunos años se tuvo una pesquería en recuperación; para el año 2020 el sistema muestra que la probabilidad de estar en la zona crítica es del 90.1% aunque existe un 9.9% de que el mismo este en recuperación mientras que para el año 2021, la probabilidad que la pesquería se encuentre en la zona crítica es de 86,2% un 2, 7% que se encuentre en la zona de recuperación, el 4,2% que se encuentre en la zona de plena explotación y el 7% se esté en la zona de optimo aprovechamiento. (Figura 6-21).

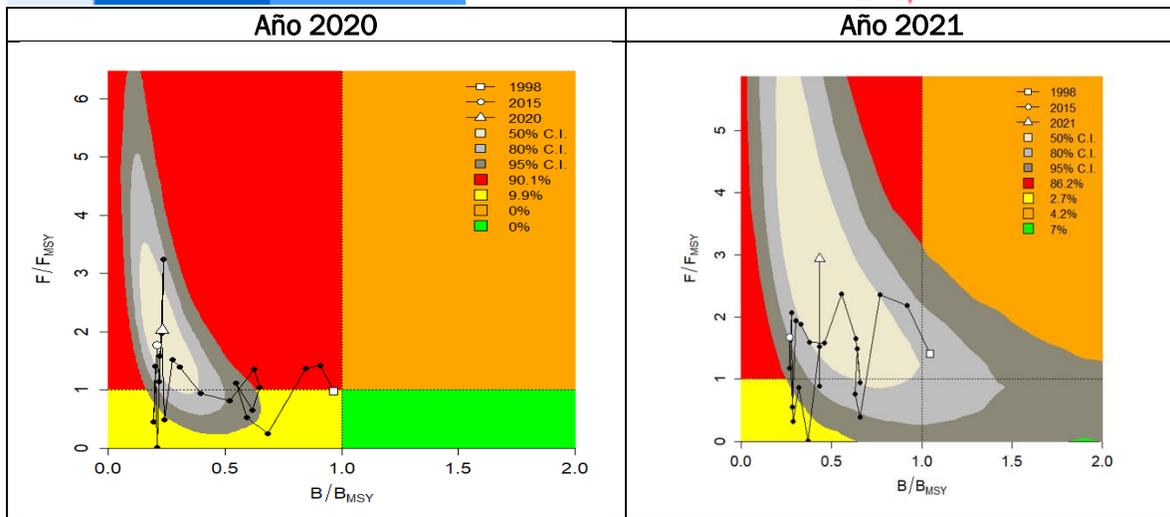


Figura 6-21. Análisis de las pesquerías de la corredora concolor (*Corydoras concolor*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

El análisis de la pesquería de la especie *Corydoras concolor* muestra que, de acuerdo con la tasa intrínseca de crecimiento, esta especie tiene una residencia media - alta, una capacidad de carga del ecosistema (K) alta, un valor de referencia de MSY alto, sin embargo, el valor de la biomasa relativa es bajo (Tabla 6-15)

Tabla 6-15. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la corredora concolor (*Corydoras concolor*) en la Orinoquía colombiana.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.845	0.217	3.29
MSY	189000	135000	531000
K	871000	419000	1812000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.217de K	0.0191	0.393
Explotación F/(r/2) en el último año	2.94	1.62	33.3

Con base en el análisis de la pesquería de la corredora concolor, con las dos propuestas de mortalidad por pesca en MSY, se toma la decisión de seleccionar la más baja, en razón a que las biomazas estuvieron por debajo del 0.50; esta crítica situación, se constató con las biomazas en el punto de referencia para el 2021, observando que han disminuido; las tasa relativa B/Bmsy, la mortalidad por pesca y la tasa de explotación F/Fmsy, muestran que el sistema no es saludable (Tabla 6-16).



Tabla 6-16. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la corredora concolor (*Corydoras concolor*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,423	0,109	1,64	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,367</b>
Fmsy	0,367	0,0942	1,43	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	189.000	135.000	531.000		
Bmsy	435.000	209.000	906.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	189.000	16.600	342.000		
B/Bmsy en el último año	0,434	0,0382	0,786		
Mortalidad por pesca en el último año =	1,08	0,594	12,2		
Explotación F/Fmsy =	2,94	1,62	33,3		

6.3.7.2 Conclusiones de las pesquerías de la corredora concolor (*Corydoras concolor*).

Con base en los cálculos de MSY, que arrojaron un resultado de 189.000 individuo (135,000 a 531,000), y observando que todos los resultados obtenidos de los indicadores de manejo de la pesquería muestran la condición sensible de la población, se recomienda mantener la cuota asignada al año anterior correspondiente a 144643 individuos.

6.3.8 Pesquerías de la corredora verde (*Corydoras melanotaenia* Regan, 1912)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

### 6.3.8.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de corredora verde (*Corydoras melanotaenia*).

El desarrollo de la pesquería de la corredora verde presenta un comportamiento estándar, esto significa que tiene un periodo inicial de bajas capturas, luego van en aumento hasta que llega a un nivel máximo y decae (línea azul de la Figura 6-22, panel A). El cálculo de la relación de la **biomasa** (medida como el número de individuos), muestra que el desarrollo de la actividad ha tenido un periodo de años adecuado, sin embargo la tendencia fue hacia la disminución; la relación de la tasa relativa  $B/K$  bajo la propuesta bayesiana prior, muestra que para el año de 1998 el rango calculado fue de 0.4 a 0.8, en el 2016 (punto de quiebre) este rango fue de 0.01 a 0.4 y para terminar en el 2021 el rango fue 0.01 a 0.25 (Figura 6-22, panel D); en cuanto a la **tasa de aprovechamiento** el comportamiento de toda la serie fue oscilatorio con una tendencia hacia los valores altos (Figura 6-22, panel E), la curva en equilibrio tiene un 20% de valores positivos un 15% de valores por encima de  $MSY$  y un 65% de valores en los niveles de sobreexplotación (Figura 6-22, panel F).

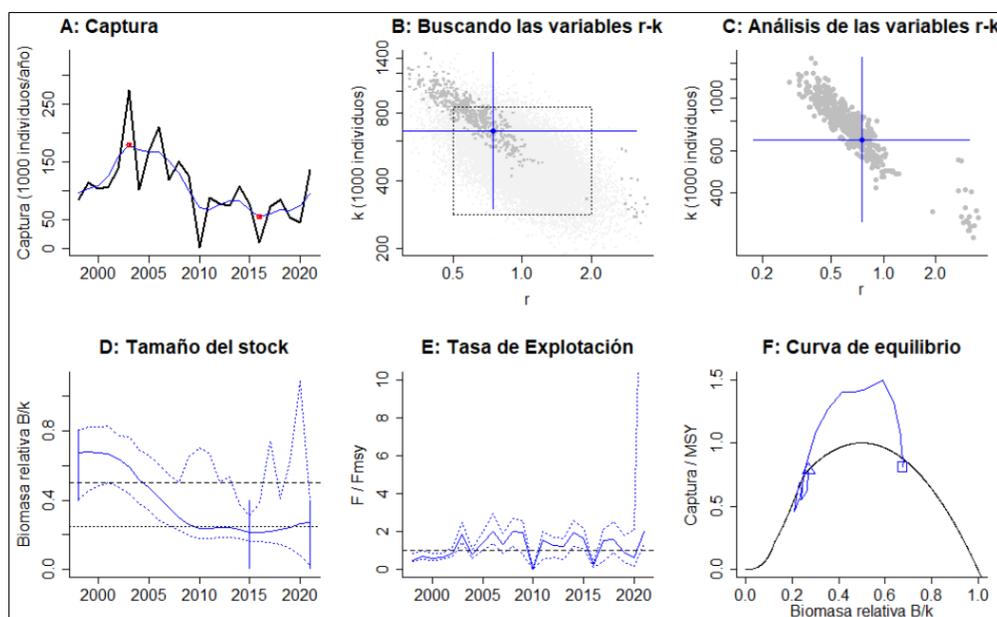


Figura 6-22. Resultados del análisis de las pesquerías de la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La evaluación del comportamiento de las capturas con respecto a su punto de referencia  $MSY$ , mostró dos etapas: la primera con un comportamiento adecuado entre los años 1998 - 2009 y

la segunda con un comportamiento oscilatorio que muestra un recurso bajo presión de pesca; lo mismo ocurrió con las biomazas, la cual presenta un comportamiento adecuado entre 1998 a 2004 y luego se presenta una reducción continua que a partir de 2010 entra en la fase de alerta; En cuanto a la tasa de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  se observa que se ha mantenido casi siempre por encima de sus nivel de referencia (Figura 6-23).

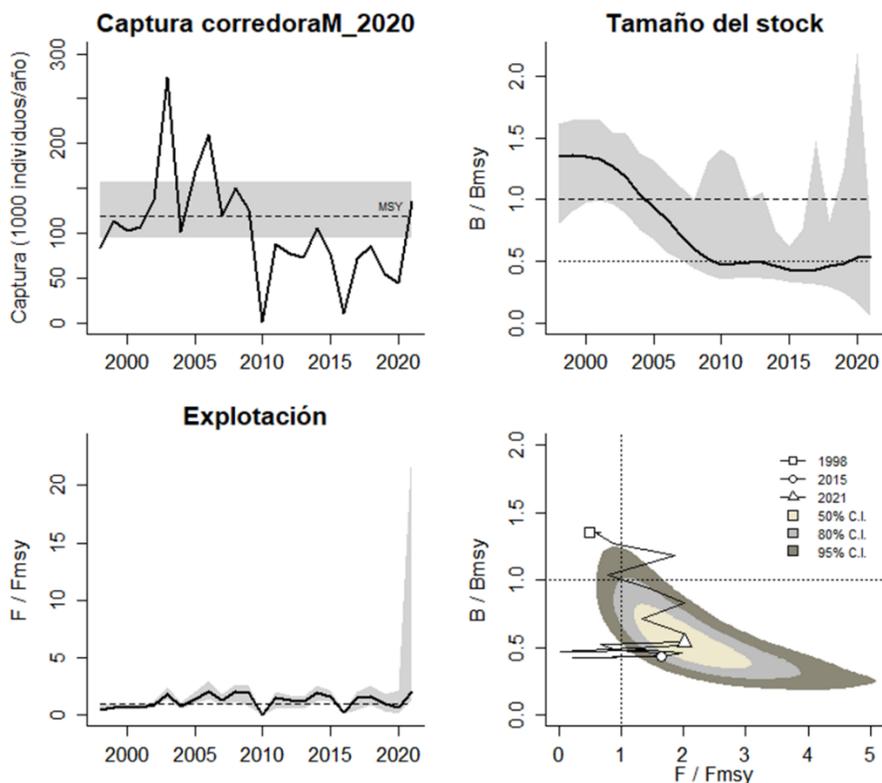


Figura 6-23. Análisis de las pesquerías de la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

El análisis general de la pesquería de *Corydoras melanotaenia*, se presenta en el gráfico de fases probabilísticas de Kobe, la gráfica muestra que este recurso ha tenido unos años de pesquería óptima; sin embargo después de dos años ésta pasó a la zona de máximo aprovechamiento entrando posteriormente en la fase crítica y solo en el 2009 y 2016 el recurso se recuperó; en tal sentido la probabilidad que en el 2020 la pesquería se encuentre en la zona crítica es de 98.1%, con un margen del 1.9% de estar en fase de recuperación; mientras que para el año 2021 se encuentra que la probabilidad que la pesquería de *C. melanotaenia* se encuentre en la zona crítica es del 94,6%, que se encuentre en la zona de plena explotación es del 1,8% se ubique en la zona de recuperación es del 1,3% y finalmente que se encuentre en la zona de optimo aprovechamiento es del 2,3% (Figura 6-24).

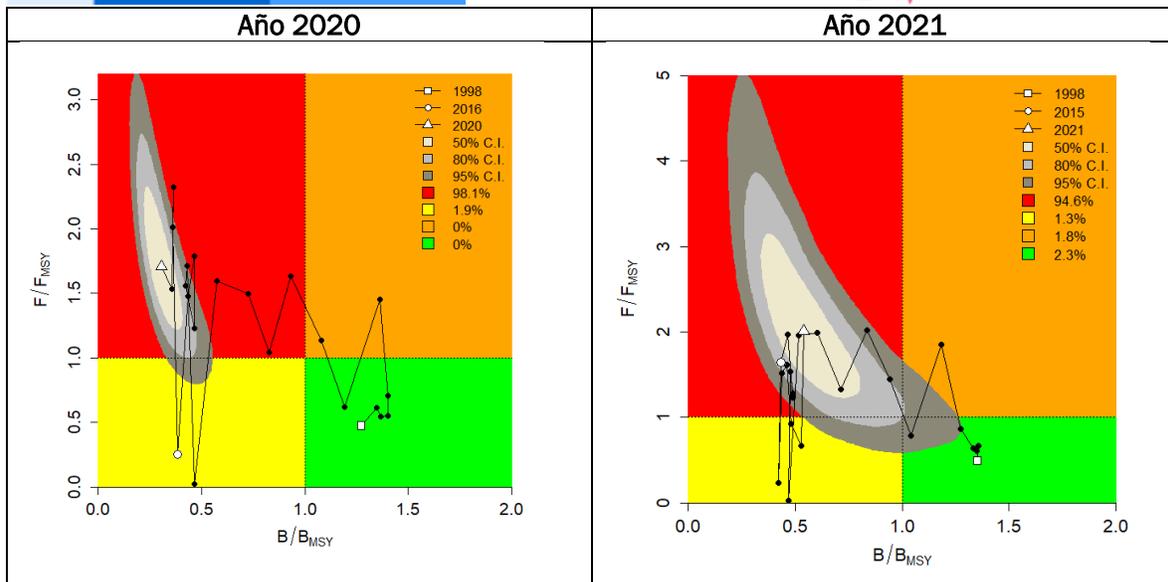


Figura 6-24. Análisis de las pesquerías de la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

El recurso presenta una resiliencia media determinada por la tasa intrínseca de crecimiento ( $r=0,747$ ) con una capacidad media de carga para el ecosistema ( $K$ ), por lo tanto, el valor estimado de MSY es medio, mientras que sus biomasa relativa es baja (Tabla 6-17).

Tabla 6-17. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0,747	0,178	3,14
MSY	119.000	93.900	157.000
$K$	668.000	300.000	1.486.000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0,27de $K$	0,0231	0,394
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2,01	1,38	23,5

El análisis de la estimación del valor de la mortalidad por pesca en MSY muestra que de las dos alternativas presentadas son iguales y teniendo en cuenta el comportamiento de las biomasa (esto es los valores calculados de este parámetro en MSY en el último año), se seleccionó el valor inferior; Respecto a los indicadores de  $B/B_{msy}$ , mortalidad por pesca y tasa de explotación, mostraron un recurso condición crítica (Tabla 6-18).



Tabla 6-18. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,373	0,0888	1,57	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,373</b>
Fmsy	0,373	0,0888	1,57	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	119.000	93.900	157.000		
Bmsy	334.000	150.000	743.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	180.000	15.400	263.000		
B/Bmsy en el último año	0,539	0,0461	0,788		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,75	0,513	8,77		
Explotación F/Fmsy =	2,01	1,38	23,5		

#### 6.3.8.2 Conclusiones sobre las pesquerías de la corredora verde (*Corydoras melanotaenia*).

Con base en los resultados de la modelación bayesiana y considerando que el diagnóstico de la pesquería no fue favorable para los rendimientos, se recomienda mantener la cuota asignada para el año 2022, la cual corresponde a 80.249 individuos y el seguimiento de la cuota con corte a 30 de junio de 2022 no supera el 50%.



### 6.3.9 Pesquerías de cucha piña (*Panaqolus maccus*, Schaefer & Stewart, 1993)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

#### 6.3.9.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la cucha piña (*Panaqolus maccus*).

El comportamiento de la pesquería de la cucha piña, es atípico, dado que en casi toda la serie de reportes de capturas, se presenta una tendencia hacia el crecimiento, sin embargo en el periodo 2012 a 2016 los registros fueron bajos (Figura 6-25, panel A); en cuanto al comportamiento de la relación de la tasa relativa B/K de las **biomasas**, éste fue particularmente diferente a los otros recursos analizados, pues tuvo años muy buenos, sin embargo, entre los años 2015 a 2016 se observa una depresión súbita de la biomasa, recuperándose en los siguientes años pero no se mantiene estable, decayendo en el 2020, estos comportamientos dentro del análisis bayesianos prior dan como resultado una densidad para 1998 en el rango de 0.4 a 0.8, luego el año de quiebre 2015 el rango fue de 0.01 a 0.4 manteniéndose para 2020 (Figura 6-25, panel D); en cuanto la **tasa de aprovechamiento** estuvo por muchos años por debajo de los niveles de referencia y solo hacia los últimos años estuvo sobre el límite (Figura 6-25, panel E) la **curva de equilibrio** presento más del 50% de los datos en la zona optima o sobre el nivel máximo (Figura 6-25, panel F).

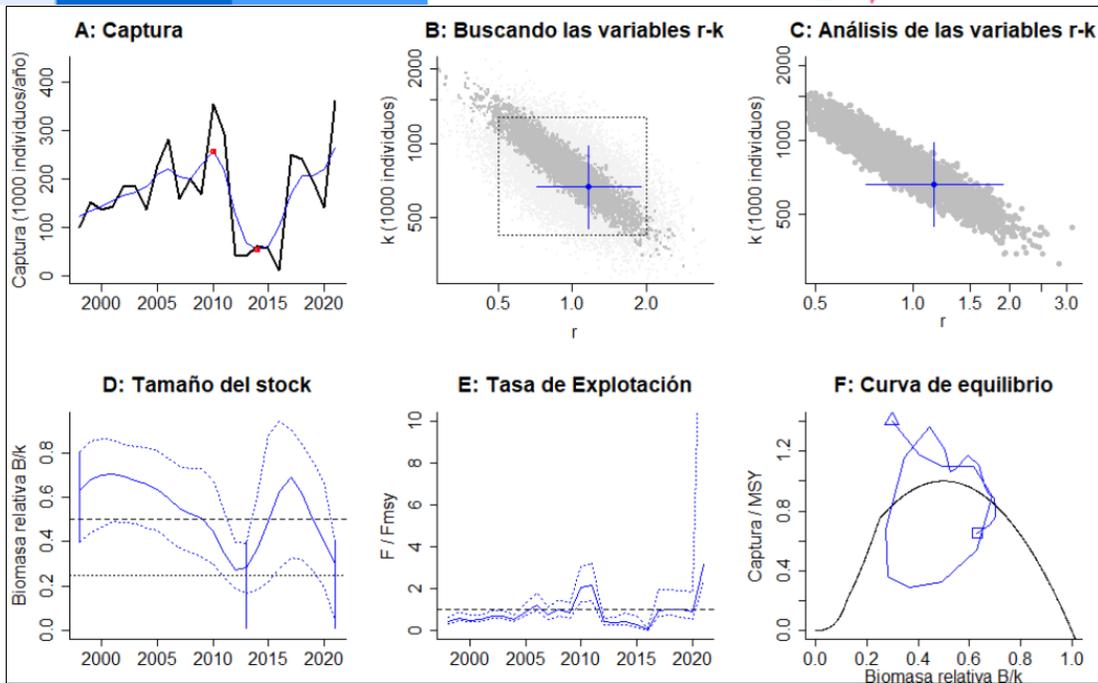


Figura 6-25. Resultados del análisis de las pesquerías de la cucha piña (*Panaqolus macculus*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La relación de las capturas frente a su punto de referencia MSY, mostro que en líneas generales que *P. macculus*, estuvo en casi toda las serie dentro de los niveles de seguridad, la biomasa tuvo también un buen comportamiento ya que solo estuvo por debajo de nivel crítico en 2014, de la misma manera el aprovechamiento estuvo casi en todos los años por debajo del límite con pocos años por encima (Figura 6-26)

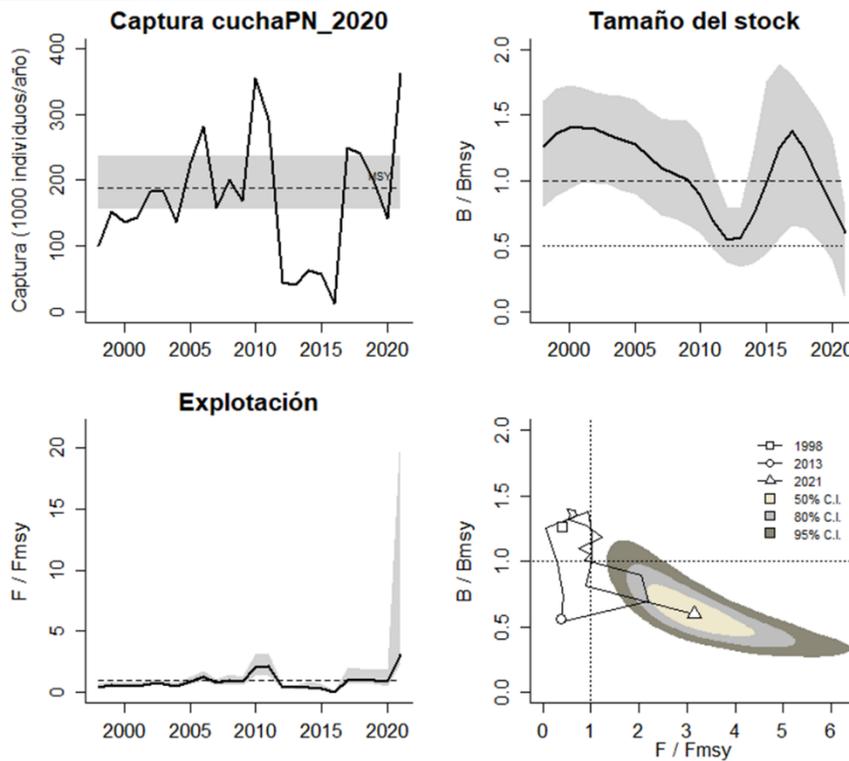


Figura 6-26. Análisis de las pesquerías de la cucha piña (*Panaqolus maccus*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

El análisis general de la pesquería de *Panaqolus maccus*, se presenta en el gráfico de fases probabilísticas de Kobe; éste muestra que el recurso en los primeros años estuvo en el nivel óptimo luego paso por la fase de plena explotación y posteriormente cruzo a la zona crítica alternada con la zona de recuperación; de tal marea que para el año 2020 la probabilidad de encontrarse en la zona crítica es de 65.4% con un 28.2% de recuperación y un 6.3 de encontrarse en la zona optima mientras que en el año 2021 se observa que la probabilidad que la pesquería de *P. maccus* de encontrarse en la zona crítica aumento al 97%, de encontrarse en la zona de plena explotación es del 2,9% y de encontrarse en la zona de aprovechamiento optimo es de sólo el 0,1% (Figura 6-27).

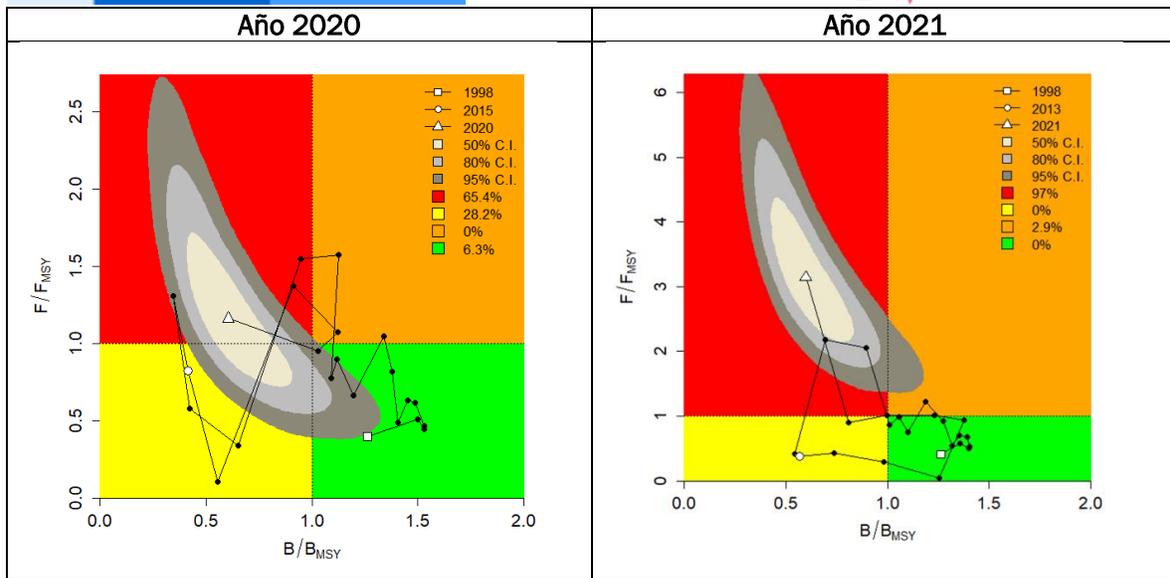


Figura 6-27. Análisis de las pesquerías de la cucha piña (*Panaqolus maccus*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

Con base en los resultados del análisis de CMSY se encuentra que *Panaqolus maccus*, tiene una alta resiliencia representada por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r= 1,16$ ), con una abundancia en biomasa (mediadas como número de individuos); en cuanto a la capacidad de carga de la especie en el ecosistema ésta es media, si se compara con los otros recurso analizados, igualmente su punto de referencia es también de tipo medio, sin embargo la biomasa relativa para el 2021 es baja (Tabla 6-19).

Tabla 6-19. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la cucha piña (*Panaqolus maccus*) en la Orinoquia colombiana.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.16	0.714	1.9
MSY	189000	157000	236000
K	663000	450000	977000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.298 de K	0.0439	0.396
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.15	2.37	21.4

Los resultados del análisis CMSY para el manejo de la pesquería de la cucha piña, muestra que el indicador de mortalidad por pesca en MSY indica que las biomásas son sostenibles lo cual es corroborado por el cálculo de  $B_{msy}$  y la tasa  $B/B_{msy}$  que fue superior a 0.5, lo cual es muy positivo para diagnosticar el estado del recurso; en cuanto a la mortalidad por pesca para el 2021 y su tasa de explotación  $F/F_{msy}$  se encuentran altas (Tabla 6-20).

Tabla 6-20. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha piña (*Panaqolus maccus*) en la Orinoquia colombiana.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.582	0.357	0.85	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0.582</b>
Fmsy	0.582	0.357	0.85	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	189000	157000	236000	
Bmsy	331000	225000	488000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	198000	29100	262000	
B/Bmsy en el último año	0.597	0.0878	0.792	
Mortalidad por pesca en el último año =	1.83	1.38	12.5	
Explotación F/Fmsy =	3.15	2.37	21.4	

### 6.3.9.2 Conclusiones sobre las pesquerías de la cucha piña (*Panaqolus maccus*)

*Panaqolus maccus* es uno de los recursos que presenta mayor sensibilidad a la presión por pesca, por lo tanto, se propone como cuota asignar el límite inferior del rango del MSY es decir 157.000 unidades.

### 6.3.10 Pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*; Günther, 1864)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

### 6.3.10.1 Modelos CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) en la Orinoquia.

El comportamiento de las capturas estimadas en la serie histórica disponible, indica que la pesquería de la estrigata mármol, paso por un periodo inicial de crecimiento hasta llegar a un máximo en el año 2005; en el año siguiente inicia el descenso de las capturas alcanzando el valor más bajo en 2010, en el siguiente año mostro una ligera recuperación entrando en un estado de relativo equilibrio, demostrando que la pesquería se encuentra en una fase de estabilización (Figura 6-28, panel A)

De otra parte, se evaluó el impacto de la **biomasa relativa** según el modelo bayesiano, donde el rango de distribución de B/K para 1998 estuvo entre 0.4 a 0.8 siendo bajo, se muestra un crecimiento hasta el 2003, con un punto de quiebre en 2010 donde la biomasa relativa se ubicó entre 0.01 a 0.4, entrando posteriormente a un periodo de estabilidad hasta el 2020. (Figura 6-28, panel D). La tasa de aprovechamiento presenta grandes fluctuaciones respecto al nivel que sirve de limite (Figura 6-28, panel E), pero el factor determinante lo mostro la **curva en equilibrio** ya que se nota que existe un grupo grande de datos que están sobre el lado derecho que es el de sobreexplotación (Figura 6-28, panel F).

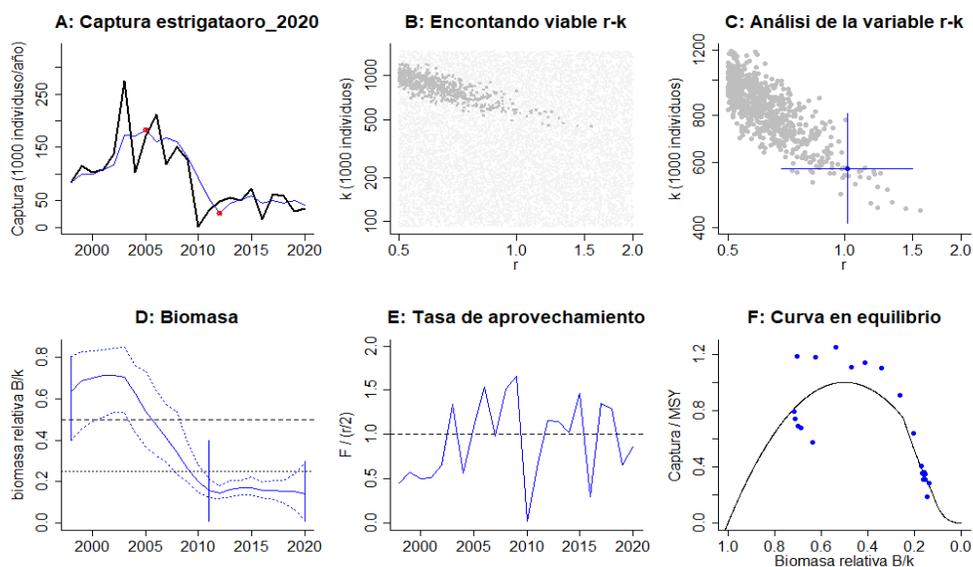


Figura 6-28. Resultados del análisis de las pesquerías de la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) para la Orinoquia colombiana utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de r-k explorado y en gris oscuro los pares de r-k que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par r-k más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El análisis de los resultados del modelo de rendimiento máximo sostenible CMSY para la *Carnegiella strigata* del Orinoco, indican que esta especie presenta una tasa de crecimiento baja ( $r = 0.928$ ) lo que significa que este recurso tiene una recuperación lenta frente a presiones de

pesca altas; la biomasa relativa estimada para el año 2021 fue de  $0.178 \pm 0.0199 - 0.389$ , la cual se encuentra alejada del límite superior del intervalo; mientras que la tasa de aprovechamiento  $F/(r/2)$  para el año 2021 es alta (2,1) comparada con el nivel de referencia (0,331) lo cual puede deberse a un aumento del esfuerzo pesquero. (Figura 6-29, Tabla 6-21, Tabla 6-22)

Tabla 6-21. Resultados de CMSY para las pesquerías de la *Carnegiella strigata* en el Orinoco

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2,5	Percentil 97,5
r	0,928	0,646	1,33
MSY	144.000	116.000	178.000
K	619.000	456.000	840.000
		Percentil 2,5	Percentil 97,5
Biomasa relativa en 2021	0,178de K	0,0199	0,389
Explotación $F/(r/2)$ en 2021	2,1		

Tabla 6-22. Resultados para el manejo de las pesquerías de la *Carnegiella strigata* en el Orinoco

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,464	0,323	0,667	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ )	<b>0,331</b>
Fmsy	0,331	0,23	0,476	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	144.000	116.000	178.000		
Bmsy	310.000	228.000	420.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	110.000	12.300	241.000		
B/Bmsy en el último año	0,357	0,0399	0,777		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,973	0,447	8,71		
Explotación $F/Fmsy =$	2,94	1,35	26,3		

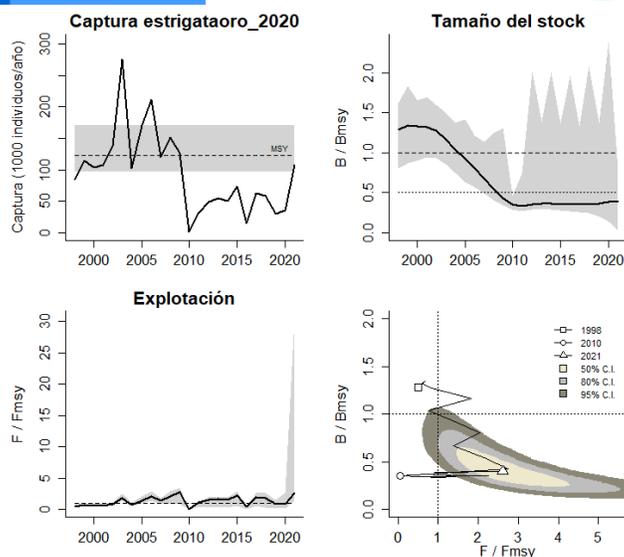


Figura 6-29. Análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) para la Orinoquia colombiana. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

El análisis del comportamiento de la pesquería de estrigata mármol se complementa con la elaboración de una gráfica de fases probabilísticas de Kobe, en ella se observa que la pesquería de esta especie, durante los primeros años de aprovechamiento, presentó un comportamiento adecuado; luego pasa hacia la zona de plena explotación a excepción de dos años que estuvo en la fase de recuperación.

En términos generales la probabilidad que la pesquería de estrigata mármol del Orinoco para el año 2020 se encuentra en estado crítico fue del 78,8% y la probabilidad de ubicarse en la zona de recuperación fue del 21,1% lo que se observa para el año 2021 es la probabilidad que del 97,8% que la especie entre en la zona crítica, que pase a la zona de recuperación la probabilidad es del 0,8% y que se encuentre en un adecuado nivel de aprovechamiento es del 0,9%. (Figura 6-30).

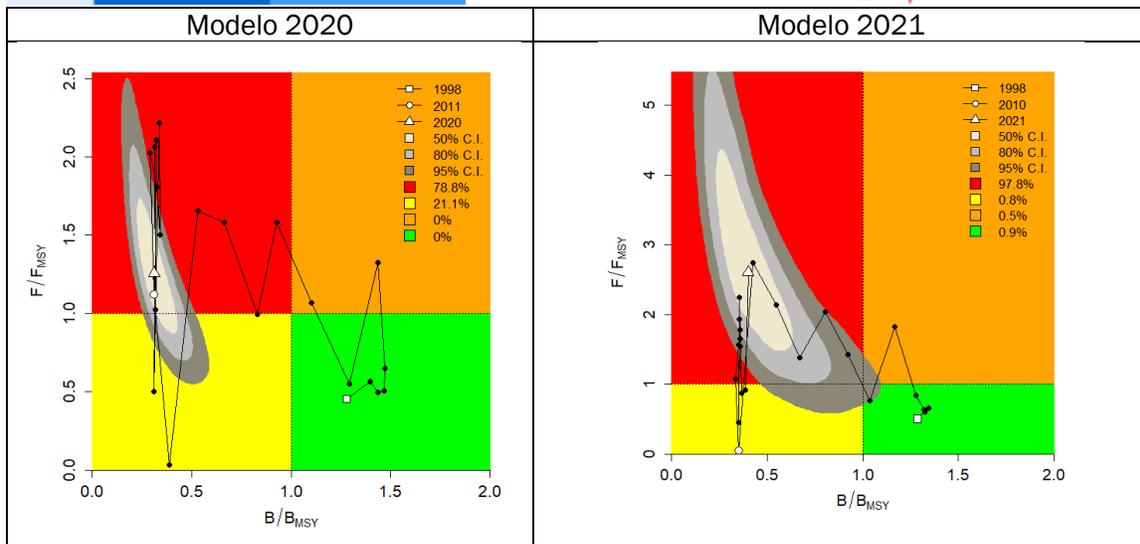


Figura 6-30. Análisis de las pesquerías de la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) para la Orinoquia colombiana, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

### 6.3.10.2 Conclusiones para las pesquerías de la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) en la Orinoquía Colombiana.

La pesquería de estrigata mármol, se encuentra en condiciones sencibles, razón por la cual desde el año pasado se le estableció una cuota a la que se le realiza un seguimiento mensual, mostrando a corte de 30 de junio un aprovechamiento del 79%; por lo anterior se propone para la vigencia 2023 una cuota global de pesca para la *Carnegiella strigata* del Orinoco correspondiente al límite inferior del MSY de 116.000 unidades.

### 6.3.10.3 Modelos CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) para la amazonia.

El comportamiento de las capturas estimadas en la serie histórica disponible, indica que la pesquería de la estrigata mármol del Amazonas, paso por diferentes fluctuaciones entre crecimiento y disminuciones hasta alcanzar el valor más bajo en 2010, después de este año no se han vuelto a presentar registros como los años anteriores, y lo que se observa es una tendencia a la disminución de las capturas. (Figura 6-31, panel A)

De otra parte, se evaluó el impacto de la **biomasa relativa** según el modelo bayesiano, donde el rango de distribución de B/K en 1998 estuvo entre 0.4 a 0.8 siendo bajo, se muestra un crecimiento hasta el 2003, con un punto de quiebre en 2010 donde la biomasa relativa se ubicó entre 0.01 a 0.4, entrando posteriormente a un periodo de estabilidad, para el 2021 el registro fue entre 0.01 a 0.2 (Figura 6-31, panel D). La tasa de aprovechamiento presenta grandes fluctuaciones, sin embargo, se muestra cerca del punto de equilibrio (Figura 6-31, panel E), el factor determinante se muestra en la **curva en equilibrio** ya que se nota que esta especie se encuentra en un estado de sobreexplotación (Figura 6-31, panel F).

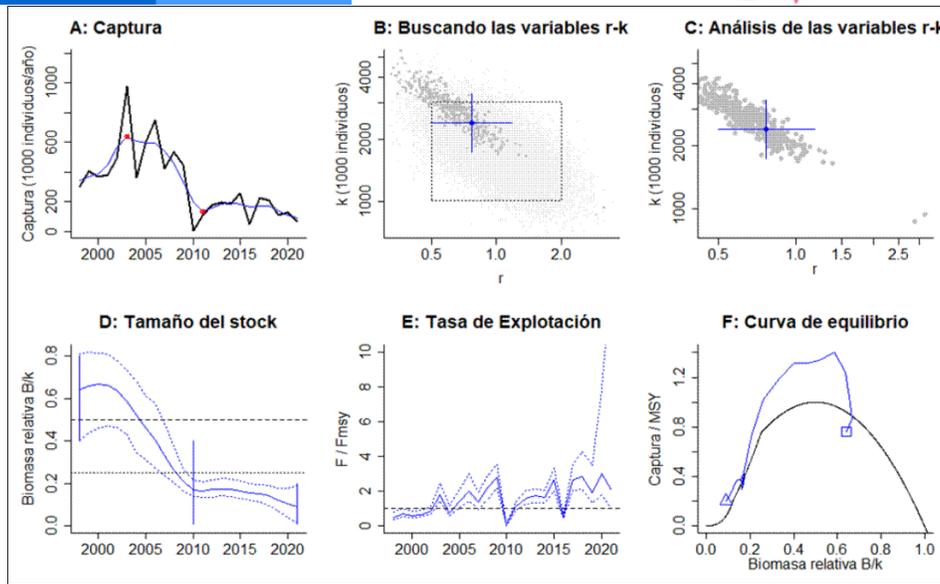


Figura 6-31. Resultados del análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La relación existente entre la captura y su punto de referencia MSY presenta unos buenos primeros años, en la evaluación de las biomazas a partir del 2010 la pesquería decae y entra el recurso en la zona de alarma, lo cual se comprueba con el análisis del aprovechamiento y su indicador  $F/F_{msy}$ , cuya tendencia es la de sobrepasar los límites estratégicos (Figura 6-32).

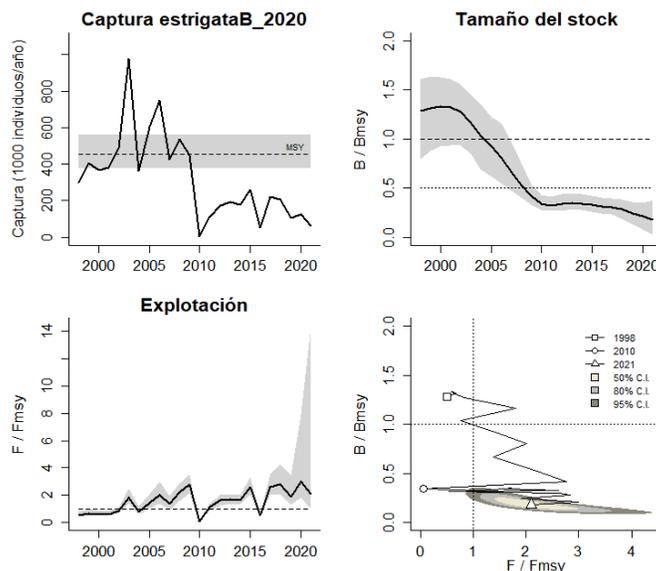


Figura 6-32. Análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) del Amazonas. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Esta especie presenta una capacidad de resiliencia alta determinada por la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) la cual se encuentra en 0.928, la estimación del MSY se encuentra entre 505.000 y 621.000, sin embargo, la biomasa relativa encontrada es muy baja (Tabla 6-23)

Tabla 6-23. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) en la Amazonia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0,928	0,638	1,35
MSY	505.000	412.000	621.000
K	2.179.000	1.615.000	2.940.000
		Percentil 2,5	Percentil 97,5
Biomasa relativa en 2021	0,08de K	0,0129	0,188
Explotación $F/(r/2)$ en 2021	0,78		

El impacto que ocasiona la mortalidad por pesca en el MSY muestra una especie que se encuentra en condición crítica, porque las biomasa son inferiores al valor de 0.5 de las tasas relativas; igualmente los indicadores de  $B/B_{msy}$  mortalidad por pesca para 2021 y la tasa de explotación  $F/F_{msy}$  evidencian un recurso con problemas de sostenibilidad (Tabla 6-24)

Tabla 6-24. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) en la Amazonia colombiana

Parámetros	Valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
$F_{msy}$	0,464	0,319	0,674	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,148</b>
$F_{msy}$	0,148	0,102	0,213	( $r$ y $F_{msy}$ se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	505.000	412.000	621.000		
$B_{msy}$	1.090.000	808.000	1.470.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en 2021	174.000	28.100	409.000		

Parámetros	Valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
B/B <sub>msy</sub> en 2021	0,16	0,0258	0,376	
Mortalidad por pesca en 2021	0,362	0,154	2,25	
Explotación F/F <sub>msy</sub> =	2,44	1,04	15,1	

El estudio del comportamiento bayesiano utilizando el gráfico de fases probabilísticas de Kobe presenta una actividad en los primeros años positiva, luego se pasa a la fase de plena explotación llegando en poco tiempo a la zona crítica; por lo anterior se estima que para el 2021 la probabilidad de estar en la zona crítica fue del 99.3% con un 0.37% de estar en recuperación (Figura 6-33)

En términos generales la probabilidad que la pesquería de estrigata mármol del Amazonas para el año 2020 se encontrará en estado crítico fue del 97,3% y la probabilidad de ubicarse en la zona de recuperación fue del 2,7% lo que se observa para el año 2021 es una probabilidad del 99,3% que la especie este en la zona crítica y un 0,7%, que pase a la zona de recuperación; al comparar los dos años se muestra un aumento de la presión por pesca para esta especie. (Figura 6-33).

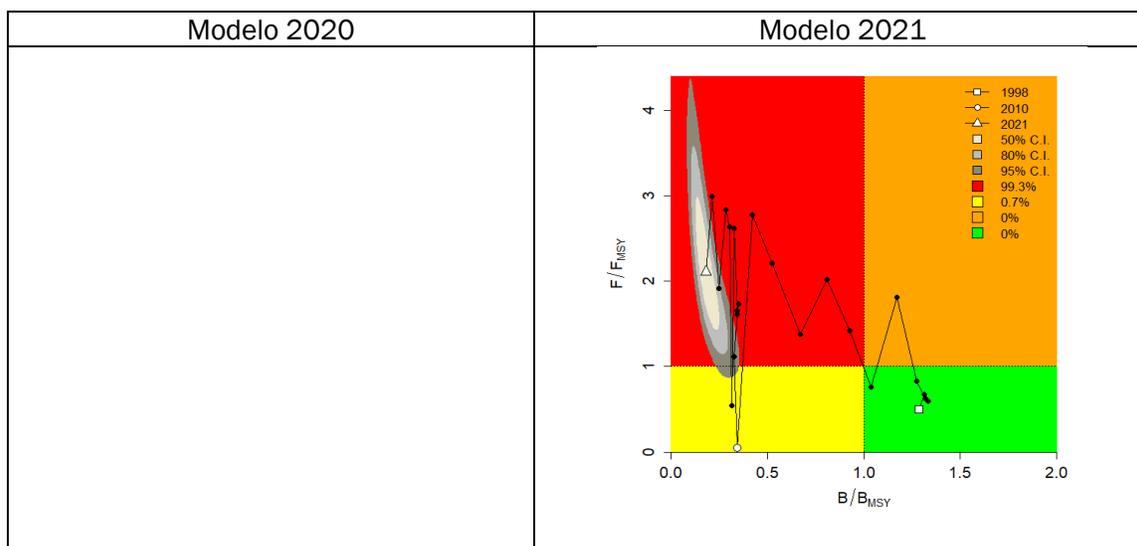


Figura 6-33. Análisis de las pesquerías de estrigata mármol (*Carnegiella strigata*) para el Amazonas, utilizando el gráfico de fases de Kobe

#### 6.3.10.4 Conclusiones sobre las pesquerías de la estrigata mármol de Amazonas (*Carnegiella strigata*).

De acuerdo con los cálculos realizados se encontró que el punto de referencia de MSY tuvo un valor de 510.000 individuos (405.000 a 643.000), En tal sentido, se recomienda mantener la cuota de la vigencia 2022 que es de 297.205 individuos.

### 6.3.11 Pesquerías del pencil cola roja *Nannostomus eques* Stendachner, 1876



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

#### 6.3.11.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías pencil cola roja (*Nannostomus eques*).

Este es uno de los pocos recursos que ha presentado una serie histórica más o menos uniforme, puesto que no ha mostrado grandes variaciones, excepto en el años 2010 que fue el más bajo (Figura 6-34, panel A); la evaluación de la **biomasa** medida con su tasa B/K no presenta variaciones significativas, siendo el 2020 el año más bajo; de esta manera para 1998 el rango estuvo entre 0.4 a 8, para el año de quiebre estuvo entre 0.5 a 1, que es el más alto para la serie, y finalmente para el 2020 este rango fue de 0.2 a 0.6 (Figura 6-34, panel D); con respecto a la **tasa de aprovechamiento**, permaneció casi todos los años por debajo de valor limite, lo que es bueno para el recurso (Figura 6-34, panel E), en cuanto a la **curva en equilibrio** prácticamente todos los años se estuvo en la zona de equilibrio poblacional que se considera beneficios para la especie (Figura 6-34, panel F).

La otra parte de la evaluación fue la realizada entre las capturas y su punto de referencia, no se mantuvo en los límites de seguridad con excepción del 2010, por lo tanto, la Biomasa fue en todas sus fases superior al referente superior, de igual manera la tasa F/F<sub>msy</sub> siempre estuvo por debajo de valor de referencia, estos dos indicadores habal del buen estado de salud de esta pesquería (Figura 6-35).

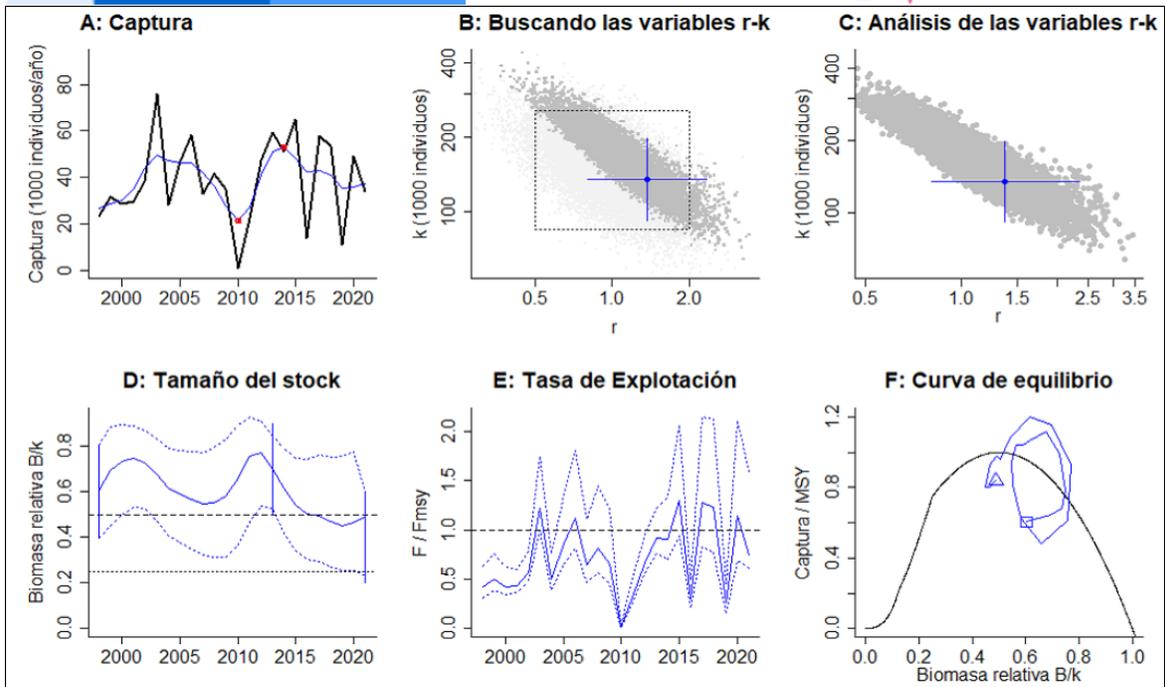


Figura 6-34. Resultados del análisis de las pesquerías del pencil cola roja (*Nannostomus eques*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

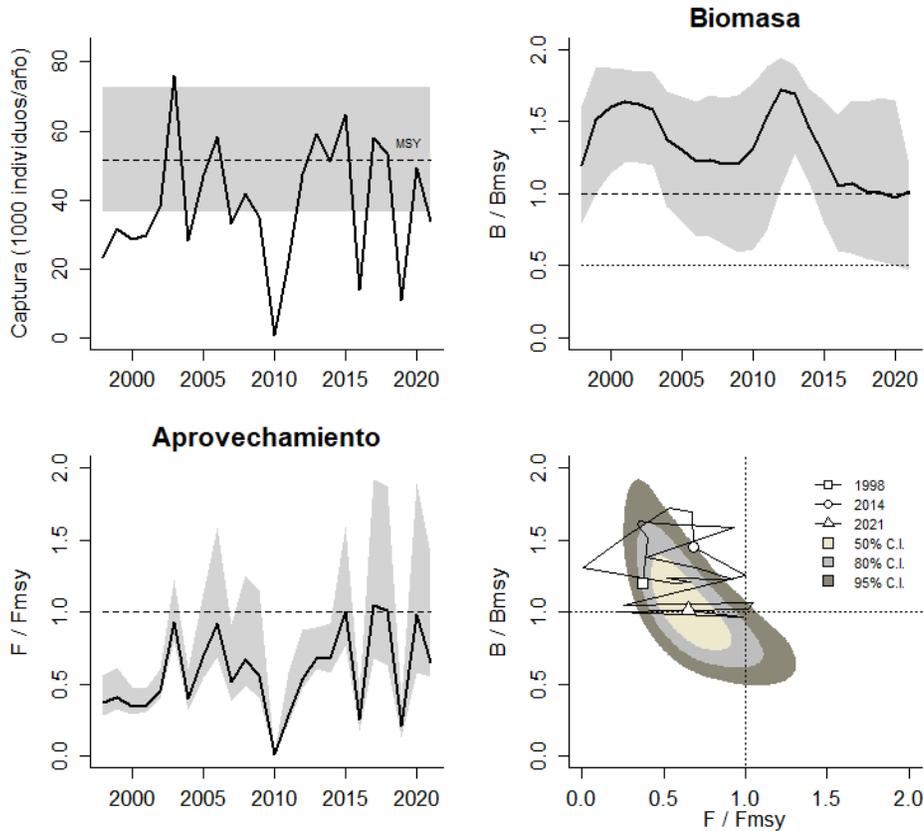


Figura 6-35. Análisis de las pesquerías de *Nannostomus eques*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

El ejercicio complementario que se desarrolló para la evaluación de esta especie fue someterlo al sistema de fases probabilísticas de Kobe, como resultado se encontró que prácticamente todos los años han estado en la fase óptima, para el 2020 se estableció que existe un 34.4% de que el sistema este en la zona crítica, un 15% que este en la zona de recuperación, un 6,6% que se encuentre en el nivel de plena explotación y un 44% que se esté en la zona óptima, que ha sido el mejor valor que se ha encontrado para el diagnóstico de una especie (Figura 6-36), mientras que el comportamiento en el 2021 fue: 7,8% de probabilidad que se encuentre en la zona crítica, 41,4% que se encuentre en la zona de recuperación y el 50,7% de estar en la zona óptima.

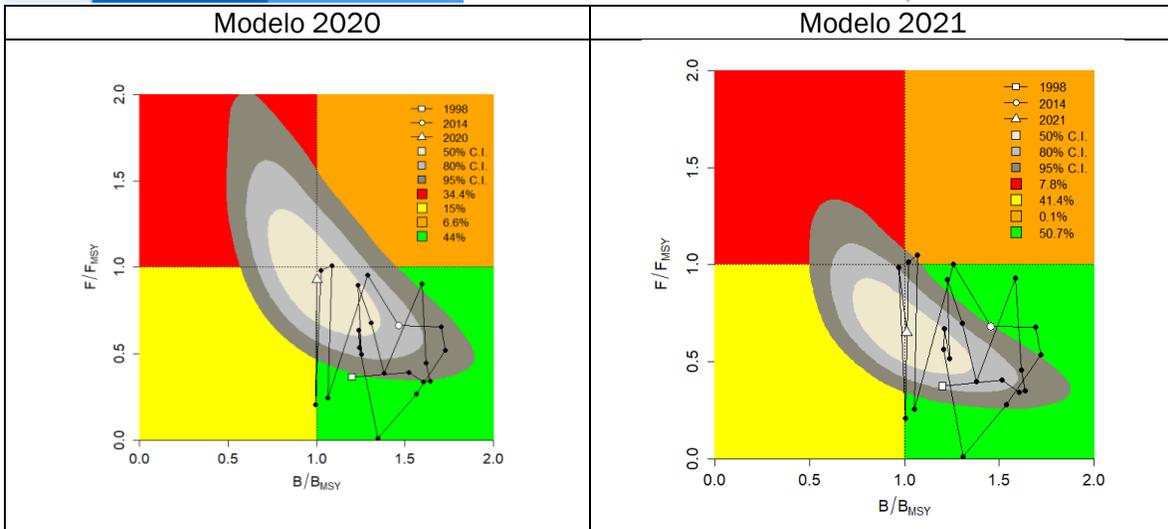


Figura 6-36. Análisis de las pesquerías de pencil cola roja (*Nannostomus eques*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

*Nannostomus eques* es un recurso de alta resiliencia, teniendo en cuenta lo establecido por su tasa intrínseca de crecimiento estimada bajo la evolución de (r), su capacidad de carga en el ecosistema es alta, considerando los demás recurso evaluados, igualmente su punto de referencia estimado es medio, mientras que su biomasa relativa está por encima del referente 0.5 (Tabla 6-25).

Tabla 6-25. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el pencil cola roja *Nannostomus eques* en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
r	1,42	1,02	1,97
MSY	51.600	36.600	72.600
K	146.000	87.900	24.1000
Biomasa relativa en el último año	0,506de K	0,233	0,597
Explotación F/(r/2) en el último año	0,65		

El análisis del impacto de la mortalidad por pesca en MSY y el comportamiento de las biomasa no mostraron diferencias, por lo cual las estimaciones dieron exactamente igual; los resultados de las tasas de evaluación como B/Bmsy mortalidad por pesca y tasa de explotación F/Fmsy han sido de los más positivos encontrados con los análisis realizados (

Tabla 6-26)

Tabla 6-26. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el pencil cola roja (*Nannostomus eques*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,708	0,509	0,985	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )
Fmsy	0,708	0,509	0,985	(r y Fmsy se reducen linealmente e si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	51.600	36.600	72.600	
Bmsy	72.800	44.000	121.000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	73.700	34.000	87.000	
B/Bmsy en el último año	1,01	0,467	1,19	
Mortalidad por pesca en el último año	0,46	0,39	0,997	
Explotación F/Fmsy	0,65	0,55	1,41	

#### 6.3.11.2 Conclusiones sobre la pesquería del pencil cola roja (*Nannostomus eques*).

Los resultados de la evaluación de esta pesquería, mostró que todos los indicadores estimados fueron positivos para la sostenibilidad de la especie, en tal sentido se recomienda mantener la cuota establecida para la vigencia 2022 de 52.900 unidades.



El campo  
es de todos

Minagricultura



### 6.3.12 Pesquerías de la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum* Werneke, Armbruster, Lujan & Tarphon, 2005)



Foto AUNAP - FUNINDES

#### 6.3.12.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*).

Este es uno de los pocos recursos que ha presentado una serie histórica más o menos uniforme, puesto que no ha mostrado grandes variaciones, excepto en el año 2010 que fue el más bajo (Figura 6-37, panel A)

La evaluación de la **biomasa** medida con su tasa B/K casi no mostro variaciones siendo el último año el más bajo, de esta manera para 1998 el rango estuvo entre 0.4 a 8, para el año de quiebre estuvo entre 0.5 a 1, que es el más alto para la serie, y finalmente para el 2021 este rango fue de 0,1 a 0,3 (Figura 6-37, panel D)

El análisis de la **tasa de aprovechamiento** mostro un comportamiento fluctuante en el periodo estudiado (Figura 6-37, panel E), en cuanto a la **curva en equilibrio** prácticamente todos los años se estuvo en la zona optima poblacional lo cual es beneficioso para la especie (Figura 6-37, panel F).

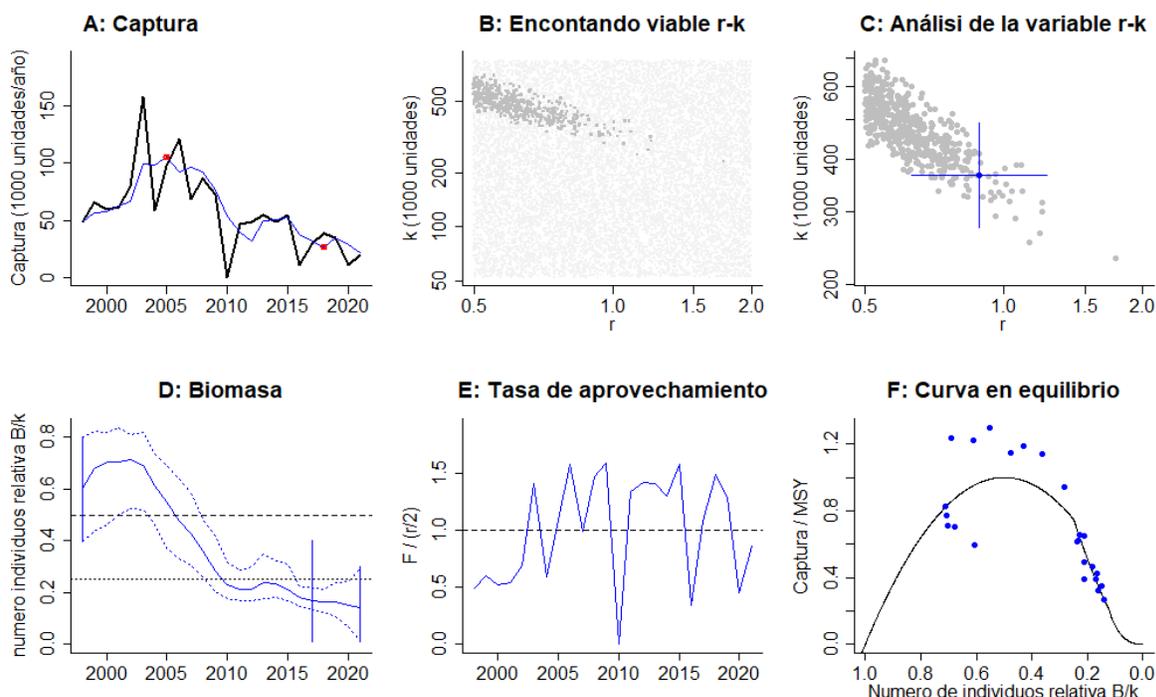


Figura 6-37. Resultados del análisis de las pesquerías de la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

De igual forma se evaluó el comportamiento de las capturas con respecto al punto de referencia, encontrando que los límites de seguridad se sobrepasaron con excepción del año 2010, por lo tanto, la Biomasa fue mayor en todas sus fases al referente superior, de igual manera la tasa  $F/F_{msy}$  siempre estuvo por debajo de valor de referencia, estos dos indicadores muestran el buen estado de salud de esta pesquería (Figura 6-38).

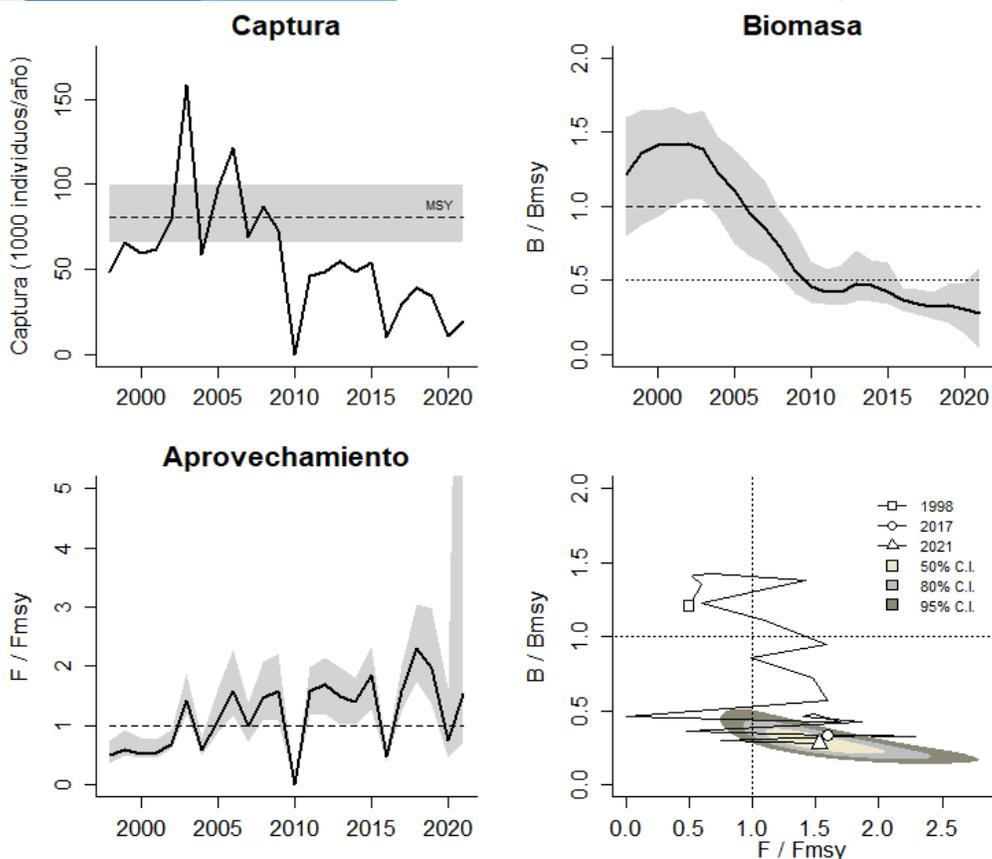


Figura 6-38. Análisis de las pesquerías de la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

El análisis del comportamiento de la pesquería utilizando la gráfica de fases probabilísticos de Kobe, muestra que, durante los primeros años de la serie histórica, la pesquería estuvo ejercida de manera adecuada, sin embargo, en los años 2004 y 2006, se pasó a la zona de plena explotación y desde entonces la pesquería está en la zona crítica. Bajo este esquema la probabilidad que la pesquería se encuentre en la parte crítica en el año 2020 es del 99.7% mientras que la probabilidad que pase a la zona de recuperación es tan solo del 0.3% (Figura 6-39), en comparación con el año 2021 la probabilidad que la pesquería pase a la zona crítica es de 95,7% y que pase a la zona de recuperación es de 4,3% mostrando así una recuperación de la población.

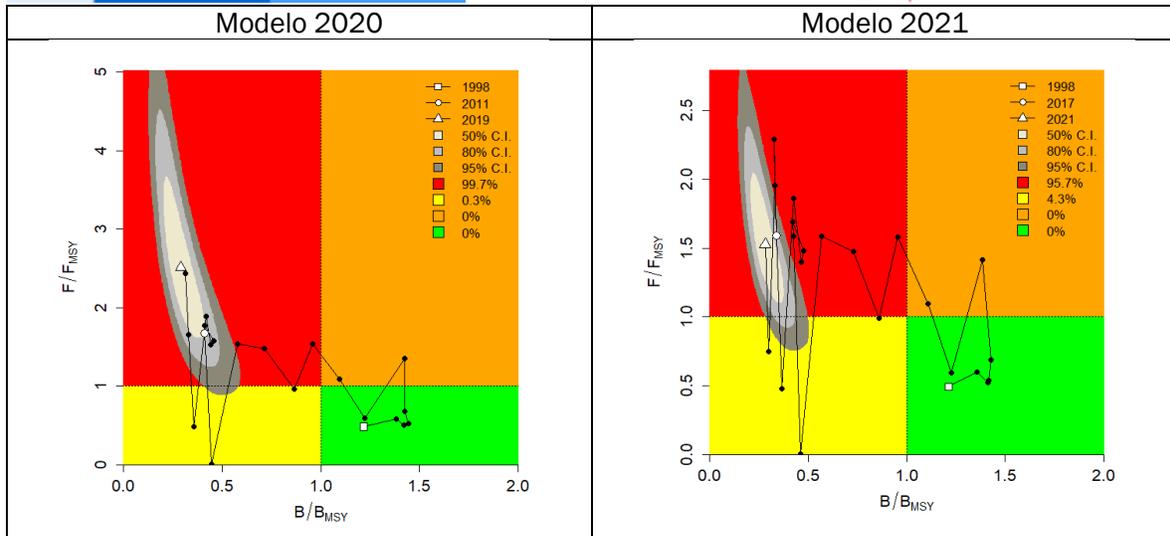


Figura 6-39. Análisis de las pesquerías de la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

En cuanto a la capacidad del recurso se determinó que la especie tiene una resiliencia amplia estimada bajo los resultados de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), la capacidad de carga del ecosistema ( $K$ ) es de tipo medio, comparado con los registros estudiados con otras especies, de la misma manera el MSY es igualmente de tipo medio, lo que muestra una alarma es la biomasa relativa que fue baja (Tabla 6-27).

Tabla 6-27. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0,882	0,629	1,24
MSY	80.800	65.500	99.600
$K$	366.000	275.000	488.000
		Percentil 2,5	Percentil 97,5
Biomasa relativa en el último año	0,141de $K$	0,0151	0,292
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0,859		

La evaluación de los referentes de la mortalidad por pesca en MSY, muestra que por los decaimientos de las biomazas es necesario tomar el valor más bajo, adicionalmente los indicadores de  $B/B_{msy}$  mortalidad por pesca del 2020 y la tasa de explotación  $F/F_{msy}$ , muestran resultados que debe prender las alarmas (Tabla 6-28).



Tabla 6-28. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,441	0,315	0,619	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )
Fmsy	0,248	0,177	0,348	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	80.800	65.500	99.600	
Bmsy	183.000	137.000	244.000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	515.00	5.530	107.000	
B/Bmsy en el último año	0,281	0,0302	0,584	
Mortalidad por pesca en el último año =	0,379	0,182	3,53	
Explotación F/Fmsy =	1,53	0,735	14,2	

### 6.3.12.2 Conclusiones de las pesquerías de cucha roja (*Hemiancistrus guahiborum*).

De acuerdo con los resultados de las estimaciones sobre el punto de referencia MSY con el valor de 80.800 unidades (65.500 a 99.600); teniendo en cuenta que la probabilidad de estar en la zona crítica disminuyó y aumento la probabilidad de recuperación, se recomienda mantener la cuota asignada para el año 2022 establecida en 14.000 unidades.



### 6.3.13 Pesquerías de pacamú enano (*Microglanis iheringi* Gomes, 1946)



Foto AUNAP – FUNIDES, 2016

#### 6.3.13.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías del pacamú enano (*Microglanis iheringi*).

Analizando el comportamiento de las series históricas de las capturas se detectó que hasta el presente el desarrollo de esta pesquería es normal para un recurso pesquero cualquiera, este comportamiento se desarrolla con un sistema de aprovechamiento inicial en crecimiento, luego un tope máximo y luego un decrecimiento, sin embargo, hubo una ligera recuperación después del 2016 (Figura 6-40, panel A).

El análisis de las **biomasas** (marcadas como el número de individuos) siguiendo el comportamiento del indicador B/K presentó una primera fase de aumento luego un decrecimiento que en el año 2010 cruzó el límite inferior declarándose como una zona de alerta, en cuanto a la distribución bayesiana de los marcadores prior se encontró que la distribución de las densidades empezó en 1998 con una distribución entre 0.4 a 0.8, luego en el año de quiebre 2015 está bajo con un rango de 0.01 a 0.4, luego en 2021 este rango se estrecha un poco más en 0.01 a 0.4 (Figura 6-40, panel D)

En cuanto a la **tasa de aprovechamiento** se presentó muy variable alrededor del punto de referencia de la tasa  $F/(r/2)$  (Figura 6-40, panel E), finalmente la **curva en equilibrio** presenta un panorama preocupante ya que más del 40% de los datos se presentaron en la zona de sobreexplotación (Figura 6-40, panel F).

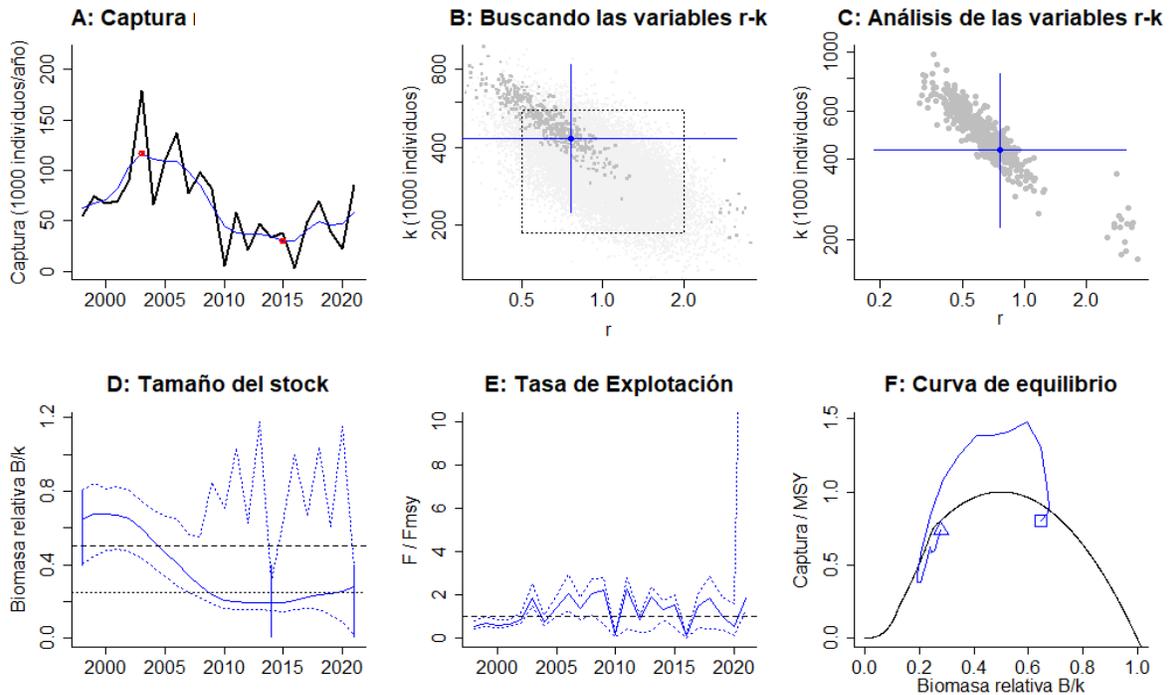


Figura 6-40. Resultados del análisis de las pesquerías del pacamú enano (*Microglanis iheringi*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La otra fase de la evaluación estuvo en la comparación de las capturas frente a sus punto de referencia MSY, se notó solo dos procesos una positivo en los primeros años y luego uno negativo desde 2010 hasta 2021, las biomazas si presentan tres fases una de crecimiento hasta un valor tope entre 2004 a 2005, luego decrece y se marca el 2010 como el inicio de la fas critica, esto se vio marcado en el análisis de la tasa  $F/F_{msy}$  que mostro una tendencia de crecimiento (Figura 6-41)

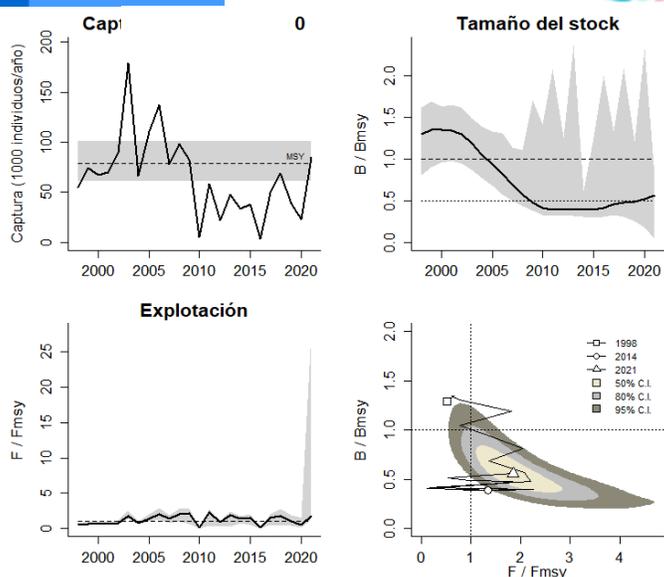


Figura 6-41. Análisis de las pesquerías del pacamú enano (*Microglanis iheringi*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

El análisis de la estrategia bayesiana mediante el gráfico de fases probabilística de Kobe, muestra que solo los primeros años la pesquería estuvo en el área óptima, luego pasó al área de plena explotación y entró en el área crítica con dos años de recuperación; por ello para el 2021 las probabilidades de estar en el área crítica son del 93%, mientras que la probabilidad de estar en la zona de recuperación es del 2,3% (Figura 6-42).

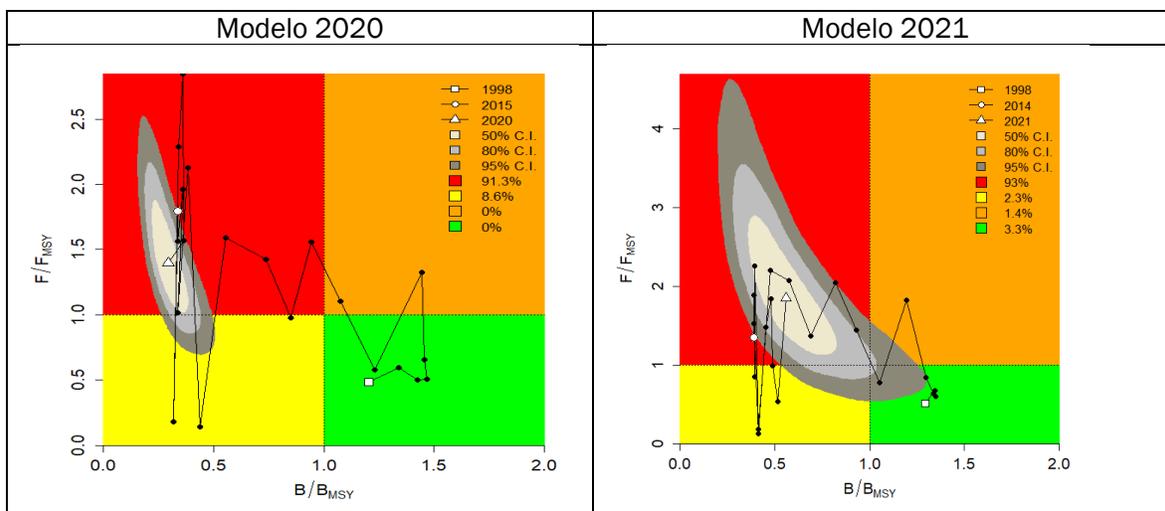


Figura 6-42. Análisis de las pesquerías pacamú enano (*Microglanis iheringi*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

Los resultados del análisis CMSY indican que la especie tiene una resiliencia alta, determinada por el cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), la capacidad de carga de la especie ( $K$ ) al ecosistema es de tipo medio, (Tabla 6-29)

Tabla 6-29. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el pacamú *Microglanis iheringi* enano en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0,764	0,178	3,12
MSY	78.700	61.100	101.000
K	431.000	222.000	836.000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0,28de K	0,0186	0,394
Explotación F/(r/2) en el último año	1,85	1,31	27,9

Los análisis sobre los indicadores de referencia como la mortalidad por pesca en MSY, mostraron que de las dos alternativas y por el comportamiento de las biomazas con resultados por debajo del límite de 0.5, se debe escoger el mínimo valor; los indicadores como B/Bmsy, y la tasas F/Fmsy con el referente de la mortalidad por pesca en 2021, (Tabla 6-30).

Tabla 6-30. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el pacamú enano (*Microglanis iheringi*). en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,382	0,0935	1,56	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )
Fmsy	0,382	0,0935	1,56	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	78.700	61.100	101.000	
Bmsy	215.000	111.000	418.000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	120000	7990	170000	
B/Bmsy en el último año	0,559	0,0371	0,788	
Mortalidad por pesca en el último año	0,707	0,502	10,7	
Explotación F/Fmsy	1,85	1,31	27,9	

### 6.3.13.2 Conclusiones de las pesquerías de pacamú enano *Microglanis iheringi*

De acuerdo con los resultados obtenidos para el punto de referencia MSY de 78.700 individuos (61.100 a 101.000), se recomienda mantener la cuota asignada para el 2022 que corresponde a 74.000 unidades.

### 6.3.14 Pesquerías de leporino rayado *Leporinus fasciatus* (Bloch, 1794)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

#### 6.3.14.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías del leporino rayado (*Leporinus fasciatus*).

El análisis de las series de tiempo de las capturas estimadas no mostró una tendencia clara, los datos presentan variaciones notables (Figura 6-43, panel A)

El estudio de las **biomasas** a través de la tasa relativa B/K muestra registros iniciales en un ligero incremento, luego disminuye paulatinamente hasta el 2010 pero luego tiene una ligera recuperación y se estabiliza, de este análisis también podemos referir a los marcadores bayesianos prior que mostraron para 1998 un rango de abundancia entre 0,4 a 0,8 el punto de quiebre se presenta en 2016 con un registro entre 0,01 a 0,4 que es el mismo que se presenta para 2021 (Figura 6-43, panel D)

La **tasa de aprovechamiento** registró años entre altos y bajos casi de manera alternativa, no hay una tendencia marcada (Figura 6-43, panel E); la **curva en equilibrio** presento un 15% de los datos en el área óptima, un 35% sobre el MSY y un 60% de los valores se ubican en la zona de sobreexplotación (Figura 6-43, panel F).

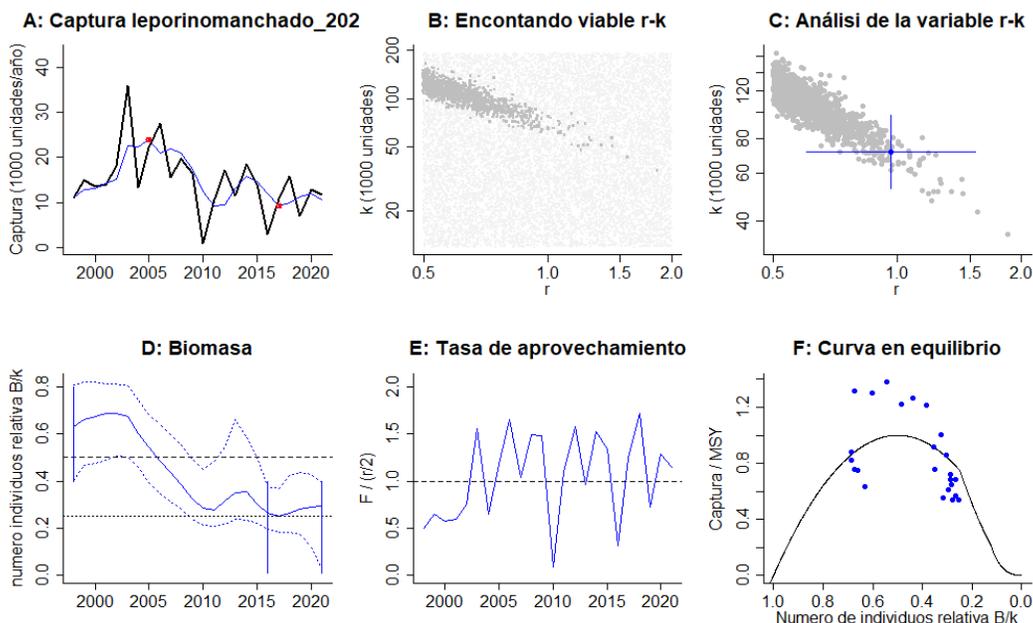


Figura 6-43. Resultados del análisis de las pesquerías del laporino rayado (*Leporinus fasciatus*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r$ - $k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r$ - $k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r$ - $k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El siguiente análisis se presenta entre las capturas y su relación con el punto de referencia MSY, durante todo el desarrollo de las series de tiempo se estuvo dentro de los límites de confianza del punto de referencia con algunos años estando por encima o por debajo; así mismo las biomazas presentaron dos fases claras que son una inicial de incremento hasta el 2003 y luego una de decrecimiento hasta el 2010, de allí hasta el 2021 se estabiliza sin traspasar el nivel mínimo del referente  $B/B_{msy}$  (Figura 6-44)

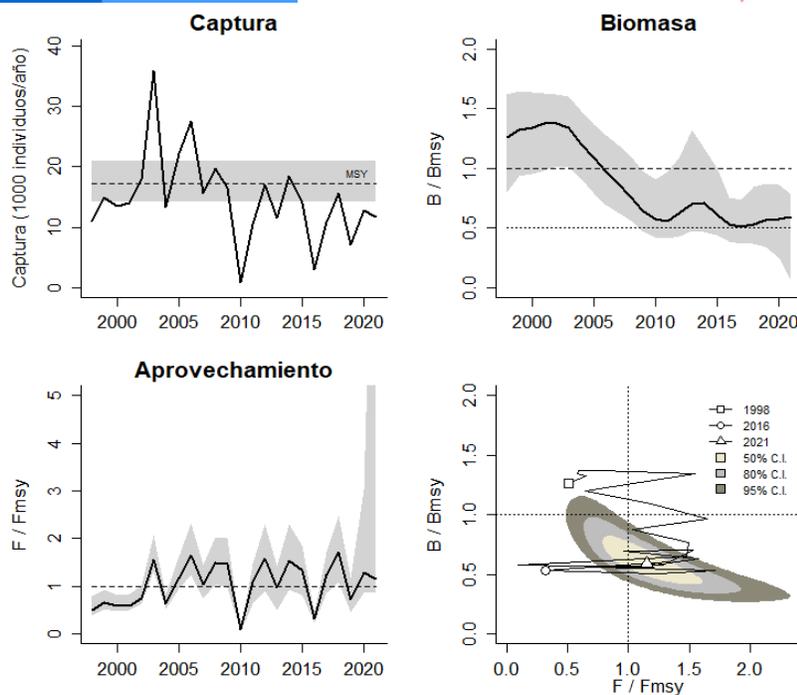


Figura 6-44. Análisis de las pesquerías del laporino rayado (*Leporinus fasciatus*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados obtenidos del análisis CMSY para *Leporinus fasciatus*, muestran un recurso con una alta resiliencia, determinada por el valor encontrado con la tasas intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), mientras que su capacidad de carga ( $K$ ) es de las más bajas, comparadas con las otras especies revisadas en este trabajo; por lo tanto, el punto de referencia MSY es también de los más bajos, la biomasa relativa para el 2021 fue baja de acuerdo con los estándares establecidos de 0.5 (Tabla 6-31).

Tabla 6-31. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el laporino rayado (*Leporinus fasciatus*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0,966	0,602	1,55
MSY	17200	14200	20900
$K$	71300	52400	97100
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.295de $K$	0,0282	0,393
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,15		

Los resultados utilizando la gráfica de Kobe de fases probabilísticas, evidencian que los primeros años de esta pesquería los registros estuvieron ubicados dentro de la franja óptima, como se esperaba se pasó a la franja de plena explotación pero luego entre el 2005 a 2021 los datos estuvieron alternativamente entre la franja crítica y la de recuperación, por lo que finalmente se encontró que para el 2021 la probabilidad de estar en la parte crítica fue del 66.1%, disminuyendo con relación al año anterior, con un 29.1% de estar en recuperación con un 2.8% de que las pesquerías de este año estén en la zona óptima (Figura 6-43)

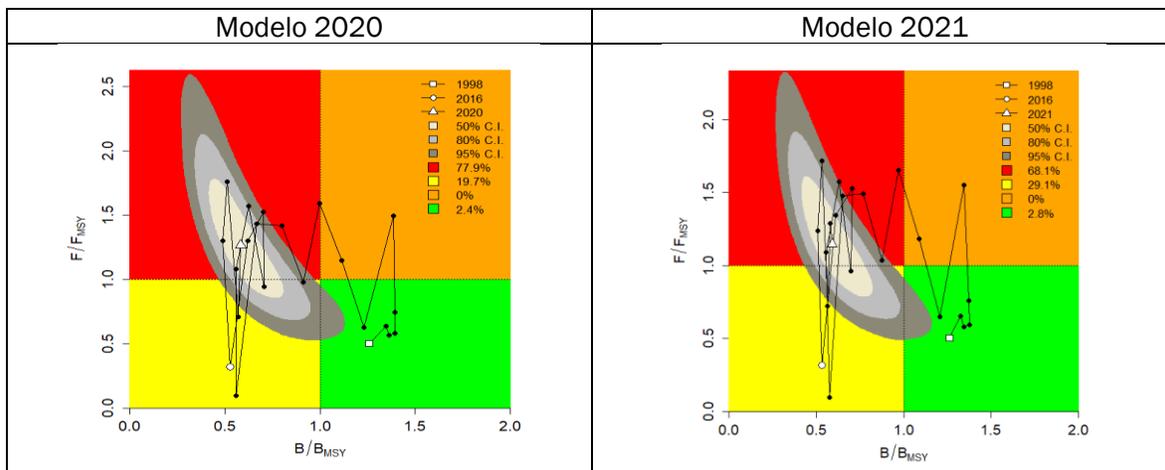


Figura 6-43. Análisis de las pesquerías del leporino rayado (*Leporinus fasciatus*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

Finalmente se comparó la tasa de mortalidad por pesca MSY de tal forma que de acuerdo con las evaluaciones realizadas no se notó una disminución de las densidades de las biomazas por debajo del estándar, por esa razón no se presentan diferencias entre estos dos resultados; lo anterior se corroboró con el resultado de la tasa  $B/B_{msy}$  que fue superior al indicativo de 0,5; la mortalidad por pesca y la tasa de explotación estuvieron ligeramente más altas con relación a los estándares establecidos. (Tabla 6-32).

Tabla 6-32. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el laporino rayado (*Leporinus fasciatus*) en la Orinoquía colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión (si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} > 0.5r$ )
		0,301	0,774	
$F_{msy}$	0,483	0,301	0,774	<b>0,483</b>



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,483	0,301	0,774	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	17200	14200	20900	
Bmsy	35700	26200	48500	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	21000	2010	28000	
B/Bmsy en el último año	0,59	0,0564	0,786	
Mortalidad por pesca en el último año =	0,554	0,416	5,8	
Explotación F/Fmsy =	1,15	0,862	12	

6.3.14.2 Conclusiones de las pesquerías del leporino rayado *Leporinus fasciatus*.

Teniendo en cuenta los resultados del MSY y que el aprovechamiento de esta especie con corte al 30 de junio no supera el 20% se propone que mantener la cuota de pesca asignada para la vigencia 2022 la cual corresponde a 17.400 unidades.

6.3.15 Pesquerías de otocinco colarayada (*Otocinclus vittatus* Regan, 1904)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016.

6.3.15.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de otocinco colarayada (*Otocinclus vittatus*).

El estudio de las series históricas de las estimaciones de las capturas evidencia una situación diferente de lo normal, hasta 2013 la pesquería se desarrolla de manera normal, pero a partir de esta fecha el recurso estuvo casi en cero, se puede asumir que no se presentó oferta del recurso, sin embargo, después de este año las pesquerías vuelven a tener valores altos (Figura 6-44, panel A)

Se revisaron los resultados de las **biomasas**, estructuradas con el uso de la tasa de biomasa relativa  $B/K$  presentando tres fases una inicial entre los años 1998 hasta 2005 la cual es de crecimiento con un valor tope, una segunda marcada por una disminución apreciable inclusive sobrepasando los niveles mínimos recomendados en el período de 2006 a 2014 y finalmente una tercera, en la que el sistema se recupera aunque no llega alcanzar los niveles óptimos, con esta base y partiendo de las posiciones prior del modelo bayesiana se marcaron las distribuciones de su abundancias las cuales se identificaron para 1998 que marco un rango entre 0,4 a 0,8, para el año de quiebre 2014 esta distribución estuvo entre 0,0 a 0,4, y para el 2021 se marcó un rango entre 0,1 a 0,4 (Figura 6-44, panel D)

La **tasa de aprovechamiento**, enmarcada en la tas  $F/(r/2)$  no tuvo una tendencia que defina una situación particular destacable, sin dejar de lado que el sistema fue nulo entre los años 2014 a 2016 (Figura 6-44, panel E), la mejor descripción se observa en la **curva en equilibrio**, donde el sistema cubrió casi todos los valores desde los muy bajos hasta los valores positivos para el sistema biológico (Figura 6-44, panel F).

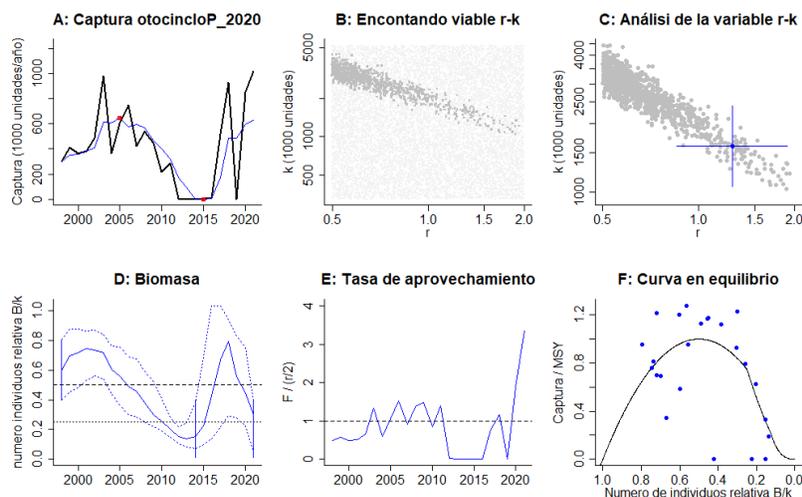


Figura 6-44. Resultados del análisis de las pesquerías del otocinclo colarayada (*Otocinclus vittatus*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La siguiente estructura analítica se centró en la relación que se dio entre las capturas y su punto de referencia MSY, donde también se presentó un factor diferente a los esperado ya que la

mayoría de los valores estuvieron cerca de este referente excepto en los años donde la actividad fue nula, de esta situación no fue exenta los resultados de las biomاسas ya que esta estuvieron muy cercanas al valor de referencia, excepto en los años mencionados, finalmente el referente de las tasa de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  casi siempre estuvieron oscilado alrededor del valor de referencia (Figura 6-45).

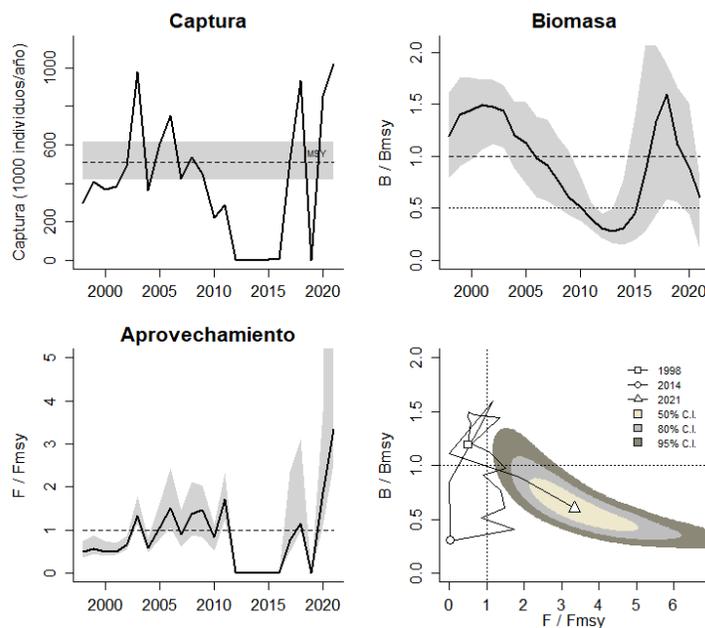


Figura 6-45. Análisis de las pesquerías del otocinco colarayada (*Otocinclus vittatus*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomاسas y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados numéricos mostraron que la especie es de alta resiliencia determinada por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $R$ ), es un recurso de alta capacidad de carga ( $K$ ) para el ecosistema, teniendo como referente los otros recursos estudiados en este documento, sin embargo, los resultados de la biomasa relativa no fue el ideal (Tabla 6-33).

Tabla 6-33. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el otocinco colarayada (*Otocinclus vittatus*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
R	1,27	0,852	1,9
MSY	507000	416000	617000
K	1595000	1064000	2392000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.301de K	0,0493	0,394
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3,34		

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,636	0,426	0,948	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	<b>0,636</b>
Fmsy	0,636	0,426	0,948	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	507.000	416.000	617.000		
Bmsy	797.000	532.000	1.196.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	480.000	78.600	639.000		
B/Bmsy en el último año	0,602	0,0986	0,788		
Mortalidad por pesca en el último año =	2,12	1,62	13		
Explotación F/Fmsy =	3,34	2,55	20,4		

El análisis de la estrategia bayesiana utilizando el gráfico de fases probabilística de Kobe, muestra que inicialmente las pesquerías fueron clasificadas dentro de los niveles óptimos, con dos años que se establecieron en la franja de plena explotación, luego pasan a una fase crítica para posteriormente alrededor de 2014 pasar al área de recuperación, si se compara la probabilidad de estar en la zona crítica de 2020 con 2021 esta disminuyo del 95.9%, a 93,9%, aumentando en un 6% de encontrarse en la zona de recuperación para este último año. (Figura 6-46).

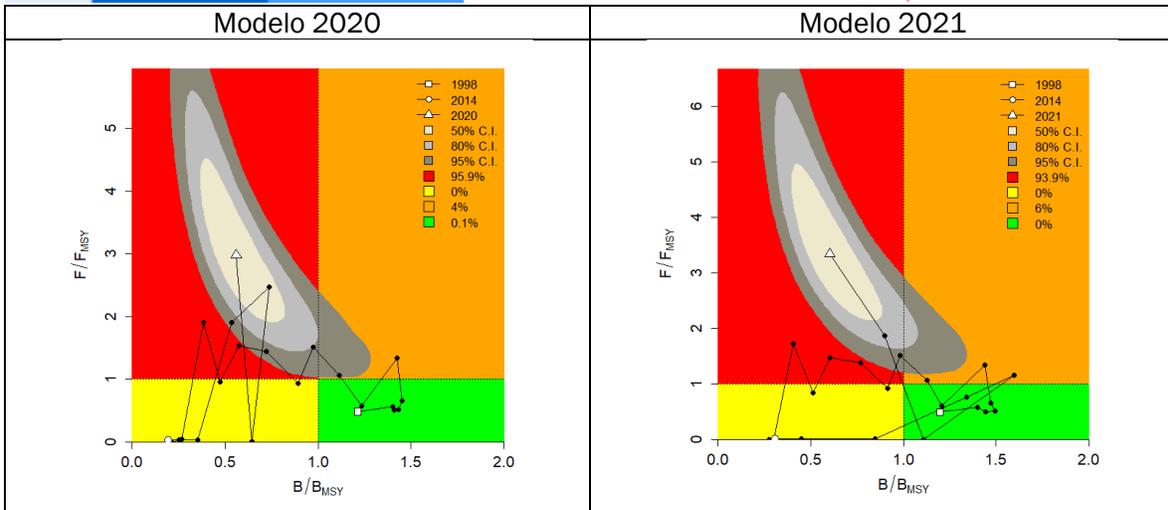


Figura 6-46. Análisis de las pesquerías de otocinclo colarayada (*Otocinclo vittatus*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

### 6.3.15.2 Conclusiones de las pesquerías del otocinclo colarayada (*Otocinclo vittatus*).

Los valores del punto de referencia MSY se encuentran en 507.000 individuos (416.000 a 617.000), el aprovechamiento de la cuota asignada de 512.000 unidades a corte 30 de junio muestra un aprovechamiento que no supera el 50%, por lo anterior se propone mantener la cuota.

### 6.3.16 Pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale* Eigenmann, 1922)



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

6.3.16.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*).

La estimación de las series de tiempo de las capturas para esta especie presenta dos fases una entre los años 1998 a 2010 con bajos niveles de producción y una segunda entre 2015 a 2021 donde se evidencia el ciclo de una pesquería en desarrollo (Figura 6-47, panel A)

Con la información disponible la relación de la tasa B/K de las biomosas se elaboró un sistema que muestra el comportamiento de las mismas en la serie temporal, donde se evidencian dos tipos de comportamiento, el primero de valores estables hasta 2013 y luego una disminución, con esta base y partiendo de las posiciones prior del modelo bayesiana se marcaron las distribuciones de su abundancias las cuales se identificaron para 1998 que marco un rango entre 0.8 a 1, para el punto de quiebre en 2014 esta distribución estuvo entre 0.5 a 0.9 y para el 2021 se presenta un rango entre 0.2 a 0.6 (Figura 6-47, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** determinad por  $F/(r/2)$  se nota un proceso conservador, pero después de 2011 se muestra un incrementó (Figura 6-47, panel E); finalmente la **curva de equilibrio** muestra un sistema con niveles óptimos (Figura 6-47, panel F)

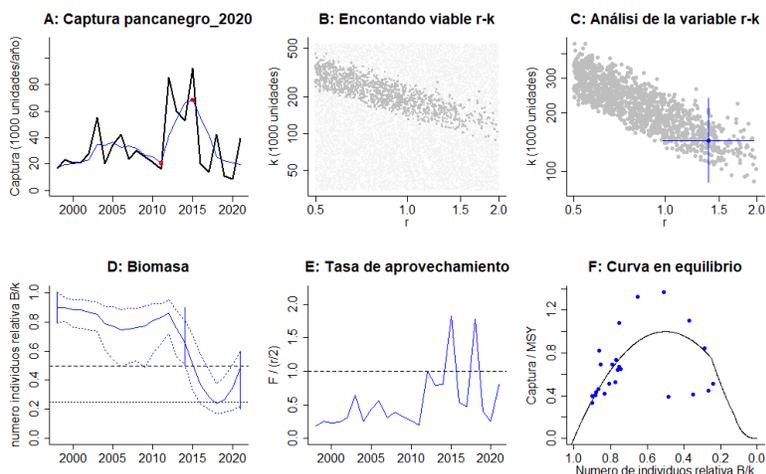


Figura 6-47. Resultados del análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La lectura del comportamiento de las capturas frente a su indicador de referencia MSY, muestra una relación equitativa entre los años incluidos en el sistema y los que quedaron por fuera de la franja de seguridad; las biomosas medidas con su tasa  $B/B_{msy}$  fueron positivas hasta el año 2014, luego presentan una caída inclusive después de 2017, se cruzó el límite de mínima seguridad, mientras que el indicador de la tasa de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  tuvo un

comportamiento de tendencias crecientes que se vieron aumentadas para los últimos años (Figura 6-48).

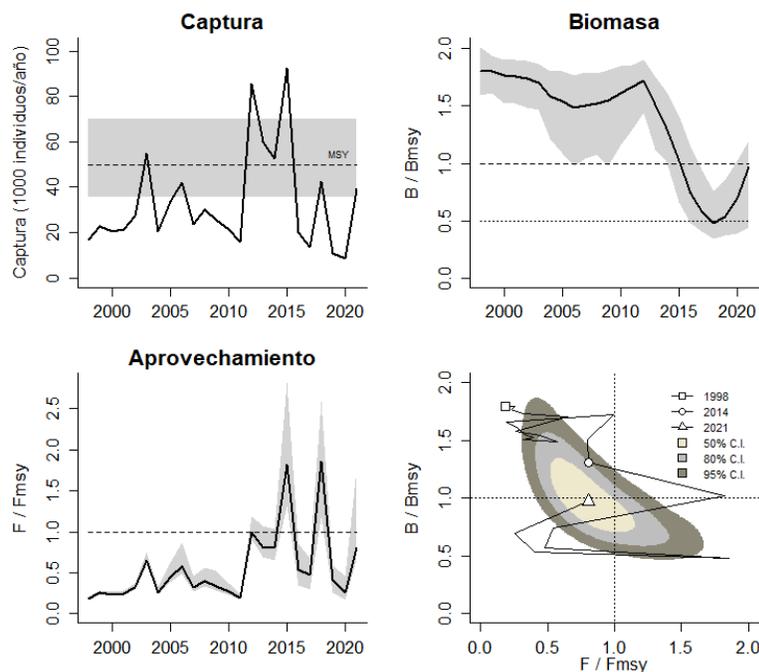


Figura 6-48. Análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados del análisis CMSY, permiten clasificar la especie *Chaetostoma dorsale*, como de alta resiliencia, teniendo en cuenta los resultados obtenidos para la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) que fueron de 1,38, la capacidad de carga de la especie ( $K$ ) se considera baja teniendo en cuenta las otras especies analizadas, esto también es correspondiente a la estimación de parámetro de referencia MSY el cual arroja un valor de 49.800. (Tabla 6-34).

Tabla 6-34. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	1,38	0,982	1,95
MSY	49.800	35.500	69.900
$K$	144.000	87.700	236.000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0,486de $K$	0,222	0,598
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0,808		

El análisis de la pesquería respecto a la mortalidad por pesca en MSY muestra un comportamiento fluctuante confirmando que las biomásas habían disminuido ostensiblemente por lo que la recomendación final de este índice se tomó como el valor más bajo, los otros indicadores como B/Bmsy mortalidad por pesca y tasa de explotación F/Fmsy mostraron signos de alarma (Tabla 6-35)

Tabla 6-35. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,692	0,491	0,975	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ )	<b>0,692</b>
Fmsy	0,692	0,491	0,975	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )	
MSY	49.800	35.500	69.900		
Bmsy	72.000	43.800	118.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	70.000	32.000	86.000		
B/Bmsy en el último año	0,973	0,444	1,2		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,559	0,455	1,22		
Explotación F/Fmsy =	0,808	0,658	1,77		

El análisis de la estrategia bayesiana utilizando el gráfico de fases probabilística de Kobe, evidencia que la mayoría de los años estuvo en la fase óptima y solo en los últimos años se tuvo un manejo en la zona crítica, por lo que se puede asumir que con un buen manejo esta especie se puede recuperar rápidamente, por ello para el 2021 la probabilidad de encontrarse en la fase crítica disminuyó a un 24.8% con un 30.8% de entrar en la zona de recuperación (Figura 6-49)

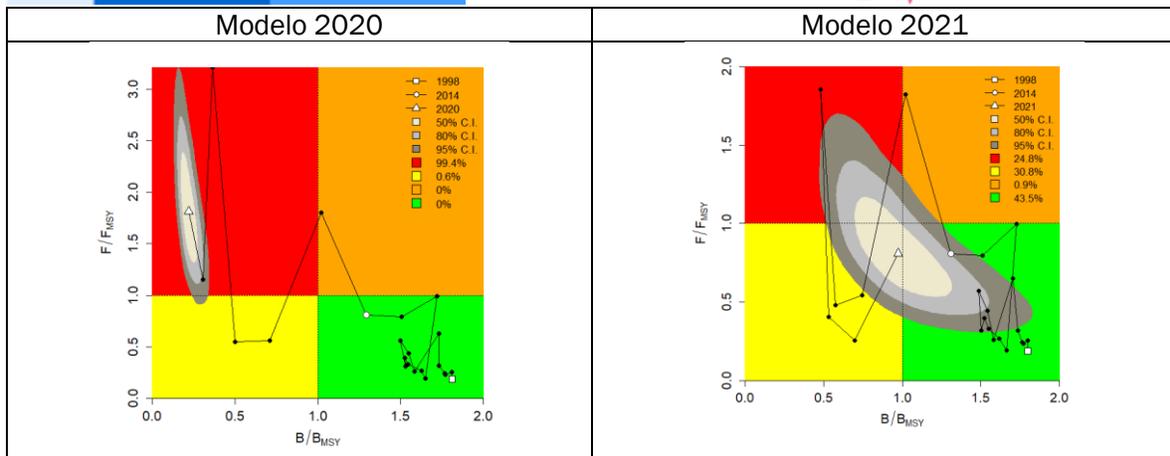


Figura 6-49. Análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

### 6.3.16.2 Conclusiones de las pesquerías de la cucha albina lisa punto de oro (*Chaetostoma dorsale*).

De acuerdo con los resultados obtenidos de MSY con un dato de 49.800 unidades (35.500 a 69.900), y con un aprovechamiento de la cuota asignada del 47% a corte 30 de junio de 2022 se recomienda mantener la cuota en 37.000 unidades.

### 6.3.17 Pesquerías de albina lisa punto verde *Chaetostoma formosae* Ballen, 2011



Foto AUNAP – FUNINDES, 2016

#### 6.3.17.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto verde (*Chaetostoma formosae*).

A partir de la información recopilada, se realizó una estimación de las series de tiempo de las capturas, dando como resultado una distribución semejante a los patrones estándares para las pesquerías de otras especies, lo que significa que la pesquería en sus inicios tuvo un crecimiento

constante hasta llegar a un máximo y luego se inicia un período de declinación (Figura 6-50, panel A).

El estudio del comportamiento de las **biomasa**, encontró que en general el patrón fue secuencial de alto rendimiento hasta un bajo rendimiento en especial para los últimos 4 años, por lo que cumpliendo con los marcadores bayesianos de abundancia se determinó un rango para 1998 entre 0.4 a 0.8, luego para el punto de quiebre en 2016 un rango entre 0.01 a 0.4, que se repite para 2021 (Figura 6-50, panel D).

La **tasa de aprovechamiento** del indicador  $F/(r/2)$  presentaron un movimiento oscilatorio alrededor de su marcador de referencia (Figura 6-50, panel E), para la **curva en equilibrio** se notó que más del 50% de los datos están anidados en la franja de sobreexplotación (Figura 6-50, panel F).

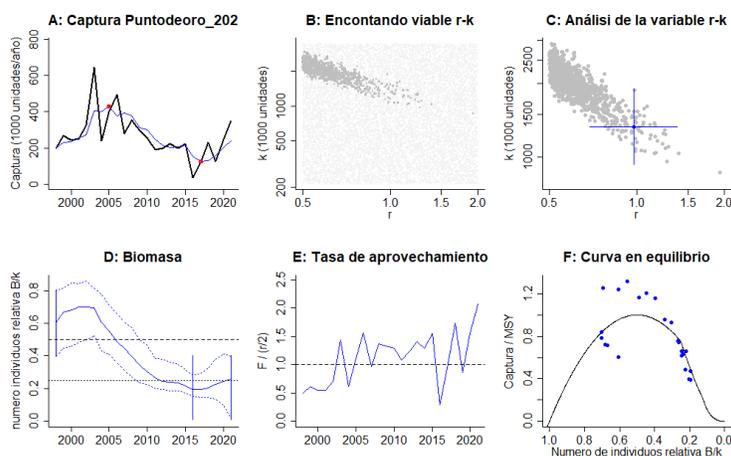


Figura 6-50. Resultados del análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto verde (*Chaetostoma formosae*). utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles. Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /MSY en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

El análisis del comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY muestra un buen nivel de las capturas hasta 2010, de allí en adelante las cantidades están por debajo de éste nivel; De igual forma, las biomasa también tuvieron un óptimo desarrollo hasta 2006, luego un intermedio hasta 2010, de allí en adelante disminuyen, por lo tanto, la tasa de aprovechamiento  $F/F_{msy}$  presenta una tendencia hacia el aumento (Figura 6-51)

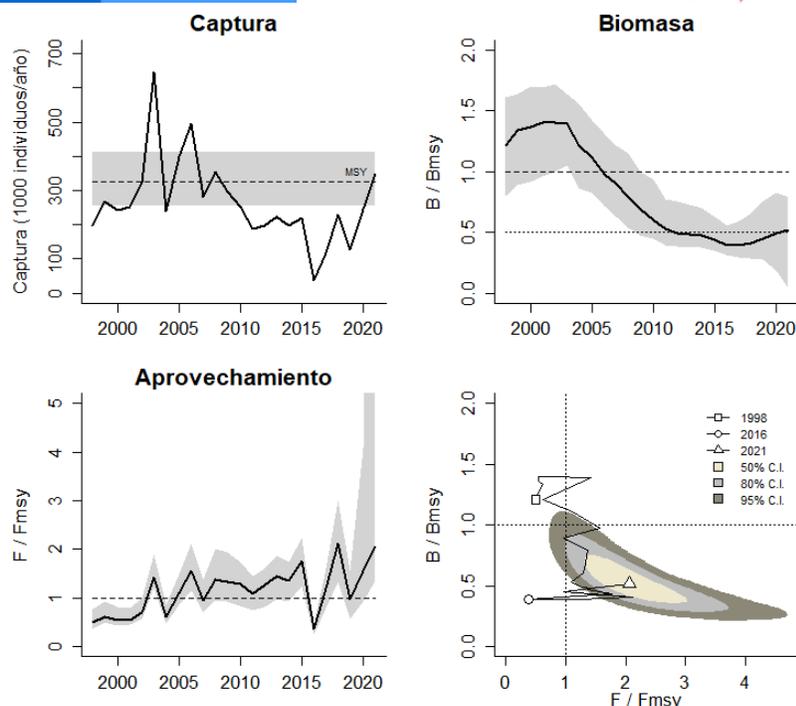


Figura 6-51. Análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto verde (*Chaetostoma formosae*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=F_{msy}$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Como un diagnóstico general se encontró que la especie *Chaetostoma formosae*, tiene una alta resiliencia, puesto que los estimativos de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ) así lo muestran; así mismo, la capacidad de carga ( $K$ ) de la especie, es de las más altas de las especies estudiadas, por ello su MSY es correspondiente con esta propuesta, las biomasa relativa de 2021 dan una alerta sobre la estabilidad de la especie (Tabla 6-36)

Tabla 6-36. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la albina lisa verde *Chaetostoma formosae* en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
$r$	0,973	0,687	1,38
MSY	325.000	256.000	412.000
$K$	1.336.000	938.000	1.903.000
Biomasa relativa en el último año	0.26 de $K$	0,0205	0,396
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2,06		

Teniendo con base los resultados expuestos sobre las biomazas se determinó que después de calcular la mortalidad por pesca en MSY, los indicadores de B/Bmsy y la tasa de explotación F/Fmsy se muestra que se está saturando el sistema (Tabla 6-37).

Tabla 6-37. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha albina lisa punto verde (*Chaetostoma formosae*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0,486	0,343	0,689	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$ ) <b>0,486</b>
Fmsy	0,486	0,343	0,689	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$ )
MSY	325.000	256.000	412.000	
Bmsy	668.000	469.000	951.000	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	347.000	27.400	529.000	
B/Bmsy en el último año	0,52	0,0411	0,792	
Mortalidad por pesca en el último año =	1	0,659	12,7	
Explotación F/Fmsy =	2,06	1,35	26,1	

El análisis de la estrategia bayesiana utilizando el gráfico de fases probabilística de Kobe, muestra que los primeros años de la pesquería de la cucha albina lisa de punto verde, fueron positivos para el equilibrio poblacional y luego se pasó al fase de plena explotación, pero el último grupo de años los valores se concentraron en la zona crítica; Así las cosas se estableció que para 2021 la probabilidad que la pesquería de ésta especie se ubique en la zona crítica es del 97.6% con un 0.5% de estar en la zona de recuperación (Figura 6-52).

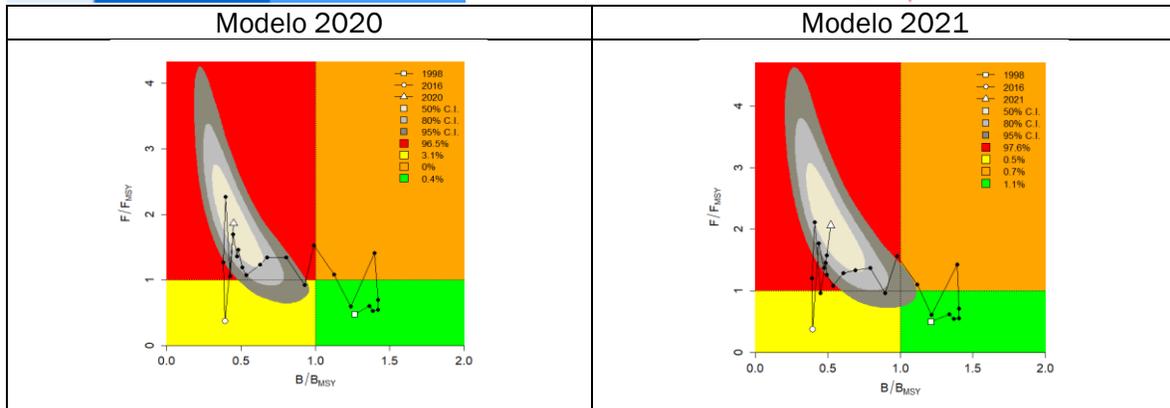


Figura 6-52. Análisis de las pesquerías de la cucha albina lisa punto verde (*Chaetostoma formosae*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

### 6.3.17.2 Conclusiones de las pesquerías de la cucha albina punto verde (*Chaetostoma formosae*).

Con los resultados obtenido sobre el punto de referencia de MSY es 325,000 unidades (256,000 a 412,000), y teniendo en cuenta que con corte a 30 de junio de este año el aprovechamiento de la cuota asignada va en un 75%, se propone mantener la cuota en 238.392 unidades.

### 6.3.18 Pesquerías de ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*; Myers & Harry, 1948)



Fuente: AUNAP – FUNINDES, 2016

### 6.3.18.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*).

La estructura de las series de tiempo de las capturas mostró un sistema que se comportó, de manera general dentro del esquema esperado para una especie bajo aprovechamiento, esto corresponde a un periodo de crecimiento en el período de tiempo de 1998 a 2004, pasando por máximo de capturas para finalmente presentar un decaimiento de la producción (Figura 6-53, panel A); cuando se analizó la estructura de las biomases y el comportamiento de las tasas relativas  $B/K$  se encontró que el crecimiento inicial correspondió al de las capturas, en el 2006 se llegó al punto de equilibrio y en el 2011 se cruzó el referente mínimo que dispara las alarmas, después de esto se encuentra estabilidad, bajo este esquema las densidades marcadas bajo el esquema bayesiano prior fue para 1998 entre 0.4 a 0.8, en 2011 como punto de quiebre el marcador fue entre 0.01 a 0.4 y en el 2021 estuvo entre 0.01 a 0.4 (Figura 6-53, panel D); las tasas de aprovechamiento medidas con la tasa  $F/(r/2)$  presentaron valores oscilantes frente al referente de equilibrio (Figura 6-53, Panel E); la curva en equilibrio mostró que los datos estuvieron en el área óptima. (Figura 6-53, panel F).

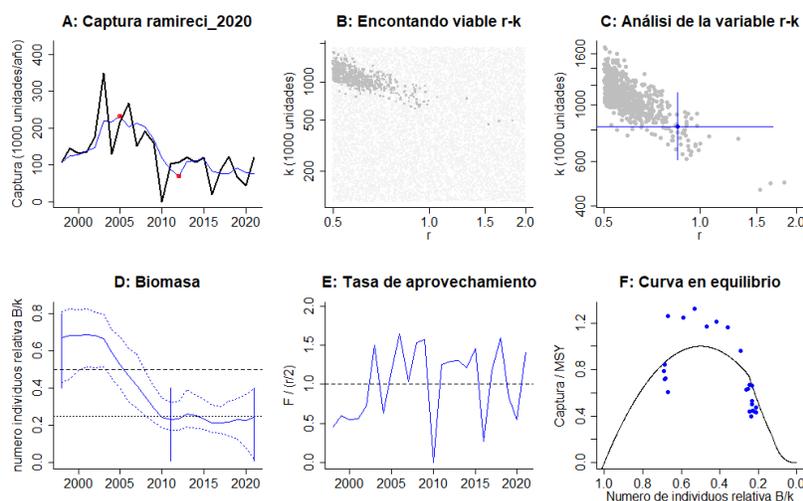


Figura 6-53. Resultados del análisis de las pesquerías de ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*) utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de la biomasa previa por las reglas predeterminadas. El panel B muestra el espacio de registro de  $r-k$  explorado y en gris oscuro los pares de  $r-k$  que el modelo CMSY encontró compatibles con las capturas y la información previa. El panel C muestra el par  $r-k$  más probable y sus límites de confianza aproximados del 95% en azul. El panel D muestra los datos de abundancia disponibles en rojo, escalados a la estimación BSM de  $B_{msy} = 0.5 k$ . Las líneas punteadas indican los percentiles 2.5 y 97.5. Las líneas azules verticales indican los rangos de biomasa anteriores. El panel E en azul la tasa de cosecha correspondiente de CMSY. El panel F muestra la curva de equilibrio de Schaefer de captura /RMS en relación con  $B/k$ , con sangría en  $B/k < 0.25$  para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM.

El estudio de la relación que se presenta frente a su punto de referencia MSY, evidencian dos procesos uno en el período comprendido entre 1998 a 2009 que fue bueno ya que estuvo alrededor del referente, luego la producción disminuye saliendo de los límites de seguridad, en cuanto a las biomases, después del crecimiento esta distribución se disminuye inclusive para 2012 cruzando los niveles mínimos. (Figura 6-54).

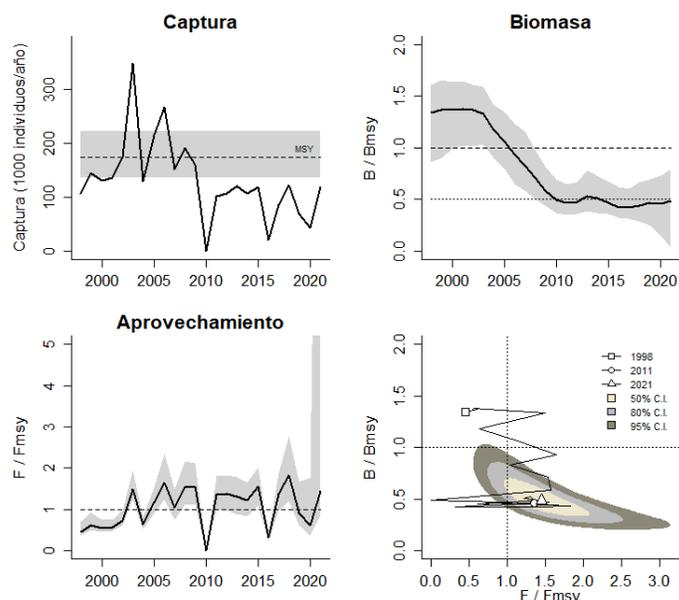


Figura 6-54. Análisis de las pesquerías de ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*). El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde  $F=Fmsy$  [línea punteada] y el observado [curva negra] la zona gris es el nivel de seguridad al 95%, el panel inferior derecho muestra el resumen de las tasas relativas de biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Los resultados permitieron determinar que la resiliencia de esta especie fue alta, determinada por las estimaciones de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), la capacidad de carga de la especie al ecosistema ( $K$ ) se puede catalogar como media, de acuerdo con los otros recursos estudiados, la biomasa relativa para el año 2021 se tiende a recuperar si se compara con la de 2020 que fue baja (Tabla 6-38)

Tabla 6-38. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
$r$	0,848	0,427	1,68
MSY	175000	137000	223000
$K$	825000	607000	1120000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.243de $K$	0,018	0,396
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1,41		

El proceso de diagnóstico de la especie continuo con las estimaciones de la mortalidad por pesca en MSY, estos dos resultados se pudieron ajustar de acuerdo con los valores estimados

de las biomásas, por lo tanto, se eligió el más pequeño como valor referente, tanto la biomasa relativa como la tasa de explotación muestran niveles que ameritan un seguimiento. (Tabla 6-39)

Tabla 6-39. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*) en la Orinoquia colombiana

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0,424	0,214	0,841	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$ )	<b>0,412</b>
Fmsy	0,412	0,208	0,818	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	175.000	137.000	223.000		
Bmsy	412.000	304.000	560.000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	201.000	14.800	326.000		
B/Bmsy en el último año	0,486	0,036	0,791		
Mortalidad por pesca en el último año =	0,597	0,367	8,07		
Explotación F/Fmsy =	1,45	0,89	19,6		

El resultado obtenido cuando se estructuró la gráfica de fases probabilísticas de Kobe, se encontró que los primeros años de la pesquería fueron óptimos, se pasó rápidamente a la zona de plena explotación y luego se entró en la fase crítica, con dos años en la zona de recuperación, este esquema permitió determinar que para el 2020, la probabilidad de que este en la fase crítica fue de 84.9% y para el 2021 está subió a un 87.3%, con un 11.7% que este en recuperación para este último año. (Figura 6-55).

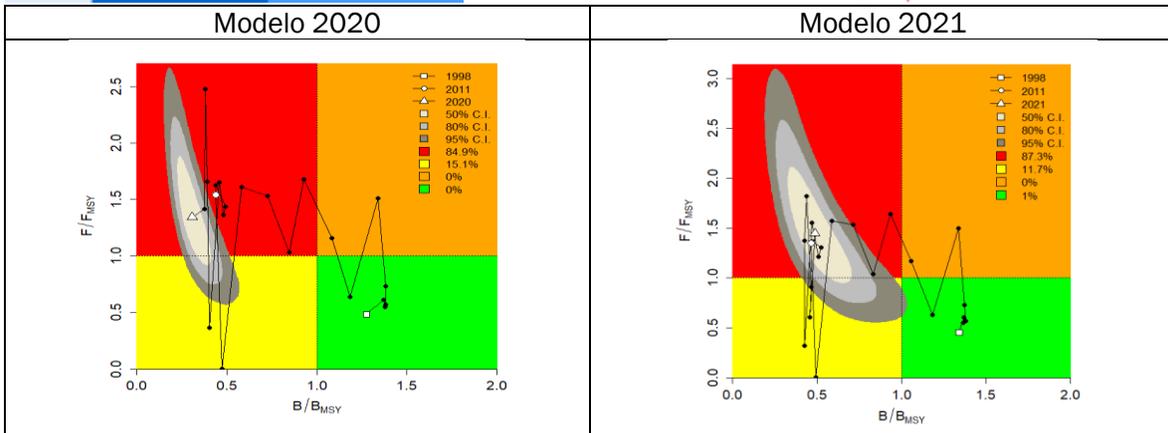


Figura 6-55. Análisis de las pesquerías del ramirezi (*Mikrogeophagus ramirezi*), utilizando el gráfico de fases de Kobe

### 6.3.18.2 Conclusiones de las pesquerías de ramirezi *Mikrogeophagus ramirezi*.

Como resultado se estimó el punto de referencia MSY en 175,000 unidades (137,000 a 223,000), con un porcentaje de aprovechamiento de la cuota asignada a corte de 30 de junio de 2022 del 23%, por tal razón se recomienda mantener la cuota en un valor de 136,000 individuos.

Para las especies *Ancistrus triradiatus*, *Carnegiella marthae*, *Panaqolus maccus*, *Carnegiella strigata*, y *Leporinus fasciatus* la recomendación de la cuota corresponde al valor asignado para el año 2022, teniendo en cuenta que el porcentaje de aprovechamiento de la cuota con corte a 30 de junio no ha superado el 50%; adicionalmente la propuesta es inferior al valor del rendimiento máximo sostenible o se encuentra contenido en el intervalo de seguridad calculado por el modelo (Tabla 6-40).

Tabla 6-40. Analisis cuota propuesta 2023 vs valores de referencia modelo CMSY para las especies *Ancistrus triradiatus*, *Carnegiella marthae*, *Panaqolus maccus*, *Carnegiella strigata*, y *Leporinus fasciatus*.

Especie	CMSY	Linferior	Lsuperior	CUOTA
<i>Ancistrus triradiatus</i>	64.700	46.400	152.000	29.896
<i>Carnegiella marthae</i>	91.500	70.300	102.000	70.300
<i>Panaqolus maccus</i>	189.000	157.000	236.000	157.000
<i>Carnegiella strigata (Amazonas)</i>	505.000	412.000	621.000	297.205
<i>Carnegiella strigata (Orinoco)</i>	144.000	116.000	178.000	116.000
<i>Leporinus fasciatus</i>	17.200	14.200	20.900	17.400

## Capítulo VII

### 7. Comparación de los resultados entre análisis realizados 2020 a 2021.

De acuerdo con las propuestas realizadas en el Comité Ejecutivo para la Pesca, que básicamente consistieron en la realización de un sistemas comparativo entre los indicadores que se tuvieron entre los resultados de las pesquerías con información 2019 y que sirvieron para determinar las cuotas de pesca de 2021, respeto a los mismo efectuado con información 2020 y que servirán como herramienta para asignar las cuotas de pesca 2022. La finalidad de esta revisión fue la de determinar con distintos índices la condición del recurso por ello se escogió el MSY como indicador administrativo, la biomasa relativa como indicador ecológico y tasa de aprovechamiento F/Fmsy como indicador pesquero.

Para alcanzar estos objetivos se revisó los recurso del Pacífico, Caribe y los tres recursos de peces ornamentales que se pudieron revisar el años anterior.

#### 7.1 Evaluación recursos del pacífico.

De las especies evaluadas se determinó que: *Bagre pinnimaculatus*, *Centropomus viridis*, *Bagre panamensis*, *Trachinotus rhodopus*, *Lobotes pacificus*, *Lutajnus peru*, *Penaeus occidentalis*, *Farfantepeneaus californiensis*, *Cynoscion phoxocephalus*, *Centropomus armatus*, *Menticirrhus panamensis*, *Mycteropercha bonaci*, *Seriola peruana*, *Epinephelus quiquefasciatus*, *Cynoponticus coniceps*, *Elagatis bipinnulata*, *Caranx caninus*, *Xiphopenaeus kroyeri* y *Seriola lalandi*, no presentaron cambios que justificaran algún llamado de atención entre lo estudiado en el 2019 a lo realizado en el 2020 (Tabla 7-1).

*Para el bagre Sciades dowii se determinó que el valor del indicativo ecológico fue positivo para la especie a pesar de tener constantes los otros indicativos (administrativo y pesquero), esta circunstancia está relacionada con la capacidad de reacción del recurso si no se ha aumentado la presión de pesca (Tabla 7-1).*

De ora aparte, *Polydatilus opercularis* presento una disminución en el MSY, que es un aspecto que pude influir en la decisión de las cuotas de pesca; para los otros indicadores no hubo diferencia apreciables (Tabla 7-1).

Para la especie *Coryphaena hippurus* se determinó que el MSY permaneció constante pero los indicadores ecológicos y pesqueros si se vieron afectados (Tabla 7-1).

Para el camarón de profundidad *Solenocera agassizii*, no se detectaron cambios en el MSY, pero fueron positivos los otros dos indicadores que están indicado que las poblaciones se han recuperado (Tabla 7-1).

Para el otro camarón de profundidad *Farfantepenaeus brevirostris*, los indicadores administrativo y ecológico fue estable, mientras que el pesquero mostro una interesante recuperación (Tabla 7-1).

En la comparación de los indicadores de *Selene peruviana* se notó un incremento en el indicador MSY, no hubo cambios en el ecológico y si se vio afectado el pesquero. Lo puede estar indicado que las pesquerías han tenido un intensidad un poco más amplia lo que redundo en una mayor capacidad en la producción pesquera (Tabla 7-1).

Con *Centropomus medius*, *Brotiula Cralkkae* y *Sphyaena ensis*, se encontró las comparaciones realizadas con el indicador administrativo de MSY fueron positivas, pero el relativo indicador ecológico y pesqueros se mantuvieron igual, con una posible explicación de que con el mismos esfuerzo y con la misma biomasa se pudo obtener mayores rendimientos (Tabla 7-1).

Cuando se realizó el ejercicio con *Scomberomorus sierra*, se pudo determinar que no se presentaron variaciones entre el indicador administrativo MSY ni con el pesquero, pero si se notó una ligera recuperación en el indicador de biomasa relativas, por lo que se pude colegir que se está realizado con el mismo esfuerzo para obtener los mismo rendimientos que el 2019 pero con una recuperación ecosistémica de la especie (Tabla 7-1).

Finalmente, para la especie *Caulolactilus affinis* se encontró que tanto el indicador administrativo como la tas pesquera fueron positivos, por lo que se espera que las densidades poblacionales puedan, en un futuro mostrar también, valores positivos (Tabla 7-1).

Con el calamar *Lolliguncula diomedae*, se encontró que el indicador administrativo MSY se encontró un valor positivo, aunque lo relacionado con el indicador ecológico y el pesquero permanecieron constantes (Tabla 7-1)

Tabla 7-1. Comparación entre las evaluaciones realizadas entre 2020 y 2021, para el Pacífico.

Especie	Indicador	Evaluación 2020			Evaluación 2022			Comparación		
		evaluado	Limite inferior	Limite superior	evaluado	Limite inferior	Limite superior	M\$Y	Bio.rel	F/Fmsy
Bagre pinnimaculatus	m\$y	172	120	345	400	296	544	↑	→	→
	Bio. Rel	0.574	0.356	0.836	0.617	0.486	0.776	→	→	→
	F/Fmsy	0.994	0.406	2.23	1.05	0.62	1.6	→	→	→
Sciades dowii	m\$y	62.5	17.3	226	97.2	75.50	125	→	→	→
	Bio. Rel	0.115	0.0187	0.43	0.335	0.113	0.478	→	→	→
	F/Fmsy	6.46	0.64	558	1.99	1.3	19.1	→	→	→
Polydactylus opercularis	m\$y	155	135	179	114	96.4	135	↓	→	↓
	Bio. Rel	0.0749	0.011	0.222	0.0119	0.0108	0.0221	→	→	→
	F/Fmsy	1.86	0.212	88.3	115	33.3	156	→	→	→
Bagre panamensis	m\$y	152	89.2	259	225	140	361	→	↑	→
	Bio. Rel	0.286	0.131	0.458	0.505	0.388	0.697	→	→	→
	F/Fmsy	1.87	0.835	8.13	1.73	0.782	2.8	→	→	→
Trachinotus rhodopus	m\$y	6.91	4.46	11	7.38	4.73	11.5	→	→	→
	Bio. Rel	0.0148	0.0109	0.299	0.0162	0.011	0.0904	→	→	→
	F/Fmsy	73.5	0.235	188	23.8	0.923	75.3	→	→	→
Lobotes pacificus	m\$y	98.4	85.3	114	110	90.8	133	→	→	→
	Bio. Rel	0.377	0.176	0.498	0.392	0.274	0.477	→	→	→
	F/Fmsy	2.53	1.11	5.16	2.75	1.96	4.4	→	→	→
Lutjanus peru	m\$y	726	542	922	862	579	1280	→	→	→
	Bio. Rel	0.116	0.0274	0.318	0.147	0.0728	0.299	→	→	→
	F/Fmsy	1.03	0.167	17.9	1.42	0.485	4.39	→	→	→
Penaeus occidentalis	m\$y	676	498	919	697	468	1040	→	↑	→
	Bio. Rel	0.12	0.0806	0.18	0.202	0.128	0.301	→	→	→
	F/Fmsy	2.06	0.894	4.58	1.75	0.869	4.53	→	→	→
anadara tuberculosa	m\$y	270	171	425						
	Bio. Rel	0.194	0.133	0.311						
	F/Fmsy	1.18	0.651	2.34						
Cetengraulis mysticetus	m\$y	24700	22100	27500	no hay pesqueris					
	Bio. Rel	0.418	0.293	0.514	no hay pesqueris					
	F/Fmsy	0.997	0.783	1.43	no hay pesqueris					
Centropomus viridis	m\$y	16	10	26	25.7	17.2	38.6	→	→	→
	Bio. Rel	0.574	0.365	0.877	0.651	0.42	0.813	→	→	→
	F/Fmsy	1.06	0.512	2.04	0.929	0.517	2.01	→	→	→
Coryphaena hippurus	m\$y	716	613	837	697	588	827	→	↓	↓
	Bio. Rel	0.417	0.255	0.537	0.185	0.119	0.243	→	→	→
	F/Fmsy	1.32	0.963	2.21	2.32	1.31	5.63	→	→	→
Solenocera agassizii	m\$y	315	207	480	404	325	501	→	↑	↑
	Bio. Rel	0.0583	0.0122	0.113	0.287	0.15	0.372	→	→	→
	F/Fmsy	6.23	1.52	140	0.243	0.172	0.762	→	→	→
Penaeus brevisrostris	m\$y	413	268	635	427	358	509	→	↑	→
	Bio. Rel	0.105	0.0251	0.225	0.192	0.111	0.245	→	→	→
	F/Fmsy	3.99	0.791	79.8	0.442	0.263	1.33	→	→	→
Penaeus californiensis	m\$y	278	172	447	381	294	494	→	↑	→
	Bio. Rel	0.0444	0.0126	0.112	0.24	0.0453	0.453	→	→	→
	F/Fmsy	0.22	0.0312	3.02	0.751	0.352	21.9	→	→	→
Cynoscion phoxocephalus	m\$y	287	191	431	254	217	297	→	→	→
	Bio. Rel	0.322	0.154	0.469	0.419	0.314	0.5	→	→	→
	F/Fmsy	1.08	0.587	3.72	2.14	1.65	3.11	→	→	→
Centropomus armatus	m\$y	191	146	250	203	162	255	→	→	→
	Bio. Rel	0.615	0.397	0.815	0.631	0.446	0.803	→	→	→
	F/Fmsy	0.816	0.494	1.56	0.911	0.602	1.53	→	→	→
Lolliguncula diomedae	m\$y	62.7	35.4	111	59.9	32	112	→	→	→
	Bio. Rel	0.0655	0.0118	0.217	0.041	0.0113	0.111	→	→	→
	F/Fmsy	4.99	0.414	166	6.37	0.787	104	→	→	→
Menticirrhus panamensis	m\$y	14.7	7.76	27	14.9	8.04	27.6	→	→	→
	Bio. Rel	0.0241	0.0112	0.0927	0.0251	0.0112	0.101	→	→	→
	F/Fmsy	14.2	0.768	86	14	0.0774	92.3	→	→	→
Mycteroperca bonaci	m\$y	205	172	243	213	181	250	→	→	↑
	Bio. Rel	0.0387	0.0114	0.108	0.0298	0.0116	0.0964	→	→	→
	F/Fmsy	6.1	0.767	69.4	0.589	0.0572	4.01	→	→	→
Seriola peruana	m\$y	40	34	47	40.5	34.8	47.1	→	→	→
	Bio. Rel	0.408	0.191	0.656	0.52	0.24	0.693	→	→	→
	F/Fmsy	1.03	0.564	3.01	1.01	0.676	2.39	→	→	→
Selene peruviana	m\$y	74	57	95	159	114	220	↑	→	↓
	Bio. Rel	0.665	0.55	0.773	0.574	0.464	0.724	→	→	→
	F/Fmsy	0.871	0.627	1.28	1.91	1.16	2.96	→	→	→
Centropomus medius	m\$y	70.7	50.1	99.6	159	118	216	↑	→	→
	Bio. Rel	0.523	0.354	0.765	0.554	0.394	0.748	→	→	→
	F/Fmsy	1.25	0.616	2.31	0.713	0.527	1.7	→	→	→
Epinephelus quinquefasciatus	m\$y	6	2	22	7.09	2.96	32.8	→	→	→
	Bio. Rel	0.161	0.0131	0.435	0.223	0.085	0.411	→	→	→
	F/Fmsy	4.81	0.599	1368	35.7	7.53	423	→	→	→
Cynoponticus coniceps	m\$y	93	85	102	96.1	87.2	106	→	→	→
	Bio. Rel	0.37	0.181	0.488	0.407	0.275	0.495	→	→	→
	F/Fmsy	1.42	1.04	4.02	1.99	1.56	3.01	→	→	→
Elegatis bipinnulata	m\$y	8	4	20	9.41	4.05	21.9	→	→	→
	Bio. Rel	0.0122	0.0109	0.0901	0.0161	0.0109	0.102	→	→	→
	F/Fmsy	456	7.22	1400	109	2.25	530	→	→	→
Brotula clarkae	m\$y	369	227	368	524	388	707	↑	→	→
	Bio. Rel	0.702	0.407	0.826	0.655	0.523	0.805	→	→	→
	F/Fmsy	0.746	0.462	1.38	0.964	0.584	1.48	→	→	→
Scomberomorus sierra	m\$y	617	558	681	592	515	681	→	→	↓
	Bio. Rel	0.476	0.299	0.498	0.389	0.286	0.469	→	→	→
	F/Fmsy	1.95	1.62	2.36	3.18	2.46	4.58	→	→	→
Caranx caballus	m\$y	157	58.3	425	187	146	238	→	→	→
	Bio. Rel	0.25	0.0568	0.463	0.352	0.201	0.481	→	→	→
	F/Fmsy	1.16	0.44	36.8	2.04	1.35	4.9	→	→	→
Caranx caninus	m\$y	119	88.5	161	107	77.6	148	→	→	→
	Bio. Rel	0.341	0.0616	0.483	0.237	0.102	0.455	→	→	→
	F/Fmsy	1.32	0.815	29.1	3.2	1.64	21	→	→	→
Xiphopenaeus kroyeri	m\$y	1940	1520	2480	2070	1670	2570	→	→	→
	Bio. Rel	0.206	0.027	0.358	0.298	0.174	0.375	→	→	→
	F/Fmsy	0.678	0.306	36.4	0.621	0.451	1.5	→	→	→
Sphyræna ensis	m\$y	104	54.9	195	143	78	261	→	→	→
	Bio. Rel	0.578	0.384	0.827	0.706	0.492	0.899	→	→	→
	F/Fmsy	1.94	0.755	4.53	1.51	0.731	2.23	→	→	→
Caulactilus affinis	m\$y	42.2	29.5	60	106	78.9	143	↑	→	↑
	Bio. Rel	0.518	0.375	0.724	0.52	0.363	0.752	→	→	→
	F/Fmsy	3.26	1.56	5.49	0.986	0.514	1.68	→	→	→
Seriola lalandi	m\$y	64.2	50.3	82	68.3	54.8	85.2	→	→	↑
	Bio. Rel	0.181	0.0163	0.348	0.304	0.185	0.379	→	→	→
	F/Fmsy	1.96	0.679	243	0.0773	0.062	0.127	→	→	→

## 7.2 Evaluación recursos del Caribe.

Para el Caribe encontramos muchísimas más variaciones que para el Pacífico, así los recursos como *Sepioteuthis sepiodea*, *Coryphaena hippurus*, *Panulirus argus*, *Epinephelus itajara* y *Lutjanus piurpueros* fueron recurso que no presentaros variaciones comparativas con los tres indicadores propuesto para este fin (Tabla 7-2).

De otra parte, *Litopenaerus schmitti*, *Mycteroperca bonaci*, *Eugerres plumieri*, *Lutjanus synagris* y *Centropomus undecimalis*, presentaron variaciones positivas en el indicador ecológico de biomazas relativas, si se cumplen estas estimaciones, este resultado comparativo es prometedor para la recuperación del recurso, se podría esperare que en los próximos eventos los indicadores administrativos y pesqueros sean también positivos (Tabla 7-2).

Para la especie *Cynoscion jamaisensis*, se encontró que la estimación del indicador administrativo no presenta cambios estadísticos, mientras que los indicadores ecológicos y pesqueros fueron positivos, que está indicando que las poblaciones de este recurso han reaccionado favorablemente y por lo tanto es alentador que este recurso presenta signos de salud alentadores (Tabla 7-2).

El siguiente recurso evaluado fue el *Caranx hippos*, que presento una crecimiento tanto en el indicador administrativo como en el ecológico, aunque su indicador pesquero permaneció estadísticamente sin cambios, por lo que, en primera instancia, se pude decir que con la misma capacidad de pesca se está produciendo una mayor capacidad de respuesta de la especie (Tabla 7-2).

Pero para las dos especies de *Haemulón plumieri* y *Archosargus rhomboidalis*, la situación fue diferente a la del recurso anterior esto es que al comparar los indicadores administrativos y ecológicos estos fueron desfavorable, lo que pude ser un contrasentido es que la intensidad de pesca fue menos intensa; de manera iniciar se pude decir que a pesar de haber tenido una menor presión de pesca no se notó una recuperación de este (Tabla 7-2).

Finalmente, la especie *Scomberomorus caballa*, presento indicadores administrativo y ecológico sin cambios entre los años comparados, pero el efecto de la presión de pesca fue mucho mayor, que podría ser negativo para la dinámica de la población y que más tarde podría incidir en los dos primeros indicadores (Tabla 7-2).

Tabla 7-2. Comparación entre las evaluaciones realizadas entre 2019 y 2020 para el Caribe

Especie	Indicador	Evaluación 2020			Evaluación 2021			Comparación		
		evaluado	Límite de confianza al 95%		evaluado	Límite de confianza al 95%		MSY	Bio.rel	F/Fmsy
Sepioteuthis sepioidea	msy	47.4	21.4	105	56.7	22.8	141	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0409	0.0117	0.109	0.0745	0.0324	0.175			
	F/Fmsy	9.04	0.982	148	8.13	1.31	20.1			
Litopenaeus schmitti	msy	498	327	760	516	340	781	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0556	0.012	0.113	0.103	0.0177	0.227			
	F/Fmsy	2.18	0.51	46.8	1.48	0.273	53.5			
Mycteropercha bonaci	msy	73.8	60	91	73.3	59.4	90.6	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.182	0.0913	0.24	0.236	0.0916	0.353			
	F/Fmsy	0.367	0.199	1.49	0.458	0.267	3.23			
Cynoscion jamaicensis	msy	379	244	588	330	214	519	⇒	↑	↑
	Bio. Rel	0.012	0.0109	0.0173	0.035	0.0111	0.117			
	F/Fmsy	31.5	14.3	55.6	1.05	0.0926	11.3			
Coryphaena hippurus	msy	44.3	34.5	57	45.4	36.1	578	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.147	0.0111	0.34	0.107	0.0218	0.363			
	F/Fmsy	1.22	0.293	205	121	54.7	172			
Callinectes boucurti	msy	534	352	812	753	471	1203	⇒	↑	↑
	Bio. Rel	0.168	0.0173	0.375	0.463	0.216	0.595			
	F/Fmsy	7.13	3.19	69.1	1.04	0.811	2.24			
Callinectes sapidus	msy	756	508	1124	993	620	1588	⇒	↑	↑
	Bio. Rel	0.172	0.0162	0.377	0.46	0.219	0.596			
	F/Fmsy	6.33	2.89	67.5	1.06	0.815	2.22			
Caranx hippos	msy	156	114	196	564	407	781	↑	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.225	0.0706	0.445	0.251	0.0265	0.396			
	F/Fmsy	3.88	1.54	45.6	2.04	1.29	4.18			
Panulirus argus	msy	95.6	47.7	192	72.7	35.3	150	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0191	0.011	0.26	0.226	0.0165	0.393			
	F/Fmsy	128	0.549	588	37	1.09	1039			
Epinephelus itajara	msy	54.4	45.6	65	83.8	47.1	149	↑	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0946	0.0134	0.219	0.0968	0.0121	0.282			
	F/Fmsy	1.29	0.235	59.6	12.1	3.2	32.8			
Eugerres plumieri	msy	136	90.2	204	118	83.1	150	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0469	0.0112	0.111	0.0455	0.0103	0.0976			
	F/Fmsy	1.54	0.252	29.5	3.91	1.82	13.4			
Lutjanus synagris	msy	31.1	19.8	49	55.9	36.7	85.2	↑	↑	↑
	Bio. Rel	0.266	0.041	0.463	0.658	0.394	0.843			
	F/Fmsy	2.8	1.13	127	1.07	0.568	2.52			
Lutjanus purpureus	msy	154	81	292	188	105	335	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0366	0.0114	0.184	0.0448	0.0149	0.137			
	F/Fmsy	13.7	0.47	169	9.97	0.89	93.5			
Centropomus undecimalis	msy	67.5	46.5	98	99.2	63	156	↑	↑	⇒
	Bio. Rel	0.307	0.168	0.382	0.608	0.375	0.84			
	F/Fmsy	1.42	0.857	4.29	1.49	0.722	3.42			
Haemulon plumieri	msy	105	91	121						
	Bio. Rel	0.346	0.204	0.467						
	F/Fmsy	2.54	1.76	5.41						
Archosargus rhomboidalis	msy	32.4	25.1	42						
	Bio. Rel	0.0134	0.0109	0.506						
	F/Fmsy	537	0.884	889						
Scomberomorus caballa	msy	376	198	713	319	158	647	⇒	⇒	↓
	Bio. Rel	0.0164	0.011	0.0417	0.0153	0.0109	0.0434			
	F/Fmsy	39.5	4.93	121	170	16.4	588			

### 7.3 Evaluación recursos ornamentales.

Debido a que para el 2020, no se tuvo una amplia capacidad de información, ya que de dependió del trabajo realizado por FUNINDES quienes solamente tuvieron que evaluar 3 especies hizo que para este año solamente de pudieran hacer comparaciones con las especies referidas que son:

Con la especie *Pterophyllum altum* se encontró que el indicador administrativo MSY fue impactado de manera positiva, así como su indicador pesquero, mientras que el indicado ecosistémico fue estadísticamente el mismo del 2019, indicando que la eficiencia de las artes

de pesca está permitiendo que su capacidad de renovación esté en un nivel más alto utilizando la misma disponibilidad ecológica de la especie.

Con *Paracheirodon axelrodi* se encontró que tanto los indicadores administrativo y ecológico fueron estadísticamente iguales, mientras que el indicador pesquero fue positivo que demuestra que los métodos de pesca son más eficientes para conservar la productividad de la especie.

Finalmente, para la especie *Corydoras axelrodi*, no se presentaron variaciones estadísticas, por lo tanto, el sistema conserva el mismo equilibrio que el de 2019.

Tabla 7-3. Comparación entre las evaluaciones realizadas entre 2019 y 2020 para el Caribe

Especie	Indicador	Evaluación 2020			Evaluación 2021			Comparación		
		evaluado	Límite de confianza al 95%		evaluado	Límite de confianza al 95%		MSY	Bio.rel	F/Fmsy
			Límite inferior	Límite superior		Límite inferior	Límite superior			
Pterophyllum altum	<b>msy</b>	<b>227,559</b>	<b>155,457</b>	<b>333,003</b>	<b>383,000</b>	<b>271,000</b>	<b>542,000</b>	↑	⇒	↑
	Bio. Rel	0.596	0.0442	0.793	0.472	0.0529	0.792			
	F/Fmsy	2.65	1.99	35.6	0.876	0.523	7.82			
Paracheirodon axelrodi	<b>msy</b>	<b>5,698,689</b>	<b>4,616,660</b>	<b>7,021,170</b>	<b>6,525,000</b>	<b>5,273,000</b>	<b>8,073,000</b>	⇒	⇒	↑
	Bio. Rel	0.274	0.0296	0.589	0.0971	0.0226	0.197			
	F/Fmsy	2.47	1.15	22.8	1.01	0.496	4.33			
Corydoras axelrodi	<b>msy</b>	<b>71,012</b>	<b>36,010</b>	<b>139,922</b>	<b>120,000</b>	<b>93,200</b>	<b>155,000</b>	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.145	0.0565	0.385	0.149	0.0234	0.383			
	F/Fmsy	2.91	1.1	15.9	4.02	1.56	25.6			

## Capítulo VIII

### 8. Recomendación final propuesta de cuotas

De acuerdo con el proceso de análisis de la información recopilada por la AUNAP a través de sus sistemas de monitoreo y recolección de estadística pesquera, y teniendo en cuenta los documentos enviados por las instituciones a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En el marco de este capítulo se realizan las recomendaciones al Comité Ejecutivo para la pesca, sobre las cuotas globales de pesca para la vigencia 2023, teniendo en cuenta todos los insumos disponibles, así:

#### 8.1 PACÍFICO

##### Camarón de Aguas Someras (CAS)

La dinámica de esta pesquería ha cambiado durante los últimos años registrándose una disminución de las capturas año tras año; esta situación está soportada por el colapso de la pesquería en los años 80, que junto a las dificultades de mercado ocasionaron el cierre de la mayoría de las empresas dedicadas a la extracción de este recurso. En la actualidad, existe una reducción significativa del número de permisionarios de pesca industrial y por ende el número de embarcaciones o esfuerzo pesquero dirigido hacia este recurso.

Esta pesquería está soportada principalmente por el camarón blanco (*P. occidentalis*) y el camarón titi *Xiphopenaeus riveti*.

El análisis realizado por AUNAP para esta pesquería mediante el modelo CMSY, se basó en datos de camarón blanco (*P. occidentalis*) y camarón titi *Xiphopenaeus riveti*. Los resultados obtenidos para el camarón blanco corroboran que el recurso se encuentra en estado de sobreexplotación, pero las características reproductivas y de crecimiento de esta especie y la implementación de la veda (15 de enero a 15 de marzo) han mantenido su presencia en el tiempo. El RMS estimado para esta especie fue de  $697 \pm (468 - 1040)$ . Para el caso del camarón titi los resultados mostraron que el recurso en la mayoría de los años de su aprovechamiento ha estado en la fase crítica, solamente para los años después del 2015 se vio en recuperación, manteniéndose ahí el último año evaluado (2021), esto se corrobora con las probabilidades de que se encuentre en la fase crítica es tan solo el 9.1%, mientras que el estado en fase de recuperación es de 90.9%. Teniendo en cuenta que, utilizando los modelos registrados se tiene una amplia gama de rendimiento máximo sostenible desde 1700 a 2273 toneladas y teniendo en cuenta que el recurso se encuentra en los primeros niveles de recuperación se propone una cuota de  $1.740 \pm (1440 - 2100)$  toneladas.

Según la información suministrada por INVEMAR soportada con el concepto técnico CPT-VAR-004-22 remitido a MINAMBIENTE (incorporado como anexo A), el CAS ha pasado por todas las etapas de una pesquería, actualmente se encuentra en la categoría de agotamiento con algunas

señales de recuperación, más visible en el último año (INVEMAR, 2022). El análisis de la pesca secuencial mostró una mayor presión por flota artesanal.

La información analizada por INVEMAR mostró que la captura objetivo estuvo conformada por dos especies, siendo *P. occidentalis* la más representativa con un (99,8%) seguido por *P. californiensis* estuvo con un (0,037%).

El análisis del impacto de la pesquería sobre la biodiversidad de la relación de la fauna acompañante (FA) y la fauna objetivo (FO), mostró que la tasa  $FA/FO = 21,0$  con una gran presencia de captura incidental y descartes. Es este mismo análisis se evidenció que la FA estuvo representada por 118 taxones de las cuales 66 constituyeron la captura incidental (CI) y 84 el descarte y 32 hicieron parte de ambos tipos de captura.

Al analizar las tallas de captura vs las tallas de madurez se encontró un bajo impacto de la estructura poblacional soportado en la relación  $TMC > TMM$ . La cuota total permisible sugerida por INVEMAR fue de 670 t con un esfuerzo de 41 barcos durante la temporada de pesca que abarca diez meses al año.

La cuota sugerida por el INVEMAR es muy parecida a la estimada por la AUNAP.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone la cuota para el recurso CAS así:

(Camarón blanco = 670; camarón titi= 1740); distribuidas así: **1.600 t** para pesca artesanal y **810 t** para pesca industrial.

### **Camarón de Aguas Profundas (CAP)**

La estimación del RMS realizada por la AUNAP a partir del modelo CMSY para las especies que conforman esta pesquería fue así: Coliflor  $404 \pm (207 - 480)$ ; Pink  $427 \pm (358 - 509)$ , y Café  $381 \pm (294 - 494)$ . con un intervalo de seguridad del 95% para un total de 1.215 ton.

Según la información suministrada por INVEMAR soportada con el concepto técnico CPT-VAR-004-22 remitido a MINAMBIENTE (incorporado como anexo A), la pesquería del CAP muestra que el recurso después de una etapa de plena explotación ha llegado a una fase de moderada explotación por lo que la captura del recurso es actualmente sostenible. No se registra un impacto marcado sobre las tallas juveniles de las especies que conforman este recurso donde se aprecia una Talla media de captura (TMC) ligeramente menor o igual a la talla media de Madurez (TMM), aunque en las capturas se registraron un alto porcentaje de hembras inmaduras.

El análisis del impacto de la pesquería sobre la biodiversidad de la relación de la fauna acompañante (FA) y la fauna objetivo (FO), mostró que la tasa  $FA/FO = 0,77$  (más baja que en el 2019) evidenciando una relación baja del descarte en comparación a la captura objetivo. Este mismo análisis permitió observar que la captura objetivo estuvo conformada por tres especies *P. brevis* (99,9%); *S. agassizi* (0,087%) y *Penaeus californiensis* (0,002%), y la biodiversidad en la FA estuvo representada por 58 taxones de las cuales 13 constituyeron la CI y 53 el descarte, con 8 taxones en ambos tipos de captura.

La cuota de pesca permisible sugerida por INVEMAR se estimó en 750 t con un esfuerzo de 21 barcos que pueden realizar hasta 4 faenas para extraer este recurso.

Este es un recurso capturado exclusivamente por la pesca industrial, ya que la pesca artesanal no lo captura. Sin embargo, el esfuerzo de pesca se ha visto restringido por nuevas figuras de manejo y conservación (Ej. DRMI Golfo de Tribuga, DNMI Cabo manglares).

Dada las condiciones de la pesquería descritas anteriormente, se propone mantener la cuota de **800 t** para la vigencia 2021.

#### **Comentarios Generales Camarón:**

Es muy importante señalar que la pesca de camarón en el país es una de las más documentadas y que desde el año 2015 se está desarrollando un proyecto de investigación entre INVEMAR Y AUNAP para la tecnificación de las redes de pesca como alternativa para la reducción de la incidentalidad a través de inclusión de un dispositivo excluidor de peces adicional al tradicional dispositivo excluidor de tortugas- DET (reglamentado mediante la resolución 162 de 2016 de la AUNAP).

Los resultados obtenidos de este proyecto han sustentado la toma de decisiones de la AUNAP y permitieron analizar la cadena de valor de la captura incidental evidenciando su gran impacto en la dinámica socioeconómica del pacífico colombiano. Parte de los resultados de este proyecto permitió el fortalecimiento del marco normativo nacional mediante la Resolución número 2988 de 2021, *por la cual se reglamenta el uso del dispositivo excluidor de peces juveniles y las características técnicas de las redes, para el desarrollo sostenible de la pesquería de arrastre industrial de camarón en Colombia*.

Frente a la propuesta realizada por INVEMAR acerca de establecer una talla mínima para el camarón del Caribe, la AUNAP reitera su comentario del año anterior y propone fortalecer la sensibilización con las comunidades y ejercer mayor control sobre los arte de pesca utilizados ya que la medida de talla no es efectiva para este tipo de recurso.

#### **Carduma**

Es un recurso con una fuerte actividad pesquera hasta los años 2008, la cual no está siendo aprovechada por el cierre de la pesquería industrial dirigida a este tipo de recurso en el 2012.

Teniendo en cuenta los análisis obtenidos por AUNAP, de la modelación empleada mediante el modelo CMSY, los resultados mostraron un RMS de 24.700 t  $\pm$  (22.100 – 27.500), con un nivel de confianza del 95%.

Si bien este recurso lleva mucho tiempo si ser aprovechado y que podría constituirse en una alternativa de producción para la pesca en Colombia, no hay que olvidar que este stock es compartido por lo menos con Panamá y con el Ecuador, y que además los análisis efectuados aquí no presentaron un recurso en excelentes condiciones ; De esta manera se recomienda una cuota global entre 24 y 25 mil toneladas, con la clara idea de que si la pesquería se reactiva nuevamente, se deben efectuar nuevos estudios de seguimiento y evaluación del recurso.

Por lo anterior, se sugiere mantener para la vigencia 2023 la cuota potencial de **25.000 t** para la posible apertura de pesca exploratoria que permita tener un mejor conocimiento del recurso mediante datos directos de la pesquería y a la vez fortalezca la toma de decisiones para su aprovechamiento de manera responsable y sostenible bajo un enfoque precautorio.

## JAIBA

Para la Jaiba, no se dispone de suficiente información para realizar una evaluación más reciente de este recurso, por tanto, se propone continuar con la misma cuota global. Es importante mencionar que este recurso ha sido denominado recurso con potencial de aprovechamiento; por lo anterior se propone que se mantenga la cuota para la vigencia 2023 de 1.000 t.

## Atún

A partir del análisis realizado con la base de datos de la CIAT (2000-2019), así como las del Programa Piloto de Observadores (2009-2011) y el Programa de Observadores Pesqueros de Colombia (POPC) (2013-2019) y Convenios de AUNAP con actores estratégicos, entre otros, se obtuvieron resultados para las especies *Thunnus albacares*, *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus obesus* capturados en aguas jurisdiccionales colombianas del océano pacifico por parte de la flota de bandera nacional y extranjera. Esto permitió analizar las capturas de atún en un periodo de 20 años.

Los análisis realizados para la especie *T. albacares* permiten concluir que las pesquerías se encuentran en un nivel de aprovechamiento aceptable y que por lo tanto la cuota de pesca para el 2022 pueden considerar  $13400 \text{ t} \pm (9,510 - 22,300)$

Las pesquerías del *K. pelamis*, están en buenas condiciones con una alta probabilidad de que se encuentre en fase de recuperación (24%) y que inclusive este en la fase optima con un 7.6 % por lo tanto su cuota puede ser asignadas entre las  $7400 \pm (6230 \text{ a } 9010)$  toneladas.

De los recursos de atunes el *T. obesus* es el más deficiente, ya que para los últimos años de sus pesquerías se han dirigido hacia los niveles de sobre aprovechamiento por lo tanto con los resultados obtenidos no se recomienda una cuota superior a las  $325 \pm (257 \text{ a } 437)$  toneladas.

Por lo anterior, se propone la cuota equivalente **21.125 toneladas** (para las 3 especies mencionadas), cubriendo todas las pesquerías de atún (industrial y artesanal). La propuesta de cuotas para esta vigencia se ajusta con respecto al valor sugerido en la vigencia anterior, debido a que se revisó la base de datos inicialmente suministrada por CIAT descartando algunos registros duplicados.

## PECES ÓSEOS

Tal como se ha hecho en años anteriores se propone este grupo para abarcar los recursos pesqueros de peces demersales y pelágicos (exceptuando atún y dorado) susceptibles de aprovechamiento, ya que la mayoría de estas especies son de aprovechamiento en la pesca artesanal. Esta idea se sustenta en la captura multiespecífica de las pesquerías para el país, en donde un mismo arte o método de pesca captura de manera indistinta estos recursos.

Los modelos fueron alimentados con la información disponible que para efectos de estos recursos tuvieron una representatividad del 24,4% de las especies que son desembarcadas en este litoral, ya que en el Pacífico se desembarcan aproximadamente 127 especies de las cuales se contó con información completa para el análisis de 31 especies para la estimación de cuotas globales.

Durante el análisis de esta vigencia mediante los modelos CMSY y LBB se determinó que estos recursos en su mayoría se encuentran en un estado de explotación aceptable, mostrando una recuperación de la pesquería de estos recursos llegando incluso a registrar trece (13) especies con un aprovechamiento sano, siete (7) especies en aprovechamiento aceptable y las once (11) restantes se encuentran cercanas a la sobreexplotación.

Teniendo en cuenta el compromiso adquirido por la AUNAP durante la reunión ordinaria del CEP de la vigencia 2020, como parte de este documento se realizó el análisis comparativo entre los cálculos realizados para las vigencias 2020 y 2022, a partir de las tasas de MSY, Biomasa relativa y tasa de aprovechamiento. En este análisis se logró observar una tendencia similar para las ambas vigencias tal como se puede apreciar en el capítulo VII tabla 7-1.

Por lo anterior, se propone para la vigencia 2023 una cuota de **4.000 t.** asociada al grupo denominado pescos óseos. Pese a que los análisis se vienen realizando de manera individual, para efectos de seguimiento y operatividad la asignación de una cuota individual (por especie) no es una estrategia que garantice el control, toda vez que como ya se mencionó anteriormente la dinámica multispecies nacional difiere de los escenarios monoespecíficos donde es factible garantizar la asignación y cumplimiento de cuota por especie.

Por otro lado, se propone un fortalecimiento de la toma de información, además de la evaluación de otras medidas de manejo concertadas con las comunidades enfocadas en la posible implementación de vedas espacio temporales y desestimulación del consumo sobre recursos claves como el mero y las chernas.

### **Calamar Pota**

Desde hace algunos años el recurso Calamar pota se ha incluido como recurso potencial, para efectos de esta vigencia la AUNAP estimó el RMS para esta especie a partir de la información recopilada mediante los cruceros de prospección realizado en cooperación con el INVEMAR.

Tomando como base los resultados efectuados por el INVEMAR que encontró en el crucero de investigaciones realizados en el Pacífico colombiano una estimación mediante modelos estocásticos una biomasa de 12.545 t, luego con el método de área barrida se estimó una biomasa de 11.061 toneladas; y teniendo en cuenta que el método de área barrida demostró ser 11.8 % más conservador que el estocástico (INVEMAR, 2021); con esta información de base se montó un modelo de proyección con 7 escenarios de los cuales se pudo estimar un rendimiento máximo sostenible de 2.263 toneladas.

### **Comentario general:**

En términos de administración de los recursos pesqueros, se continuará fortaleciendo los procesos de ordenación y las figuras de manejo pesquero (ZEPA, DRMI, DNMI), que se vienen desarrollando en el litoral Pacífico colombiano; los cuales se señala a continuación:

## Resumen propuesta de cuotas Pacífico colombiano

RECURSO	CUOTA SUGERIDA (t)
CAS (camarón blanco, tití, tigre y pomadilla)	2.410
CAP (camarón café, Pink, Coliflor)	800
Atún	21.125
Piangua	1000 o 356.719
Jaibas	1.000
Calamar Pota	2.263
Carduma*	25.000
Peces óseos**	4.000

\*para aprovechamiento potencial sujeto a permisos de pesca exploratoria que permitan obtener información para una evaluación del estado actual del recurso.

\*\*Agrupa los recursos pesqueros bajo la administración de la AUNAP y asociados a los permisos de pesca blanca autorizados por la AUNAP.

## 8.2 CARIBE

### Camarón de Aguas Someras (CAS)

La dinámica de esta pesquería ha cambiado durante los últimos años registrándose una disminución de las capturas año tras año; esta situación está soportada por el colapso de la pesquería en los años 80s, que junto a las dificultades de mercado ocasionaron el cierre de la mayoría de las empresas dedicadas a la extracción de este recurso. En la actualidad, existe una reducción del número de permisionarios y por ende el número de embarcaciones o esfuerzo pesquero dirigido hacia este recurso. Claramente durante la vigencia 2022 únicamente registraron actividad sobre este recurso seis embarcaciones cuatro con puerto en Cartagena y dos embarcaciones con puerto en Tolú.

El análisis realizado por AUNAP, corrobora que el recurso se encuentra en estado de sobreexplotación. pero las características reproductivas y de crecimiento de esta especie han mantenido su presencia en el tiempo. Este recurso fue evaluado bajo diferentes modelos El RMS calculado fue de  $516 \pm (340 - 781)$  toneladas.

Según la información suministrada por INVEMAR pese a la disminución del esfuerzo el recurso no se ha recuperado, el CAS ha pasado por todas las etapas de una pesquería, y se ha mantenido en los últimos años en la categoría de agotamiento (INVEMAR, 2022). En 2021 se observa un aumento significativo del esfuerzo (1082 dfp) y de la abundancia relativa (84,5 ton), quizás respondiendo a una recuperación del recurso dado por la inoperatividad de la flota durante la pandemia.

En 2021, debido a la declaratoria de pandemia por la COVID-19, no fue posible realizar los monitoreos abordado por parte del INVEMAR, para determina este indicador. No obstante, la

Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura (AUNAP), a través del Sistema Estadístico Pesquero Colombiano - SEPEC, publico este indicador en FA/CO: 34:1.

Los resultados analizados por INVEMAR acerca de estudios anteriores sobre cruceros de prospección de demersales (Escobar *et al.*, 2017), sugieren una pérdida de hábitats para el camarón, ocasionada por la proliferación de epibiota que compite contra los recursos esenciales para el camarón. De alguna forma, esta pesquería se autorregula y el esfuerzo de pesca ha continuado en valores muy bajos que apenas cubren los costos de operación. La abundancia natural es relativamente alta y similar a la de los años 90s, lo que muestra que una leve recuperación del recurso que no es aún suficiente para permitir una cuota de pesca estimada con base en modelos de la serie histórica de datos y que más bien es inconsistente con las capturas desembarcadas en los últimos años.

El valor del Rendimiento Máximo Sostenible estimado por INVEMAR fue de 1.353 t, pero teniendo en cuenta el estado de la pesquería y del recurso recomiendan un valor precautorio de una cuota permisible menor a 500 t con un esfuerzo de 13 embarcaciones (realizando 7 faenas al año de 45 días cada una).

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone para la vigencia 2023 mantener la cuota del año anterior con un valor de **364 t**.

Frente a la propuesta realizada por INVEMAR acerca de establecer una talla mínima para el camarón del Caribe, la AUNAP reitera su comentario del año anterior y propone fortalecer la sensibilización con las comunidades y ejercer mayor control sobre los arte de pesca utilizados ya que la medida de talla no es efectiva para este tipo de recurso.

## JAIBA

Es un recurso exclusivamente aprovechado por los pescadores artesanales de este litoral, cuya procedencia de captura está principalmente soportada en la CGSM, con el objeto de venta a comercializados locales para su procesamiento y venta en el mercado nacional e internacional.

Según la información suministrada por INVEMAR soportada con el concepto técnico CPT-VAR-008-16 se recibieron aportes acerca de este recurso así:

- El análisis histórico del comportamiento de la captura de Jaibas (*Callinectes Sapidus* y *C. bocourti*) con nasa, mostró que esta pesquería ha pasado por las fases de crecimiento y plena explotación hasta ubicarse en sobrepesca desde el año 2003, llamando la atención sobre el cuidado que se debe tener de este recurso (INVEMAR, 2022).
- Los resultados de los modelos utilizados para determinar el RMS sustentan la recomendación de una cuota permisible para la vigencia 2023 de **816 t/ año** para las dos especies (INVEMAR, 2021).

## Langosta

Es uno de los principales recursos de extracción netamente artesanal para el Caribe colombiano continental que genera ingresos para las comunidades de este litoral. Su mayor presión está registrada en el departamento de la Guajira de donde se obtiene alrededor del 90% de las capturas comercializadas tanto a nivel nacional como al exterior.

Durante el año 2015 se logró obtener información sobre la extracción de individuos de tallas inferiores a la reglamentaria para la comercialización local bajo la denominación de “baby” y “superbaby”, aumentando la presión por pesca ya existente. Desde ese momento se han realizados acciones para la desestimulación de la captura y consumo de tallas pequeñas como estrategia de control. En el 2013 y 2014 se propuso además un control a la comercialización de tallas ilegales desde el eslabón que ofrece el producto al consumidor final, que pueda generar un efecto domino hasta el pescador, de manera que no haya demanda de langosta en las denominaciones mencionadas, y así el pescador no las ofrezca. Adicionalmente, se han continúan con las acciones de sensibilización con las comunidades para concertar la implementación de una veda de cuatro meses (1 de marzo a 30 de junio), durante la vigencia 2021 se realizaron talleres de sensibilización en los 8 municipios costeros del departamento de la Guajira, y en esta vigencia se está dando continuidad para llegar a las comunidades de la alta Guajira.

El RMS calculado fue de 102 t (75.5 – 157) para el Caribe continental, pero el recurso se encuentra en la fase crítica durante los últimos años.

### Atún

La información general de las capturas de atún en el litoral Caribe se recopila a partir de las inspecciones de desembarque realizadas por los funcionarios en los puertos de Barranquilla y Cartagena, en donde además las empresas deben entregar un informe para certificar la exportación de productos con destino a países de la Unión Europea, así como a Estados Unidos y Chile. De igual manera los permisionarios deben entregar informes anuales de las actividades realizadas por las embarcaciones afiliadas al permiso de pesca.

Para esta vigencia no se realizaron estimaciones de RMS a partir de los modelos utilizados en los demás recursos, porque no se contó con información que soporte el desarrollo de estos. Sin embargo, sabemos que los desembarcos de este recurso en los últimos años no sobrepasan las 1000 t y que los resultados de las prospecciones realizadas en 2014 a través del convenio AUNAP – INVEMAR, estimó una biomasa aprovechable de atún aleta amarilla de 9.200 t para el Caribe colombiano, además que el esfuerzo ha disminuido ya que solo operan dos barcos en esta pesquería en la actualidad. De acuerdo a esta realidad, la AUNAP considera que es necesario realizar estudios que permitan obtener información que ayuden a estimar las cuotas de pesca permisible para este recurso y propone que se mantenga la cuota de la vigencia anterior equivalente a **3.600 t**.

### PECES ÓSEOS

Tal como se ha hecho en años anteriores se propone este grupo para abarcar los recursos pesqueros de peces demersales y pelágicos (exceptuando atún) susceptibles de aprovechamiento. Esta idea se sustenta en la dinámica multiespecífica de las pesquerías para el país, en donde un mismo arte o método de pesca captura de manera indistinta estos recursos.

Es preciso señalar que en este litoral el aprovechamiento de estos recursos es de tipo artesanal en un 90%, como una fuente de ingresos directo para las comunidades costeras.

Por otro lado, los modelos fueron alimentados con la información disponible que para efectos de estos recursos tuvieron una **representatividad del 5,7%** de las especies que son desembarcadas en este litoral, ya que en el Caribe se registran aproximadamente 210 especies. De estas, solo se contó con información completa para el análisis de las cuotas de 12 especies que representarían una muestra general del estado de todos los recursos pesqueros.

Teniendo en cuenta el compromiso adquirido por la AUNAP durante la reunión ordinaria del CEP de la vigencia 2020, como parte de este documento se realizó el análisis comparativo entre los cálculos realizados para las vigencias 2020 y 2022, a partir de las tasas de MSY, Biomasa relativa y esfuerzo pesquero. En este análisis se logró observar una tendencia similar para las ambas vigencias tal como se puede apreciar en el capítulo VII tabla 7-2.

Por lo anterior, se propone mantener la cuota del año anterior equivalente a **2.650 t.** asociada al grupo denominado peces óseos. Pese a que los análisis en esta vigencia se realizaron de manera individual, para efectos de seguimiento y operatividad la asignación de una cuota individual (por especie) no es una estrategia que garantice el control, toda vez que, como ya se mencionó anteriormente, la dinámica multiespecies nacional difiere de los escenarios monoespecíficos y no es posible garantizar la asignación y cumplimiento de cuotas por especie en este grupo.

Por otro lado, se propone un fortalecimiento de la toma de información, además de la evaluación de otras medidas de manejo concertadas con las comunidades enfocadas a alternativas de manejo participativo que involucren vedas espacio temporales, reglamentación de artes y métodos de pesca, áreas de reserva y desestimulación del consumo sobre recursos claves como el mero, entre otras.

#### **Comentarios generales:**

En términos de administración de los recursos pesqueros, es importante destacar que en el Caribe colombiano se vienen adelantando diferentes procesos de ordenación pesquera los cuales hacen parte del accionar misional de la AUNAP y se continuaran fortaleciendo para su desarrollo exitoso.

Teniendo en cuenta el aprovechamiento netamente artesanal, su dinámica y el trabajo con las comunidades que se viene realizando acerca del recurso Jaiba y langosta, la AUNAP sugiere que no se continúe estableciendo una cuota como medida de manejo para estos recursos, toda vez que para los artesanales no se les asigna una cuota individual no existe la posibilidad de continuar con un seguimiento estricto de la misma. Por otro lado, se continuará con el desarrollo de los talleres de sensibilización con las comunidades, establecimiento de acuerdos de comanejo y negociación de la veda.

#### **Resumen propuesta de cuotas Caribe colombiano**

RECURSOS	PROPUESTA DE CUOTAS (T)
CAS ( <i>Penaeus schmitti</i> )	364
PECES ÓSEOS*	2650
ATÚN	3600

\*Agrupa los recursos pesqueros bajo la administración de la AUNAP y que se asocien a los permisos de pesca blanca autorizados por dicha entidad.

### 8.3 Ornamentales

Para el caso de los recursos ornamentales tal como se evidenció en el capítulo VI se realizó el análisis de 18 especies, teniendo en cuenta la información disponible de este número de especies. El análisis de estas especies se realizó bajo los modelos de CMSY.

Lo anterior, constituye un avance en el análisis de estos recursos, pero a su vez pone en evidencia la necesidad de continuar con investigaciones que fortalezcan la toma de decisiones basadas en la mejor evidencia científica posible.

Es importante resaltar las medidas complementarias a la cuota que se tiene para el grupo de peces ornamentales como es la veda de la Orinoquia del 1 al 30 de junio de cada año, la veda para el escalar altum que abarca del 1 de enero al 30 de junio de cada año, la talla establecida para el escalar altum y de la cual se lleva un control en Inírida, la talla establecida para las rayas y el control a la prohibición de la comercialización de hembras maduras, además de los procesos de ordenación pesquera que se llevan a cabo en la cuenca del río Bitá y la Estrella Fluvial de Inírida.

Como respuesta a los análisis preliminares y comparando estos datos preliminares con los datos de las cuotas del año anterior se encontró que estos cálculos con sus niveles de seguridad al 95% cubre los valores de la cuota anterior, se puede concluir que los mismos se encuentran dentro de los parámetros permitidos.

Tabla 7-8-1. Resumen de la propuesta de cuotas para los recursos ornamentales

Código *	Grupo / Especie	Nombre común	Propuesta de Cuota 2023 (N° individuos)
	<b>Rayas</b>		
1	<i>Paratrygon aiereba</i>	Raya manzana	
2	<i>Paratrygon</i> sp.	Raya manzana espinosa	
3	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Raya látigo	
4	<i>Plesiotrygon nana</i>	Raya látigo reticulada	
5	<i>Potamotrygon constellata</i>	Raya espinosa	
7	<i>Potamotrygon motoro</i>	Raya motoro	
8	<i>Potamotrygon orbignyi</i>	Raya común	
9	<i>Potamotrygon schroederi</i>	Raya guacamaya	
10	<i>Potamotrygon scobina</i>	Raya llovizna	
6	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya Barranquilla	8.100
	<b>Subtotal rayas</b>		<b>18.000</b>



11	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Arawana plateada	700.000
91	<i>Paracheirodon axelrodi</i>	Cardenal	4.832.000
248	<i>Otocinclus vittatus</i>	Otocinelo cola rayada	512.000
305	<i>Chaetostoma dorsale</i>	Cucha albina lisa punto de oro	37.000
317	<i>Hemiancistrus guahiborum</i>	Cucha roja	14.000
334	<i>Panaqolus maccus</i>	Cucha piña	157.000
335	<i>Panaque nigrolineatus</i>	Real de línea	180.000
336	<i>Panaque sp</i>	Real de punto	
337	<i>Panaque titan</i>	Real verde, Real royal	
500	<i>Pterophyllum altum</i>	Escalar altum	260.000
302	<i>Ancistrus triradiatus</i>	Cucha cúcuta	29.896
137	<i>Carnegiella marthae</i>	Estrigata marta	70.300
063	<i>Hemigrammus bleheri</i>	Nariz de borracho	200.000
194	<i>Bunocephalus amaurus</i>	Catalina común	40.820
210	<i>Corydoras concolor</i>	Corredora concolor	144.643
221	<i>Corydoras melanotaenia</i>	Corredora verde	80.249
140	<i>Carnegiella strigata</i>	Estrigata marmol	116.000 (Orinoquía) 297.205 (Amazonía)
165	<i>Nannostomus eques</i>	Pencil cola roja	52.900
347	<i>Microglanis iheringi</i>	Pacamú enano	74.000
28	<i>Leporinus fasciatus</i>	Laporino rayado	17.400
306	<i>Chaetostoma formosae</i>	Cucha albina lisa punto verde	238.392
499	<i>Mikrogeophagus ramirezi</i>	Ramirezi	136.000
	<b>Otras especies **</b>		<b>12.624.095</b>
	<b>Total</b>		<b>20.827.829</b>

\* Código de cada una de las especies según Resolución No. 1924 de 2015

\*\* Excluye las especies con asignación individual relacionadas anteriormente. Las especies conforman este grupo se encuentran relacionadas en la Resolución 1924 de 2015. Calculados con el modelo ARIMA de años anteriores ecuaciones 74-82

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Acero, A., & Polanco, A. (2006). *Biodiversidad íctica de los mares colombianos: riqueza amenazada*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 41[159]:200-212, abril-junio de 2017 doi:. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.480>.
- Acosta, A., R.S., & Appeldon. (1992). ESTIMATION OF GROWTH, MORTALITY AND YIELD PER RECRUITMENT FOR LUTJANUS SYNAGRIS (LINAEUS) IN PUERTO RICO. *BULLETIN OF MARINE SCIENCE*, 50(2), 282-291.
- Agudelo, E., Ajiaco, R., Alvarez, L., Barreto, C., Borda, C., Bustamenta, C., . . . Zapata, L. (2011). *Protocolo de captura de infromación pesquera, biológica y socio-económica en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social, INCODER.
- Aguirre-Villaseñor, H., Morales-Bojorquez, E., Moran-Angúlo, R., Madrid-Vera, J., & Valdez-Pineda, M. (2006). Indicadores biológicos de la pesquería de sierra (*Scomberomorus sierra*) al sur del Golfo de California, Mexico. *Ciencias Marinas* 32(3), 471-484.
- Alejo-Plata, M. C., Gómez-Marquez, J., & Herrera-Galindo, J. (2014). Tallas, sexos y madurez sexual del calamandrillo *Lolliguncula diomedea*. *Cuadernos de Investigación UNED Vol.7(1)*, 79-87.
- Allen, R. L. (1971). *Relation between production and biomass*. *Can. Fish. Res. Board Can.* 28: 1573-1581.
- Andrade, C. (2015). *OCEANOGRAFÍA DINÁMICA DE LA CUENCA DE COLOMBIA*. Cartagena: Alpha Editores.
- AUNAP-UNIMAGDALENA. (8 de 4 de 2020). SEPEC. Bogotá, D.C., Colombia.
- Ballen, G. (2011). *A new species of Chaetostoma tschudi (Siluriformes: Loricaridae) from Colombia with a definition of the C. anale species group*. *Papeis Avulso de Zoologia*, 51(26): 383-398.
- Barreto, C. G., & Borda, C. A. (2008). *Evaluación de Recursos Pesqueros Colombianos*. Bogotá: ICA 131p.
- Barreto, C., & Borda, C. (2009). *Documento técnico de cuotas*. Bogotá: Incoder.
- Barreto-Reyes, C., Ortega-Lara, A., Córdoba-Roas, D., Rangel-Duran, M., Amado-Loaiza, A., & POuentes-Granada, V. (2015). *BIOLOGIA PESQUERA DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE PECES ORNAMENTALES DE COLOMBIA*. Bogotá: AUNAP-MINAGRICULTURA-FUNINDES.
- Battacharya, C. G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* , 23:115-135.
- Bayliff, W. (1967). *CRECIMIENTO, MORTALIDAD Y EXPLOTACIÓN DE LOS ENGRAULIDAE, CON REFERENCIA ESPECIAL A LA ANCHOVETA, CETENGRAULIS MYSTICETUS, Y EL COLORADO, ANCHOA NASO, EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL*. La Jolla, California: COMISIÓN INTERMERICANA DEL ATUN TROPICAL.

- Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1990). *Ecology: Individual, Population and Communities*. 2nd ed. Blackwell Scient. Public. 945 p.
- Behegaray, L., Chae, J., & Caccone, A. (2005). *Characterization of microsatellite loci for the Amazonian rummy nose tetra, Hemigrammus bleheri (Teleostei, Characidae)*, . *Molecular Ecology Notes* 5(3):536-537.
- Behegaray, L. B., Möller, L., Schwartz, T., Chao, N., & Caccone, A. (2004). *Microsatellite markers for the cardinal tetra Paracheirodon axelrodi, a commercially important fish from central Amazonia*. *Molecular Ecology Notes* 4(3): 330-332.
- Borda, C. A., & Cruz, R. (2004). CRECIMIENTO Y TASAS DE MORTALIDAD DEL BIVALVO *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) EN EL PACÍFICO COLOMBIANO. *Rev. Invest. Mar* 25(3), 177 - 184.
- Caddy, J., & Sharp, G. (1988). *Un marco ecológico para la investigación pesquera*. Roma: FAO, Documento Técnico de Pesca 283.
- Cadima, E. (2003). *Manual de evaluación de recursos pesqueros*. Roma: FAO documento técnico de pesca No. 393 162p.
- Caicedo, J., Rubio, E., Zapata, L., & Giraldo, A. (2006). Estimación del crecimiento de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en capturas artesanales experimentales realizadas en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, océano Pacífico colombiano. *Invest. Mar.*, 34(2), 163-168.
- Cantera, J., Neira, R., & Ricaurte, C. (1998). *Bioerosión en la costa Pacífica de Colombia* . Cali: Fondo José Celestino Mutis, FEN. Tercer Mundo 133p.
- Castallanos-Giraldo, G., Chong-Montenegro, C., Baos, R., Zapata, L., Graham, R., & Craig, M. (2018). Using landing statistics and fishers´ traditional ecological knowledge to asses conservation threats to Pacific goliath grouper in Colombia. . *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.*, 1-10.
- Castillo-Vargasmachuca, s., Ponce-Palafox, J., Rodríguez-Chaves, G., Arredondo-Figeroa, J., Chávez-Ortiz, E., & A., S. (2013). Effects of temperature and salinity on groth and survival of the Pacific red snaper *Lutjanus peru* (Pisces:Lutjanidae) juveniles. *Lat. Am. J. Aquat. Res* 41(5), 1018-2013.
- Chacón-Guzman, J., Carvajal-Oses, M., & Herrera-Ulloa, A. (2019). Crecimiento y Rendimiento en filete de *Lobotes pacificus* (Perciformes: Lobotidae) en sistemas recirculados, una especie con potencial en acuicultura . *Revistas Ciencias del Mar Y Costeras* 11(2), 129 - 143.
- Clarke, R., & Paliza, O. (2000). THE HUMBOLDT CURRENT SQUID *DOSIDICUS GIGAS* (ORBIGNY, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 35(1): 1-39.
- Cortés, A. (2004). *Suleos de Colombia Una mirada desde la academia*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Csirke, J. (1980). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*. Roma: FAO documento técnico 192 82p.

- Cubillos, L. (2001). *Evaluación de Stocks*. . Colón Chile: Instituto de Investigaciones Pesqueras.
- Danemann, G. (1993). Características generales de la dieta de la palometa, *Tachinotus rhodopus* (Perciformes: Carangides). *Rev. Viol. Tro.*, 41(3), 811-815.
- Díaz-Uribe, J., Chávez, E., & Elorduy-Garay, J. E. (2004). Evaluación de las pesquerías del huachinago (*Lutjanus peru*) en el suroeste del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 30(4), 561 - 574.
- Dumas, S., Rosales-Velázquez, M., Contreras-Olguín, M., Hernández-Ceballos, D., & Silverg, N. (2004). Gonadal maturation in captivity and hormone-induced spawning of the Pacific red snapper *Lutjanus peru*. *Aquaculture* 234 (2004) 615–623, 234 615–623.
- Espino-Barr, E., Gallardo-Cabello, M., García-Boa, A., Cabal-Solís, E., & Puente-Gómez, M. (2006). Morphologic and Morphometric Analysis and Growth Rings Identification of Otoliths: Sagitta, Asteriscus and Lapillus of *Caranx caninus* (Pisces: Carangidae) in the Coastal of Colima, Mexico. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1 (2), 157 - 170.
- FAO & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). *Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia*. Bogotá: UTF/COL/052/COL.
- FAO. (2018). *Conflictos de intereses entre la actividad pesquera artesanal e industrial Pacífico Colombia*. Roma: Coorganizado with the republic of Korea's Ministry of Ocean in Fisheries.
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Ferreira, S., Padovani, B., & Pereira, I. (2004). Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil. *Neotropical Ictiology* s(1), 19-30.
- Fishbase. (15 de 5 de 2020). *Consortio FishBase*. Obtenido de <https://www.fishbase.us/>
- FishBase consortium. (15 de 3 de 2020). *SeaLifeBase*. Obtenido de <https://www.sealifebase.ca/>
- Fisher, W., Krumpp, W., Schneider, W., Sommer, C., E., C. K., & Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vertebrado-Parte 2*. Roma: Volumen III:1201-1813.
- Froese, R., Winker, H., Coro, G., Demirel, N., Tsikliras, A., Scarcella, G., . . . Pauly, D. (2018). A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 1-12.
- Froese, R., Winkler, H., G., C., Demirel, N., A.C., T., Dimarchopoulou, D., . . . Pauly, D. (2018). A new approach for estimating stock status from length frequency data. *ICES journal of Marine Science*, 12 pp.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., & Winkler, H. (2019). A simple guide for CMSY and BMS. 18.



- Frose, T., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *FISH and FISHERIES vol 18*, 506-526.
- Gallaerdo-Cabello, M., Sanabria-Medez, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michocan, México: growth, reproduction and condition factor. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(2), 205-215.
- Gallardo, N., Hernández, S., Mojica, H., Puentes, V., & (Eds). (2018). *Caracterización de las pesquerías en Colombia*. Bogotá: AUNAP - Fauna Caribe.
- Gallardo-Cabello, M., Sarabia-Méndez, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino, V. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, México: growth, reproduction and condition factors. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, vol. 45, núm. 2, , pp. 205-215.
- Galvis, G., Mojica, J., Provenzano, F., Lasso, C., Taphorn, D., Royero, R., . . . Cipamocha, C. (2007). *Peces de la Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental*. Bogotá: INCODER Universidad Nacional de Colombia Instituto de Ciencias Naturales - Departamento de biología 425p.
- García, S., & Le Reste, L. (1986). *Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros*. Roma: FAO Doc. Téc. Pesca, (203):180 p.
- Garduño-Argueta, H., & J.A., C.-P. (1995). Seasonal depth distribution of the crystal shrimp, *Penaeus brevisrostris* (Crustacea: Decapoda, Penaeidae) and its possible relation to temperature and oxygen concentration off southern Sinaloa, Mexico . *Fisheries Bulletin*, 397-402.
- Gold, J., Pak, E., & DeVries, D. (2002). Population structure of king mackarel (*Scomberomorus cavalla*) around peninsular Florida, as revealed by microsatellite DNA. *Fish. Bull.* 100, 491 - 509.
- Graham, R., Rhodes, K., & Castellanos, D. (2009). Characterization of the goliath grouper *Epinephelus itajara* fishery of southern Belize for conservation planning. *ENDANGERED SPECIES RESEARCH Vol 7*, 195-204.
- Gulland, J. (1966). *Manuel de métodos y estadísticas para la biología pesquera- Parte 1. Métodos de muestreo*. Roma: FAO manuales de ciencias pesqueras.
- Gulland, J. (1983). *Fish stock assesment a manual of basic method* . Chichester : FAO wile series on food and agriculture 1.1 223p.
- Gutierrez Bonilla, F. d., & Barreto, C. (2019). *LOS RECURSOS PESQUEROS COLOMBIANOS Y SU SOSTENIBILIDAD*. Bogotá: Independiente.
- Haddon, M. 2. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*. . Chapman and Hall, CRC.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. . Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

- Ideam. (2014). *Informe Nacional del Agua*. Bogotá, D.C. Colombia.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. .
- Ingeominas. (1998). Geomorfología y aspectos erosivos del Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del Pacífico colombiano. *Publicación geológica especial*.
- Invemar. (2018). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia*. Santa Marta: serie de Publicaciones Periódicas No. 3.
- INVEMAR, J. B. (2021). *Fortalecimiento del ordenamiento y manejo sostenible del recurso calamar gigante o pota en el Océano Pacífico colombiano*. Santa Marta: INVEMAR.
- Invemar. (2018). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2017*. Santa Marta.: Serie de Publicaciones Periódicas No. 3.
- Jul-Larse, E., Kolding, J., Overa, R., Raakjaer Nielsen, J., & van Zwieten, P. (2003). *Management, co-management or no management?* Roma: FAO Fisheries Technical Paper 426/2.
- Juniro, T., Vieira-Hazin, F., & Lessa, R. (2006 ). PESCA E HÁBITOS ALIMENTARES DO PEIXE-REI, *Elagatis bipinnulata* (QUOY & GAIMARD, 1825) (PISCES: CARANGIDAE) NO ARQUIPIELAGO DE SAO PEDRO E SAO PAULO, BRASIL. *Arquivos Ciencias do Mar*, 39:61-65.
- Keyl, F., Wolf, M., Mariategui, L., Tafur, J., & Aguelles, J. (2008). A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) en the eastern pacific ocean. *CalCOFI rep. Vol 49*, 119-128.
- Kolding, J. (1989). *The fish resources of lake Turkana and their enviromental*. Bergen: Tesis de grado para el titulo de la Universidad de Bergen.
- Kolding, J. (2009). *Introduction and Manual to Pasgear 2*. Bergen: Departamento de biología de la Universidad de Bergen.
- Landines, M., Sanabria, A., & Daza, P. (2007). *Producción de peces ornamentales en Colombia*. Bogotá: Incoder 236 p.
- Lasso, C., Lew, D., Taphorn, D., DoNacimiento, C., Lasso-Alcalá, O., Provenzano, F., & Machadao-Alison, A. (2004). *Biodiversidad ictiología de Venezuela. Parete 1. Lista de especies y distribución por cuencas*. Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturalesa, 159(160):105-195.
- Lasso, J., & Zapata, L. (1999). Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panamá. *Sciencia Marina*, 387-399.
- López, W. A., & Espinoza, J. (2005). *ESTRUCTURA POBLACIONAL Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y BATIMÉTRICA DE LAS ESPECIES: Farfantepenaeus californiensis, F. brevirostris, Litopenaeus vannamei, L. stylirostris y L. occidentalis EN LAS COSTA SALVADOREÑA*. El Salvador: Tesis de Maestria 181 p.



- Luckhurst, B., Dean, J., & Reichert, M. (2000). Age, growth and reproduction of the lane snapper *Lutjanus synagris* (Pises: Lutjanidae) at Bermuda. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, 255-261.
- Mair, J., Cipriani, R., Guzman, H., & Usan, D. (2012). Fishery of the Green Jack *Caranx caballus* (Osteichytes. Carangidae) in Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. *Revista de Biología Tropical*, 1271 - 2012.
- Maldonado, M. (2004). *ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL RÓBALO PALETA Centropomus medius (Gunter 1864) PARA SU APLICACIÓN EN LA ACUICULTURA*. La Paz: Tesis de grado 139 p.
- Martínez, R., & Martínez, N. (1997). *Diseño de experimentos análisis de datos estándar y no estándar*. Bogotá: Fondo Nacional Universitario 479 p.
- McMichael, R. H., Peters, K., & G.R., P. (15 de 3 de 2020). *Early Life History of the Snook, Centropomus undecimalis, in Tampa Bay*,. Obtenido de <https://aquila.usm.edu/goms/vol10/iss2/5>
- Miller, E., & Curtis, M. D. (2008). First Occurrence of A Pacific Crevalle Jack, *Caranx caninus*, North of San Diego, California. *Bull. Southern Californai Acad. Sci.*, 41 - 43.
- Miloslavich, P., Díaz, J., Klein, E., Alvarado, J., & Díaz, C. (2010). Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patters. *Plos One*, 5[8]: e1191.[doi:10.1371/journal.pone.0011916](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011916).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2014). *Manual de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad en Ecosistemas Acuáticos*. Bogotá, D.C. Colombia.
- Molano, J., & Batista, J. (1967). *CALENDARIO CLIMATOLOGICO AERONAUTICO COLOMBIANO*. Bogota: Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia.
- Mora, H. O. (1988). Análisis de la pesca de langostino (*Penaeus (Litopenaeus) occidentalis* Street) efectuada por la flota camaronera de Buenaventura y el trasmallo "electrónico". *TRIANEA (Acta Científica Técnica. INDERENA)*, , 193-207.
- Muller, R. (2000). The 2000 stock assement update od common snook, *Centropomus undecimalis*. *Fish and Wildelife Conservation Commission*, 49.
- Navas-Camacho, N. (2003). *ANATOMÍA GEOLÓGICA DE COLOMBIA*. Bogotá: Sociedad de Geólogos de Colombia 12p.
- Nobrega, M., & Lessa, R. (2009). AGE AND GROWTH OF THE KING MACKAREL (*SCOMBEROMORUS CAVALLA*) OFF THE NORTHEAST COASTAL OF BRAZIL. *Brasilian Journal of Ocenaography* 57(4), 273 - 285.
- Pauly, D. (1983). *Algunos métodos simples para la evalaución de recursos pesqueros tropicales*. Manila Filipinas: FOA Doc. Tec. Pesca (243) 49P.
- Pauly, D. (1984). *Fish population dynamics in tropical waters a manual for use with programable calculators*. Filipinas: ICLARM Stud. Rev. (8): 1-325.

- Pauly, D. (1984). *Fish Population dynamics in tropical waters; a manual for use with programmable calculators*. Manila Filipinas: ICLARM Stud. Rev. (8): 325.
- Perea-García, M., Mendoza-Carranza, M., & Páramo-Delgadillo, S. (2008). Dinámica reproductiva y poblacional del robalo, *centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomida) en Barra San Pedro Cental México. *Universidad y Ciencia* 24(1), 49-59.
- Perera-García, M., Mendoza-Carranza, M., & Páramo-Delgadillo, S. (2008). DINÁMICA REPRODUCTIVA Y POBLACIONAL DEL ROBALO, *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) EN BARRA SAN PEDRO, CENTLA, MÉXICO. *Universidad y Ciencia Tropico Humedo*, 49-59.
- Peters, K., Matherson, R., & R., T. J. (1998). Reproduction and early life history of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch), in Florida. *Bulletin of Marine Science*, 62(2), 509-529.
- Posada, & Henao. (2008). *Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe*. Santa Marta, Colombia.: Serie Publicaciones Especiales No. 13. INVEMAR, .
- Posada, B. O., & Morales, G. (2011). *Diagnóstico de la erosión costera del territorio insular colombiano.*. Santa Marta. 2011.: Invemar, Serie Publicaciones Especiales N° 24, .
- Prahl, H., Guhl, F., & Grogl, M. (1979). *Gorgona*. Gorgona. Bogotá: Futura Grupo Editorial Ltda.
- Punt, A., & Hilborn, R. (2011). *Bayes-SA Bayesina stock assesment methods in fisheries: user manual* . Roma: FAO Computerized Information Series (fisheries) No 12.
- Punt, A., & Hilborn, R. (2001). *BAYES-SA bAYRSIAN sTOCK aSSESSMENT mETHODS IN fISERIES. User 's Manual*. Roma: FAO Computerized Information Series (FISEHRIES). No. 12.
- Ramírez-Duarte, W., Pineda-Quiroga, C., Martínez, N., & Eslava-Ochoa, P. (2011). *Use of sodium chloride and zeolite during shipment of *Ancistrus triradiatus* under high temperature*. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 909-914.
- Ramírez-Gil, H., Ortega-Lara, A., Ajiaco-Martínez, R., & Pineda-Arguello, I. (2011). *Ictiofauna del Río Orotoy, distribución e importancia*. *Posgrado en Gestión Ambiental Sostenible* . Villavicencio: Universida de los Llanos 260p.
- Restrepo, J. D., Cárdenas-Rozo, A., Paniagua-Arroyave, F. F., & Jiménez-Segura, L. (2020). Aspectos físicos de la cuenca del río Magdalena, Colombia: Geología, Hidrología, Sedimentos, Conectividad, Ecosistemas Acuáticos e implicaciones para la biota. En L. Jiménez-Segura, & C. A. Lasso, *Peces de la cuenca del rio Magdalena, Colombia* (págs. 41 - 82). Bogotá: Serie de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales.
- Ricker, W. (1975). *Compiutation and interpretation of biological statistics of fish population* . Canada: Bull. Fish Res. Can, (191): 382 p.
- Roa, R., Ernst, B., & Tapia, F. (1999). Estimation of size at sexual maturitys an evalautaion of analitical and resampling procedures. *Fis. Bull.* 97, 570 - 580.

- Rocha-Olivares. (1997). Age, growth, mortality, and population characteristic of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru*, off the southeast coast of Baja California, Mexico. *Fisheries Bulletin* 96, 562 - 574.
- Ruiz-Vanegas, J., Ajiaco-Martinez, R., & Ramírez-Gil, H. (2001). *Carnegiuela estrigata* Gunther, 1864 en: una visión integral Ramírez-Gil Ajiaco-Martinez (Eds). Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA COLCIENCIAS.
- Sanabria-Ochoa, A. I., Victoria, P., & Beltrán, I. (. (2007). *Peces de las Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental*. Bogotá: INCODER 425 P.
- Santamaría, A., & Chávez, E. (1999). Evaluación de la Pesquería de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) de Guerrero, México. *Rev. biol. trop*, vol 27(3): 10-20.
- Seijo, J. C., Defeo, O., & Salas, S. (1997). *Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo*. Roma: FAO Documento Técnico de Pesca. No. 368. 176p.
- Sierra Rodríguez, O. (2004). *Incertidumbre y Riesgo en puntos de referencia para el manejo de la pesquería de Abulon en la península de Baja California*. México: Tesis de grado de maestría Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Recursos Marinos. 144 pp.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1969). *Biometry the principles and practice of statistics in biological research*. San Francisco: Freeman and company, segunda edición.
- Souza, R. (2002). *Dinámica poblacional do pargo, Lutjanus purpureus Poey, 1875 (Pisces: Lutjanidae) na plataforma norte do Brasil*. Belém: Tesis de maestría Universidade Federal do Pará.
- Sparre, P., & Venema, S. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales: Parte 1 manual*. Roma: FAO documento técnico de pesca 306(2) 420 p.
- Trigliani, M., & Bert, T. (1995). The genetic stock structure of common snook (*Centropomus undecimalis*). *Can. J. Fish. Aquat.*, 974-984.
- Tsokos, M. (1991). *Estadística para biólogos y ciencias de la salud*. Mexico: Interamericana McGraw Hill. 527p.
- Valencuela-Quiñones, W., Aragón Noriega, A., Arreola-Lizarraga, J., Salinas-Zabala, C., Lluch-Cota, S., & Hernández-Vázquez, S. (2006). Habitat use for growth and recruitment of the Pacific yellowleg shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (DECAPODA, PENAEIDAE) on the continental shelf and adjacent lagoon, Baja California Sur, Mexico. *Crustaceana*, 79 (8): 933-948.
- Vega, A., Robles, Y., Bonicha, S., & Boniche, M. (2008). ASPECTOS BIOLÓGICO - PESQUERO DEL GÉNERO *CYNOSCION* (PISCES: SCIAENIDAE) EN EL GOLFO DE MONJITO, PACÍFICO PANAMEÑO. *Tecnociencia*, Vol 10. No2 9 - 26 p.
- Vergara-Chen, C. (2014). LOS ROBALOS (PISCES, CENTROPOMIDAE) DEL PACÍFICO DE PANAMÁ: DESAFÍOS EMERGENTES EN INVESTIGACIÓN Y CONSERVACIÓN. *Tecnociencia* vol 16, No 1, 15-40.

von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II. ).  
*Human Biology*, 10: 181–213.

Zar, J. H. (1999). *Bioestatistical Analysis*. USA: Prentice - Hall 663p.