



El campo
es de todos

Minagricultura

Propuesta presentada por la
Autoridad Nacional de Acuicultura y
Pesca – AUNAP al Comité Ejecutivo
para la Pesca 2021.

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
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

Humberto Villani Pechene
Directora Regional Cali

Alfredo de Ávila Castellón
Director Regional Magangué

Carlos Zapata Morales
Director Regional Medellín

Maritza Casallas Delgado
Regional Villavicencio

Equipo Técnico AUNAP

Autor Carlos Barreto Reyes

Colaboradores

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

Claudia Liliana Sánchez Paez – Dirección Técnica de Administración y Fomento

Wilberto Angulo Viveros – Dirección Técnica de Inspección y Vigilancia

Vianys Agudelo Martínez – Dirección Técnica de Inspección y Vigilancia.

Carlos Borda – director regional Bogotá

Ana Isabel Sanabria - Dirección Técnica de Inspección y Vigilancia

Citar como: Barreto CG. 2020. 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. xx p.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	22
INTRODUCCIÓN	23
CAPÍTULO I	25
1. ANTECEDENTES.....	25
1.1 Diagnóstico mundial de la pesca	25
1.2 Situación de la pesca en Colombia.....	26
CAPÍTULO II	32
2. METODOLOGÍA.....	32
2.1 Descripción del área	32
2.2 Aproximación metodología para el Análisis.....	38
2.2.1 Análisis de información.....	42
<i>Mortalidad por pesca</i>	46
<i>Criterios utilizados para utilizar los índices de mortalidad</i>	47
CAPÍTULO III	59
3. Análisis de biodiversidad en los muestreos realizados	59
3.1 Comparación entre las biomásas agrupadas por tallas entre los años 2007 – 2019	59
3.1.1 Cuenca de Pacífico:.....	59
3.1.2 Cuenca de Caribe	63
3.1.3 Cuenca del Magdalena	67
3.1.4 Cuenca del Amazonas.....	71
3.1.5 Cuenca del Atrato.....	74
3.1.6 Cuenca de la Orinoquia.....	76
3.2 Estimación de la biodiversidad de la pesca en el año 2019	82
CAPÍTULO IV	91
4. Resultados de modelación de las pesquerías del Pacífico colombiano.....	91
4.1 Consideraciones generales de la dinámica pesquera del Pacífico colombiano.....	91
4.2 Peces.....	92
4.2.1 Pesquerías del jurel común [<i>Caranx caninus</i> Gunther, 1867].....	92
4.2.1.1 Análisis de los datos biológico de las pesquerías de jurel <i>Caranx caninus</i> .	93



4.2.1.2	Análisis de los datos de dinámica poblacional del jurel <i>Caranx caninus</i>	94
4.2.1.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del jurel	95
4.2.1.4	Modelación con escenarios ambientales del jurel común <i>Caranx caninus</i> . 100	
4.2.1.5	Conclusiones del manejo del jurel <i>Caranx caninus</i>	100
4.2.2	Pesquerías de berrugate [<i>Lobotes pacificus</i> Gilbert, 1898]	101
4.2.2.1	Antecedentes del recurso berrugate <i>Lobotes pacificus</i>	101
4.2.2.2	Análisis de los datos biológico-pesqueros del berrugate <i>Lobotes pacificus</i> 101	
4.2.2.3	Análisis de los datos de dinámica de las poblaciones del berrugate <i>Lobotes</i> <i>pacificus</i> 103	
4.2.2.4	Evaluación del estado de salud del berrugate <i>Lobotes pacificus</i> con la modelación LBB	103
4.2.2.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del berrugate <i>Lobotes pacificus</i>	108
4.2.2.6	Modelo Thompson y Bell berrugate <i>Lobotes pacificus</i>	114
4.2.2.7	Modelación con escenarios ambientales del berrugate <i>Lobotes pacificus</i> . 114	
4.2.2.8	Conclusiones sobre el berrugate <i>Lobotes pacificus</i>	115
4.2.3	Pesquerías del pargo rojo [<i>Lutjanus peru</i> , Nichols & Murphy, 1922]	116
4.2.3.1	Antecedentes del recurso pargo rojo <i>Lutjanus peru</i>	116
4.2.3.2	Análisis de los datos biológico de las pesquerías de pargo rojo <i>Lutjanus</i> <i>peru</i> 117	
4.2.3.3	Modelo de tallas LBB para las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus peru</i> ..	119
4.2.3.4	Modelo CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus peru</i>	123
4.2.3.5	Modelos probabilísticos ambientales pargo rojo <i>Lutjanus peru</i>	128
4.2.3.6	Modelo de Thompson y Bell pargo rojo <i>Lutjanus peru</i>	129
4.2.3.7	Conclusiones de las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus peru</i>	130
4.2.4	Pesquerías del burique (<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868).	131
4.2.4.1	Antecedentes del recuso burique <i>Caranx caballus</i>	131
4.2.4.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del burique <i>Caranx</i> <i>caballus</i> . 131	
4.2.4.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de burique <i>Caranx</i> <i>caballus</i> . 132	



4.2.4.4	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías burique Caranx caballus	133
4.2.4.5	Modelos de probabilidades ambientales de tipo bayesiano de Schaefer burique Caranx caballus.....	139
4.2.4.6	Conclusiones para el burique Caranx caballus.....	140
4.2.5	Pesquerías de la pelada (<i>Cynoscion phoxocephalus</i> Jordan & Gilbert, 1882 ..	141
4.2.5.1	Antecedentes del recuso pelada.....	141
4.2.5.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la pelada <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	141
4.2.5.3	Análisis de los datos de dinámica poblacional de la pelada.....	142
4.2.5.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la pelada <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	143
4.2.5.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la pelada <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	146
4.2.5.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la pelada <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	152
4.2.5.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	153
4.2.5.8	Conclusiones de las pesquerías de la pelada <i>Cynoscion phoxocephalus</i>	154
4.2.6	Pesquerías del dorado (<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758)	154
4.2.6.1	Antecedentes del recurso dorado <i>Coryphaena hippurus</i>	155
4.2.6.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del dorado <i>Coryphaena hippurus</i>	155
4.2.6.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del dorado	155
4.2.6.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del dorado <i>Coryphaena hippurus</i>	161
4.2.6.5	Conclusiones de las pesquerías del dorado <i>Coryphaena hippurus</i>	162
4.2.7	Pesquerías del robalo (<i>Centropomus viridis</i> Lockington, 1877).....	163
4.2.7.1	Antecedentes del recurso robalo.	163
4.2.7.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del robalo <i>Centropomus viridis</i>	163
4.2.7.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del robalo <i>Centropomus viridis</i>	164
4.2.7.4	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del robalo <i>Centropomus viridis</i>	164



4.2.7.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del robalo <i>Centropomus viridis</i>	170
4.2.7.6	Conclusiones para las pesquerías del robalo <i>Centropomus viridis</i>	171
4.2.8	Pesquerías de la sierra (<i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks, 1895)	172
4.2.8.1	Antecedentes del recurso sierra.	172
4.2.8.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus sierra</i>	172
4.2.8.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sierra.....	173
4.2.8.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB de la sierra <i>Scomberomorus sierra</i>	174
4.2.8.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus sierra</i>	178
4.2.8.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus sierra</i> . 183	
4.2.8.7	Conclusiones para las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus sierra</i>	184
4.2.9	Pesquerías de la merluza (<i>Brotula clarkae</i> Hubbs, 1944).....	185
4.2.9.1	Antecedentes del recurso merluza <i>Brotula clarkae</i>	185
4.2.9.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la merluza <i>Brotula clarkae</i> 185	
4.2.9.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la merluza <i>Brotula clarkae</i> 186	
4.2.9.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la merluza <i>Brotula clarkae</i>	187
4.2.9.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la merluza <i>Brotula clarkae</i>	190
4.2.9.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la merluza <i>Brotula clarkae</i> . 196	
4.2.9.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer 197	
4.2.9.8	Conclusiones para las pesquerías de la merluza <i>Brotula clarkae</i>	197
4.2.10	Pesquerías de la sardinata (<i>Elagatis bipinnulata</i> (Quoy & Gaimar, 1825))	198
4.2.10.1	Antecedentes del recurso sardinata <i>Elagatis bipinnulata</i>	198
4.2.10.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sardinata <i>Elagatis bipinnulata</i> 198	



4.2.10.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sardinata <i>Elagatis bipinnulata</i>	199
4.2.10.4	Conclusiones de las pesquerías de sardinata <i>Elagatis bipinnulata</i>	204
4.2.11	Pesquerías del Zafiro (<i>Cynoponticus coniceps</i> (Jordan & Gilbert, 1882)).....	205
4.2.11.1	Antecedentes del recurso zafiro <i>Cynoponticus coniceps</i>	205
4.2.11.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del zafiro <i>Cynoponticus coniceps</i>	205
4.2.11.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del zafiro	206
4.2.11.4	Conclusiones para las pesquerías de zafiro <i>Cynoponticus coniceps</i>	211
4.2.12	Pesquerías del pámpano (<i>Trachinotus rhodopus</i> Gill, 1863)	212
4.2.12.1	Antecedentes de recurso pámpano <i>Trachinotus rhodopus</i>	212
4.2.12.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de pámpano <i>Trachinotus rhodopus</i> .	212
4.2.12.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pámpano <i>Trachinotus rhodopus</i> .	213
4.2.12.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del pámpano <i>Trachinotus rhodopus</i>	218
4.2.12.5	Conclusiones de la pesquerías del pámpano <i>Trachinotus rhodopus</i>	219
4.2.13	Pesquerías de machetajo (<i>Centropomus medius</i> Günther, 1864).....	220
4.2.13.1	Antecedentes del recurso del machetajo <i>Centropomus medius</i>	220
4.2.13.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones para el machetajo <i>Centropomus medius</i>	220
4.2.13.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del machetajo .	222
4.2.13.4	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del machetajo <i>Centropomus medius</i> .	228
4.2.13.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer machetajo <i>Centropomus medius</i>	228
4.2.13.6	Conclusiones sobre el manejo pesquero del machetajo <i>Centropomus medius</i>	229
4.2.14	Pesquerías del mero (<i>Epinephelus quinquefasciatus</i> (Bocourt, 1868)	229
4.2.14.1	Antecedentes del recurso mero <i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	230
4.2.14.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del mero	230
4.2.14.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del mero <i>Centropomus medius</i>	231



4.2.14.4	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del mero <i>Centropomus medius</i> .	238
4.2.14.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer <i>Centropomus medius</i>	238
4.2.14.6	Conclusiones de las pesquerías del mero <i>Centropomus medius</i>	239
4.2.15	Pesquerías del espejuelo (<i>Selene peruviana</i> (Guichenot, 1866).....	239
4.2.15.1	Antecedentes del recurso del espejuelo <i>Selene peruviana</i>	240
4.2.15.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del espejuelo <i>Selene peruviana</i>	240
4.2.15.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de espejuelo <i>Selene peruviana</i>	240
4.2.15.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer	246
4.2.15.5	Conclusiones de las pesquerías del espejuelo <i>Selene peruviana</i>	246
4.2.16	Pesquerías del gualajo (<i>Centropomus armatus</i> Gill, 1863).....	247
4.2.16.1	Antecedentes de recuso gualajo <i>Centropomus armatus</i>	247
4.2.16.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de gualajo <i>Centropomus armatus</i>	247
4.2.16.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del gualajo	248
4.2.16.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el gualajo <i>Centropomus armatus</i>	249
4.2.16.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para le gualajo <i>Centropomus armatus</i>	252
4.2.16.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del gualajo <i>Centropomus armatus</i> .	258
4.2.16.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el gualajo <i>Centropomus armatus</i>	259
4.2.16.8	Conclusiones de las pesquerías del gualajo <i>Centropomus armatus</i>	260
4.2.17	Pesquerías del guayaípe (<i>Seriola peruana</i> Steindachner, 1881).....	261
4.2.17.1	Antecedentes del recurso guayaípe <i>Seriola peruana</i>	261
4.2.17.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del guayaípe <i>Seriola peruana</i>	261
4.2.17.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del guayaípe <i>Seriola peruana</i>	262



4.2.17.4	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del guayaípe <i>Seriola</i> peruana.	268
4.2.17.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el guayaípe <i>Seriola</i> peruana	269
4.2.17.6	Conclusiones de las pesquerías del guayaípe <i>Seriola</i> peruana	270
4.2.18	Pesquerías de la cherna (<i>Mycteroperca xenarcha</i> Jordan, 1888)	270
4.2.18.1	Antecedentes del recurso cherna <i>Mycteroperca xenarcha</i>	271
4.2.18.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la cherna <i>Mycteroperca xenarcha</i>	271
4.2.18.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cherna <i>Mycteroperca xenarcha</i>	271
4.2.18.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la cherna <i>Mycteroperca xenarcha</i>	277
4.2.18.5	Conclusiones de las pesquerías de la cherna <i>Mycteroperca xenarcha</i>	277
4.2.19	Pesquerías de la carduma (<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867))	277
4.2.19.1	Antecedentes del recurso carduma <i>Cetengraulis mysticetus</i>	278
4.2.19.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la carduma <i>Cetengraulis mysticetus</i>	278
4.2.19.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la carduma <i>Cetengraulis mysticetus</i>	279
4.2.19.4	Conclusiones de las pesquerías de la carduma <i>Cetengraulis mysticetus</i>	283
4.2.20	Pesquerías de la botellona (<i>Menticirrhus panamensis</i> (Steindachner, 1876))	284
4.2.20.1	Antecedentes del recurso botellona <i>Menticirrhus panamensis</i>	284
4.2.20.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la botellona <i>Menticirrhus panamensis</i>	284
4.2.20.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la botellona <i>Menticirrhus panamensis</i>	285
4.2.20.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la botellona <i>Menticirrhus panamensis</i>	290
4.2.20.5	Conclusiones de las pesquerías de la botellona <i>Menticirrhus panamensis</i>	291
4.3	Atunes	292
4.3.1	Pesquerías de atún aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)) ..	292
4.3.1.1	Antecedentes del recurso atún alertas amarilla <i>Thunnus albacares</i>	292



4.3.1.2	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla <i>Thunnus albacares</i>	292
4.3.1.3	Conclusiones para el atún aleta amarilla <i>Thunnus albacares</i>	295
4.3.2	Pesquerías de barrilete (<i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)).....	296
4.3.2.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún barrilete <i>Katsuwonus pelamis</i>	296
4.3.2.2	Conclusiones para el barrilete <i>Katsuwonus pelamis</i>	299
4.3.3	Pesquerías de patudo (<i>Thunnus obesus</i> (Lowe, 1839)).....	299
4.3.3.1	Antecedentes del recurso patudo <i>Thunnus obesus</i>	299
4.3.3.2	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías patudo <i>Thunnus obesus</i>	300
4.3.3.3	Conclusiones para el patudo <i>Thunnus obesus</i>	303
4.4	Crustáceos.....	304
4.4.1	Pesquerías del camarón blanco [<i>Litopenaeus occidentalis</i> , Streets, 18719]..	304
4.4.1.1	Antecedentes del recurso de camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	304
4.4.1.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	306
4.4.1.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	307
4.4.1.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	308
4.4.1.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	312
4.4.1.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	317
4.4.1.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	318
4.4.1.8	Proyección del manejo pesquero con modelo de producción excedente para el camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	318
4.4.1.9	Conclusiones sobre las pesquerías de camarón blanco <i>Litopenaeus occidentalis</i>	320
4.5	Moluscos.....	328
4.5.1	Pesquerías de la piangua [<i>Anadara tuberculosa</i> , Sowerby I, 1833].....	328
4.5.1.1	Antecedentes del recurso de piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	328



4.5.1.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	328
4.5.1.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	329
4.5.1.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	329
4.5.1.5	Modelo CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	332
4.5.1.6	Conclusiones para la piangua <i>Anadara tuberculosa</i>	337
4.5.2	Pesquerías del calamar (<i>Lolliguncula diomedea</i> , (Hoyle, 1904))	338
4.5.2.1	Antecedentes del recurso calamar <i>Lolliguncula diomedea</i>	338
4.5.2.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del calamar <i>Lolliguncula diomedea</i>	338
4.5.2.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del calamar <i>Lolliguncula diomedea</i>	339
4.5.2.4	Conclusiones de las pesquerías del calamar <i>Lolliguncula diomedea</i>	344
4.6	Consideraciones generales	345
4.7	Cálculos complementarios sobre especies del Pacífico colombiano	347
4.8	Conclusiones generales	347
CAPÍTULO V		349
5.	Resultados de la modelación de las pesquerías del del Caribe Colombiano	349
5.1	Peces	349
5.1.1	Pesquerías del pargo chino [<i>Lutjanus synagris</i> , Linnaeus, 1758]	349
5.1.1.1	Antecedentes del recurso de pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	349
5.1.1.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	350
5.1.1.3	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB del pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	352
5.1.1.4	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	356
5.1.1.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	362
5.1.1.6	Conclusiones de las pesquerías de pargo chino <i>Lutjanus synagris</i>	363
5.1.2	Pesquerías de robalo (<i>Centropomus undecimalis</i> , Bloch, 1792)	364
5.1.2.1	Antecedentes del recurso <i>Centropomus undecimalis</i>	364



5.1.2.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	365
5.1.2.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del robalo.....	366
5.1.2.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	367
5.1.2.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	370
5.1.2.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	375
5.1.2.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	376
5.1.2.8	Conclusiones de las pesquerías del robalo <i>Centropomus undecimalis</i>	378
5.1.3	Pesquerías de la sierra [<i>Scomberomorus cavalla</i> , Cubier, 1829].....	378
5.1.3.1	Antecedentes del recurso sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	379
5.1.3.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	379
5.1.3.3	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	380
5.1.3.4	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	381
5.1.3.5	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	383
5.1.3.6	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i> . 388	
5.1.3.7	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	389
5.1.3.8	Conclusiones de la pesquería de la sierra <i>Scomberomorus cavalla</i>	390
5.1.4	Pesquerías de la cherna (<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860).....	391
5.1.4.1	Antecedentes del recurso cherna del Caribe <i>Mycteroperca bonaci</i>	391
5.1.4.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones cherna <i>Mycteroperca bonaci</i> 391	
5.1.4.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cherna <i>Mycteroperca bonaci</i>	392
5.1.4.4	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la cherna <i>Mycteroperca bonaci</i>	397



5.1.4.5	Conclusiones de las pesquerías de la cherna <i>Mycteroperca bonaci</i> del caribe	398
5.1.5	Pesquerías de la corvina (<i>Cynoscion jamaicensis</i> (Günther, 1864))	398
5.1.5.1	Antecedentes del recurso corvina del caribe <i>Cynoscion jamaicensis</i>	399
5.1.5.2	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB de la corvina <i>Cynoscion jamaicensis</i>	399
5.1.5.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la corvina <i>Cynoscion jamaicensis</i>	400
5.1.5.4	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la corvina <i>Cynoscion jamaicensis</i>	405
5.1.5.5	Conclusiones de las pesquerías de corvina <i>Cynoscion jamaicensis</i>	405
5.1.6	Pesquerías pargo rojo (<i>Lutjanus purpureus</i> (Poey, 1866))	406
5.1.6.1	Antecedentes del recurso del pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	406
5.1.6.2	Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	406
5.1.6.3	Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB del pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	408
5.1.6.4	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	411
5.1.6.5	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	417
5.1.6.6	Conclusiones de las pesquerías de pargo rojo <i>Lutjanus purpureus</i>	417
5.2	Crustáceos	418
5.2.1	Pesquerías del camarón de aguas someras (<i>Litopenaeus schmitti</i> (Burkenroad, 1936))	418
5.2.1.1	Antecedentes del recurso camarón <i>Litopenaeus schmitti</i>	418
5.2.1.2	Análisis de los datos de dinámica de poblaciones	418
5.2.1.3	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del camarón <i>Litopenaeus schmitti</i>	419
5.2.1.4	Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón de agua someras <i>Litopenaeus schmitti</i>	425
5.2.1.5	Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el camarón blanco <i>Litopenaeus schmitti</i>	426
5.2.1.6	Conclusiones sobre las pesquerías del camarón de aguas someras <i>Litopenaeus schmitti</i>	427



5.3	Consideraciones generales	427
5.4	Cálculos complementarios sobre las especies del Caribe colombiano.....	430
Capítulo VI		432
6.	Resultado de la modelación de las pesquerías de peces ornamentales.....	432
6.1	Especies de peces.....	432
6.1.1	Pesquerías de la coridora (<i>Corydoras axelrodi</i> Rössel, 1962).....	432
6.1.1.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de las corredoras <i>Corydoras axelrodi</i>	432
6.1.1.2	Conclusiones sobre las pesquerías de coridora <i>Corydoras axelrodi</i>	436
6.1.2	Pesquerías del cardenal (<i>Paracheirodon axelrodi</i> (Schultz, 1956)).....	436
6.1.2.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para el cardenal <i>Paracheirodon axelrodi</i>	437
6.1.2.2	Conclusiones de las pesquerías del cardenal <i>Paracheirodon axelrodi</i>	440
6.1.3	Pesquerías del escalar altum (<i>Pterophyllum altum</i> Pellegrin, 1903).....	441
6.1.3.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del altum <i>Pterophyllum altum</i>	441
6.1.3.2	Conclusiones de las pesquerías del escalar altum <i>Pterophyllum altum</i> ...	444
6.1.4	Pesquerías de cucha cúcuta <i>Ancistrus triradiatus</i> Eigenmann, 1918.....	444
6.1.4.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la cucha cúcuta <i>Ancistrus triradiatus</i>	445
6.1.4.2	Conclusiones de las pesquerías del cucha cúcuta <i>Ancistrus triradiatus</i> . .	449
6.1.5	Pesquerías del cuchillo negro <i>Apteronotus galvisi</i> Santana, Maldonado-Ocampo & Crampton, 2007	449
6.1.5.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de cuchillo negro <i>Apteronotus galvisi</i>	450
6.1.5.2	Conclusiones de las pesquerías del cuchillo negro <i>Apteronotus galvisi</i>	453
6.1.6	Pesquerías de estrigata marta <i>Carnegiella marthae</i> Myers, 1927.....	453
6.1.6.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la estrigata marta <i>Carnegiella marthae</i> para la cuenca de la Orinoquia.	453
6.1.6.2	Conclusiones de las pesquerías del estrigata marta <i>Carnegiella marthae</i> en la Orinoquia.	457
6.1.6.3	Pesquerías del amazonas de estrigata marta <i>Carnegiella marthae</i>	457
6.1.6.4	Conclusiones de las pesquerías de <i>Carnegiella marthae</i> para la Amazonía.	461



6.1.7	<i>Pesquerías de nariz de borracho Hemigrammus bleheri Géry & Mahnert, 1986</i>	461
6.1.7.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de nariz de borracho Hemigrammus bleheri.	461
6.1.7.2	Conclusiones de las pesquerías de Hemigrammus bleheri.	465
6.1.8	<i>Pesquerías de catalina común Bunocephalus amaurus Eigenmann, 1972</i>	465
6.1.8.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de catalina común Bunocephalus amaurus.....	466
6.1.8.2	Conclusiones de las pesquerías de la catalina común Bunocephalus amaurus.	469
6.1.9	<i>Pesquerías de crinicara Dicrossus filamentosus (Ladiges, 1958).</i>	469
6.1.9.1	Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías la catalina común Dicrossus filamentosus.....	469
6.1.9.2	Conclusiones para la catalina común Dicrossus filamentosus.....	473
6.1.10	<i>Pesquerías de corredora meta Corydoras metae Eigenmann, 1914.....</i>	473
6.1.10.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la corredora meta Corydoras metae.	473
6.1.10.2	Conclusiones de las pesquerías de la corredora meta Corydoras metae Corydoras metae.	477
6.1.11	<i>Pesquerías de corredora concolor Corydoras concolor Weitzman, 1961.....</i>	477
6.1.11.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la corredora concolor Corydoras concolor.....	477
6.1.11.2	Conclusiones de las pesquerías de la corredora concolor Corydoras concolor.	480
6.1.12	<i>Pesquerías de las corredora verde Corydoras melanotaenia Regan, 1912.....</i>	481
6.1.12.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de corredora verde Corydoras melanotaenia.....	481
6.1.12.2	Conclusiones sobre las pesquerías de la corredora verde Corydoras melanotaenia.....	484
6.1.13	<i>Pesquerías de cuchilla piña Panaqolus maccus (Schaefer & Stewart, 1993)....</i>	485
6.1.13.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la cuchilla piña Panaqolus maccus.....	485
6.1.13.2	Conclusiones sobre las pesquerías de la cuchilla piña Panaqolus maccus	488
6.1.14	<i>Pesquerías de cuchillo trasparente Eigenmannia virescens (Valenciennes, 1836)</i>	489



6.1.14.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cuchillo transparente <i>Eigenmannia virescens</i>	489
6.1.14.2	Conclusiones de las pesquerías del cuchillo transparente.....	492
6.1.15	<i>Pesquerías de estrigata mármol Carnegiella strigata (Günther, 1864)</i>	492
6.1.15.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de estrigata mármol <i>Carnegiella strigata</i> en la Orinoquia.....	493
6.1.15.2	Conclusiones para las pesquerías de la estrigata mármol <i>Carnegiella strigata</i> .	496
6.1.15.3	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de estrigata mármol <i>Carnegiella strigata</i> para la amazonia.....	496
6.1.15.4	Conclusiones sobre las pesquerías de la estrigata mármol <i>Carnegiella strigata</i> .	499
6.1.16	<i>Pesquerías del pencil cola roja Nannostomus eques Stendachner, 1876</i>	500
6.1.16.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías pencil cola roja <i>Nannostomus eques</i>	500
6.1.16.2	Conclusiones sobre la pesquería del pencil cola roja <i>Nannostomus eques</i> .	503
6.1.17	<i>Pesquerías de la cucha roja Hemiancistrus guahiborum Werneke, Armbruster, Lujan & Tarphon, 2005</i>	503
6.1.17.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cucha roja <i>Hemiancistrus guahiborum</i>	504
6.1.17.2	Conclusiones de las pesquerías de cucha roja <i>Hemiancistrus guahiborum</i> .	508
6.1.18	<i>Pesquerías del lapicero dos hileras Farlowella vittata Myers, 1942</i>	508
6.1.18.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de lapiceros dos hileras <i>Farlowella vittata</i>	508
6.1.18.2	Conclusiones de las pesquerías del lapicero de dos hileras <i>Farlowella vittata</i> .	512
6.1.19	<i>Pesquerías de pacamú enano Microglanis iheringi Gomes, 1946</i>	512
6.1.19.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de lapicero de dos hileras <i>Microglanis iheringi</i>	512
6.1.19.2	Conclusiones de las pesquerías de pacamú enano <i>Microglanis iheringi</i> ..	515
6.1.20	<i>Pesquerías de leporino rayado Leporinus fasciatus (Bloch, 1794)</i>	516
6.1.20.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de leporino rayado <i>Leporinus fasciatus</i>	516
6.1.20.2	Conclusiones de las pesquerías del leporino rayado <i>Leporinus fasciatus</i> .	519



6.1.21	<i>Pesquerías de otocinco colarayada Otocinclus vittatus Regan, 1904</i>	519
6.1.21.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de otocinco colarayada Otocinclus vittatus.....	520
6.1.21.2	Conclusiones de las pesquerías del otocinco colarayada Otocinclus vittatus. 523	
6.1.22	<i>Pesquerías de la albina lisa punto de oro Chaetostoma dorsale Eigenmann, 1922</i>	523
6.1.22.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de albina lisa punto de oro Chaetostoma dorsale.....	523
6.1.22.2	Conclusiones de las pesquerías de albina lisa punto de oro Chaetostoma dorsale. 526	
6.1.23	<i>Pesquerías de albina lisa punto verde Chaetostoma formosae Ballen, 2011</i> . 527	
6.1.23.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de albina lisa punto verde Chaetostoma formosae.	527
6.1.23.2	Conclusiones de las pesquerías de la albina punto verde Chaetostoma formosae. 531	
6.1.24	<i>Pesquerías de ramirezi Mikrogeophagus ramirezi (Myers & Harry, 1948)</i>	531
6.1.24.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de ramirezi Mikrogeophagus ramirezi.	531
6.1.24.2	Conclusiones de las pesquerías de ramirezi Mikrogeophagus ramirezi. ..	535
6.1.25	<i>Pesquerías de lubricaria común Rineloricaria eigenmanni (Pellegrin, 1908)</i> ..	535
6.1.25.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de lubricaria común Rineloricaria eigenmanni.....	536
6.1.25.2	Conclusiones de las pesquerías de la lubricaria común Rineloricaria eigenmanni.....	539
6.1.26	<i>Pesquerías de cardenal Paracheirodon axelrodi (Schultz, 1956)</i>	540
6.1.26.1	Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cardenal Paracheirodon axelrodi.....	540
6.1.26.2	Conclusiones de la pesquería del cardenal Paracheirodon axelrodi.....	544
Capítulo VII		546
7.	Comparación de los resultados entre análisis realizados 2020 a 2010.....	546
7.1	Evaluación recursos del pacífico.....	546
7.2	Evaluación recursos del Caribe.....	549
7.3	Evaluación recursos ornamentales.....	550
Capítulo VIII		552



El campo
es de todos

Minagricultura



AUNAP
AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

8. Recomendación final propuesta de cuotas.....	552
9. BIBLIOGRAFIA	568



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

a	Factor de condición, constante en la relación longitud peso
b	Constante en la relación longitud peso
B	Biomasa. Operador retardo en el proceso ARIMA
B/R	Biomasa por recluta
C	Captura en número de individuos
CMS	Captura Máxima Sostenible
c	Amplitud (0 – 1) (programa ELEFANT)
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo
E	Tasa de explotación (F/Z)
f	Esfuerzo de pesca
F	Coefficiente de mortalidad por pesca o tasa instantánea (por unidad de tiempo)
Fac. f	Factor multiplicativo de F (Thompson y Bell), X
H	Factor de mortalidad natural, establecido de acuerdo con el análisis de cohorte basado en Jones
K	Parámetro de curvatura
L	Longitud, talla
LT	Longitud total
LS	Longitud estándar
LH	Longitud horquilla
Lc	Longitud caparazón
\bar{L}	Talla media



Lct	Longitud cefalotórax
L₁, L₂	Desde la talla 1 hasta la talla 2
L_∞	L infinito, longitud asintótica (talla media de los peces más viejos)
L´	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)
L_{c50}	Talla en la que el 50% de los peces quedan retenidos por el arte y 50% escapan
M	Coefficiente de mortalidad natural o tasa instantánea de mortalidad natural (por unidad de tiempo)
N	Número de sobrevivientes (APV)
n	Número de individuos de una muestra
N_(t)	Número de sobreviviente de una cohorte en la edad t
Pi	Proporción de hembras maduras sexualmente a la longitud total (LT)
q	Coefficiente de capturabilidad
Rn	Coefficiente de correlación superficial de la curva de crecimiento
RMS	Rendimiento máximo sostenible
r²	Coefficiente de determinación
Σfi	Sumatoria de las frecuencias por el intervalo de clase
Sb	Error estándar
s.d.(x)	Desviación estándar de la longitud
s.d.(y)	Desviación estándar del peso
t	Magnitud Tiempo, generalmente en años
T	Temperatura ambiente en °C
t̂	Evaluador de la prueba de t de Student



t₀	t-cero, parámetro de condición inicial (en años)
T_s	Punto de invierno
U	$1 - \frac{L_c}{L_\infty} 1 - \frac{L_c}{L_\infty}$ fracción de crecimiento después de entrar a la fase de explotación
V	Precio de primera compra de los productos pesqueros
W	Peso, usualmente de un ejemplar
\bar{x}	Media aritmética
X factor	Factor multiplicativo (Thompson y Bell)
Y	Rendimiento
Y/R	Rendimiento por recluta
(Y/R) ´	Rendimiento relativo por recluta
Z	Coefficiente de mortalidad total, tasa instantánea de mortalidad total, tasa de mortalidad total (por unidad de tiempo)
$\Phi´$	(fi prima) $\ln K + 2*\ln L_\infty$
MSY	Rendimiento máximo sostenible igual a RMS
B/K y B/Bmsy	Tasas de biomasa relativas, aplica igualmente para cualquier relaciones de biomasa
Fmsy	Mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible MSY o RMS
F/(r/2) o F/Fmsy	Tasa de explotación o aprovechamiento
PPVR	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 - 2020).

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 2022.

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 2021.

Para el desarrollo de los cálculos se utilizaron 7 modelos diferentes los cuales fueron divididos en dos etapas: los utilizados tradicionalmente como producción excedente por remuestreo "Bootstrap", 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 un 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 sosteniblemente. 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 recopilada 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 recurso 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 96.4 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 producen 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).

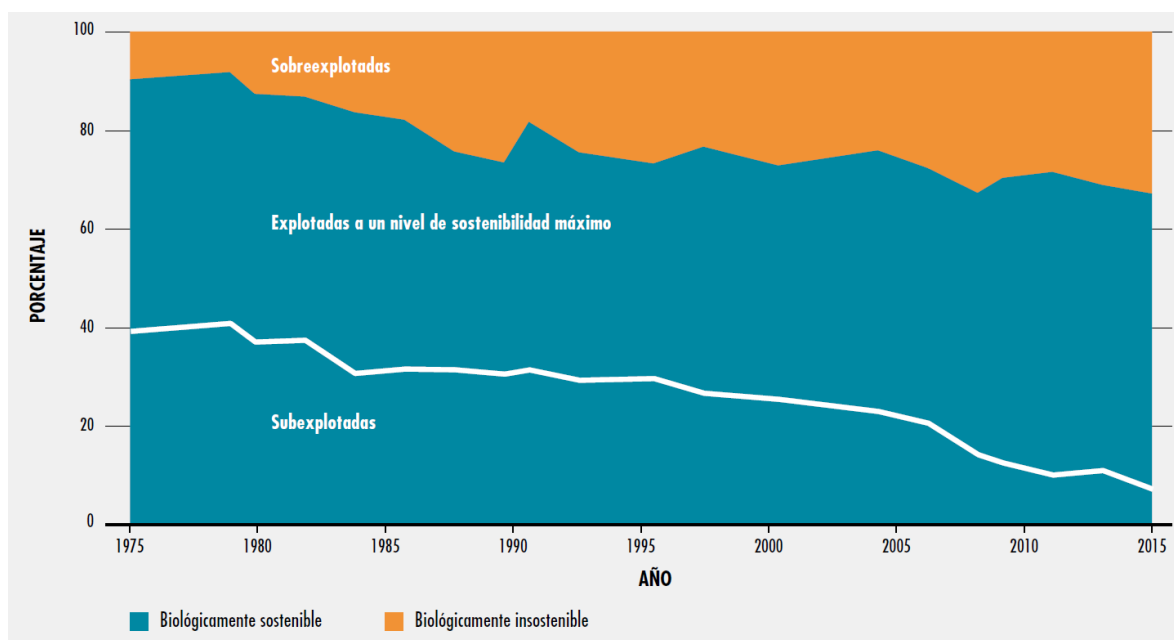


Figura 1-1. estado mundial de los recursos pesqueros. fuente FAO 2018.

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 ecointegración. 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 enfocada 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 invierten 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 sus siglas en inglés).

Estos se utilizaron como complemento a los ya establecidos para otras evaluaciones desarrolladas 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 2020

La producción de la pesca en Colombia fue estimada en 94.470,2 toneladas de las cuales 52,581.35 toneladas correspondieron a la pesca artesanal y 41,889.55 toneladas fueron reportadas para la pesca industrial (SEPEC 2020).

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 La Guajira con el 37 % de los desembarcos, seguido por Magdalena con 20% y Antioquia con el 13% como los más representativos. Para el Chocó se registró información referente únicamente al Golfo de Urabá (Figura 1-2)

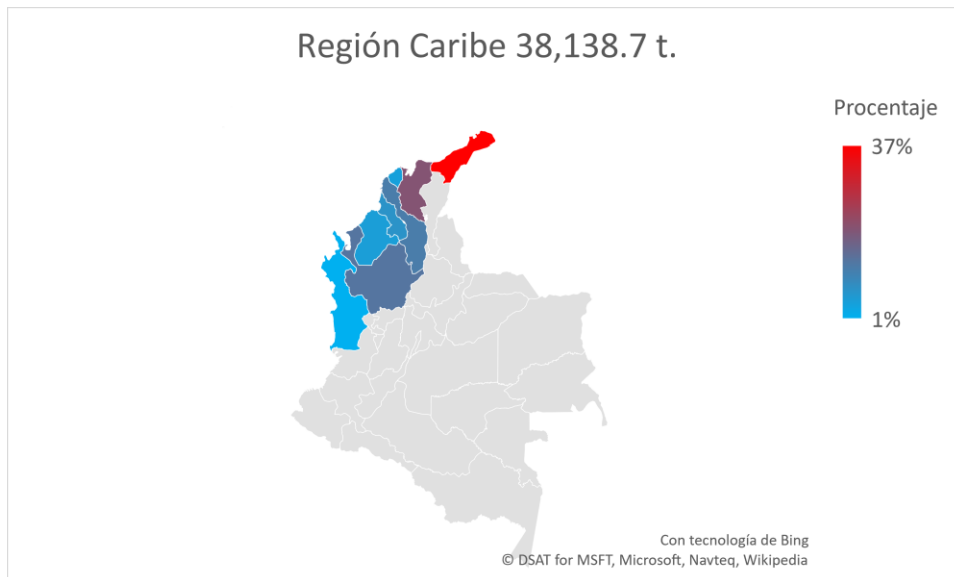


Figura 1-3. Producción desembarcada en la cuenca del Caribe, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

Pacífico. Como es de esperarse el Valle del Cauca cuenta con el mayor desembarco 43% ya que allí confluyen casi todas las pesquerías industriales y gran parte de la pesca artesanal que se realiza en la cuenca del Pacífico colombiano, el otro departamento con un mayor porcentaje fue Nariño con 35% que acaparan la producción de los desembarcos realizados. (Figura 1-3)

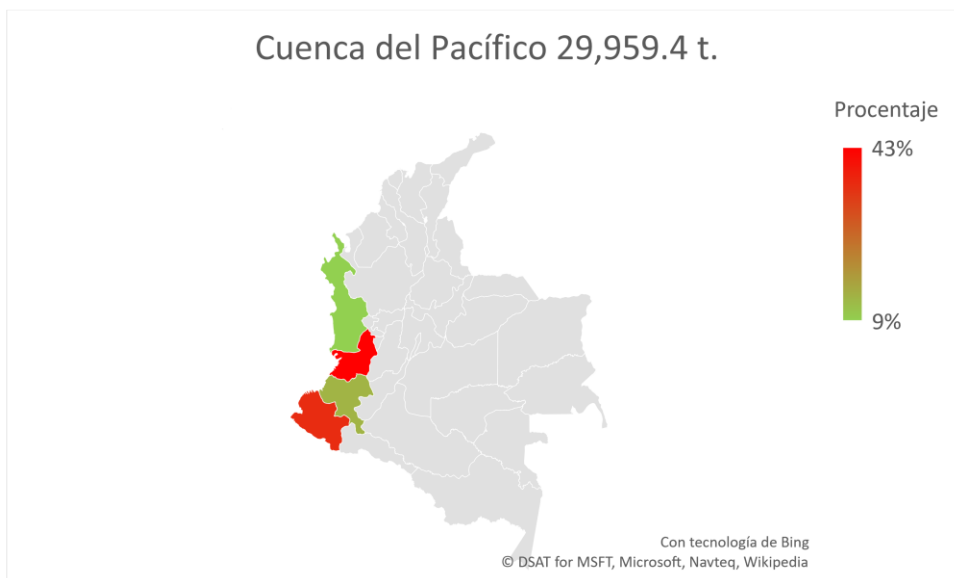


Figura 1-4. Producción desembarcada en la cuenca del Pacífico, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

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 1-5)

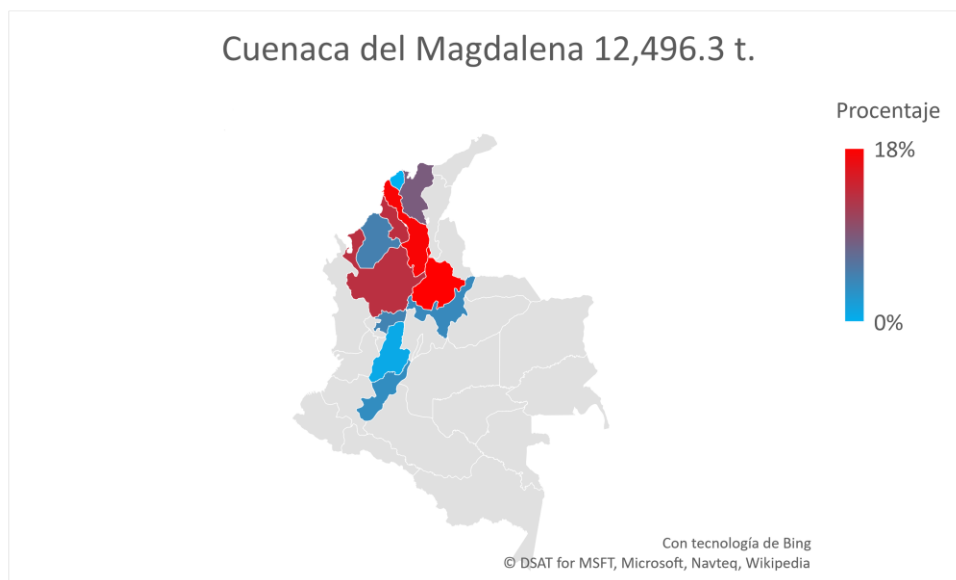


Figura 1-5. Producción desembarcada en la cuenca del Magdalena, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

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 2020 el departamento del Amazonas representó 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 de los años 2019 y 2020 han 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 han estado en aumento. (Figura 1-6).



Figura 1-6. 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 Vichada con el 57% de las capturas desembarcas en puerto, el otro departamento con registros altos fue Meta con el 21% de la producción. (Figura 1-7)

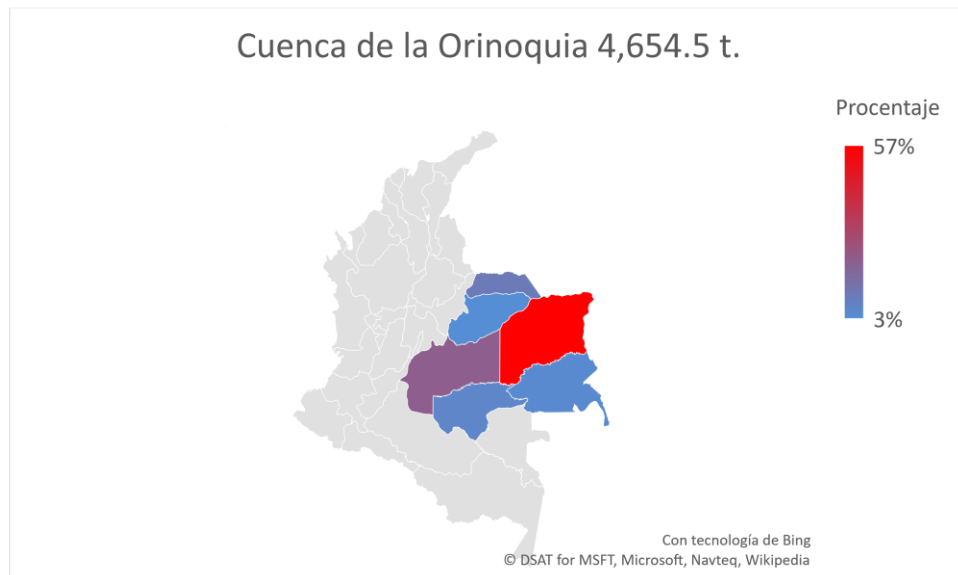


Figura 1-7. Producción desembarcada en la cuenca del Orinoquia, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

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 1-8)

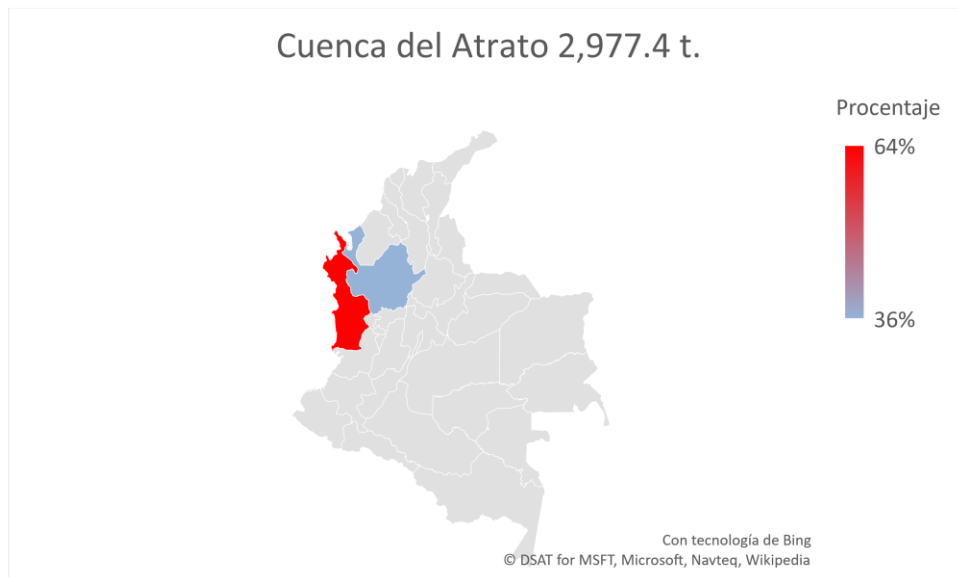


Figura 1-8. Producción desembarcada en la cuenca del Atrato, registrada por departamentos. Fuente SEPEC.

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 Orinoquía.

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 lo que los diferentes pisos térmicos van desde el ecuatorial hasta el árido de tipo desértico (Ilustración 2-2)



Clasificación climática de Köppen en Colombia

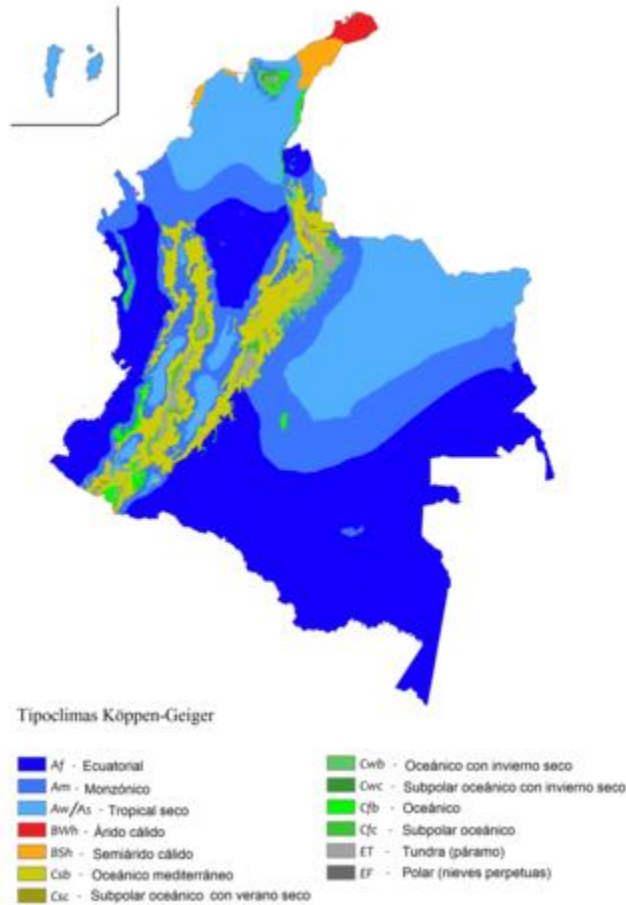


Ilustración 2-2. Mapa de clima en Colombia. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Colombia

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: Catatumbo, Pacífico, Orinoco, Caribe 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)

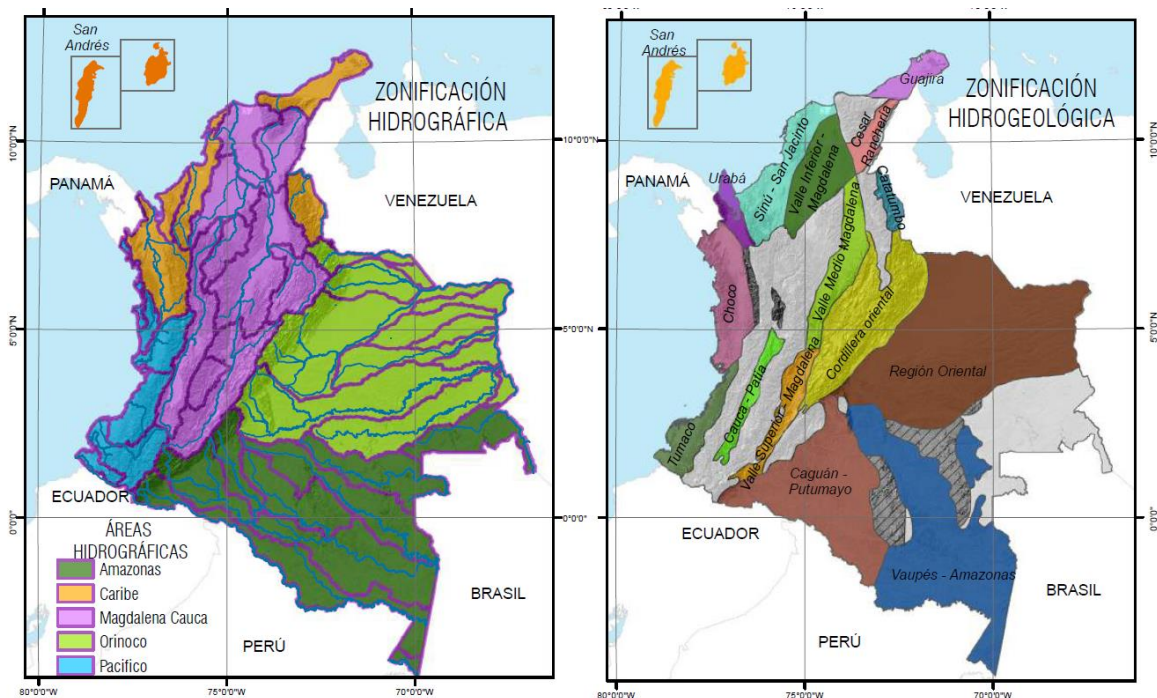


Ilustración 2-3.Zonificación hidrológica de Colombia. Fuente IDEAM-ENA2010.

Otra cuenca de gran importancia es la del río Magdalena, con una cobertura total de 256,622 km² 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 cauda del 7,154 m³ s⁻¹, trasporta cerca de 180 M ton de sedimentos (año 2015) que aporta un total 710 ton/km²/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).

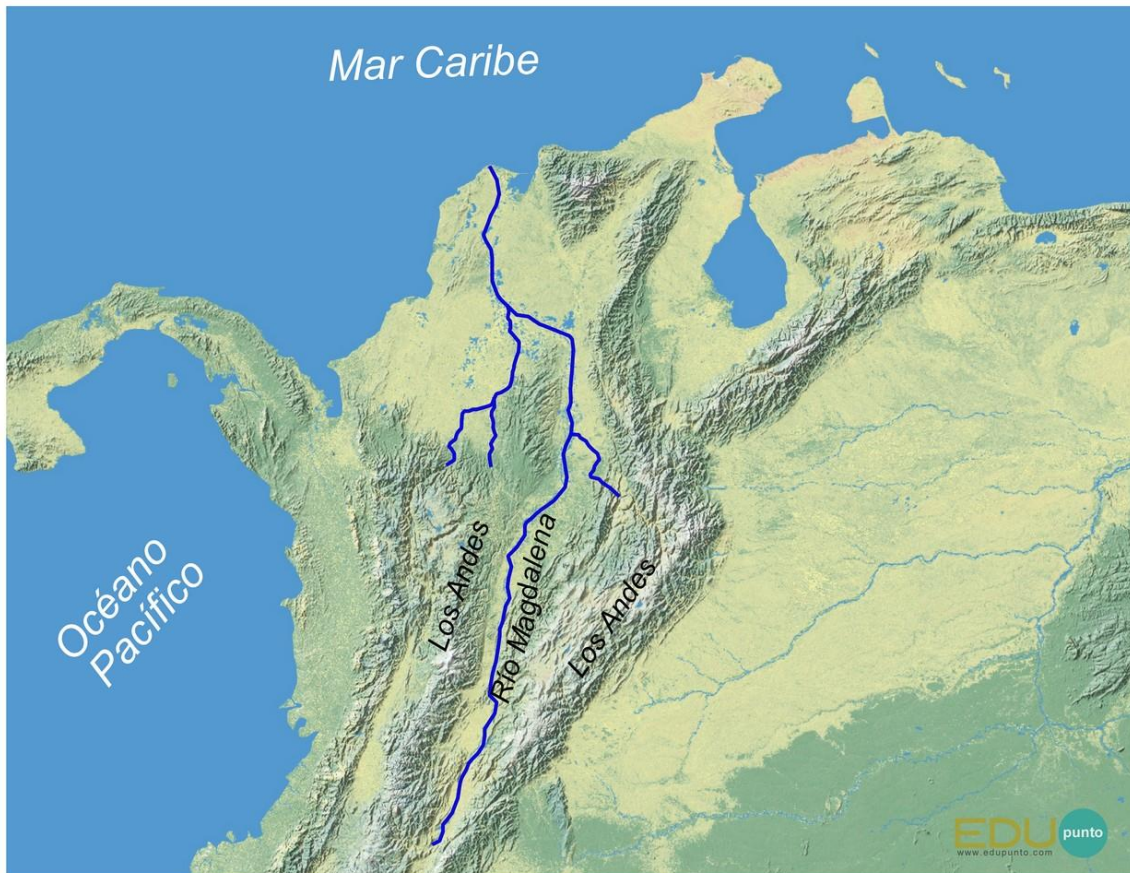


Ilustración 2-4. cuenca del Río grande de la magdalena. Fuente: www.edupunto.com.

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 m³, 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)

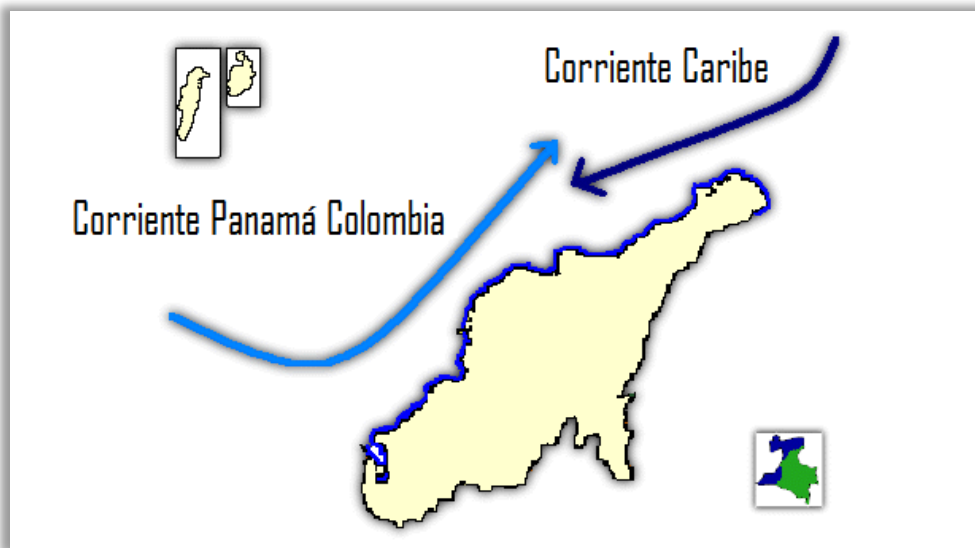


Ilustración 2-5. Identificación del sistema de corrientes para el Caribe Colombiano. Modificado del documento de Internet Biodiversidad.

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 metodológica para el Análisis

La información analizada en el presente documento tiene como base la información almacenada con bases en los datos recopilados por el INDERENA, INPA, INCODER, ICA, CCI (información recolectada hasta el 2020); 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 2020	1991 2020	2008 2020
<i>Lutjanus purpureus</i>	1992 2020	1991 2020	2006 2020
<i>Mycteroperca bonaci</i>	1991 2020	1992 2020	
<i>Cynoscion jamisensis</i>	1991 2020	1992 2020	
<i>Coryphaena hippurus</i>	1991 2020	1992 2020	
<i>Caranx hippos</i>	1991 2020	1991 2007	2006 2020
<i>Epinephelus itajara</i>	1991 2020	1991 2009	
<i>Eugerres plumieri</i>	1991 2020	1993 2008	
<i>Centropomus undecimalis</i>	1991 2020		2006 2020
<i>Hamulon plumieri</i>	1991 2020		
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	1991 2020	1991 2006	
<i>Scomebromorus cavalla</i>	1991 2020	1991 2018	2006 2020
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	1988 2020	1988 2006	
<i>Sphyrna lewini</i>	1989 2020	1989 2006	
<i>Alopias superciliosus</i>	1990 2020	1990 2006	
<i>Carcharhinus falciformis</i>	1991 2020	1991 2006	
<i>Carcharhinus leucas</i>	1992 2020	1992 2006	
<i>Carcharhinus porosus</i>	1993 2020	1993 2006	
<i>Hypanus americanus</i>	1994 2020	1994 2006	
<i>Hypanus guttatus</i>	1995 2020	1995 2006	
<i>Sepioteuthis sepioidea</i>	1991 2020	1993 2008	



Especie/años	Capturas	Esfuerzo	Tallas
<i>Callinectes sapidus</i>	2008 2018		2017 2018
<i>Callinectes bocourti</i>	2009 2018		2018 2018
<i>Panulirus argus (conti.)</i>	1991 2020	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 2020		2006 2020
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	1991 2008	1992 2008	
<i>Coryphaena hippurus</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Epinephelus quinquefasciatus</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Cynoscion phoxocephalus</i>	1991 2020	1991 2018	2012 2020
<i>Lutjanus peru</i>	1991 2020	1991 2018	
<i>Centropomus viridis</i>	1991 2020	1993 2008	
<i>Caranx caninus</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Centropomus armatus</i>	1991 2020	1993 2008	2006 2020
<i>Seriola lalandi</i>	1991 2020	1994 2008	
<i>Caranx cavallus</i>	1991 2020	1991 2018	
<i>Caulolatilus affinis</i>	1991 2020	1994 2008	
<i>Mycteroperca xenarcha</i>	1992 2020	1991 2008	
<i>Lobotes pacificus</i>	1992 2020	1992 2008	2006 2020
<i>Brotula clarkae</i>	1993 2020	1995 2008	2007 2020
<i>Cynoponticus coniceps</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1991 2020	1992 2008	
<i>Bagre panamensis</i>	1992 2020	1992 2009	
<i>Polydactylus opercularis</i>	1993 2020	1995 2008	
<i>Sciades dowii</i>	1992 2020	1992 2009	
<i>Sphyraena ensis</i>	1993 2020	1994 2018	2006 2020
<i>Bagre pinnimaculatus</i>	1992 2020	1992 2009	
<i>Selene peruvianus</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Menticirrhus panamensis</i>	1991 2020	1996 2008	
<i>Seriola peruana</i>	1991 2020	1993 2008	
<i>Centropomus medius</i>	1992 2020	1994 2008	
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1991 2020	1994 2008	
<i>Litopenaeus occidentalis</i>	1957 2020	1957 2020	2006 2020
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	1975 2020	1976 2020	2012 2020
<i>Solenocera agassizii</i>	1991 2020	1991 2009	
<i>Farfantepenaeus brevisrostris</i>	1992 2020	1991 2008	
<i>Farfantepenaeus californiensis</i>	1991 2020	1991 2008	



Especie/años	Capturas	Esfuerzo	Tallas
<i>Anadara tuberculosa</i>	1996 2012	1996 2012	2004 2018
<i>Lolliguncula diomedae</i>	1991 2020	1991 2008	
<i>Alopias pelagicus</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Alopias suprciliosus</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Carcharhinus falciformis</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Carcharhinus limbatus</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Galeocерdo cuvier</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Hypanus longus</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Mustelus henlei</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Mustelus lunulatus</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Sphyrna corona</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Sphyrna lewini</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Sphyrna media</i>	1991 2020	1991 2020	
<i>Sphyrna tiburo</i>	1991 2020	1991 2020	

En los recientes años (2012 -2020) 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,
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 2020, 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 2022. 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 2022.



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 obtenido 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

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:

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

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).

$$W = a * L^b \quad (2).$$

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.

$$L_t = a + b * L_s \quad (3).$$

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).

$$\hat{t} = \frac{s.d.(x)}{s.d.(y)} * \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{n-2} \quad (4).$$

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

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. (von Bertalanffy, 1938)

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (5).$$

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

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-k(t-t_0) + c \frac{k}{2\pi} \text{sen} 2\pi(t-t_s)} \right) \quad (6).$$

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_{∞} utilizando el método de (Gulland J. , 1966):

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = K * L_{\infty} - K * \overline{L(t)} \quad (7).$$

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.

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).

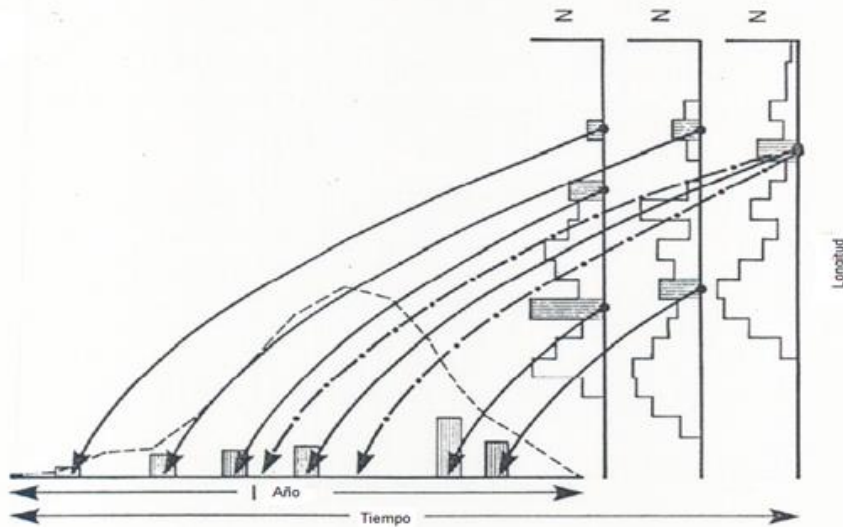


Figura 2-1. Esquema teórico sobre los patrones de reclutamiento

- 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

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

$$Z = M + F \quad (8)$$

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).

$$\ln \frac{C(L1,L2)}{\Delta(L1,L2)} = t_0 - \frac{1}{k} * \ln \left(1 - \frac{L1+L2}{2*L_{\infty}} \right) \quad (9)$$

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).

$$\ln C(L, L_{\infty}) = A + \frac{Z}{k} * \ln(L_{\infty} - L) \quad (10)$$

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

$$Z = \frac{k(L_{\infty} - \bar{L})}{\bar{L} - L'} \quad (11).$$

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

$$\bar{L} - L' = a + b * L' \quad (12).$$

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.

$$Z = M + qf \quad (13).$$

La mortalidad natural se estimó utilizando varias estrategias que incluyen:

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

$$M = 0,8 * e^{[-0.0152 - 0.279 \ln L_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T^{\circ}C]} \quad (14)$$

2. Y para crustáceos (cruz, 1983):

$$M = -0.0277 - 0.0004L_{\infty} + 0.5397K + 0.0119T \quad (15)$$

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

$$M = \left(\frac{1}{\lambda}\right) * \ln(p) \quad (16)$$

Donde p vario entre 1% y 5%.

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

$$M = \frac{1.52}{(t_{m 50\%})^{0.72}} - 0.16 \quad (17)$$

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

$$E_i = \frac{C_i}{N_i - N_{i+1}} \quad (18)$$

$$Z_i = \ln(N_i) - \ln(N_{i+1}) \quad (19)$$

$$M_i = Z_i * (1 - E_i) \quad (20)$$

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):

$$M = \frac{2.996}{A_{95\%}} \quad (21)$$

$$A_{95\%} = \left(\frac{2.996}{K} \right) + t_0 \quad (22)$$

Mortalidad por pesca

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:

$$F = qf \quad (23)$$

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:

$$\frac{F}{Z} = \frac{C_{(L1,L2)}}{(N_{(L1)} - N_{(L2)})} \quad (24)$$

$$F = M \frac{\frac{F}{Z}}{1 - \frac{F}{Z}} \quad (25)$$

Criterios 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):

$1 \leq M/K \leq 2$ Para peces pequeños

$2 \leq M/K \leq 3$ 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.

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).

$$t(L1) = t_0 - \frac{1}{K} \ln \left[1 - \frac{L1}{L_\infty} \right] \text{ y } \Delta t = t(L2) - t(L1) = \frac{1}{K} \ln \left[\frac{L_\infty - L1}{L_\infty - L2} \right] \quad (26)$$

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

$$H(L1, L2) = \left[\frac{L_\infty - L1}{L_\infty - L2} \right]^{M/2K} \quad (27)$$

La estimación de las capturas se dio mediante la propuesta:

$$C(L1, L2) = N(L1) * \frac{F}{Z} * [1 - e^{(-Z*\Delta t)}] \quad (28)$$

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 con la siguiente forma:

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 (24) y (25):

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

$$C_i = [N(L_{i+1}) - N(L_i)] * \frac{F_i}{Z_i} \quad (29)$$

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

$$\bar{W}_i = a * \left[\frac{(L_i + L_{i+1})}{2} \right]^b \quad (30)$$

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:

$$R_i = C_i * \bar{W}_i \quad (31)$$

La biomasa media de intervalo se calculó bajo la fórmula:

$$\bar{B}_i \Delta t_i = \bar{N}_i \Delta t_i \bar{W}_i \quad (32)$$

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):

$$sb^2 = \frac{1}{n-2} \left[\left(\frac{sy}{sx} \right)^2 - b^2 \right] \quad (33)$$

$$s a^2 = s b^2 \left[\frac{n-1}{n} s x^2 + \bar{x}^2 \right] \quad (34)$$

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

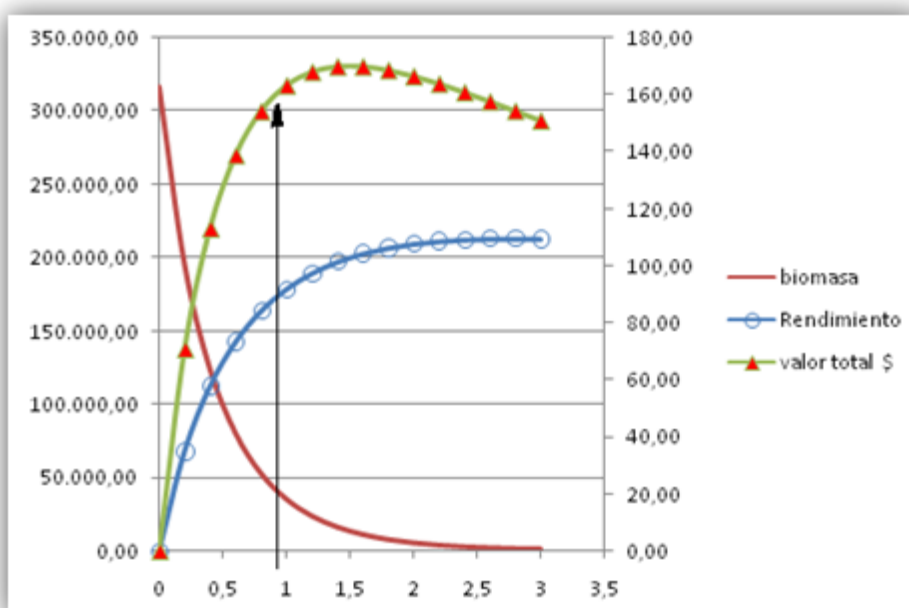


Figura 2-2. Esquema teórico del comportamiento del modelo bioeconómico de Thompson y Bell. línea continua indica la posición 1 de eje de las ordenadas que es el indicador que muestra la situación actual del recurso, en este caso particular se puede observar que la línea indica que no se ha alcanzado 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:

$$\frac{dB}{dt} = rB(t) \left(1 - \frac{B(t)}{K} \right) \quad (35)$$

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:

$$C = qfK \left(1 - \frac{qf}{r}\right) \quad (36)$$

Para determinar los costos totales de la pesquería se utilizó:

$$CT = \left(\frac{cr[1-\frac{B}{K}]}{q}\right) \quad (37)$$

El esfuerzo óptimo se calculó mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{qKr}{2q^2K} \quad (38)$$

Y la captura en rendimiento máximo sostenible se estimó como:

$$C_{MRS} = \frac{Kr}{4} \quad (39)$$

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).

$$Y/R = F * A * w_{\infty} * \left[\frac{1}{Z} - \frac{3U}{Z+K} + \frac{3*U^2}{Z+2K} - \frac{U^3}{Z+3K}\right] \quad (40)$$

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

$$A = \left[\frac{L_{\infty}-L_c}{L_{\infty}-L_r}\right] \quad (41)$$

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.

$$E = \frac{F}{Z} \quad (42)$$

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).

$$\%M = \frac{N_{HM}}{N_{TH}} \quad (52)$$

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)

$$TM = \frac{1}{[1+e^{(a-(b*l))}]} \quad (53)$$

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)

$$P(b) = \frac{dB}{dt} \quad (54)$$

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):

$$PE_t = \int_t^{t+1} P(B)dt = B_{t+1} - B_t \quad (55)$$

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:

$$PE_t = B_{t+1} - B_t + C_t \quad (56)$$

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

$$B_{t+1} = B_t - C_t + PE_t \quad (57)$$

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):

$$\beta_{t+1} = \frac{\lambda \beta_0 (\beta_t - C_t)}{\beta_0 + (\lambda - 1)(\beta_t - C_t)} \quad (58)$$

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

$$C_t = kB_t \quad (59)$$

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

$$B_{t+1} = \frac{\lambda B_0 (\beta_t - C_t) e^{\sigma_v \varepsilon_t}}{B_0 + (\lambda - 1)(\beta_t - C_t)} \quad (60)$$

En donde σ_v es la variación de la biomasa debido a las fluctuaciones ambientales y ε_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:

$$L(D|\underline{\theta}) = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(d_i - \hat{d}_i(\underline{\theta}))^2}{2\sigma^2}} \quad (61)$$

En donde d_i es el i^{th} dato puntual, $\hat{d}_i(\underline{\theta})$ es el valor estimado del modelo d_i y σ 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:

$$L(D|\underline{\theta}) = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\ln d_i - \ln \hat{d}_i(\underline{\theta}))^2}{2\sigma^2}} \quad (62)$$

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):

$$\pi(H_i) = \frac{L(D|H_i)p(H_i)}{\sum_j L(D|H_j)p(H_j)} \quad (63)$$

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):

$$\pi(\theta_{1,i}, \theta_{2,j}) = \frac{p(\theta_{1,i}, \theta_{2,j})L(D|\theta_{1,i}, \theta_{2,j})}{\sum_k \sum_i L(D|\theta_{1,k}, \theta_{2,j})p(\theta_{1,k}, \theta_{2,j})} \quad (64)$$

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:

$$\pi(\underline{\theta}) \propto L(D|\underline{\theta})p(\underline{\theta}) \quad (65)$$

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

$$B_{t+1} = sB_t + \bar{R} - C_t \quad (66)$$

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:

$$L(D|\underline{\theta}) = \prod_t \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2}} e^{\left(-\frac{1}{2\sigma_t^2}(\ln I_t - \ln(qB_t))^2\right)} \quad (67)$$

Donde I_t es la captura por unidad de esfuerzo para el año t , q es el factor de capturabilidad y σ 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)

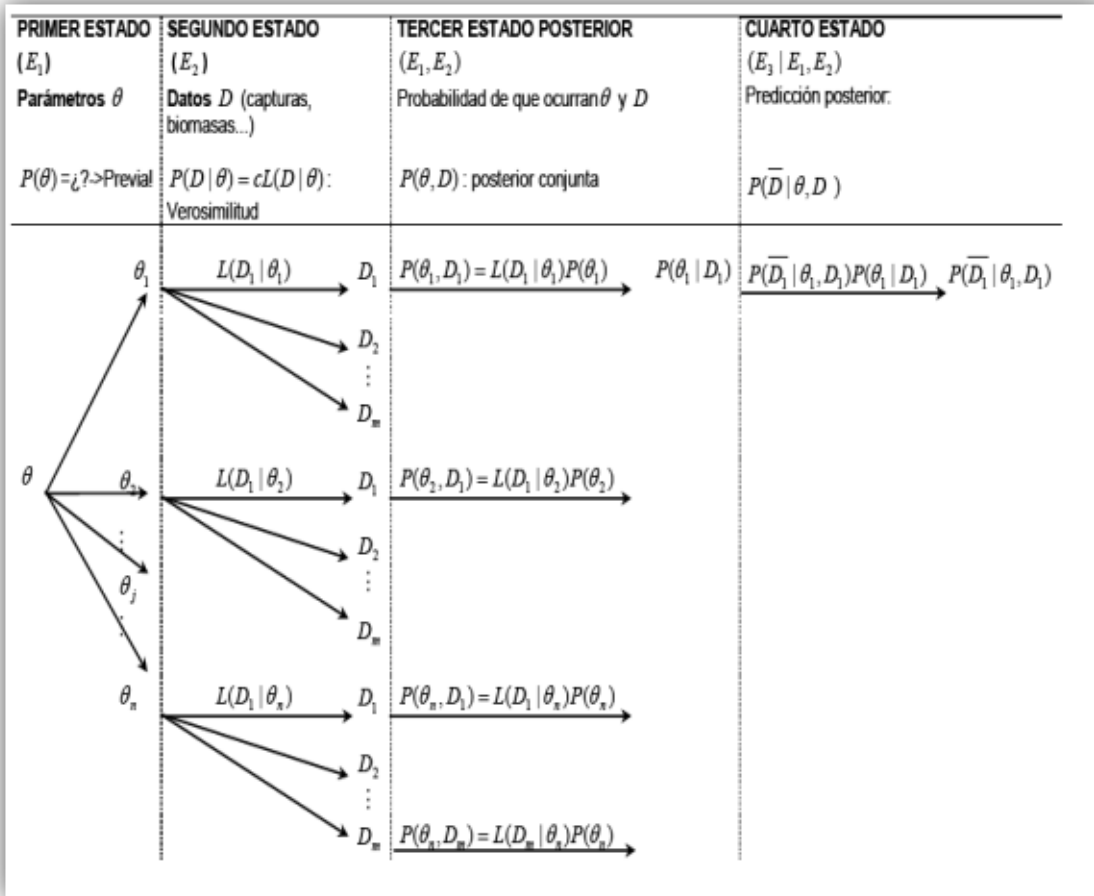


Figura 2-3. Esquema general de la regla de Bayes aplicado a las pesquerías

Sierra Rodríguez (2004) planteó que en un estudio de evaluación de recursos lo primero que se detecta es el segundo estado E2 debido que el primer evento ya ocurrió E1, esto significa que por lo general en la mayoría de las pesquerías los aspectos normales de información disponible se refieren al segundo evento (E2) 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 (E4) 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 los 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).

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

Donde L_t es la longitud a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica, K es la tasa por la cual L_∞ 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/B0]. (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):

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

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 un tasa de longitudes L/L_∞ como función de cociente de M/k.

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

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

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

Donde L_c es la longitud al 50% de los individuos retenidos por el artes de pesca y α define la inclinación de la ojiva de selección (Sparre & Vennema, 1997).

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

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

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:

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

$$L_{c_opt} = \frac{L_{\infty} \left(2 + 3 \frac{F}{M} \right)}{\left(1 + \frac{F}{M} \right) \left(3 + \frac{M}{K} \right)}$$

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

$$\frac{B}{B_0} = \frac{\frac{CPUE'}{R}}{\frac{B'_0 > L_c}{R}}$$

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):

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

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).

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

El término $4 B_t/k$ 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)

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

Donde %W_i y %N_i es el peso porcentual y número de cada especie de la captura total, % F_i 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:

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

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

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).

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.

3.1.1 Cuenca de Pacífico:

El grupo de recurso 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 2019 este rango se amplió entre los 30 a los 150 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 las corvinas (*Cynosción albus*, *C. phoxocephalus*), para el jurel colinegra (*Caranx Sexfasciatus*), el gualajo (*Centropomus armatus*), 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

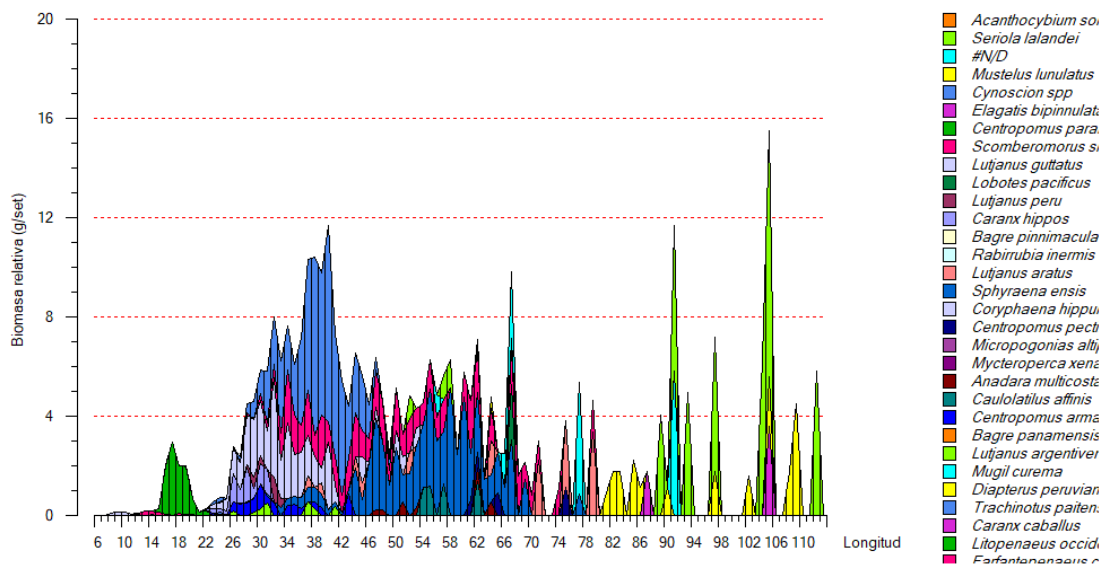


Figura 3-1. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Pacifico durante el años 2007. Fuente CCI

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

Species	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



Species	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 Pacífico

Nota en la gráfica unicamente se muestran las especies más importantes

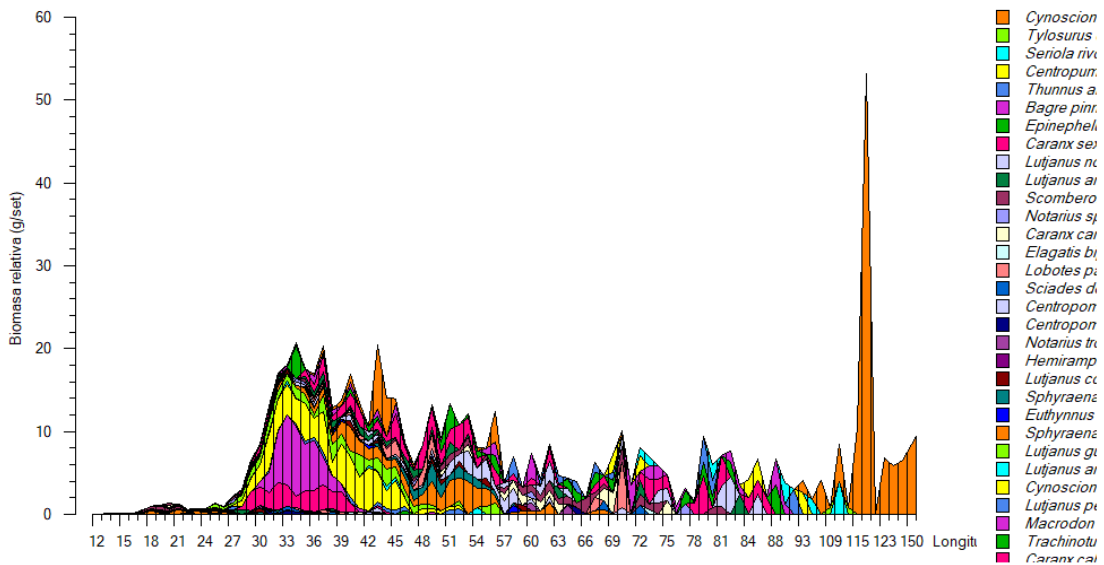


Figura 3-2. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Pacífico durante el año 2019. Fuente SEPEC

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.



Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Cynoscion albus	124.1	598	150
Cynoscion phoxocephalus	64.6	363	52.5
Caranx sexfasciatus	61.9	467	87
Centropomus armatus	51.9	316	66.6
Macrodon mordax	44.8	343	49
Sphyaena ensis	43	449	68
Lutjanus guttatus	29.9	359	56
Epinephelus spp.	29.5	569	88.6
Caranx caballus	28.7	335	44
Bagre pinnimaculatus	27.8	482	89
Scomberomorus sierra	24.7	58	81
Centropomus medius	21.4	464	70
Lutjanus novemfasciatus	19.3	691	86
Lobotes pacificus	15.8	501	72
Lutjanus argentiventris	15.6	443	83
Thunnus albacares	15.3	692	90
Caranx caninus	14.2	527	75
Sphyaena spp.	12.5	500	58
Seriola rivoliana	12.3	878	112
Centropomus spp.	11.8	676	93
Lutjanus peru	6.2	373	52
Lutjanus colorado	5.8	408	59.2
Notarius spp.	3.7	441	77
Notarius troschelii	3.3	373	64
Lutjanus aratus	3	376	54
Larimus spp.	2.7	223	29
Bagre panamensis	2.3	280	43
Sciades dowii	2.1	700	72
Euthynnus lineatus	1.8	426	58
Polydactylus opercularis	1.7	253	39
Tylosurus crocodilus fodiator	1.6	1115	114
Anisotremus spp.	1.6	201	43
Cynoscion squamipinnis	1.5	341	38.4
Centropomus viridis	1.2	573	65.1
Polydactylus approximans	1.1	264	37
Haemulon flaviguttatum	1.1	332	35.5
Nebris occidentalis	1.1	236	30
Elagatis bipinnulata	0.7	595	73
Menticirrhus spp.	0.7	293	40
Trachinotus kennedyi	0.5	460	46
Epinephelus analogus	0.5	435	43.5
Caulolatilus affinis	0.4	281	31.5
Katsuwonus pelamis	0.4	300	30
Parapsettus panamensis	0.4	213	25
Hemiramphus saltator	0.2	620	62
Cyclopsetta querna	0.2	420	42
Seriola peruana	0.2	418	41.8
Anisotremus interruptus	0.2	300	30
Bairdiella ensifera	0.2	184	23
Diapterus peruvianus	0.1	245	30
Total	715.8	312	150

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 organismo 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 2019 hay cambios en la composición se mantiene la supremacía del róbalo (*C. undecimalis*), seguido por la lisa (*Mugil incilis*), por los jureles (*C. crysos* y *C. hippos*), el bagre (*Ariopsis canteri*), la barracuda (*Sphyraena guachanco*) y el pargo chino (*Lutjanus synagris*), en general se puede considerad 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).

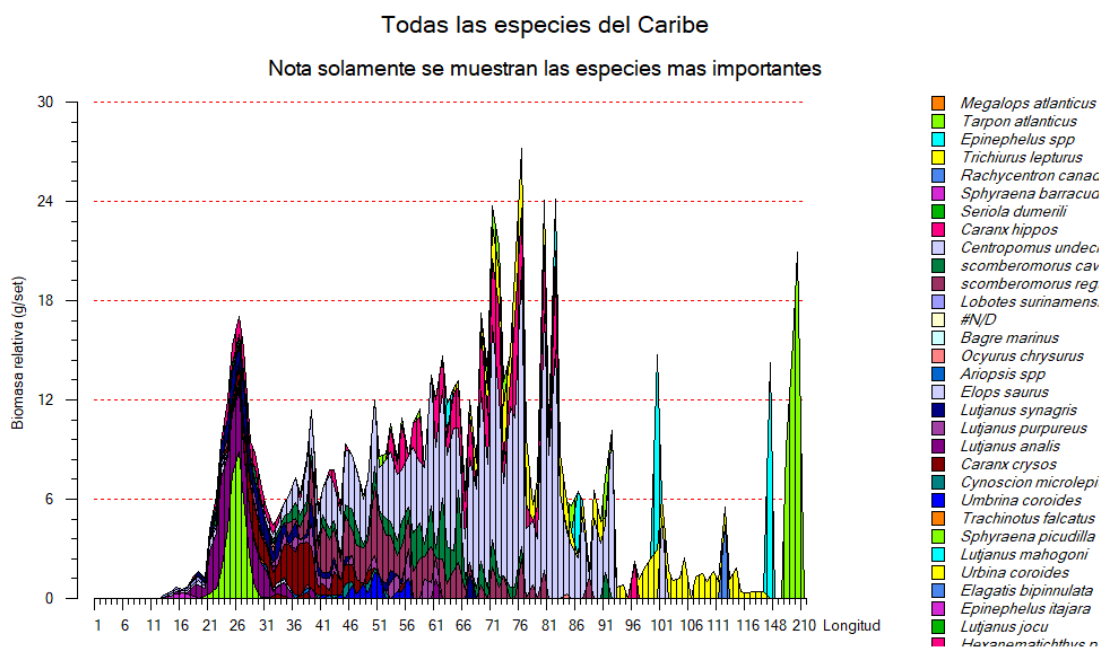


Figura 3-3. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Caribe durante el año 2009. Fuente CCI



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



Todas las especies del Caribe

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

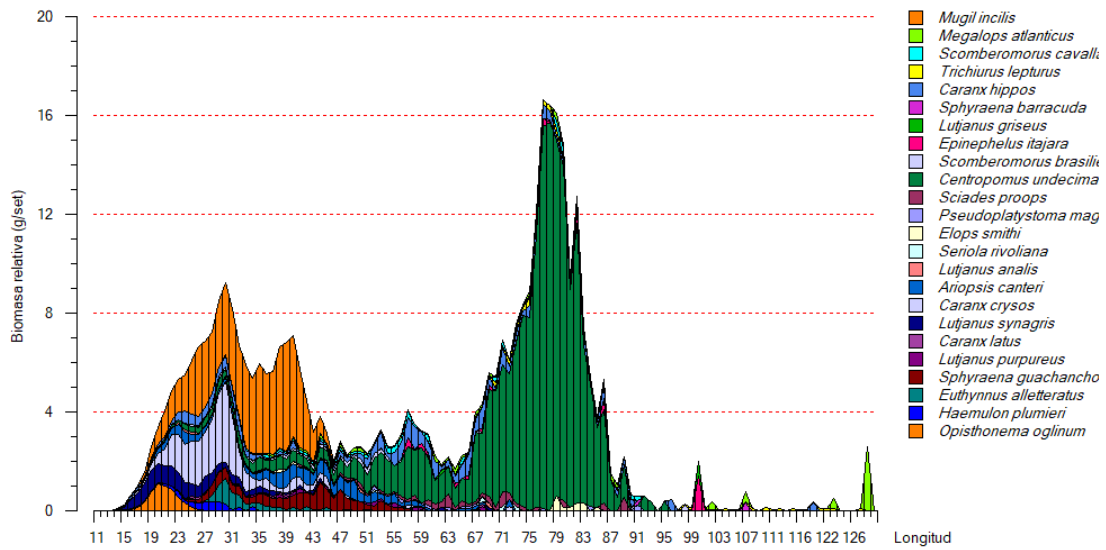


Figura 3-4. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Caribe durante el año 2019. Fuente SEPEC.

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 2019. Fuente SEPEC

Especies	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Centropomus undecimalis	191.6	595	95.6
Mugil incilis	65.6	300	305
Caranx crysos	27.8	268	72.1
Caranx hippos	24.5	327	119.7
Ariopsis canteri	15.1	307	72.5
Sphyaena guachancho	13.4	366	67.7
Lutjanus synagris	11.4	249	69.1
Selar crumenophthalmus	9	257	34.7
Megalops atlanticus	8.1	579	211.6
Sciades proops	6.2	663	95.5
Scomberomorus cavalla	5.7	563	128.5
Opisthonema oglinum	5.3	209	29
Euthynnus alletteratus	5.1	319	63
Trichiurus lepturus	4.5	781	128.2
Epinephelus itajara	4.2	719	100.3
Eugerres plumieri	4	217	38.4
Scomberomorus brasiliensis	3.9	384	98.2
Haemulon plumieri	2.8	259	34.5
Elops smithi	2.2	489	88.4
Lutjanus purpureus	2	399	68.9
Centropomus spp.	2	239	45.7
Pseudoplatystoma magdaleniatum	1.8	552	91.8
Mugil iliza	1.7	433	60.1
Centropomus ensiferus	1.6	234	40.9
Caranx latus	1.5	224	68.9
Lutjanus analis	1.1	409	73
Lutjanus griseus	0.9	381	100.5
Sorubim cuspicaudus	0.9	472	60.1
Sphyaena barracuda	0.8	657	111.8
Bagre marinus	0.8	443	63.1
Mugil spp.	0.8	350	51.2
Caranx ruber	0.8	311	37.4
Seriola rivoliana	0.7	555	78.6
Thunnus alalunga	0.6	355	62.5
Ocyurus chrysurus	0.4	284	59.7
Priacanthus arenatus	0.4	283	37.6
Gerres cinereus	0.3	236	38.1
Hoplias malabaricus	0.3	320	37.5
Sciades herzbergii	0.2	386	60.7
Lobotes surinamensis	0.2	451	50.6
Trachinotus carolinus	0.2	382	44.5
Seriola dumerili	0.2	361	43.5
Cynoscion leiarchus	0.2	240	34.3
Conodon nobilis	0.2	237	33.2
Chaetodipterus faber	0.2	171	29
Bairdiella ronchus	0.2	172	25.4
Centropomus pectinatus	0.1	492	61.8
Lutjanus jocu	0.1	540	54
Coryphaena hippurus	0.1	457	53
Trachinotus falcatus	0.1	368	43.5
Prochilodus magdalenae	0.1	279	42.5
Nebris microps	0.1	290	36.3
Haemulon aurolineatum	0.1	228	31.9
Mugil curema	0.1	267	31.7
Menticirrhus americanus	0.1	220	28.9
Cynoscion jamaicensis	0.1	232	26.4
Selene setapinnis	0.1	200	26.1
Cynoscion acoupa	0.1	224	25.8
Paralonchurus brasiliensis	0.1	215	24.8
Chloroscombrus chrysurus	0.1	209	24.8
Caquetaia kraussii	0.1	189	22.1
Diapterus rhombeus	0.1	164	20.4
Lutjanus cyanopterus	0	529	66.4
Elagatis bipinnulata	0	600	60
Oligoplites saliens	0	273	45.8
Lutjanus mahogoni	0	405	40.5
Rhomboplites aurorubens	0	295	40
Cathorops mapale	0	244	29.2
Haemulon bonariense	0	252	27.2
Selene vomer	0	266	26.6
Lutjanus apodus	0	223	25.8
Umbrina coroides	0	231	24.9
Polydactylus virginicus	0	215	22.5
Eucinostomus argenteus	0	187	21
Anisotremus surinamensis	0	177	20.8
Haemulopsis corvinaeformis	0	139	20.4
Cyphocharax magdalenae	0	190	19.6
Stellifer microps	0	160	16
Larimus breviceps	0	149	14.9
Chirocentrodon bleekermanus	0	120	12
Lutjanus vivanus		447	65.8
Mycteroperca rubra		465	46.5
Pristipomoides aquilonaris		463	46.3
Calamus penna		355	37.2
Lutjanus buccanella		304	30.4
Total	433.2	326	305

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 departamentos y 728 municipios.

Revisada la estructura de biomasa por tallas se encontró una gran diferencia entre los años 2007 a 2019, 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 2019 la composición se reduce a un grupo predominante entre los 14 a los 42 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)

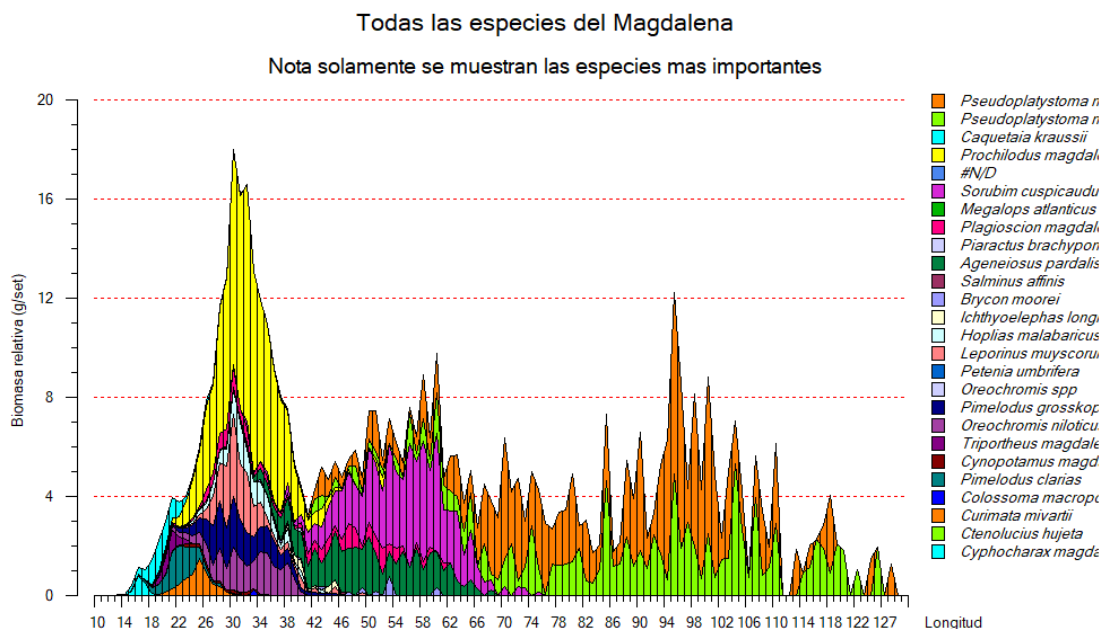


Figura 3-5. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Magdalena durante el año 2007. Fuente CCI.

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 2019 consistió en que el recurso más importante fue el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), seguido por el bagre rayado (*P.*

magdaleniatum), el blanquillo (*Sorubim cuspidatus*), 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.

Especies	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 del Magdalena

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

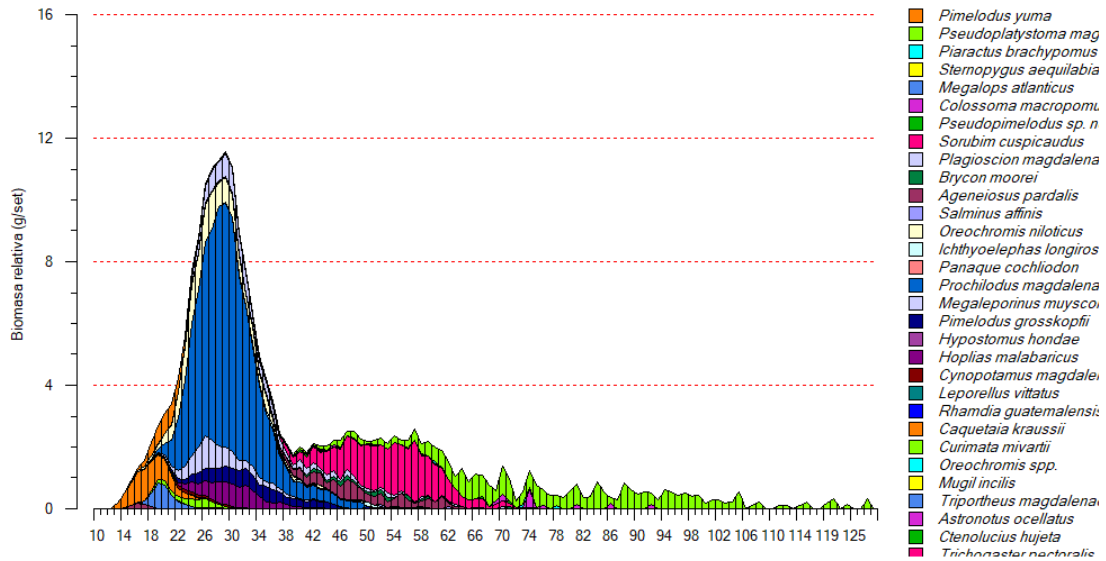


Figura 3-6. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Magdalena durante el años 2019. Fuente SEPEC.



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 2019. Fuente CCI.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
<i>Prochilodus magdalenae</i>	79.2	280	56.5
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	28.7	715	139.4
<i>Sorubim cuspicaudus</i>	28.6	533	78.3
<i>Oreochromis niloticus</i>	13.2	257	64.5
<i>Plagioscion magdalenae</i>	9.4	334	76.1
<i>Ageneiosus pardalis</i>	8.6	466	70
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	8.3	275	53.7
<i>Pimelodus grosskopfii</i>	8.3	301	50.5
<i>Hoplias malabaricus</i>	7.6	292	48.3
<i>Caquetaia kraussii</i>	7	173	34.5
<i>Pimelodus yuma</i>	4.2	209	220.2
<i>Triportheus magdalenae</i>	3	199	25.9
<i>Brycon moorei</i>	2.1	463	71.3
<i>Curimata mivartii</i>	2	246	33.4
<i>Colossoma macropomum</i>	1.8	618	92.4
<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	1.4	375	61
<i>Pseudopimelodus sp. nov.</i>	1	386	85.3
<i>Cynopotamus magdalenae</i>	0.9	239	37.4
<i>Salminus affinis</i>	0.6	450	69.5
<i>Piaractus brachypomus</i>	0.5	660	99
<i>Cyphocharax magdalenae</i>	0.5	166	20.9
<i>Leporellus vittatus</i>	0.1	275	36.1
<i>Oreochromis spp.</i>	0.1	253	29.9
<i>Sternopygus aequilabiatus</i>	0	855	95
<i>Megalops atlanticus</i>	0	764	94
<i>Hypostomus hondae</i>	0	347	48.5
<i>Mugil incilis</i>	0	269	29.3
<i>Astronotus ocellatus</i>	0	234	24.6
<i>Ctenolucius hujeta</i>	0	206	24.6
<i>Trichogaster pectoralis</i>	0	191	21.5
<i>Trachelyopterus insignis</i>	0	215	21.5
<i>Andinoacara latifrons</i>	0	205	21
<i>Panaque cochliodon</i>		589	58.9
<i>Rhamdia guatemalensis</i>		352	35.2
Total	217.1	318	220.2

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 2019, 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 año tenían un sistema de selectividad muy diferenciadas, mientras que ese comportamiento se pierde para el 2019, donde las artes de pesca son más uniformes; este sistema mostró como las mediciones de biomasa tuvieron cambios importantes, puesto que los rendimiento para el 2007 fueron un 80% superiores a los registrados para el 2019. 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 2019 este rango se amplió entre 16 a 190 cm de Ls., y una concentración de los grupos de especies en las tallas 16 a 130 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 2019 ya que se pasó de un reporte de 16 especies a un reporte de 76; donde el 80% de los muestreos en biomasa se dieron para el valentón (*B. filamentosum*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma punctifer*) dorado plateado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), el amarillo (*Zungaro zungaro*), el bagre tigre (*Pseudoplatystoma tigrinum*) y el barbudo (*Leiarius marmoratus*) (Figura 3-7, Tabla 3-7).



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



Figura 3-8. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Amazonía durante el años 2019. 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 2019. Fuente SEPEC.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Brachyplatystoma filamentosum	292.6	1189	222.1
Pseudoplatystoma punctifer	276.6	768	128.4
Brachyplatystoma rousseauxii	211.1	1164	174.5
Zungaro zungaro	152.6	850	168.7
Pseudoplatystoma tigrinum	115.9	901	131.1
Leiarius marmoratus	50.6	670	95.3
Phractocephalus hemioliopus	32.5	893	125.3
Brycon amazonicus	29.1	314	58.1
Brachyplatystoma platyneum	26.1	718	110
Prochilodus rubrotaeniatus	25.9	309	57.5
Colossoma macropomum	15.1	576	95.6
Brachyplatystoma vaillantii	14.4	522	99.5
Calophysus macropterus	14	430	68.9
Sorubimichthys planiceps	11.8	925	133.9
Pinirampus pirinampu	11.3	495	80.4
Prochilodus nigricans	11.3	283	51.3
Piaractus brachypomus	10.4	473	88.9
Brachyplatystoma juruense	7.7	660	109.9
Mylossoma albiscopum	5.7	185	42.3
Brycon melanopterus	4.3	227	36.6
Plagioscion squamosissimus	4	427	70.5
Salminus hilarii	3.7	337	52.4
Leporinus subniger	3.4	301	38.4
Brycon hilarii	3.3	330	57.3
Leiarius sp	3	762	85.5
Aguarunichthys inpai	2.9	569	70.4
Ageneiosus inermis	2.6	430	65
Panaque titan	2.4	558	79.4
Schizodon fasciatus	2.1	313	43.4
Platynemichthys notatus	1.8	625	102.4
Pimelodus blochii	1.7	204	29.3
Pimelodus albofasciatus	1.6	553	82.8
Cichla monoculus	1.4	343	58.1
Hydrolycus armatus	1.3	685	88.5
Sorubim lima	1.3	508	63.3
Pterodoras granulosus	1.2	724	97.1
Semaprochilodus insignis	1.2	250	29.5
Pellona castelnaeana	1	588	66.5
Brycon falcatus	0.8	258	29
Astronotus ocellatus	0.8	239	29
Hoplias malabaricus	0.7	329	39.5
Mylossoma aureum	0.7	258	36.2
Hypophthalmus edentatus	0.6	368	55.1
Platystomatichthys sturio	0.5	818	94.6
Brachyplatystoma tigrinum	0.4	840	93.2
Osteoglossum bicirrhosum	0.4	500	79.2
Pellona flavipinnis	0.4	548	64.1
Leporinus sp.	0.4	327	36.2
Leporinus frederici	0.4	276	31.5
Oxydoras niger	0.3	783	89.4
Hemisorubim platyrhynchus	0.3	466	55.8
Brycon sp.	0.3	261	28
Hydrolycus scomberoides	0.2	611	113
Lithodoras dorsalis	0.2	803	80.3
Auchenipterus nuchalis	0.2	441	44.4
Cichla orinocensis	0.2	329	35.6
Pterygoplichthys pardalis	0.1	475	47.5
Leporinus wolfei	0.1	259	31.2
Hypostomus niceforoi	0.1	254	30.6
Curimata spp.	0.1	183	30.2
Potamorhina altamazonica	0.1	82	29.4
Myloplus asterias	0.1	220	24
Pygocentrus nattereri	0.1	168	18
Rhaphiodon vulpinus	0	507	57.5
Megalonema sp.	0	399	50.6
Pimelodina flavipinnis	0	415	41.5
Pimelodus ornatus	0	324	40.5
Hypophthalmus marginatus	0	111	33.4
Hypostomus oculus	0	240	26.4
Cichla temensis	0	218	22.1
Potamorhina pristigaster	0	126	21.2
Myloplus rubripinnis	0	205	20.5
Hoplosternum littorale	0	201	20.1
Metynnis lippincottianus	0	187	19.2
Chaetobranchius flavescens	0	175	18.3
Spatuloricaria caquetae	0	345	34.5
Total	1367.3	485	222.1

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 biomazas por grupos de tallas. Para el 2007 la composición del sistema fue bastante uniforme con una 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 2019 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).

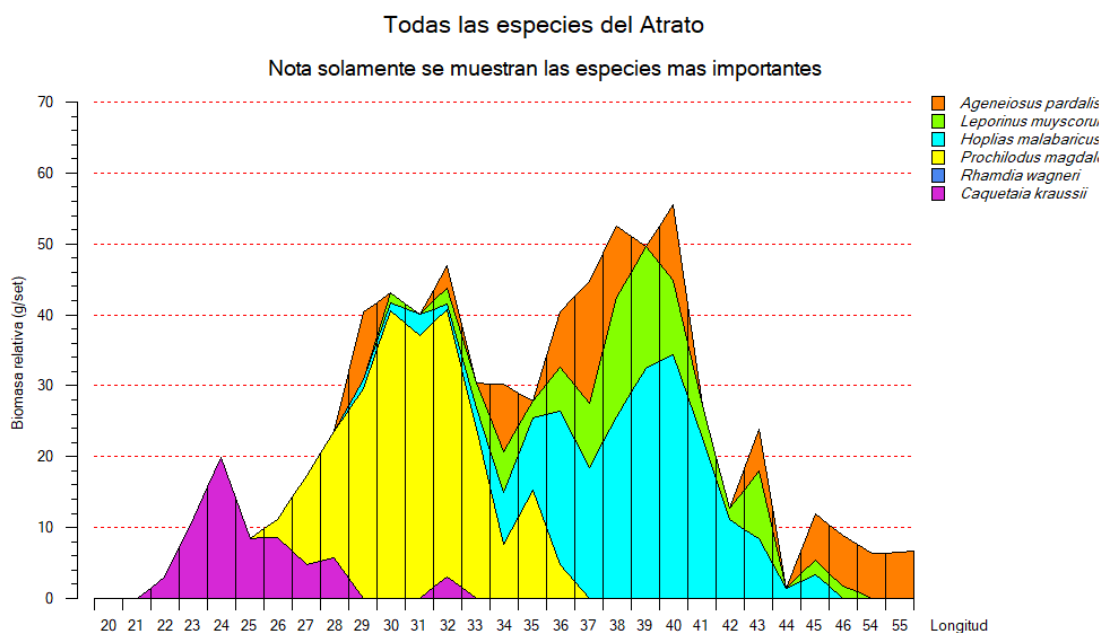


Figura 3-9. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Atrato durante el año 2007. Fuente CCI.

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)
<i>Prochilodus magdalenae</i>	229.6	303	37
<i>Hoplias malabaricus</i>	206	377	45.1
<i>Ageneiosus pardalis</i>	100.2	363	55
<i>Leporinus muyscorum</i>	94.6	378	46
<i>Caquetaia kraussii</i>	65	250	32.5
<i>Rhamdia wagneri</i>		321	35
Total	695.5	321	55



Figura 3-10. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca del Atrato durante el años 2019. 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.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Total	456.9	296	73.3
<i>Prochilodus magdalenae</i>	196.9	270	40.6
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	147.3	329	53.1
<i>Hoplías malabaricus</i>	64.3	361	56.3
<i>Ageneiosus pardalis</i>	18.9	371	73.3
<i>Caquetaia kraussii</i>	11.6	230	29.7
<i>Pseudopimelodus sp. nov.</i>	7	402	66.2
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	3.7	313	36.1
<i>Pimelodus punctatus</i>	2.7	255	36.2
<i>Kronoheros umbrifer</i>	1.7	269	38
<i>Brycon moorei</i>	1.2	304	34.7
<i>Brycon sinuensis</i>	0.5	615	61.5
<i>Pimelodus sp.</i>	0.4	380	41.6
<i>Notarius bonillai</i>	0.3	378	48.9
<i>Pseudocurimata lineopunctata</i>	0.2	185	21.3
<i>Colossoma macropomum</i>	0.1	303	30.3
<i>Geophagus pellegrini</i>	0.1	187	21.1
Total	913.8	320.5	73.3

3.1.6 Cuenca de la Orinoquia

Esta cuenca tiene una superficie de 991.587 km², de los cuales 347.165 km², 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 2019 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 2019 el 88% de las biomazas 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)

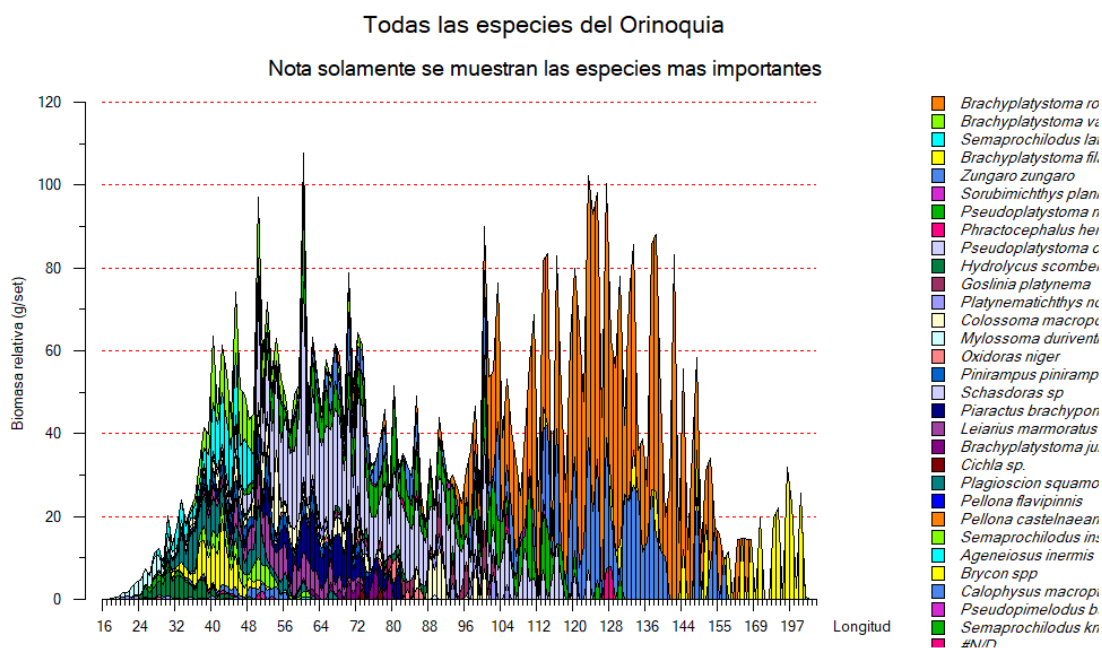


Figura 3-11. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Orinoquia durante el año 2007. Fuente CCI.

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>	1869.2	1207	1129
<i>Pseudoplatystoma orinocoense</i>	980.6	650	123
<i>Zungaro zungaro</i>	757.9	947	156
<i>Pseudoplatystoma metense</i>	495.3	757	133
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	271.1	1516	200
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	217	487	784
<i>Piaractus brachypomus</i>	200.5	601	81
<i>Colossoma macropomum</i>	191.1	544	100
<i>Semaprochilodus laticeps</i>	166.4	421	475
<i>Leiarius marmoratus</i>	155.6	518	79
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	147.1	402	73
<i>Brycon spp</i>	104.1	408	60
<i>Pinirampus pinirampu</i>	94.3	480	81
<i>Goslinia platynema</i>	77.9	778	105
<i>Semaprochilodus insignis</i>	67.1	445	61
<i>Prochilodus mariae</i>	62.8	321	49
<i>Platynemichthys notatus</i>	51.5	712	105
<i>Mylossoma duriventre</i>	41.4	258	89
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	38.5	689	79
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	37.1	906	138
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	32.2	657	105
<i>Calophysus macropterus</i>	30.9	450	60
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	29.2	922	128
<i>Oxidoras niger</i>	26.9	674	86
<i>Semaprochilodus kneri</i>	11.3	304	55
<i>Cichla sp.</i>	8.4	456	77
<i>Pygocentrus cariba</i>	7.9	265	45
sin identificar	5.2	330	50
<i>Pseudopimelodus bufonius (cf)</i>	2.7	547	58
<i>Schasdoras sp</i>	2.3	638	81
<i>Ageneiosus inermis</i>	2.2	494	61
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	1.3	267	31
<i>Potamorhina altamazonica</i>	0.1	333	36
<i>Leporinus agassizzi</i>	0.1	350	35
<i>Pellona flavipinnis</i>		610	68
<i>Pellona castelnaeana</i>		670	67
<i>Sorubim lima</i>		393	50
<i>Brycon siebenthalae</i>		411	47
<i>Pimelodus blochii</i>		241	28
Total	6187.3	554	1129



Todas las especies de la Orinoquia

Nota en la gráfica se muestran las especies más importantes

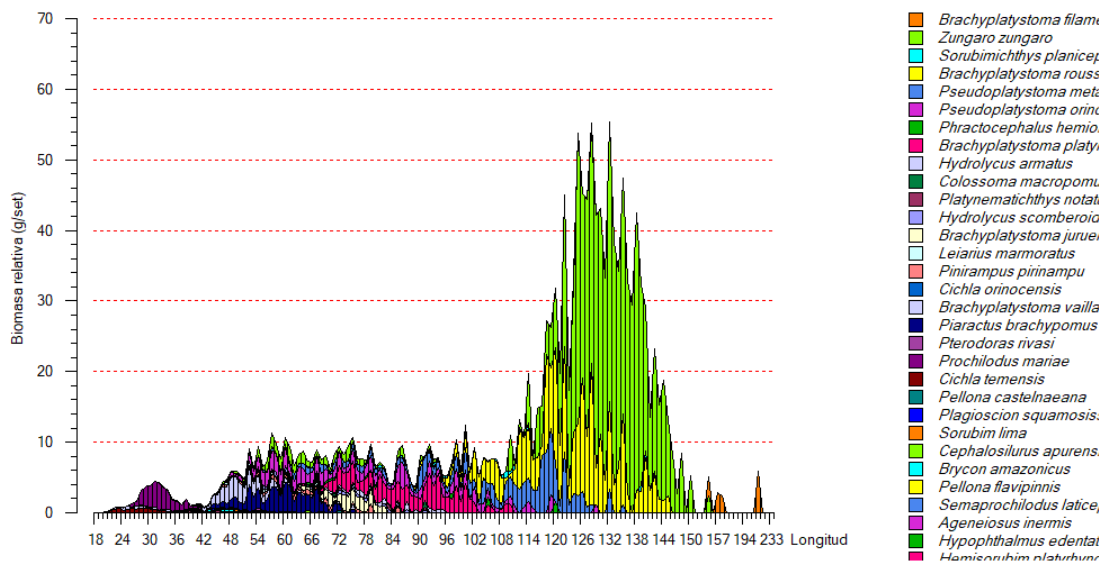


Figura 3-12. Composición de las capturas muestreadas en los centros de acopio y desembarco en la cuenca de la Orinoquia Atrato durante el año 2019. Fuente SEPEC.

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 Atrato colombiano durante el año 2019. Fuente SEPEC.

Species	Total	Mean L (mm)	MAX L(cm)
Zungaro zungaro	757	1005	158.5
Brachyplatystoma rousseauxii	290.8	1127	145.6
Pseudoplatystoma metaense	134.1	818	138
Pseudoplatystoma orinocoense	94.9	699	130.2
Brachyplatystoma platynemum	90.4	827	114.4
Piaractus brachypomus	56.9	560	84
Brachyplatystoma vaillantii	32.1	510	84
Prochilodus mariae	28.3	309	80.6
Brachyplatystoma juruense	24.8	736	97.2
Brachyplatystoma filamentosum	16	1531	233.5
Pinirampus pirinampu	13.6	596	92.5
Sorubimichthys planiceps	11.5	1029	155.5
Hydrolycus armatus	11	646	107
Hydrolycus scomberoides	8.1	696	97.2
Mylossoma aureum	6.3	272	38.2
Leiarius marmoratus	6.2	523	97
Phractocephalus hemiliopterus	5.9	631	120.7
Mylossoma albiscopum	3.8	272	41
Brycon amazonicus	2.4	401	64
Platynemichthys notatus	2.2	622	99
Colossoma macropomum	1.8	619	104.4
Brycon sp.	1.6	410	55.4
Sorubim lima	1.4	447	68.5
Plagioscion squamosissimus	1.3	513	73.5
Cichla orinocensis	0.7	516	92.3
Pellona castelnaeana	0.7	590	76.4
Pimelodina flavipinnis	0.6	401	57.8
Pterodoras rivasi	0.5	655	82.6
Pellona flavipinnis	0.4	567	62.1
Ageneiosus inermis	0.4	425	59.4
Calophysus macropterus	0.4	470	58
Cephalosilurus apurensis	0.3	602	65
Hemisorubim platyrhynchos	0.3	428	58
Hypophthalmus edentatus	0.2	483	58.4
Pygocentrus cariba	0.2	290	42.5
Semaprochilodus laticeps	0.1	408	60.2
Pimelodus blochii	0.1	256	38.2
Astronotus ocellatus	0.1	268	30.7
Duopalatinus peruanus	0	378	47.5
Megalonema platycephalum	0	360	41
Exallodontus aguanai	0	280	30.2
Cichla temensis		469	77.8
Panaque nigrolineatus		452	45.2
Leporinus agassizii		440	44
Leporinus sp.		410	41
Schizodon scotorhabdotus		389	39.3
Leporinus friderici		330	38.2
Semaprochilodus kneri		329	35.6
Pimelodus sp.		237	27.4
Total	1607.6	626	233.5

3.2 Estimación de la biodiversidad de la pesca en el año 2019

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 las especies más representativa en peso fueron la Corvina (*Cynoscion albus*); seguido de la pelada blanca (*Cynoscion phoxocephalus*) y la picuda (*Sphyraena ensis*); mientras que la composición en cantidad por número de individuos fue comandada por el gualajo (*Centropomus armatus*) seguido por la pelada blanca y por la picuda (*S. ensis*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.85 y de uniformidad relativa fue de 0.73. (Figura 3-13, Tabla 3-13)

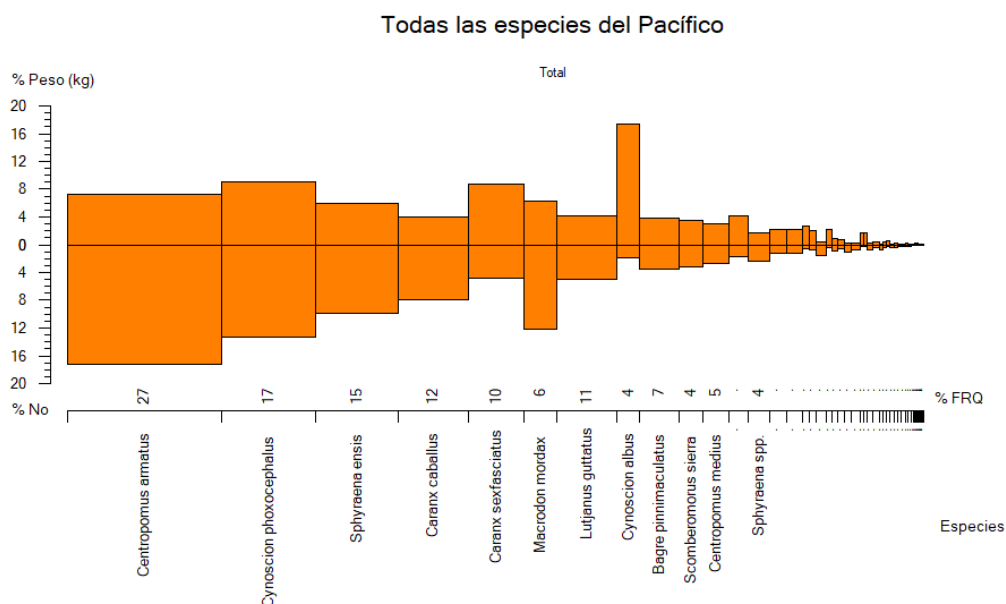


Figura 3-13. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Pacífico colombiano.

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

Especies	No	% No	Weight (kg)	% Weight	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Centropomus armatus	448	17.2	142.228	7.2	269	27.1	663	32.9	0.303	
Cynoscion phoxocephalus	347	13.3	177.014	9	165	16.6	372	18.4	0.269	
Sphyræna ensis	259	10	117.886	6	145	14.6	233	11.6	0.23	
Caranx caballus	205	7.9	78.632	4	123	12.4	147	7.3	0.2	
Caranx sexfasciatus	125	4.8	169.878	8.7	98	9.9	133	6.6	0.146	
Macrodon mordax	316	12.1	122.945	6.3	58	5.8	108	5.3	0.256	
Lutjanus guttatus	131	5	81.95	4.2	105	10.6	97	4.8	0.15	
Cynoscion albus	48	1.8	340.365	17.3	39	3.9	75	3.7	0.074	
Bagre pinnimaculatus	90	3.5	76.264	3.9	70	7.1	52	2.6	0.116	
Scomberomorus sierra	82	3.2	67.705	3.4	41	4.1	27	1.4	0.109	
Centropomus medius	69	2.7	58.594	3	45	4.5	26	1.3	0.096	
Epinephelus spp.	44	1.7	80.848	4.1	34	3.4	20	1	0.069	
Sphyræna spp.	61	2.3	34.201	1.7	38	3.8	16	0.8	0.088	
Lobotes pacificus	32	1.2	43.338	2.2	29	2.9	10	0.5	0.054	
Lutjanus argentiventris	32	1.2	42.783	2.2	28	2.8	10	0.5	0.054	
Lutjanus novemfasciatus	13	0.5	52.849	2.7	12	1.2	4	0.2	0.026	
Caranx caninus	17	0.7	39.011	2	13	1.3	3	0.2	0.033	
Larimus spp.	42	1.6	7.371	0.4	17	1.7	3	0.2	0.067	
Thunnus albacares	12	0.5	41.931	2.1	10	1	3	0.1	0.025	
Lutjanus peru	22	0.8	16.88	0.9	11	1.1	2	0.1	0.04	
Lutjanus colorado	14	0.5	15.885	0.8	12	1.2	2	0.1	0.028	
Anisotremus spp.	27	1	4.4	0.2	12	1.2	2	0.1	0.047	
Polydactylus opercularis	20	0.8	4.54	0.2	14	1.4	1	0.1	0.037	
Centropomus spp.	8	0.3	32.36	1.6	6	0.6	1	0.1	0.018	
Seriola rivoliana	6	0.2	33.814	1.7	6	0.6	1	0.1	0.014	
Bagre panamensis	18	0.7	6.37	0.3	11	1.1	1	0.1	0.034	
Lutjanus aratus	11	0.4	8.172	0.4	11	1.1	1	0	0.023	
Nebris occidentalis	17	0.7	3.12	0.2	7	0.7	1	0	0.033	
Notarius troschelii	10	0.4	9.18	0.5	6	0.6	1	0	0.021	
Notarius spp.	7	0.3	10.28	0.5	6	0.6	0	0	0.016	
Polydactylus approximans	10	0.4	2.93	0.1	7	0.7	0	0	0.021	
Cynoscion squamipinnis	10	0.4	4.134	0.2	6	0.6	0	0	0.021	
Haemulon flaviguttatum	8	0.3	3.09	0.2	7	0.7	0	0	0.018	
Caulolatilus affinis	7	0.3	1.089	0.1	7	0.7	0	0	0.016	
Euthynnus lineatus	5	0.2	4.996	0.3	5	0.5	0	0	0.012	
Bairdiella ensifera	5	0.2	0.58	0	5	0.5	0	0	0.012	
Menticirrhus spp.	4	0.2	1.96	0.1	4	0.4	0	0	0.01	
Parapsettus panamensis	3	0.1	1.1	0.1	3	0.3	0	0	0.008	
Centropomus viridis	2	0.1	3.421	0.2	2	0.2	0	0	0.006	
Sciades dowii	2	0.1	5.81	0.3	1	0.1	0	0	0.006	
Elagatis bipinnulata	2	0.1	2.012	0.1	2	0.2	0	0	0.006	
Tylosurus crocodilus fodiator	2	0.1	4.5	0.2	1	0.1	0	0	0.006	
Diapterus peruvianus	2	0.1	0.41	0	2	0.2	0	0	0.006	
Trachinotus kennedyi	1	0	1.28	0.1	1	0.1	0	0	0.003	
Epinephelus analogus	1	0	1.26	0.1	1	0.1	0	0	0.003	
Katsuwonus pelamis	1	0	1.2	0.1	1	0.1	0	0	0.003	
Cyclopsetta querna	1	0	0.68	0	1	0.1	0	0	0.003	
Seriola peruana	1	0	0.619	0	1	0.1	0	0	0.003	
Hemiramphus saltator	1	0	0.48	0	1	0.1	0	0	0.003	
Anisotremus interruptus	1	0	0.453	0	1	0.1	0	0	0.003	
Total	2,602.00	100.00	1,962.80	100.00	-	-	2,017.00	100.00	2.85	0.73

Para el Caribe la diversidad se comportó de la siguiente manera las especies más representativas en cuanto al peso fueron el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*), seguido por la lisa rayada (*Mugil incilis*), 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 2.67 y de uniformidad relativa fue de 0.60.

En cuanto a los recursos continentales la cuenca del amazonas mostró que los recursos más representativos, en peso, fueron el bagre (*Pseudoplatystoma filamentosum*), el bagre rayado (*P. punctifer*) y el dorado plateado (*Brachyplatistoma rousseauxii*) y el amarillo (*Zungaro zungaro*);

mientras que revisando este proporción por el número de individuos el bocachico (*Prochilodus rubrotaeniatus*) seguido por el bagre rayado (*P. punctifer*) y el bocachico cola negra (*P. nigricans*). Los índices en general la diversidad fueron de 3.145 y de uniformidad relativa fue de 0.73. (Figura 3-14, Tabla 3-14)

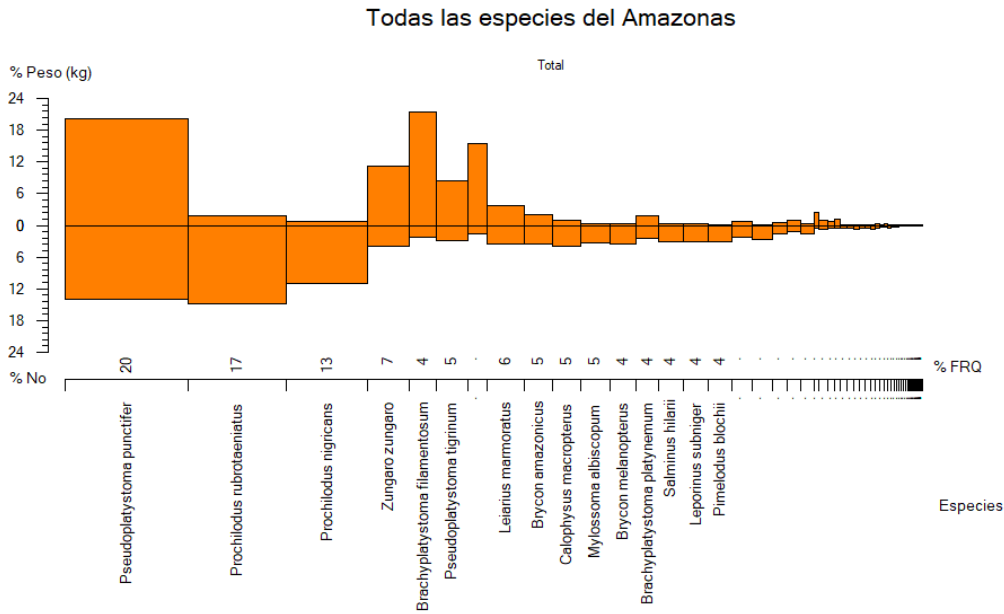


Figura 3-14. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros de la Amazonía colombiana.



Tabla 3-14. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados en la Amazonía colombiana.

Especies	No	% No	Weight (kg)	% Weight	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>	2095	14	4465.692	20.2	1428	20.4	698	41.2	0.275	
<i>Prochilodus rubrotaeniatus</i>	2227	14.9	418.075	1.9	1157	16.5	277	16.4	0.284	
<i>Prochilodus nigricans</i>	1631	10.9	182.322	0.8	935	13.3	156	9.2	0.242	
<i>Zungaro zungaro</i>	595	4	2462.825	11.2	499	7.1	108	6.4	0.128	
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	330	2.2	4722.727	21.4	306	4.4	103	6.1	0.084	
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	442	3	1870.667	8.5	371	5.3	60	3.6	0.104	
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	236	1.6	3408.151	15.4	219	3.1	53	3.1	0.065	
<i>Leiarius marmoratus</i>	529	3.5	816.733	3.7	434	6.2	45	2.6	0.118	
<i>Brycon amazonicus</i>	538	3.6	469.06	2.1	337	4.8	28	1.6	0.12	
<i>Calophrys macropterus</i>	600	4	226.069	1	323	4.6	23	1.4	0.129	
<i>Mylossoma albiscopum</i>	495	3.3	91.779	0.4	348	5	18	1.1	0.113	
<i>Brycon melanopterus</i>	537	3.6	68.792	0.3	304	4.3	17	1	0.119	
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	372	2.5	421.341	1.9	257	3.7	16	1	0.092	
<i>Salminus hilarii</i>	464	3.1	59.901	0.3	293	4.2	14	0.8	0.108	
<i>Leporinus subniger</i>	456	3	55.495	0.3	291	4.2	14	0.8	0.106	
<i>Pimelodus blochii</i>	477	3.2	26.903	0.1	277	4	13	0.8	0.11	
<i>Pinirampus pirinampu</i>	347	2.3	183.007	0.8	228	3.3	10	0.6	0.087	
<i>Schizodon fasciatus</i>	407	2.7	33.183	0.2	247	3.5	10	0.6	0.098	
<i>Brachyplatystoma juruense</i>	237	1.6	125.064	0.6	172	2.5	5	0.3	0.066	
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	178	1.2	231.859	1.1	147	2.1	5	0.3	0.053	
<i>Brycon hilarii</i>	227	1.5	53.332	0.2	159	2.3	4	0.2	0.064	
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	64	0.4	524.075	2.4	59	0.8	2	0.1	0.023	
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	115	0.8	191.051	0.9	101	1.4	2	0.1	0.037	
<i>Piaractus brachypomus</i>	94	0.6	167.337	0.8	87	1.2	2	0.1	0.032	
<i>Colossoma macropomum</i>	66	0.4	243.531	1.1	60	0.9	1	0.1	0.024	
<i>Ageneiosus inermis</i>	85	0.6	41.307	0.2	80	1.1	1	0.1	0.029	
<i>Sorubim lima</i>	86	0.6	20.759	0.1	81	1.2	1	0	0.03	
<i>Panaque titan</i>	107	0.7	38.57	0.2	57	0.8	1	0	0.035	
<i>Aguarunichthys inpai</i>	73	0.5	46.845	0.2	70	1	1	0	0.026	
<i>Semaprochilodus insignis</i>	80	0.5	19.122	0.1	68	1	1	0	0.028	
<i>Brycon falcatus</i>	100	0.7	13.155	0.1	52	0.7	1	0	0.033	
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	64	0.4	64.572	0.3	49	0.7	1	0	0.023	
<i>Platynemathichthys notatus</i>	56	0.4	28.382	0.1	52	0.7	0	0	0.021	
<i>Leiarius sp</i>	43	0.3	48.305	0.2	39	0.6	0	0	0.017	
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	64	0.4	9.232	0	42	0.6	0	0	0.023	
<i>Mylossoma aureum</i>	48	0.3	10.897	0	39	0.6	0	0	0.018	
<i>Cichla monoculus</i>	33	0.2	22.945	0.1	29	0.4	0	0	0.013	
<i>Astronotus ocellatus</i>	39	0.3	12.982	0.1	28	0.4	0	0	0.016	
<i>Leporinus friderici</i>	30	0.2	7.164	0	25	0.4	0	0	0.012	
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	29	0.2	5.373	0	26	0.4	0	0	0.012	
<i>Brycon sp.</i>	30	0.2	4.62	0	24	0.3	0	0	0.012	
<i>Hoplias malabaricus</i>	26	0.2	10.672	0	23	0.3	0	0	0.011	
<i>Potamorhina altamazonica</i>	22	0.1	1.839	0	18	0.3	0	0	0.01	
<i>Pimelodus albofasciatus</i>	14	0.1	25.064	0.1	13	0.2	0	0	0.007	
<i>Hydrolycus armatus</i>	11	0.1	21.485	0.1	11	0.2	0	0	0.005	
<i>Pimelodus ornatus</i>	14	0.1	0.764	0	14	0.2	0	0	0.007	
<i>Pellona castelnaeana</i>	8	0.1	16.365	0.1	8	0.1	0	0	0.004	
<i>Leporinus wolfei</i>	13	0.1	2.22	0	9	0.1	0	0	0.006	
<i>Leporinus sp.</i>	12	0.1	6.45	0	7	0.1	0	0	0.006	
<i>Curimata spp.</i>	13	0.1	1.94	0	8	0.1	0	0	0.006	
<i>Hypostomus niceforoi</i>	10	0.1	1.621	0	8	0.1	0	0	0.005	
<i>Brachyplatystoma tigrinum</i>	7	0	6.42	0	7	0.1	0	0	0.004	
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	7	0	2.685	0	7	0.1	0	0	0.004	
<i>Megalonema sp.</i>	8	0.1	0.619	0	7	0.1	0	0	0.004	
<i>Pterodoras granulatus</i>	3	0	19.7	0.1	3	0	0	0	0.002	
<i>Platystomatichthys sturio</i>	5	0	8	0	4	0.1	0	0	0.003	
<i>Oxydoras niger</i>	6	0	4.25	0	4	0.1	0	0	0.003	
<i>Pygocentrus nattereri</i>	8	0.1	1.075	0	4	0.1	0	0	0.004	
<i>Pellona flavipinnis</i>	4	0	6.88	0	4	0.1	0	0	0.002	
<i>Cichla orinocensis</i>	6	0	3.305	0	4	0.1	0	0	0.003	
<i>Myloplus asterias</i>	5	0	1.164	0	4	0.1	0	0	0.003	
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	3	0	5.705	0	3	0	0	0	0.002	
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	3	0	2.701	0	3	0	0	0	0.002	
<i>Hypostomus oculus</i>	3	0	0.557	0	3	0	0	0	0.002	
<i>Potamorhina pristigaster</i>	3	0	0.39	0	3	0	0	0	0.002	
<i>Chaetobranchius flavescens</i>	3	0	0.355	0	2	0	0	0	0.002	
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	2	0	0.395	0	2	0	0	0	0.001	
<i>Metynnis lippincottianus</i>	2	0	0.335	0	2	0	0	0	0.001	
<i>Cichla temensis</i>	2	0	0.285	0	2	0	0	0	0.001	
<i>Lithodoras dorsalis</i>	1	0	3.01	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	1	0	0.99	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Pimelodina flavipinnis</i>	1	0	0.39	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Hypophthalmus marginatus</i>	1	0	0.176	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Myloplus rubripinnis</i>	1	0	0.174	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Hoplosternum littorale</i>	1	0	0.145	0	1	0	0	0	0.001	
<i>Spatuloricaria caquetae</i>	1	0			1	0	0	0	0.001	
Total	14956	100	22071.327	100	-	-	1692	100	3.145	0.73

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 1.278 y de uniformidad relativa fue de 0.47. (Figura 3-15, Tabla 3-15)

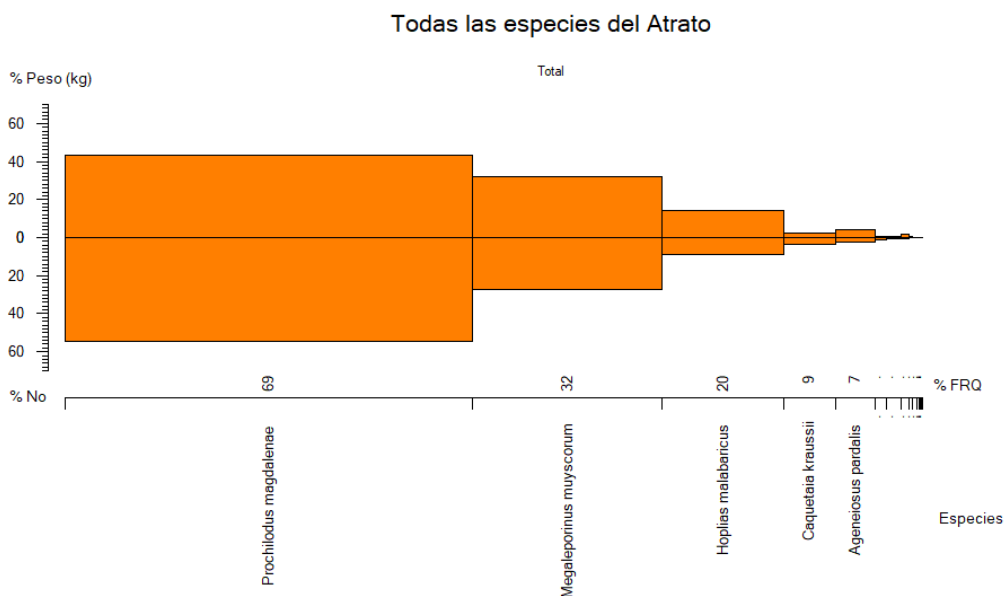


Figura 3-15. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Atrato colombiano.

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

Species	No	% No	Weight (kg)	% Weight	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
<i>Prochilodus magdalenae</i>	7616	54.6	1764.958	43.1	2771	68.7	6714	73	0.33	
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	3803	27.3	1320.226	32.2	1296	32.1	1912	20.8	0.354	
<i>Hoplias malabaricus</i>	1227	8.8	576.686	14.1	823	20.4	467	5.1	0.214	
<i>Caquetaia kraussii</i>	490	3.5	103.968	2.5	359	8.9	54	0.6	0.118	
<i>Ageneiosus pardalis</i>	334	2.4	169.327	4.1	266	6.6	43	0.5	0.089	
<i>Pimelodus punctatus</i>	191	1.4	24.127	0.6	79	2	4	0	0.059	
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	114	0.8	33.037	0.8	95	2.4	4	0	0.039	
<i>Pseudopimelodus sp. nov.</i>	62	0.4	62.892	1.5	55	1.4	3	0	0.024	
<i>Kronoheros umbrifer</i>	36	0.3	15.294	0.4	28	0.7	0	0	0.015	
<i>Brycon moorei</i>	30	0.2	11.006	0.3	27	0.7	0	0	0.013	
<i>Pseudocurimata lineopunctata</i>	21	0.2	2.118	0.1	19	0.5	0	0	0.01	
<i>Pimelodus sp.</i>	7	0.1	3.32	0.1	4	0.1	0	0	0.004	
<i>Notarius bonillai</i>	5	0	2.522	0.1	5	0.1	0	0	0.003	
<i>Geophagus pellegrini</i>	7	0.1	0.828	0	6	0.1	0	0	0.004	
<i>Brycon sinuensis</i>	1	0	4.192	0.1	1	0	0	0	0.001	
<i>Colossoma macropomum</i>	1	0	0.564	0	1	0	0	0	0.001	
Total	13945	100	4095.065	100	-	-	9201	100	1.278	0.47

La importante cuenca del magdalena presento como recursos más sobresalientes en peso el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), seguidos por el blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) y por el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), con este último hay una alternancia con el capaz (*Pimelodus grosskopfii*) ya es éste es representa más peso que el bagre rayado, pero

menos cantidad. Los índices en general la diversidad fueron de 2.262 y de uniformidad relativa fue de 0.65. (Figura 3-16,

Tabla 3-16).

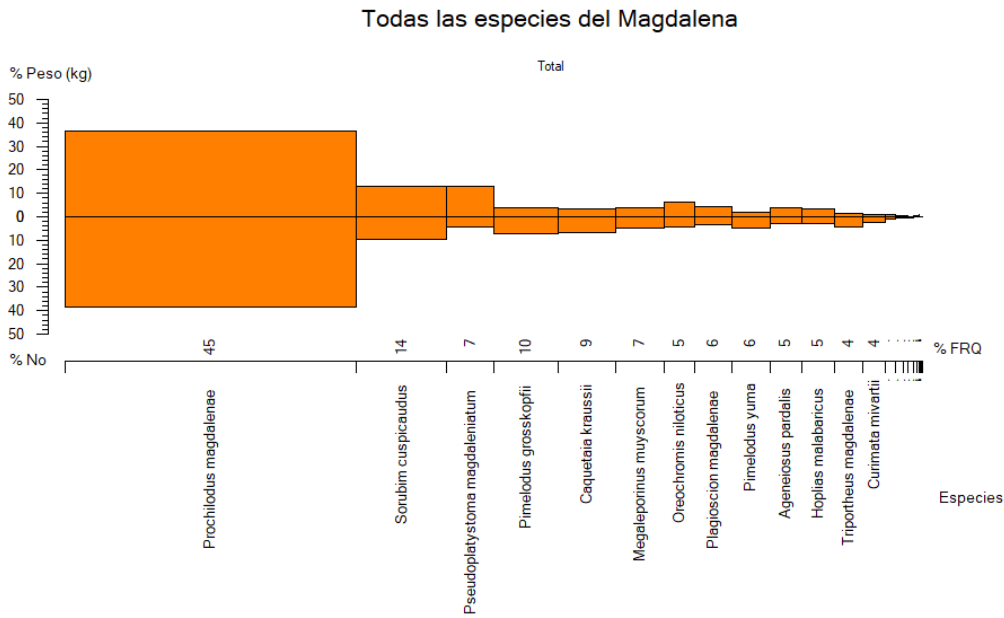


Figura 3-16. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros del Magdalena colombiana.

Tabla 3-16. Composición de la diversidad de los recursos pesqueros muestreados del Magdalena colombiana.



Species	No	% No	Weight (kg)	% Weight	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
<i>Prochilodus magdalenae</i>	33942	38.2	6477.469	36.5	16399	44.6	3328	77.8	0.368	
<i>Sorubim cuspicaudus</i>	8626	9.7	2338.311	13.2	5126	13.9	319	7.4	0.226	
<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	3925	4.4	2345.735	13.2	2677	7.3	128	3	0.138	
<i>Pimelodus grosskopfii</i>	6553	7.4	674.926	3.8	3567	9.7	108	2.5	0.192	
<i>Caquetaia kraussii</i>	6169	6.9	575.263	3.2	3299	9	91	2.1	0.185	
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	4259	4.8	677.625	3.8	2724	7.4	64	1.5	0.146	
<i>Oreochromis niloticus</i>	3925	4.4	1079.409	6.1	1696	4.6	48	1.1	0.138	
<i>Plagioscion magdalenae</i>	3117	3.5	766.479	4.3	2117	5.8	45	1.1	0.118	
<i>Pimelodus yuma</i>	4353	4.9	347.6	2	2119	5.8	39	0.9	0.148	
<i>Ageneiosus pardalis</i>	2472	2.8	702.721	4	1837	5	34	0.8	0.1	
<i>Hoplias malabaricus</i>	2732	3.1	623.256	3.5	1825	5	33	0.8	0.107	
<i>Triportheus magdalenae</i>	3725	4.2	247.861	1.4	1576	4.3	24	0.6	0.133	
<i>Curimata mivartii</i>	2204	2.5	161.7	0.9	1308	3.6	12	0.3	0.092	
<i>Brycon moorei</i>	660	0.7	168.144	0.9	561	1.5	3	0.1	0.036	
<i>Cynopotamus magdalenae</i>	561	0.6	71.268	0.4	404	1.1	1	0	0.032	
<i>Ichthyoelephas longirostris</i>	370	0.4	117.374	0.7	310	0.8	1	0	0.023	
<i>Cyphocharax magdalenae</i>	633	0.7	40.437	0.2	294	0.8	1	0	0.035	
<i>Salminus affinis</i>	211	0.2	50.898	0.3	186	0.5	0	0	0.014	
<i>Pseudopimelodus sp. nov.</i>	106	0.1	78.547	0.4	93	0.3	0	0	0.008	
<i>Colossoma macropomum</i>	57	0.1	148.674	0.8	56	0.2	0	0	0.005	
<i>Piaractus brachypomus</i>	59	0.1	39.009	0.2	53	0.1	0	0	0.005	
<i>Trichogaster pectoralis</i>	33	0	3.333	0	20	0.1	0	0	0.003	
<i>Leporellus vittatus</i>	16	0	4.125	0	16	0	0	0	0.002	
<i>Oreochromis spp.</i>	32	0	10.9	0.1	6	0	0	0	0.003	
<i>Sternopygus aequilabiatus</i>	12	0	2.507	0	12	0	0	0	0.001	
<i>Ctenolucius hujeta</i>	18	0	0.848	0	10	0	0	0	0.002	
<i>Mugil incilis</i>	12	0	1.775	0	9	0	0	0	0.001	
<i>Hypostomus hondae</i>	7	0	0.455	0	6	0	0	0	0.001	
<i>Megalops atlanticus</i>	2	0	1.6	0	2	0	0	0	0	
<i>Astronotus ocellatus</i>	4	0	0.861	0	2	0	0	0	0	
<i>Andinoacara latifrons</i>	2	0	0.266	0	2	0	0	0	0	
<i>Trachelyopterus insignis</i>	1	0	0.168	0	1	0	0	0	0	
<i>Panaque cochliodon</i>	1	0			1	0	0	0	0	
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	1	0			1	0	0	0	0	
Total	88800	100	17759.544	100	-	-	4279	100	2.262	0.65

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 (*Brachyplatistoma 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 (*Brachyplatistoma platynemum*). Los índices en general la diversidad fueron de 2.98 y de uniformidad relativa fue de 0.76 (Figura 3-17, Tabla 3-17).



Todas las especies de la Orinoquia

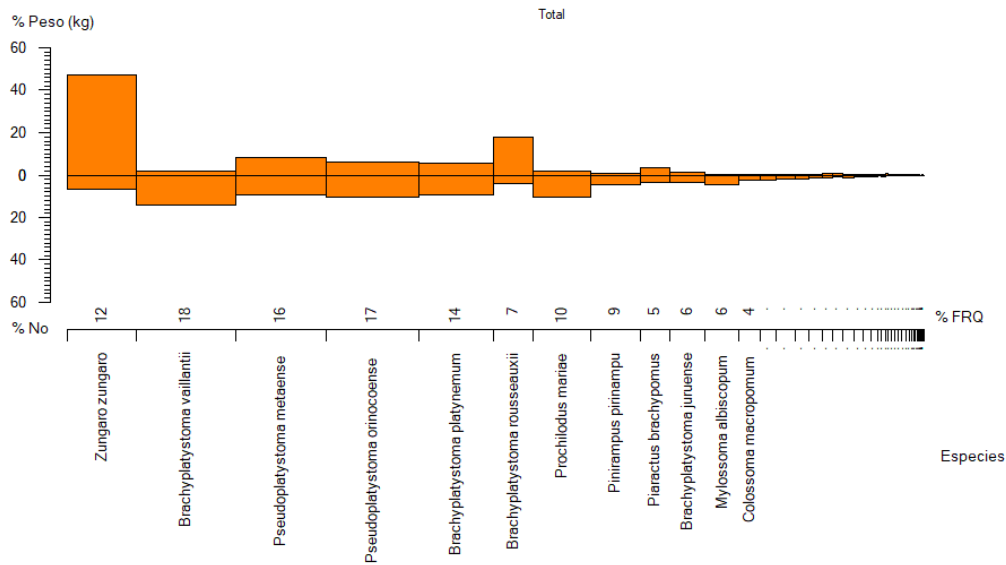


Figura 3-17. Composición de la biodiversidad en peso y en número relacionada con los muestreos en puerto de los recursos pesqueros de la Orinoquia colombiana.

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



El campo
es de todos

Minagricultura



AUNAP
AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

Species	No	% No	Weight (kg)	% Weight	FRQ	% FRQ	IRI	% IRI	H'	J'
Zungaro zungaro	1141	6.8	12919.526	47.1	953	12.4	670	30.5	0.182	
Brachyplatystoma vaillantii	2354	14	548.429	2	1370	17.9	285	13	0.275	
Pseudoplatystoma metaense	1530	9.1	2289.435	8.3	1255	16.4	285	13	0.218	
Pseudoplatystoma orinocoense	1766	10.5	1619.152	5.9	1276	16.7	273	12.4	0.236	
Brachyplatystoma platynemum	1577	9.3	1542.877	5.6	1043	13.6	204	9.3	0.222	
Brachyplatystoma rousseauxii	701	4.2	4963.086	18.1	539	7	157	7.1	0.132	
Prochilodus mariae	1769	10.5	482.665	1.8	794	10.4	127	5.8	0.236	
Pinirampus pinirampu	805	4.8	232.042	0.8	693	9.1	51	2.3	0.145	
Piaractus brachypomus	550	3.3	970.899	3.5	402	5.3	36	1.6	0.112	
Brachyplatystoma juruense	578	3.4	423.663	1.5	497	6.5	32	1.5	0.116	
Mylossoma albiscopum	728	4.3	65.657	0.2	457	6	27	1.2	0.136	
Colossoma macropomum	384	2.3	31.19	0.1	302	3.9	9	0.4	0.086	
Mylossoma aureum	426	2.5	108.102	0.4	222	2.9	8	0.4	0.093	
Leiarius marmoratus	316	1.9	106.066	0.4	265	3.5	8	0.4	0.075	
Sorubim lima	279	1.7	23.152	0.1	188	2.5	4	0.2	0.068	
Brycon amazonicus	245	1.5	41.733	0.2	184	2.4	4	0.2	0.061	
Hydrolycus armatus	196	1.2	187.415	0.7	147	1.9	4	0.2	0.052	
Sorubimichthys planiceps	146	0.9	196.752	0.7	136	1.8	3	0.1	0.041	
Ageneiosus inermis	184	1.1	7.127	0	154	2	2	0.1	0.049	
Plagioscion squamosissimus	151	0.9	22.718	0.1	126	1.6	2	0.1	0.042	
Semaprochilodus laticeps	143	0.8	2.1	0	108	1.4	1	0.1	0.04	
Platynemichthys notatus	99	0.6	37.002	0.1	87	1.1	1	0	0.03	
Hydrolycus scomberoides	61	0.4	137.896	0.5	51	0.7	1	0	0.02	
Pimelodus blochii	98	0.6	1.472	0	66	0.9	1	0	0.03	
Brachyplatystoma filamentosum	32	0.2	272.74	1	32	0.4	0	0	0.012	
Phractocephalus hemiliopterus	45	0.3	99.86	0.4	43	0.6	0	0	0.016	
Pellona castelnaeana	61	0.4	12.61	0	53	0.7	0	0	0.02	
Brycon sp.	63	0.4	28.155	0.1	45	0.6	0	0	0.021	
Cichla orinocensis	57	0.3	11.126	0	53	0.7	0	0	0.019	
Pimelodina flavipinnis	62	0.4	10.377	0	48	0.6	0	0	0.021	
Hemisorubim platyrhynchos	55	0.3	5.678	0	48	0.6	0	0	0.019	
Pygocentrus cariba	53	0.3	3.9	0	39	0.5	0	0	0.018	
Pterodoras rivasi	30	0.2	8.58	0	29	0.4	0	0	0.011	
Pimelodus sp.	38	0.2			20	0.3	0	0	0.014	
Astronotus ocellatus	30	0.2	0.87	0	23	0.3	0	0	0.011	
Hypophthalmus edentatus	23	0.1	2.73	0	20	0.3	0	0	0.009	
Calophysus macropterus	17	0.1	6.145	0	17	0.2	0	0	0.007	
Semaprochilodus kneri	19	0.1			16	0.2	0	0	0.008	
Leporinus friderici	18	0.1			8	0.1	0	0	0.007	
Exallodontus aguanai	10	0.1	0.115	0	7	0.1	0	0	0.004	
Pellona flavipinnis	5	0	6.617	0	5	0.1	0	0	0.002	
Duopalatinus peruanus	6	0	0.566	0	6	0.1	0	0	0.003	
Megalonema platycephalum	6	0	0.131	0	5	0.1	0	0	0.003	
Cichla temensis	4	0			4	0.1	0	0	0.002	
Cephalosilurus apurensis	2	0	5.5	0	2	0	0	0	0.001	
Schizodon scotorhabdotus	2	0			2	0	0	0	0.001	
Leporinus agassizii	1	0			1	0	0	0	0.001	
Leporinus sp.	1	0			1	0	0	0	0.001	
Panaque nigrolineatus	1	0			1	0	0	0	0.001	
Total	16868	100	27435.856	100	-	-	2198	100	2.928	0.76

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 Consideraciones generales de la dinámica pesquera del Pacífico colombiano

El Pacífico colombiano es un sistema ecológico muy importante por su gran biodiversidad, sobresaliendo, no solo por ser las de más alto rendimiento, sino porque poco a poco se ha convertido en la principal fuente de empleo, puesto que otras alternativas como las actividades agropecuarias, ganadera y los cultivos son opciones con pocas posibilidades, ya que la mayoría de las tierras están en manos de pocos y el acceso a medios económicos para ejercer la actividad son escasos, además de la fragilidad en cuanto a posibilidades de transporte.

Las pesquerías están concentradas en dos actividades principales que son la pesca industrial y la pesca artesanal. Sin embargo, esta conjunción de las actividades ha ocasionado que surjan eventualmente conflictos, pues los dos subsectores tienen intereses en común tanto en especies como en zonas de pesca, pudiéndose decir, que la pesca industrial tiene su objetivo puesto en los recursos de demanda internacional, mientras que la pesca artesanal está centrada en una gama más amplia de especies que cubre no solo los productos de exportación sino los de consumo nacional (peces, crustáceos y moluscos). Esta actividad que se ha realizado desde la década de los 60's, especialmente en las pesquerías de camarón de aguas someras, originó que la industria camaronera pusiera sus objetivos en el comercio internacional, por lo que se desató una estrategia comercial dedicada a la máxima extracción del recurso, sin medir las consecuencias ecológicas que esto traería, pues a partir de los años 90's, los rendimientos disminuyeron considerablemente situación que se vio complicada por el ingreso de un arte de pesca artesanal denominado por los pescadores como «trasmallo electrónico», lo cual aumentó el esfuerzo pesquero debido a su bajo costo y efectividad, haciendo que la rentabilidad económica fuera insostenible. Un inventario arrojó que solamente en Tumaco se manejaban 3000 artes de este tipo y para la zona del Pacífico 15000 (FAO, 2018).

El litoral Pacífico está integrado por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, 16 municipios costeros, cuatro Capitanías de Puerto, tres Corporaciones Autónomas Regionales y una de Desarrollo Sostenible. La costa se divide en dos regiones fisiográficamente diferentes: la zona norte, entre Panamá y Cabo Corrientes, de aproximadamente 375 km de longitud, constituida por costas acantiladas muy accidentadas, correspondientes a la serranía del Baudó (Invemar, 2018). Hacia el sur de Cabo Corrientes hasta el límite con el Ecuador la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares, una red de drenaje densa conformada por ríos y esteros y sólo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en las bahías de Málaga, Buenaventura y Tumaco. (Ingeominas., 1998) (Posada & Henao., 2008) (Posada & Morales, 2011) (Invemar, 2018).

Desde el punto de vista hidrográfico desembocan en las zonas costeras 56 ríos, siendo los principales San Juan, Mira y Micay (Ideam, 2014). En general, los ecosistemas dominantes son las playas de arena, acantilados y manglares. (Invemar., 2018).

El Pacífico es un ambiente marino que cuenta con un sistema de corrientes influidos principalmente por la Zona de Convergencia Intertropical [ITCZ], por lo tanto, el movimiento de estos vientos causa los siguientes flujos de agua: Corriente Ecuatorial del Norte que se origina en Panamá y tiene desplazamiento oeste; la Contracorriente Ecuatorial del Norte viene del Pacífico central y tiene su mayor impacto entre mayo a diciembre; Corriente del Golfo de Panamá es de tipo ciclónico y se manifiesta entre diciembre y abril en especial por el régimen de los Alisios del Norte; de otro parte, la Corriente Colombia que se mueve en sentido contrario a las manecillas del reloj especialmente entre noviembre y diciembre, con influencia de la vientos del sureste. Las temperaturas del mar oscilan entre los 25 y 27 °C; la región se caracteriza por ser un ambiente tropical de bajas presiones, influenciada por los vientos alisios, habiendo sido siempre considerada como una de las regiones biográficas del planeta con la más alta pluviosidad. (Prahl, Guhl, & Grogl, 1979).

La región por su formación rocosa del norte no cuenta con ríos caudalosos y abundantes; pero en la parte sur se destaca un importante sistema hídrico conformado principalmente por los ríos Baudó, San Juan, Anchicayá, Dagua, Mallorquín, Naya, Micay, Guapi, Iscuandé, Sanquianga, Patía y Mataje, que le dan al sistema una fuente amplia de nutrientes y de agua dulce; esto hace que, esta región almacene gran cantidad de áreas de manglar, las cuales se convierten en fuente importante para el ciclo biológico de las especies marinas puesto que proporcionan zonas de protección y de alimentación (Prahl, Guhl, & Grogl, 1979) (Invemar, 2018).

Desde el punto de vista insular el Pacífico colombiano no cuenta con amplia cantidad de islas, reduciéndose a la Isla Gorgona, El Morro, La Viciosa y Cascajal y una isla oceánica Malpelo, que está a 240 millas de Buenaventura, que le dan a la región esa clara connotación de un sistema oceánico de aguas marinas influenciadas por el mar abierto. (Prahl, Guhl, & Grogl, 1979).

4.2 Peces

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

Nombre en inglés: Pacific crevalle Jack.



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 diferencias de crecimiento 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 pacífico 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 pacífico colombiano con una TMC de 23.2 cm LT (Zambrano et al. 2018b),

4.2.1.1 Análisis de los datos biológico de las pesquerías de jurel *Caranx caninus*

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.

<i>a</i>	<i>B</i>	r^2	<i>T.M.</i> [cm]	<i>T.M.C.</i> [cm]	<i>L_∞</i> [cm]	<i>K</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
0.0166	2.8838	0.9878	71.6	54.5	105	0.16	0.41	0.43	0.11	0.27

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 L_{∞} 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 L_{∞} 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.

4.2.1.2 Análisis de los datos de dinámica poblacional del jurel *Caranx caninus*

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 110 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 $E=0.27$, 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 [\$]	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observación
110	327.800	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. ± 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).

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

tipo de arte	Promedio	S ²	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 camaronesa	23.2	31.54	5.62	0.51	122
Red de enmalle fija marina	35.5	112.28	10.60	0.81	170

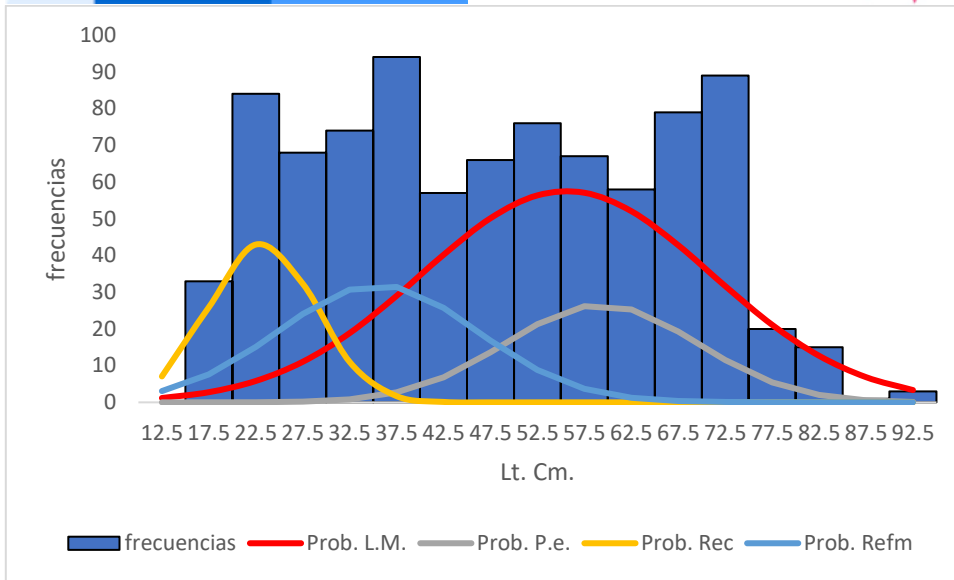


Figura 4-1. distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del jurel común *Caranx caninus* en el año 2020. L.M. 0 líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rec. = red de enmalle; Refm. = red de enmalle fija marina.

4.2.1.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del jurel

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)

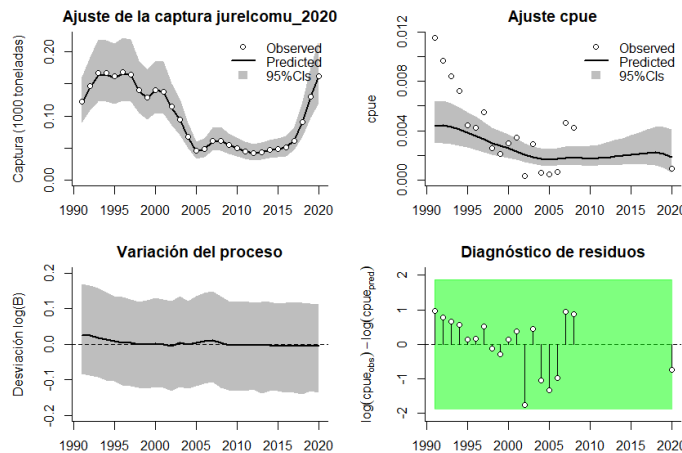


Figura 4-2. Modelación de las pesquerías de jurel común *Caranx caninus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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 (2020) 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)

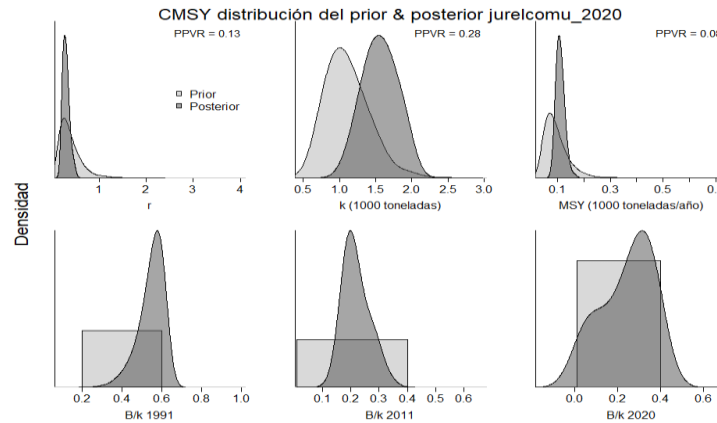


Figura 4-3. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el jurel común *Caranx caninus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 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 108 toneladas, que es muy similar al a las 106 toneladas predichas por el modelo de Thompson & Bell y, 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%	
r	0.309	0.19	0.506
MSY	108	85	145



Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
K	1,440	1,030	2,020
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.275 de K	0.0255	0.394
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.27	2.28	35.3

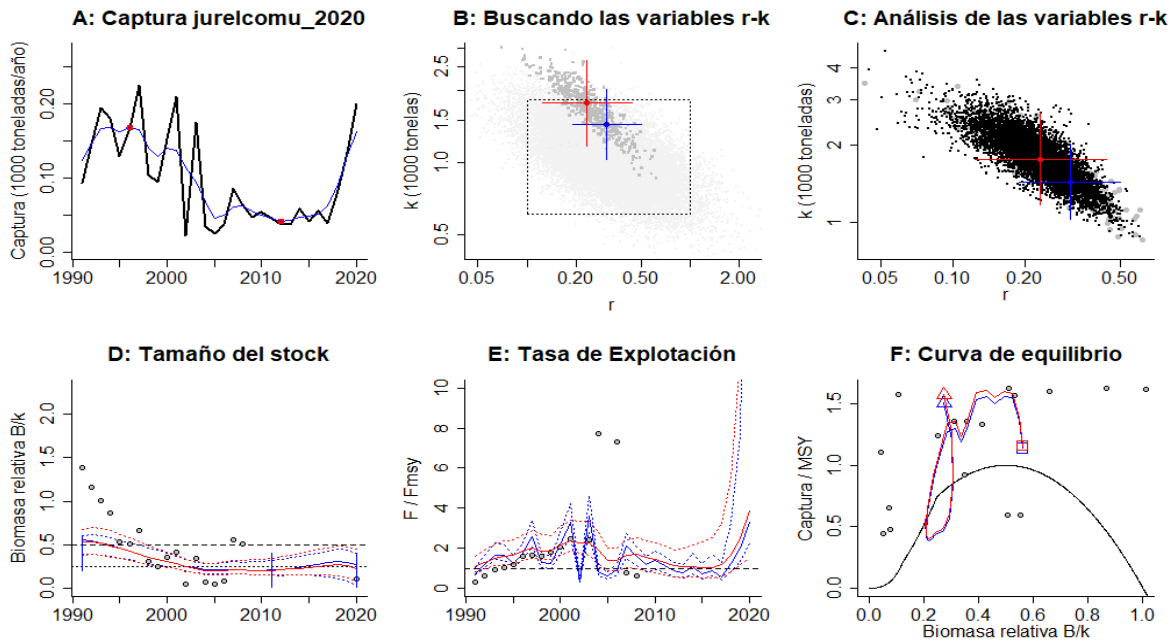


Figura 4-4. resultados del Análisis de las pesquerías del jurel común en la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y 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 $Bmsy=0.5k$, 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.

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

Parámetros estimados	valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.00472	0.00284	0.00785
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.233	0.124	0.439
k	1,770	1,170	2,670



Parámetros estimados	valor	Límite inferior	Límite superior
MSY	103	70.5	151
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.232 de K	0.0713	0.451
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.84	1.51	39.5
correlación de $\log(r-K) =$	-0.815		

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 2010 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/Bmsy, 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 82.2% que es muy alta, frente a una probabilidad de recuperación del 0.1. (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 =	0.117	0.0621	0.219	(si $B > 1/2 Bmsy$ cuando $Fmsy = 0.5r$)	0.117
Fmsy =	0.108	0.0575	0.203	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$)	
MSY	103	70.5	151		
Bmsy =	883	585	1,330		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	409	126	796		
B/Bmsy en el último año	0.463	0.143	0.902		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.396	0.203	1.29		
Explotación $F/Fmsy$	3.84	1.51	39.5		

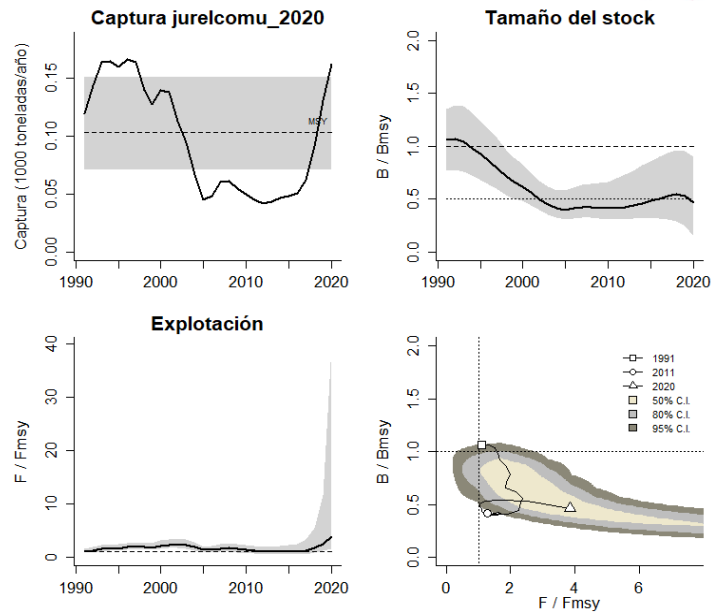


Figura 4-5. Análisis de las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

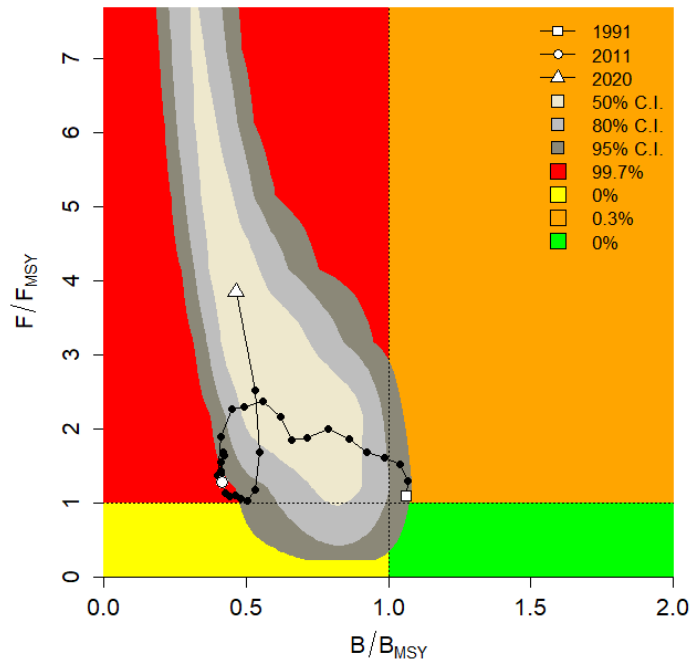


Figura 4-6. Análisis de las pesquerías del jurel común *Caranx caninus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.1.4 Modelación con escenarios ambientales del jurel común *Caranx caninus*.

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 resultado en una cantidad de 101 toneladas, si los cambios son negativos el valor estaría en 94.2 toneladas y si es positivo esta cálculos resultado en 107 toneladas (Figura 4-7)

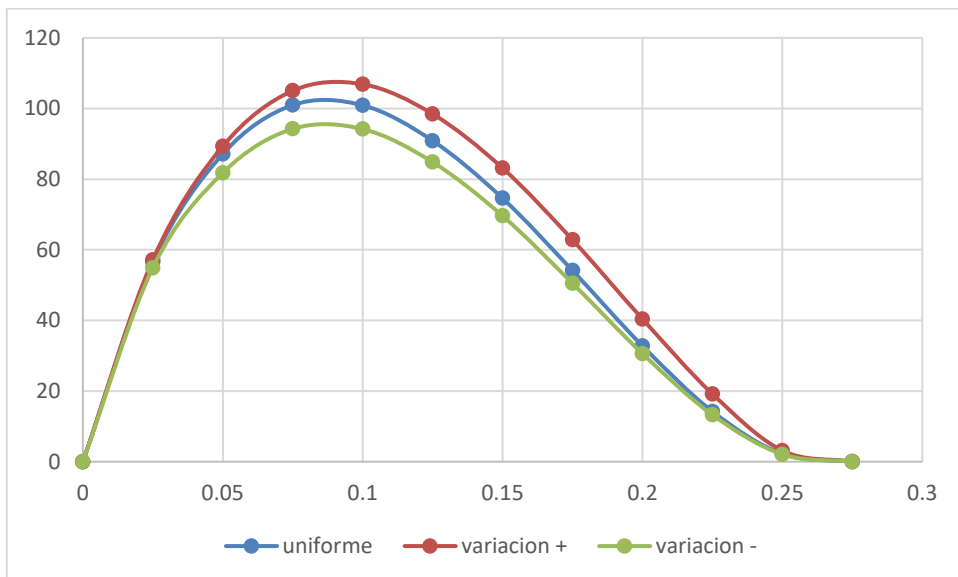


Figura 4-7. Estimación de los cambios del RMS del jurel común *Caranx caninus* frente a los cambios ambientales.

4.2.1.5 Conclusiones del manejo del jurel *Caranx caninus*

La población pasó una fase agotamiento fuerte, pero presenta una ligera recuperación (0.3% 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 0.396 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.117 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 103 ± (70.5 - 151) toneladas.

4.2.2 Pesquerías de berrugate [*Lobotes pacificus* Gilbert, 1898]



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific tripletail

4.2.2.1 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).

4.2.2.2 Análisis de los datos biológico-pesqueros del berrugate *Lobotes pacificus*

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.

A	b	r ²	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	L _{oo} [cm]	k	Z	M	F	E
0.04472	2.1464	0.6859	63.1	60.3	117	0.14	0.8	0.33	0.47	0.59

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 [Loo], 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 aceptable; 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. ± 0.51, la mayor cantidad de esfuerzo lo ejercieron las redes de enmalle (Tabla 4-8, Figura 4-8)

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 ²	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

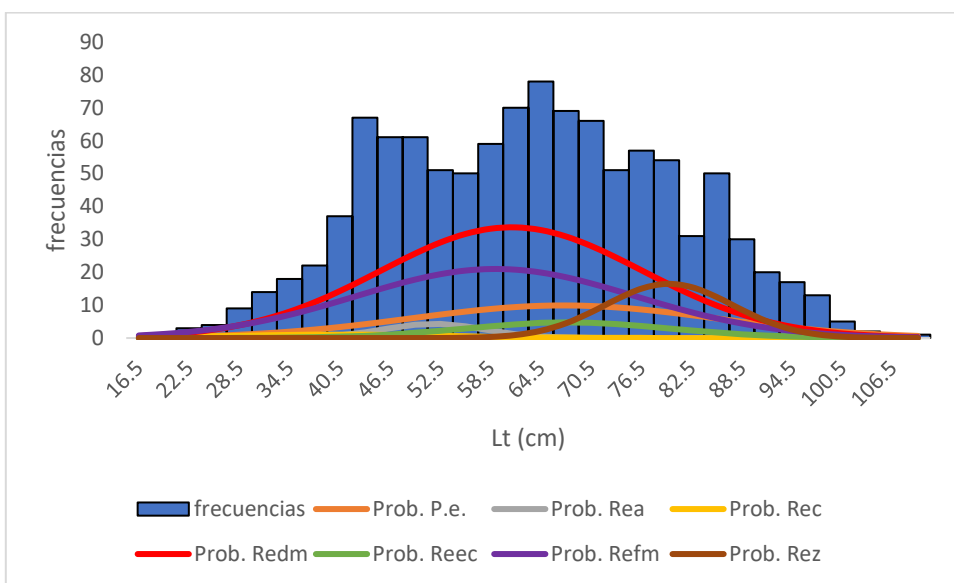


Figura 4-8. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del berrugate Lobotes pacificus en el año 2020. L.M. 0 líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rea = red de cerco artesanal ruche; Rec. = red de enmalle camaronera; Redm. = Red de enmalle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

4.2.2.3 Análisis de los datos de dinámica de las poblaciones del berrugate *Lobotes pacificus*

Con la información existente hasta el 2015, se presentó un 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.

4.2.2.4 Evaluación del estado de salud del berrugate *Lobotes pacificus* con la modelación LBB

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 (Froese 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_{∞} , 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 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)
Loo	133	1.33
Z/K	2.91	2.02
F/K	1.41	
LC prior	42.8	4.28
α prior	17.8	1.78

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´ F=M Lc=Lc_opt		0.0584	
Y/R´	0.0262	0.0131	0.0462

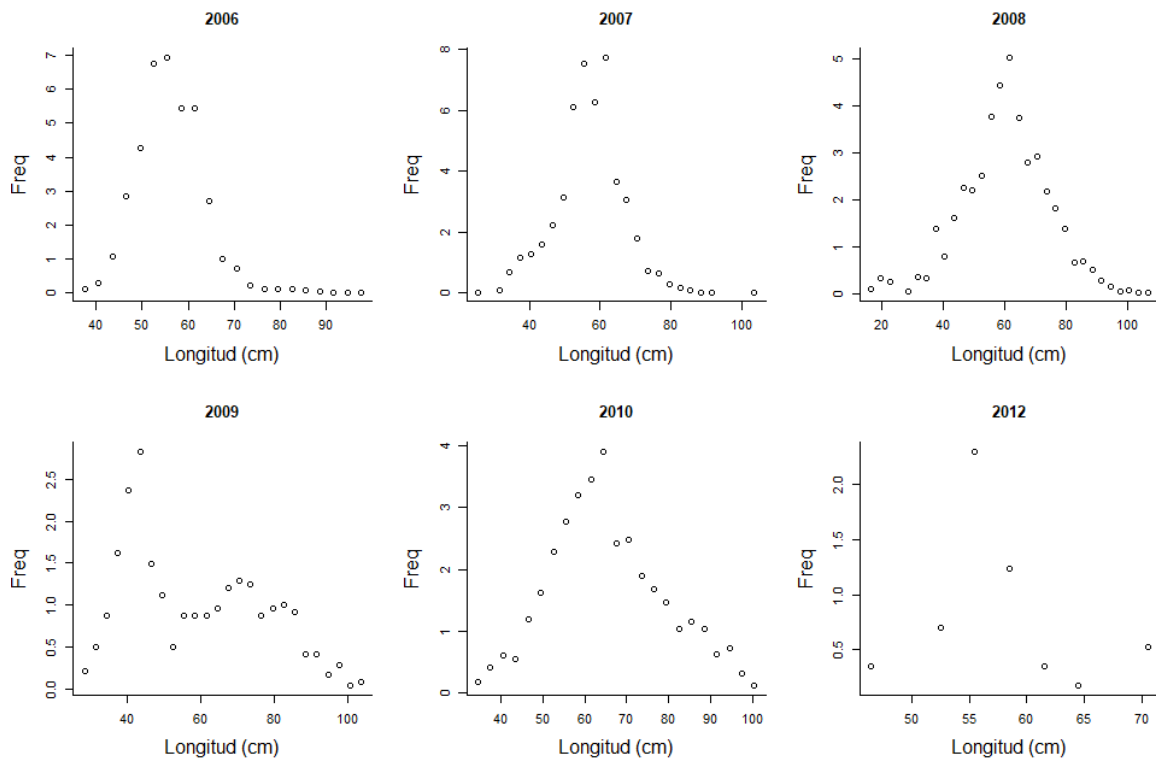


Figura 4-9. Distribución de las tallas del berrugate *Lobotes pacificus*. entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

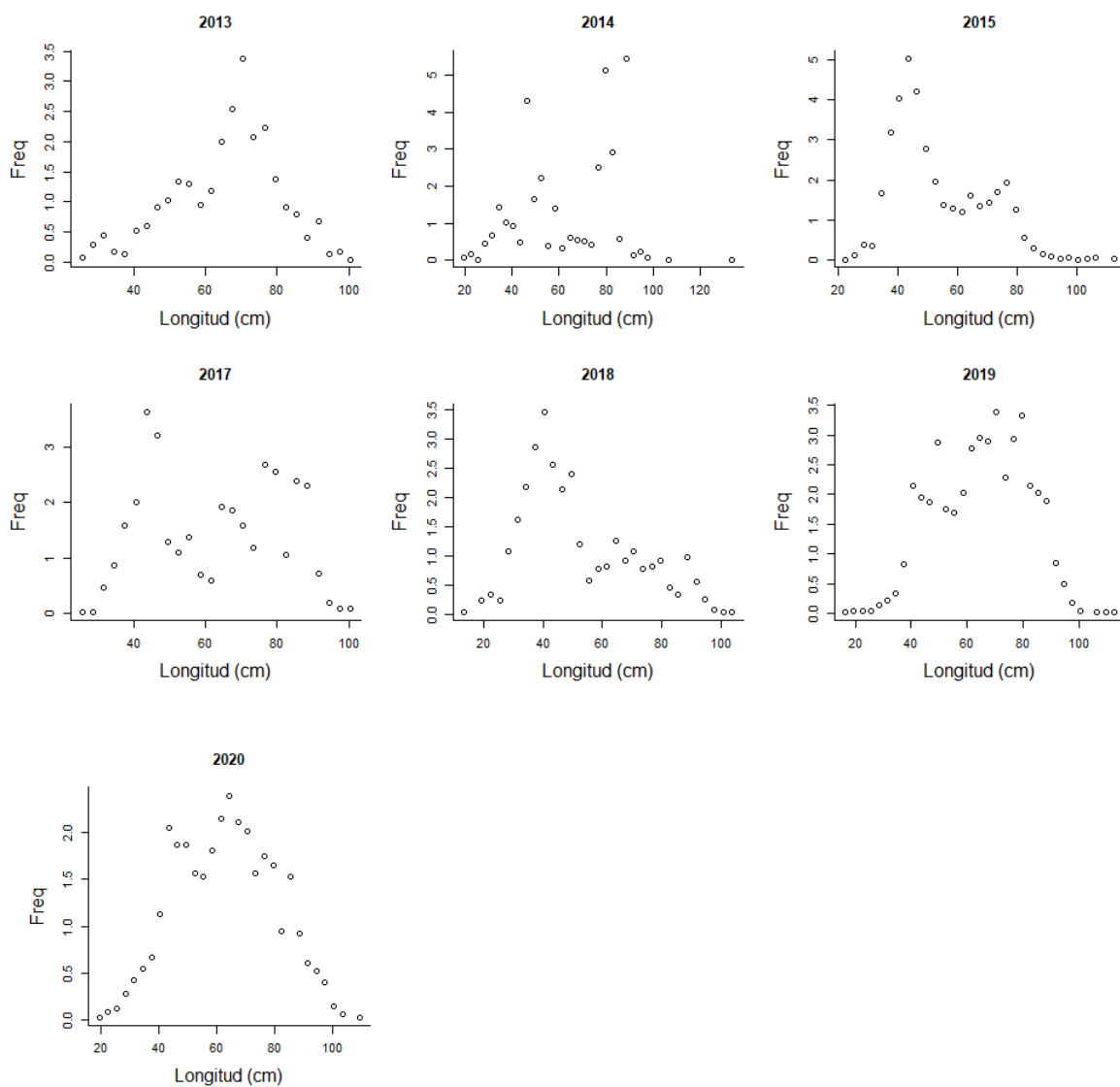


Figura 4-10. Distribución de las tallas del berrugate *Lobotes pacificus*. Entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

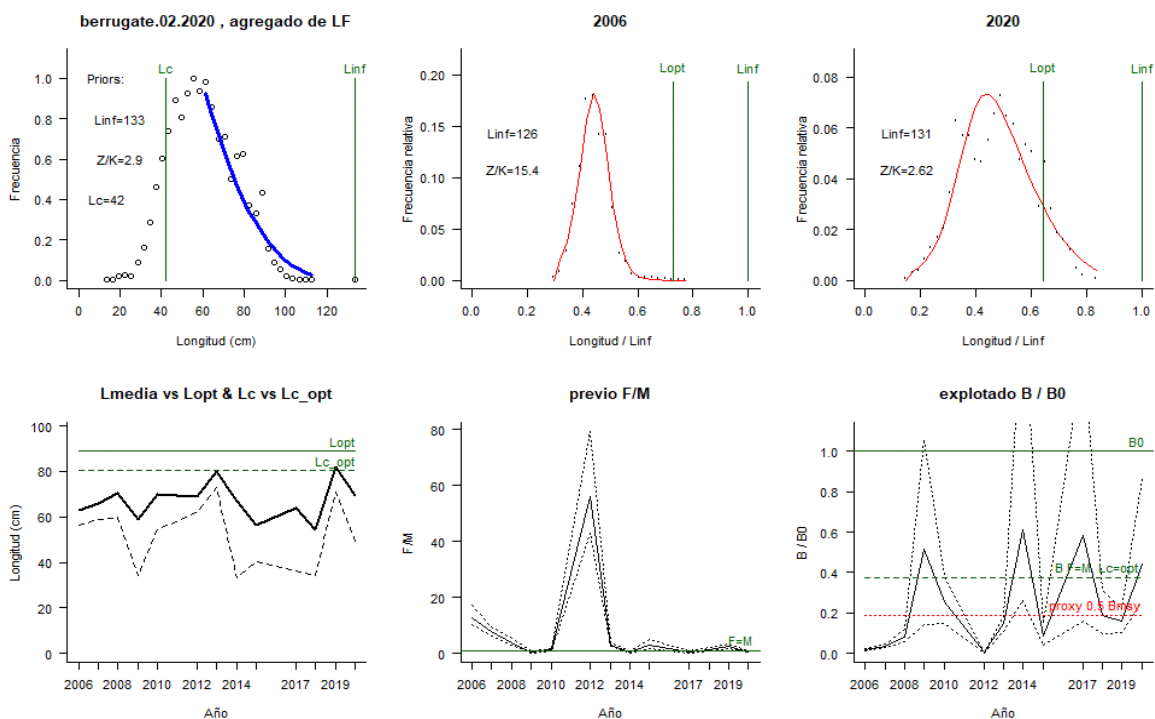


Figura 4-11. Comportamiento de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de 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 a 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 proxí para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxí 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	49.1	47.9	50.9
Lc/Loo	0.37	0.365	0.388
α	20	18.6	21.1
Lmedio/Lopt	0.82		
L 95 %	110		
L 95 %/Loo	0.83		
Lm 50%	56.1	Madurez	63%
F/K	0.97	0.731	1.44
F/M	0.59	0.402	1.05
Z/K	2.63	2.43	2.95
Y/R	0.032	0.0184	0.0633

Parámetros	Unidades cm.	Límite inferior	Límite superior
B/Bo	0.44	0.253	0.867
B/Bmsy	1.2	.673	2.31

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).

4.2.2.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus*.

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 de 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)

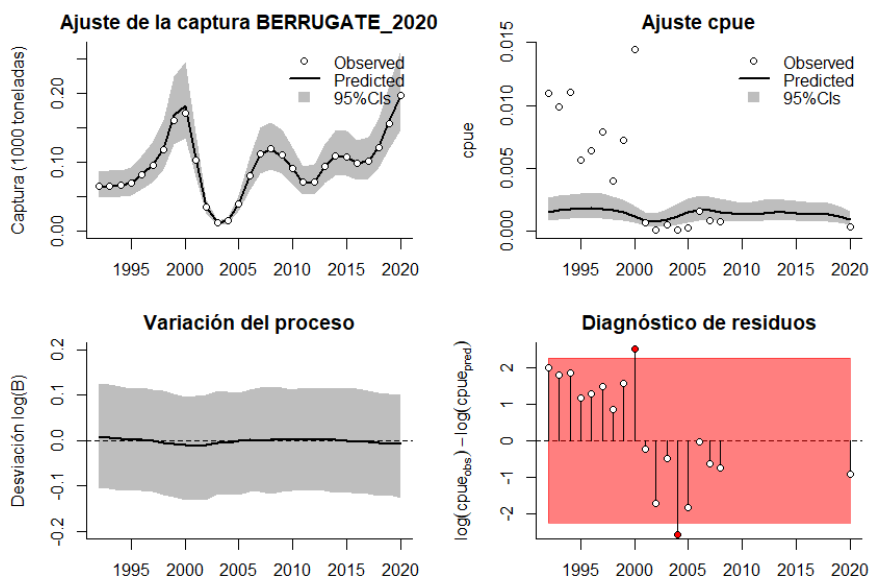


Figura 4-12. Modelación de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 y 2019], queda claro que acerca los resultados por las dos vías que el resultado es similar [CMSY y BSM]. (Figura 4-14)

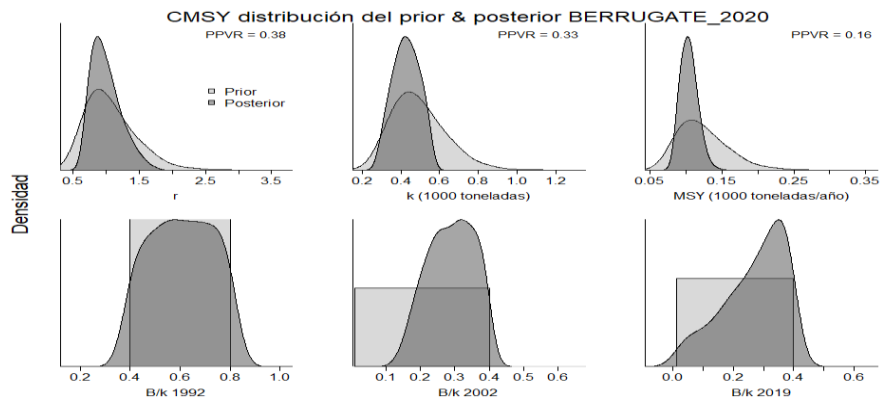


Figura 4-13. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el berrugate *Lobotes pacificus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

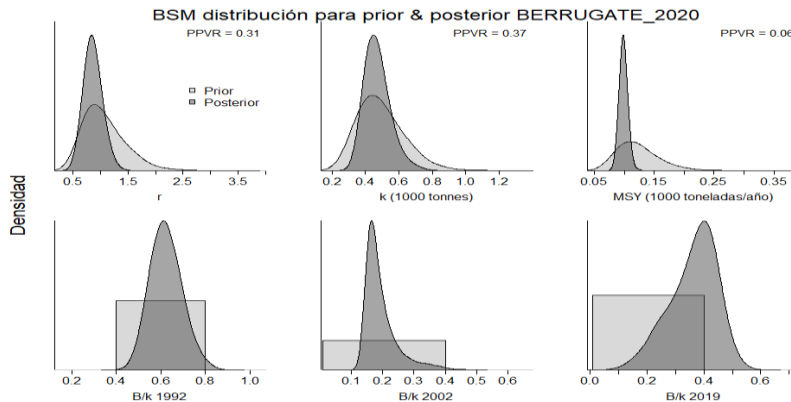


Figura 4-14. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el berrugate *Lobotes pacificus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

Los resultados más determinantes, se destacan los relacionados con las producciones. Se observan muchas variaciones, por lo que se incluyó una media móvil que suavizó estas oscilaciones, resultando que las producciones han tenido dos periodos, uno entre los años 1992 a 200, donde creció hasta el límite de producción y luego decayó; el segundo periodo está entre

2005 al 2020, 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 biomazas $[B/K]$, 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 2020 el rango fue entre 0.01 y 0.4 (Figura 4-15, Tabla 4-14, Tabla 4-15).

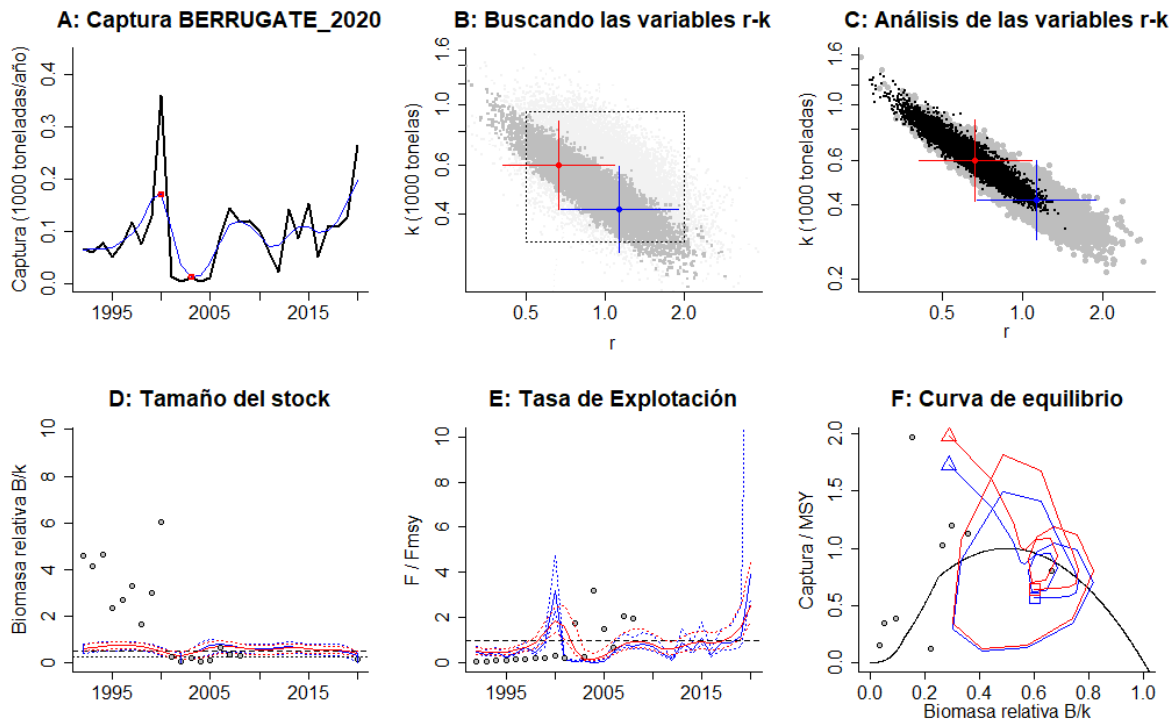


Figura 4-15. Resultados del Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de 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 $B_{msy}=0.5k$, 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.

Medido el impacto que la presión pesquera ejerce sobre el recurso, se encontró que, en el año 2002, se observó la mayor; para el último año se nota que al usar los datos de CPUE se ajustaron las tasas de presión pesquera $[F/F_{msy}]$ entre 2.02 a 1.58, 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 114 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	0.664	0.409	1.08
MSY	114	88.9	152
K			
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.289 de K	0.0398	0.395
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.89	2.85	28.3

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	0.00398	0.00232	0.00682
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.847	0.571	0.114
k	465	337	640
MSY	98.4	85.3	114
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.377 de K	0.176	0.498
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.58	1.11	5.16
r - k log correlación =	-0.94		

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	0.332	0.204	0.54	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.332
Fmsy	0.332	0.204	0.54	(r y Fmsy se reducen)



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$	Decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
MSY	99.8	84.1	119		
B _{msy}	301	207	437		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	236	149	295		
B/B _{msy} en el último año	785	496	980		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.837	0.67	1.33		
Explotación F/F _{msy} =	2.53	1.79	4.46		

Se estableció el comportamiento de las capturas frente al rendimiento máximo sostenible, el cual mostró aumentos y disminuciones secuenciales, aunque la tasa relativa de biomasa [B/B_{msy}], mostró en algunos años donde los niveles pudieron afectar el reclutamiento; a la par con estos movimientos la tasa de presión pesquera [F/F_{msy}] un comportamiento similar a los anteriores, con años altos [2000] y años bajos [2004], lo cual muestra las respuestas del sistema frente a los cambios poblacionales de la especie y como una salida a la 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 95 % de que las pesquerías están en niveles de sobre explotación, el 1.5 % en fase de plena explotación. (Figura 4-17)

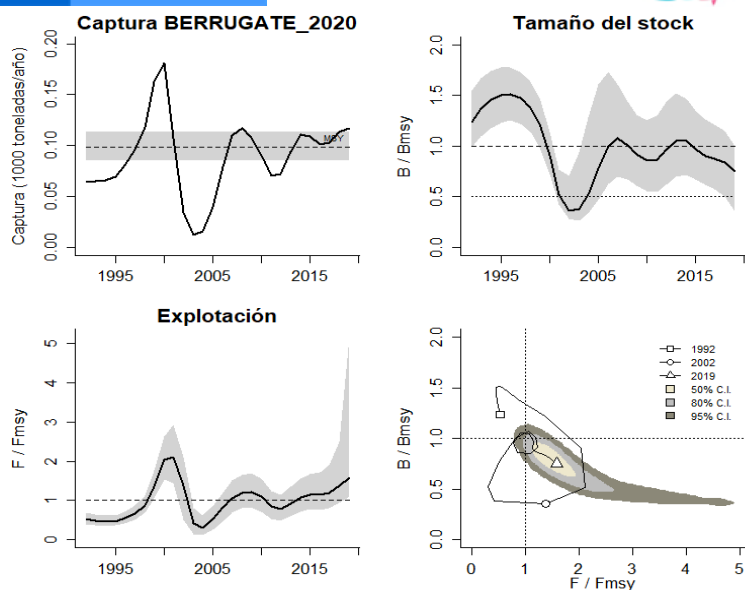


Figura 4-16. Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* para la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

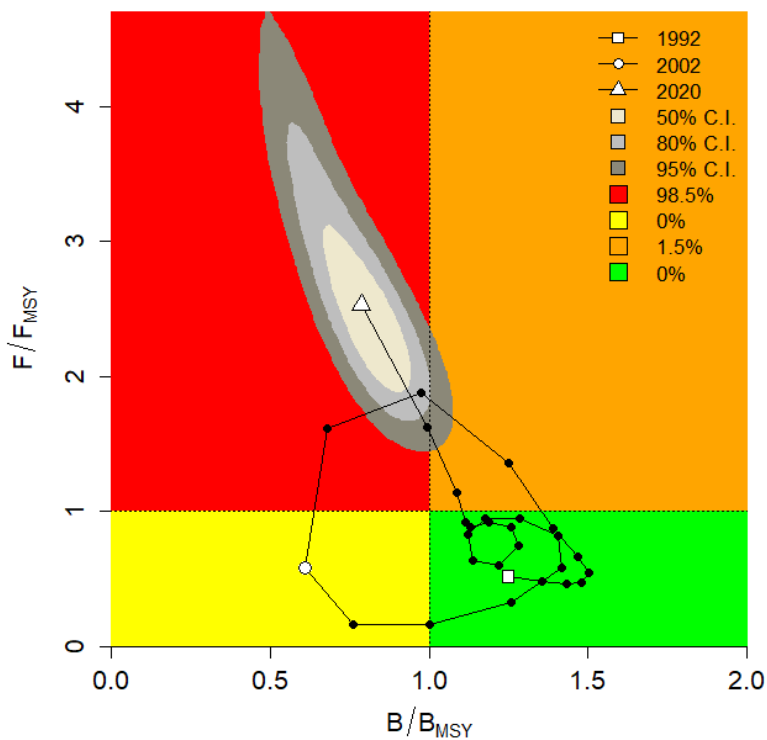


Figura 4-17. Análisis de las pesquerías del berrugate *Lobotes pacificus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.2.6 Modelo Thompson y Bell berrugate *Lobotes pacificus*.

Este modelo que incluyó información de los precios de primera venta que se registraron para el berrugate, mostró que, para el 2020, los registros de las biomazas mostraron que el recurso se encuentra en el punto objetivo con un RMS de 106 toneladas, esta fue concordante con lo observado en con el modelo LBB y, con una estimación sobre el RME de \$ 316 mil millones de pesos

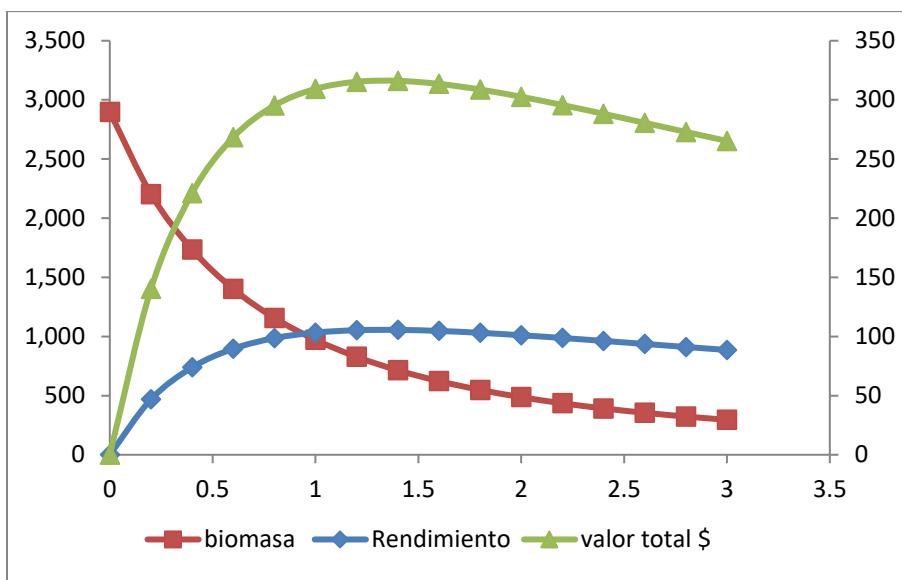


Figura 4-18. Resultados de las estimaciones del berrugate *Lobotes pacificus* utilizando el modelo de Thompson y Bell

4.2.2.7 Modelación con escenarios ambientales del berrugate *Lobotes pacificus*.

La aplicación de modelos de corte ambiental 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 estables 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.

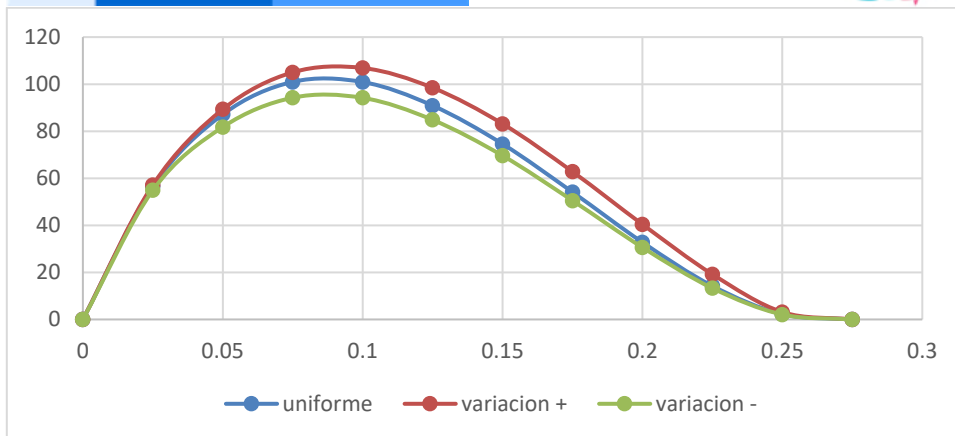


Figura 4-19. Estimación de los cambios del RMS del berrugate frente a los cambios ambientales.

4.2.2.8 Conclusiones sobre el berrugate *Lobotes pacificus*

El berrugate es un recurso aprovechado como parte de las pesquerías multiespecíficas artesanales principalmente, aunque puede ser aprovechado como 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 una alta 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 1.58, y un porcentaje de madurez sexual de 63%, longitud óptima L_{op} de 89 cm de Lt., la biomasa relativa de 0.44, la mortalidad por pesca actual de 0.667 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.424 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $99.8 \pm (84.1 - 119)$.

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



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombres en inglés: Pacific red snapper

4.2.3.1 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_{∞} con un

valor de 97.32 cm, y una tasa de crecimiento metabólica $K= 0.111$ 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 $Z= 0.282$ año⁻¹, y para los machos de $Z= 0.366$ 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 $K= 0.24$ 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.

4.2.3.2 *Análisis de los datos biológico de las pesquerías de pargo rojo Lutjanus peru*

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 especie 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 Φ' 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. (Gutiérrez 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 _{oo} [cm]	K	Z	M	F	E
0.0332	2.7304	0.9739	38.5	62	105	0.51	2.25	0.8	1.45	0.64

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 las línea de mano fueron las de mayor capacidad de las diferentes tallas, seguida por los palangres o espineles (Tabla 4-18 Figura 4-20).

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

Arte de pesca	Promedio	S ²	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



Arte de pesca	Promedio	S ²	S	E.E.	n
Red de enmalle fija marina	34.2	82.62	9.09	0.60	232

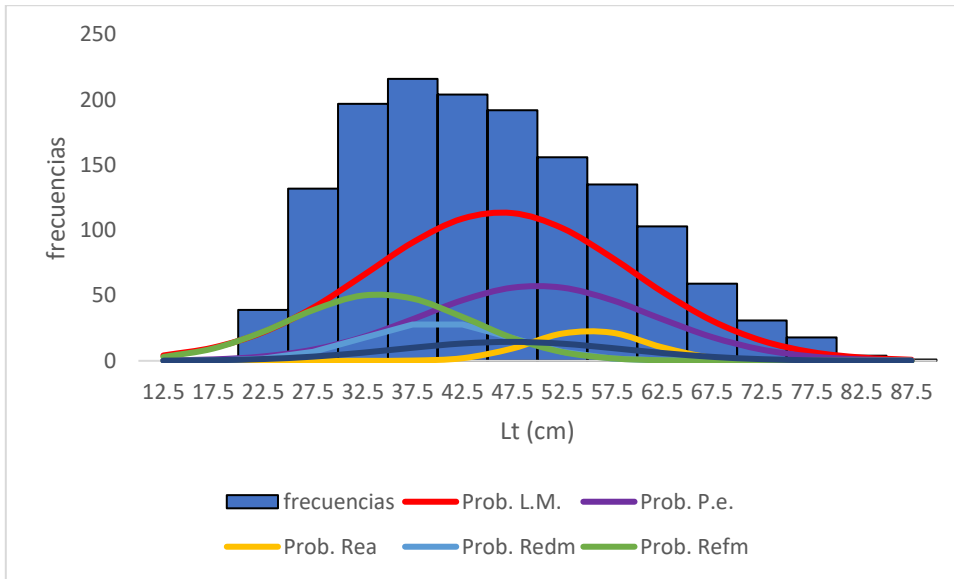


Figura 4-20. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del pargo rojo *Lutjanus peru* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; P.e. = palangre espinel; Rea = red de cerco artesanal ruche; Redm. = Red de enmalle de deriva marina; Reefm. = red de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

4.2.3.3 Modelo de tallas LBB para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru*

Se revisaron los datos correspondientes a las pesquerías realizadas entre el 2007 - 2020, en lo relacionado con las tallas y aplicando la propuesta técnica para determinar el comportamiento de las tallas de acuerdo con los aspectos de selectividad, estas se ajustaron a una gráfica que relaciona las tallas con su abundancia relativa; todos los años se presentaron las distribuciones de acuerdo con lo previsto, excepto para el 2017 que registro un segunda distribución de los individuos más grandes. (Figura 4-21)

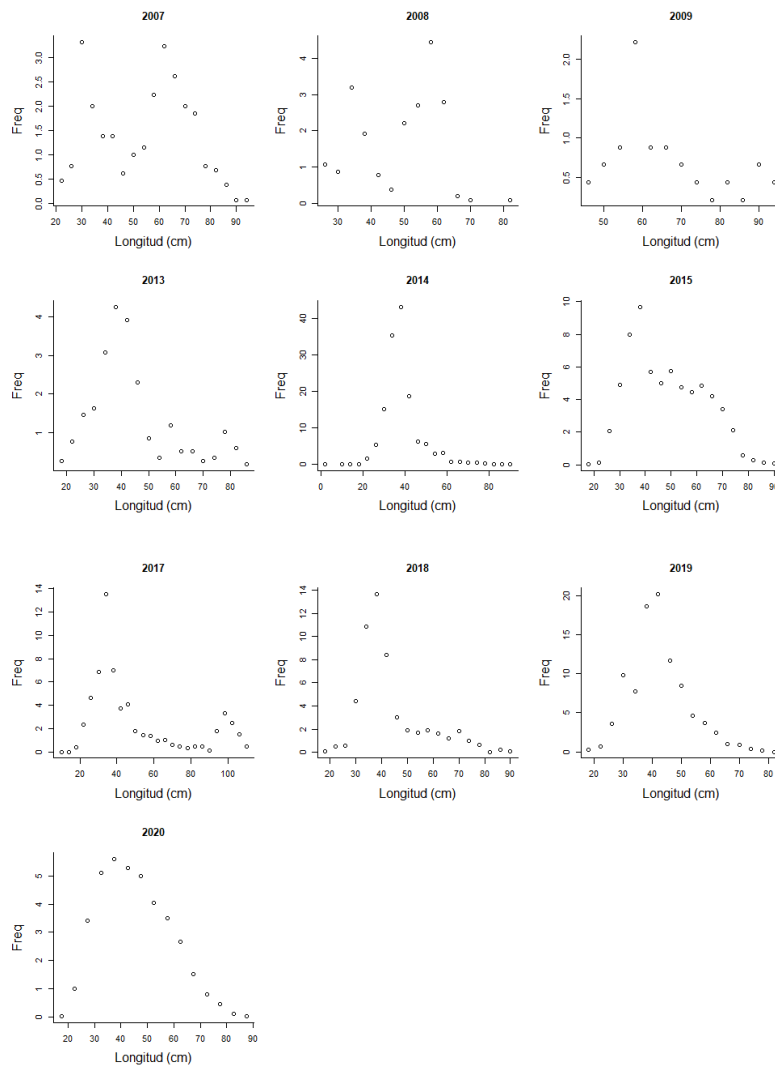


Figura 4-21. distribución de las tallas de pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano.

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), la cual fue estimada en 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	estadístico	valor	condicionante	valor	estadístico	
Loo pior	132	SD	1.32				



Parámetro	valor	estadístico	valor	condicionante	valor	estadístico	
Z/K prior	3.97	SD	10.7	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	2.47	(con un rango amplio t = 4 en una distribución log-normal)					
Lc prior	32.6	SD	3.26	alfa prior	37.7	SD	3.77

De manera general las estimaciones de los parámetros que define el comportamiento de las poblaciones mostraron una proyección de la longitud asintótica similar a los valores estimados mediante la estrategia de datos prior, la longitud optima (Lop.) y la talla optima al 50% (Lc_{opt}) fueron 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.

La tasas de mortalidad natural relacionada con tasa metabólica es muy cercana a los valores propuestos teóricamente; mientras que las otras (F/K, Z/K, Y F/M) son valores muy altos que diagnostica 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 0.5Bmsy, con una ligera recuperación en el 2015 denotada también 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.

parámetro	valor	condicionante	valor	valor
L _{oo}	131	rango	129	134
Lop	88	Lopt/Linf	0.67	
Lc _{opt}	80	Lc _{opt} /Linf	0.61	
M/K	1.45	rango	1.15	1.71
F/K	3.86	rango	3.39	4.3
Z/K	5.41	rango	5.1	5.75
F/M =	2.47	rango	1.87	3.23
B/B ₀ F=M Lc = Lc _{opt}			0.368	
B/B ₀	0.0759	rango	0.0515	0.105
Y/R´ F=M Lc = Lc _{opt}			0.0482	
Y/R´ =	0.00807	rango	0.00548	0.0111

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.

		rango	
Lc	33	32.4	33.5
alfa	31.3	29.8	32.9
Lpromedio/Lopt		0.58	
Lc/Linf		0.25	
L95th	87.5	L95th/Linf	0.67
Lc/Lc_opt		0.41	
F/K =	3.6	3.13	4.03
F/M =	2.3	1.76	3.02
Z/K =	5.15	4.85	5.49
Y/R´ =	0.0097	0.00652	0.0131
B/Bo =	0.085	0.0571	0.115
B/BMSY =	0.23	0.115	0.311
Lm50	46.1	Madurez	47%

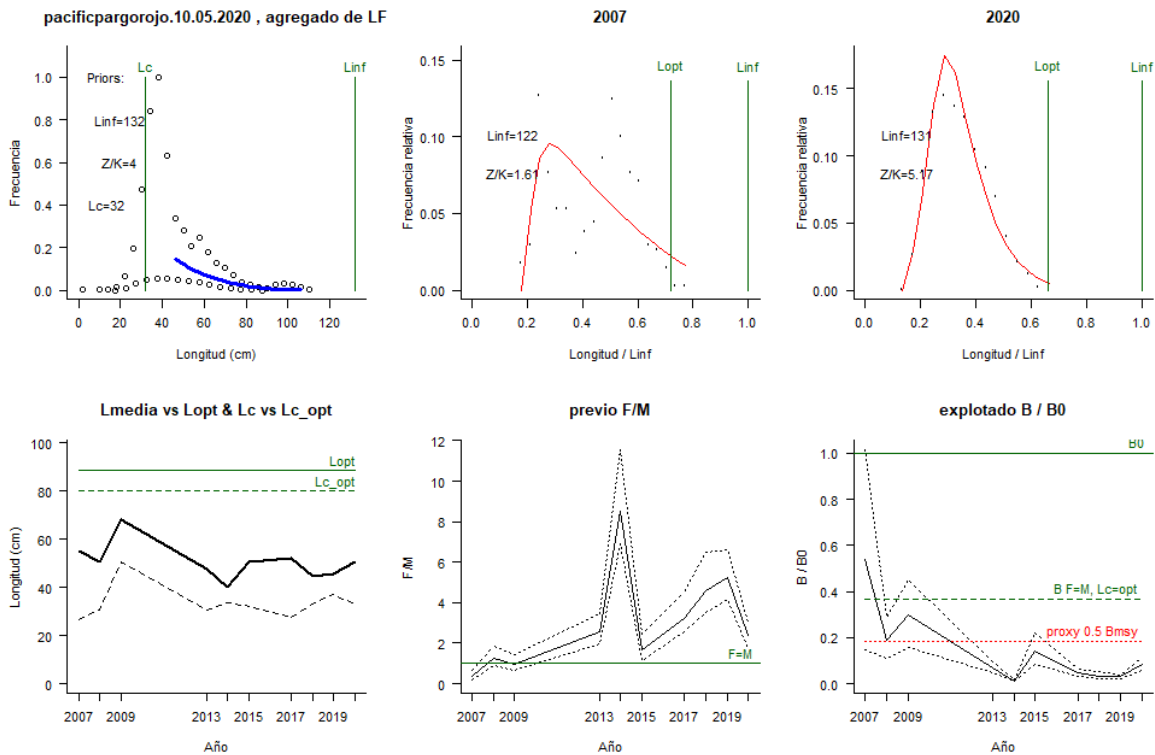


Figura 4-22. Comportamiento de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes 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 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].

4.2.3.4 Modelo CMSY y BMS para el análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru*

Se evaluaron los datos, tanto de captura como los de CPUE, con el fin de observar su proyección dentro del modelo realizado. 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)

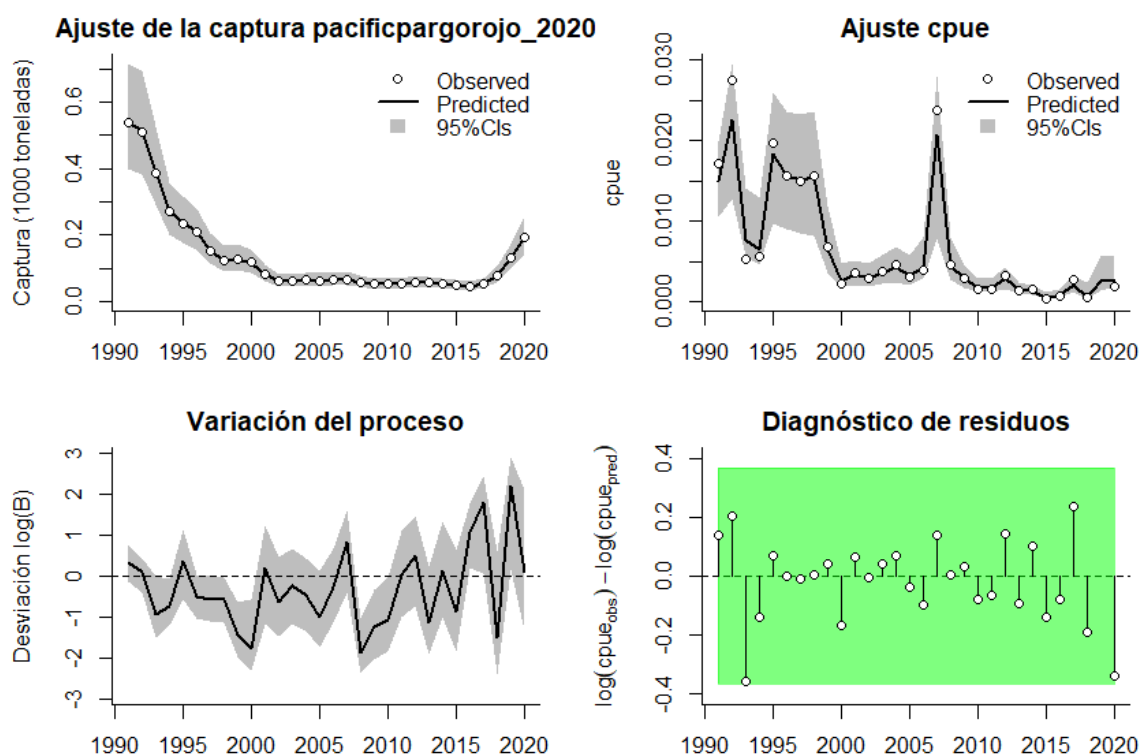


Figura 4-23. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de pargo rojo *Lutjanus peru*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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 de los puntos de referencia utilizados, se encontró que el menor valor de las varianzas de los análisis prior y posterior fue para la tasa intrínseca de crecimiento [r] por lo tanto es el mejor ajuste para el modelo, y en su orden están las probabilidades estadísticas de la capacidad de carga y, contrario a los anteriores recursos, el de menor ajuste es el del 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 base muestreados, determinándose que las tasas relativas de las biomásas 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 biomásas, esto se mantuvo para el año final de 2019. (Figura 4-24, Tabla 4-22, Tabla 4-23)

Revisado el análisis, pero incluyendo la CPUE, mediante el modelo BSM, los resultados cambiaron diametralmente la razón de varianzas y ahora el mejor ajuste es para la capacidad de carga [k] seguido por el MSY y las varianzas más altas se dan para r. (Figura 4-23, Tabla 4-21, Tabla 4-22, Tabla 4-23)

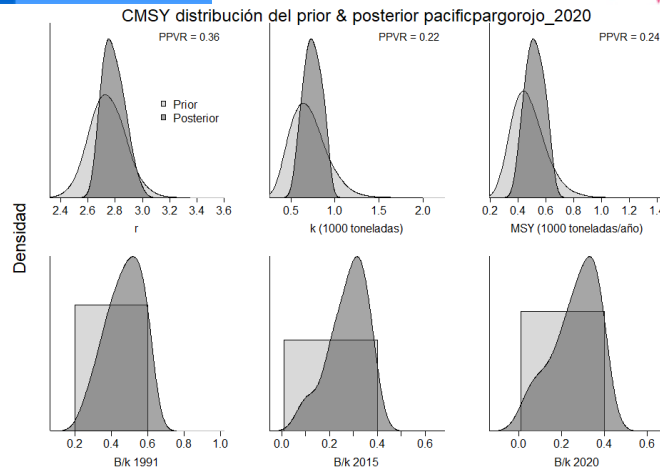


Figura 4-24. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus peru*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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%	
r	2.82	2.65	3
MSY	518	400	636
K	698	527	925
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.286 k	0.0369	0.395
Explotación F/(r/2) en el último año	1	0.727	7.78

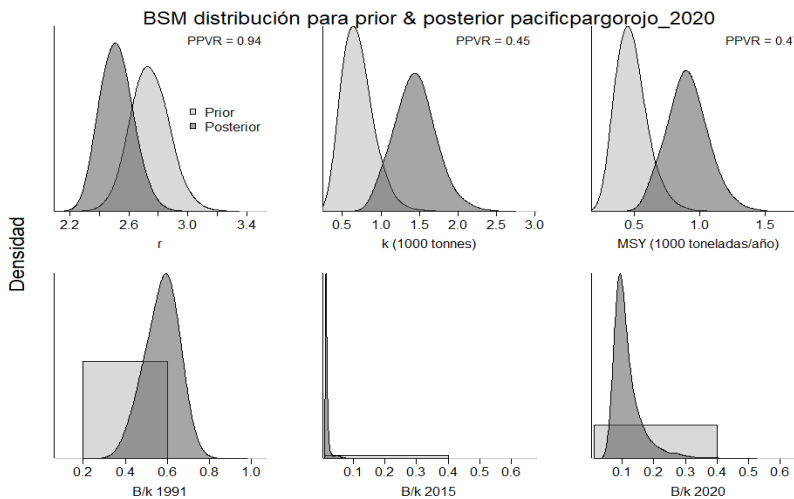


Figura 4-25. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Lutjanus peru*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto

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	0.0183	0.014	0.0239
Intervalo de confianza al 95%			
r	2.52	2.31	2.74
k	1,420	983	2,050
MSY	893	635	1,260
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.103 k	0.0645	0.263
Explotación F/Fmsy en el último año	2.43	0.536	5.7
correlación log r-K		-0.429	

Cuando se realizó la evaluación del comportamiento de las capturas se encontró que la pesquería se ha ido disminuyendo paulatinamente, aunque hay una ligera recuperación para los dos últimos años. Luego se analizó lo que pasó con el tamaño del stock frente a la biomasa relativa a través de los años, lo primero que se observó fueron las rutas de la captura [línea azul], frente a los que pasó con la CPUE [línea roja] (Figura 4-26, panel D), es diferente especialmente porque la CPUE se comporta como un nivel de referencia, por lo que al ser este estático, le permite a la tasa relativa moverse, de forma aleatoria, con impactos y reacciones que posiblemente tenga que ver con las variaciones externas al sistema como cambios climáticos oceanográficos contaminación, entre otras que hace que el sistema sea variable. (Figura 4-26).

Cuando se analizan los resultados obtenidos para la tasas de aprovechamiento pesquero [F/Fmsy], encontramos un situación inversa a la planteada sobre el tamaño de las producciones; estas permanecen fijas mientras lo que varía es la tasas estimada por el modelo BSM, esto permite visualizar que mientras las biomasa fluctúan la tasa de aprovechamiento permaneció más o menos constante y cuando las tasas se modificaron en relación con la CPUE, estas tuvieron cambios apreciables. (Figura 4-26, panel E).

Se obtuvo un modelo de curva de equilibrio, donde se muestra cómo las pesquerías empezaron en un punto de rendimiento máximo sostenible que rápidamente pasaron a los niveles máximos de aprovechamiento, de allí tuvieron un proceso de altas y bajas sucesivas donde se pasó de un periodo corto de alta producción a uno bajo, se tuvieron muchos puntos acumulados en la base de extrema explotación que casi conllevan al sistema a un colapso (Figura 4-26). Analizado lo que con las capturas frente a la estimación que se hizo del rendimiento máximo sostenible, en ningún año se alcanzó este punto de referencia límite, esto se evidencia cuando se revisan las tasas relativas [tamaño del stock] a través de los años, que la mayoría de las veces se tuvo valor inferior a la línea de 0.5 B/Bmsy, que indica que se incidió negativamente en el reclutamiento. En cuanto a la tasa de explotación ocurrió un periodo de intenso impacto entre los años 2015 a 2018. (Figura 4-27, panel F)

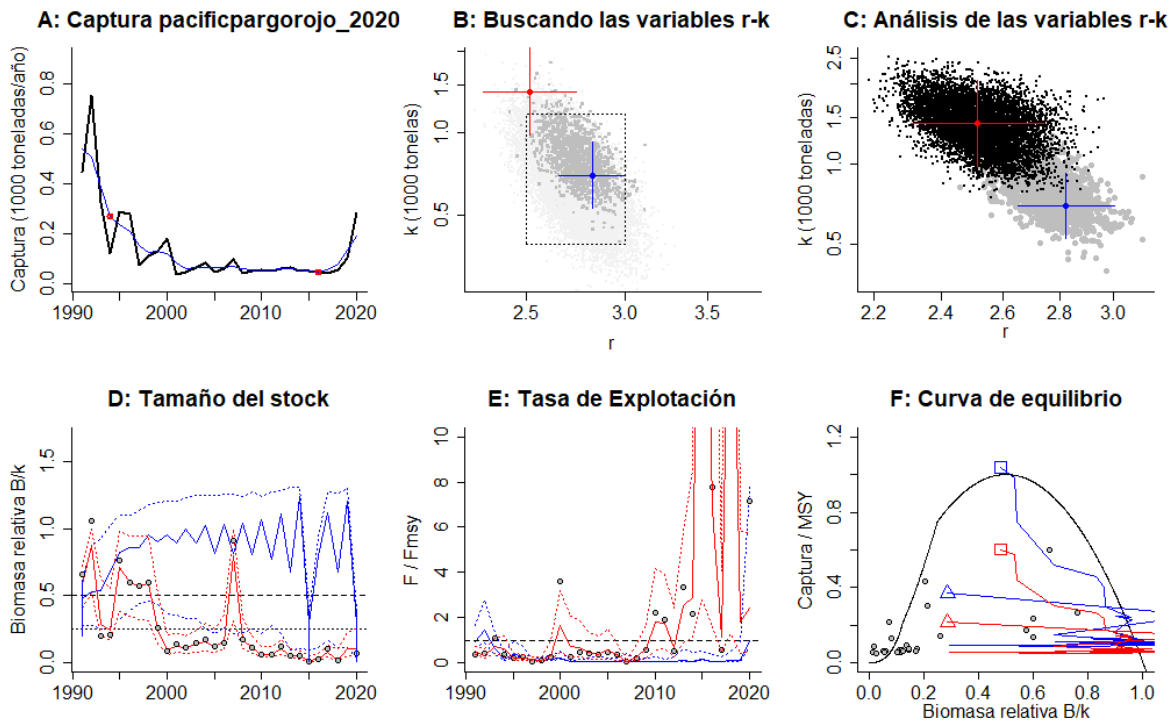


Figura 4-26 Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta 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/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.

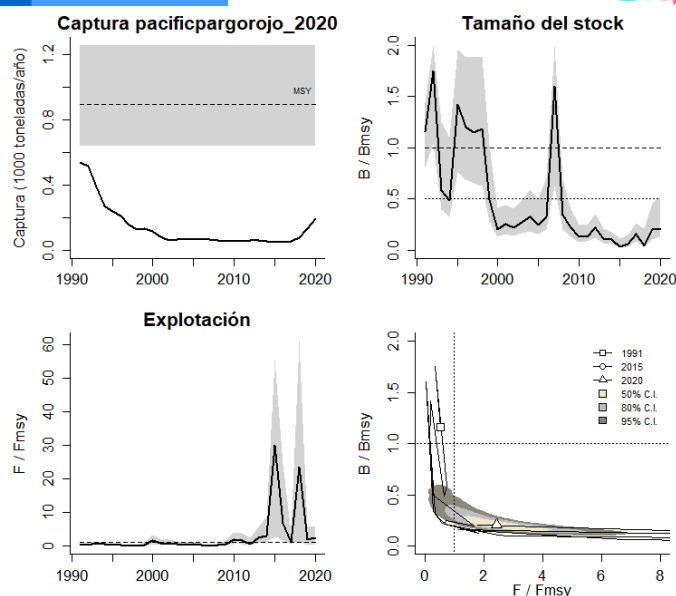


Figura 4-27 Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Finalmente se analizó, con la ayuda del gráfico de fases de Kobe, la secuencia del comportamiento de las capturas, encontrándose que tuvieron una primera fase de subexplotación luego y de improviso se entró en la fase de sobreexplotación, y aunque ha tenido algún periodo de recuperación, casi todas las fase de intensidad están en la zona roja de casi colapso, lo que afectó el reclutamiento, pues en la mayoría de los 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 2020, el 90% estuvo en la zona crítica de las pesquerías y el 9.6 % en zona de recuperación. (Figura 4-30).

4.2.3.5 Modelos probabilísticos ambientales pargo rojo *Lutjanus peru*

Se estudio el comportamiento que tendría los RMS frente a los posibles cambios que puedan tener 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)

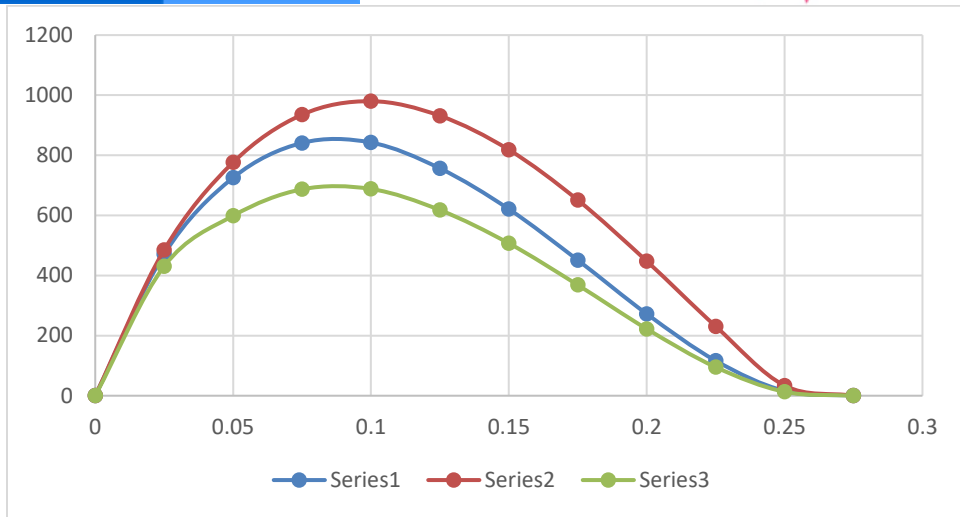


Figura 4-28 Estimación de los cambios del RMS del pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano frente a los cambios ambientales.

4.2.3.6 Modelo de Thompson y Bell pargo rojo *Lutjanus peru*.

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).

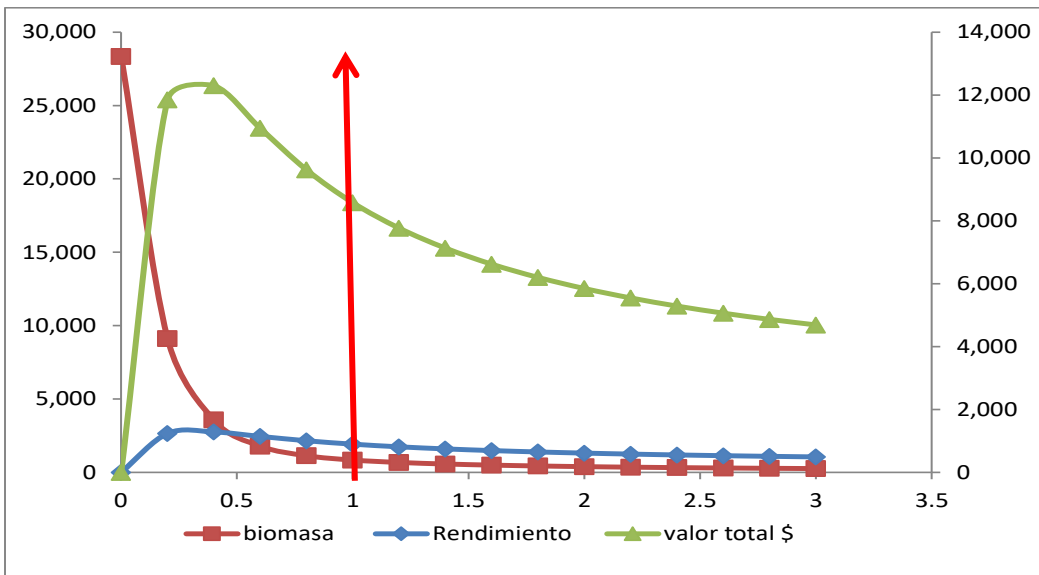


Figura 4-29. Resultados de las estimaciones del pargo rojo *Lutjanus peru* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell

4.2.3.7 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 bienestar; lo cual implica recomendar que se continúen con investigaciones sobre su dinámica poblacional.

Si las pesquerías siguen el camino de los últimos años, en donde se evidencia una leve recuperación, el recurso, si se realiza un adecuado manejo, podría mostrar un nivel de recuperación, pues se puede pronosticar que, si se tiene como punto de referencia sostener 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 estaría en reducir la mortalidad por pesca a un valor de F entre 0.5 a 0.7, que sería un nivel de sostenibilidad que también produciría efectos en 5 años.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 2.43, biomasa relativa de 0.103, la mortalidad por pesca actual de 1.26 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.519 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 893 ± (635 - 1,260) toneladas.

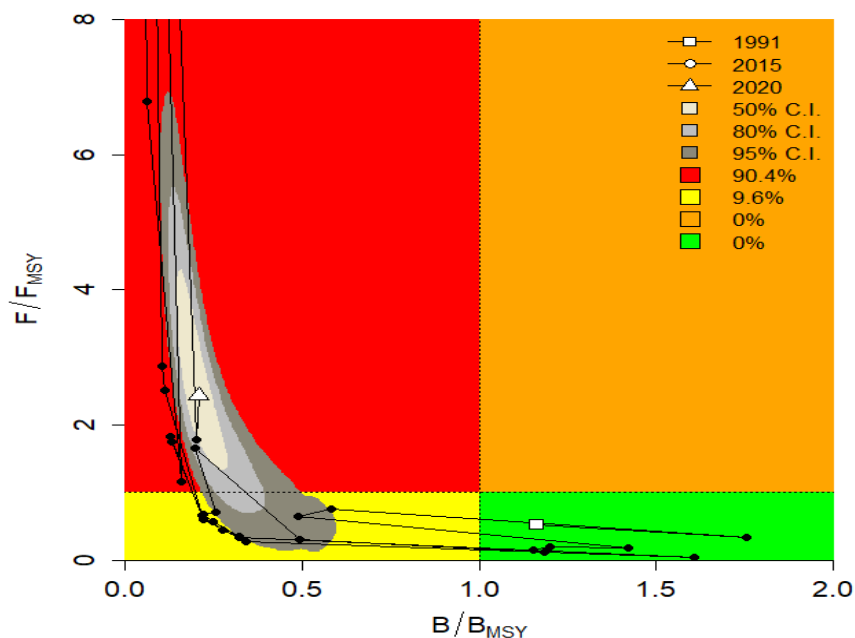


Figura 4-30. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus peru* para la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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



Foto: R. Robertson© (STRI)

Nombre en inglés: Green Jack

4.2.4.1 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 ± 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 pacífico colombiano, y Zambrano et al (2018 b) encontraron una TMC de 28.2 m LT para la zona sur del Pacífico colombiano.

4.2.4.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del burique *Caranx caballus*.

En las evaluaciones más recientes relacionados con la historia de vida y dinámica de poblaciones que muestren las estimaciones de los parámetros indicando que éste es una especie de crecimiento medio con tasas de aprovechamiento acatables 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 ²	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.032		0.98				0.3	1.1			0.5172413
5	2.91	3	29	40	52	6	6	0.56	0.6	8

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.

4.2.4.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de burique *Caranx caballus*.

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 el 2020 presentan que el mismo es capturado por tres tipos de artes, de las cuales la línea de mano es la que más individuos de todas las tallas son capturados. Con esta información se pudo averiguar que la talla media de captura, de las 1,113 individuos muestreados, presentó una estimación de 29.5 cm de Lt. ± 0.17 (Tabla 4-26, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

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 ²	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

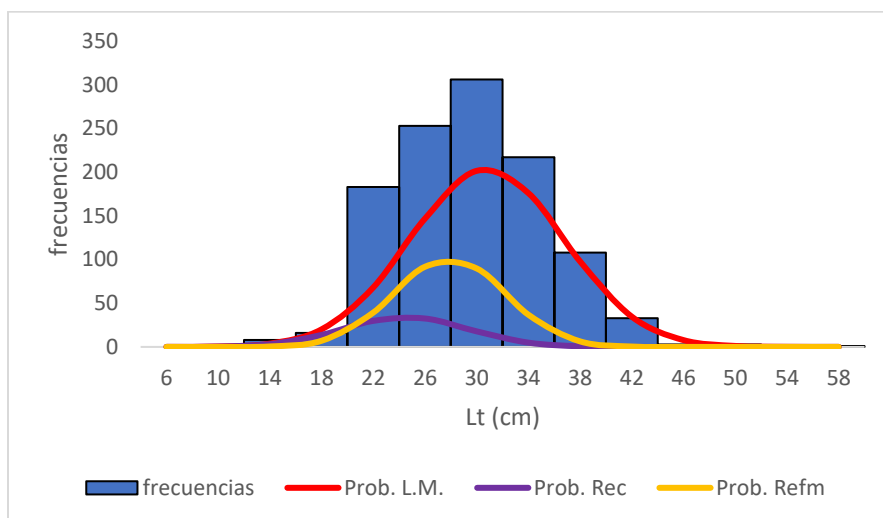


Figura 4-31. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del burique *Caranx caballus* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; Rec. = Red de enmalle camaronera; Refm = red de enmalle fija marina.

4.2.4.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías burique *Caranx caballus*

La evaluación de los resultados fue verificada mediante los ajustes en las capturas y en la captura por unidad de esfuerzo; en ambos se puede percibir que la información fue ajustada de acuerdo con los estándares de seguridad estadística igualmente cuando se realizó el diagnóstico de los residuos. (Figura 4-32)

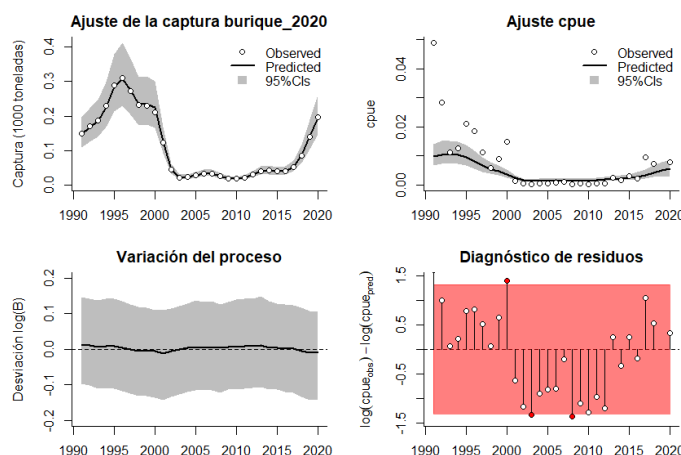


Figura 4-32. Modelación de las pesquerías del burique *Caranx caballus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado al 95 %. En el superior derecho, el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 95 % de 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 verde muestra que hay un ajuste efectivo frente al comportamiento normal de los mismos.

Cuando se analizó la distribución de las estimaciones de los parámetros de referencia sobre el diagnóstico del estado de salud del burique se encontró que el mejor ajuste fue el de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional con una clara independencia de las interrelaciones prior y posterior 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).

Pero cuando se utilizó 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)

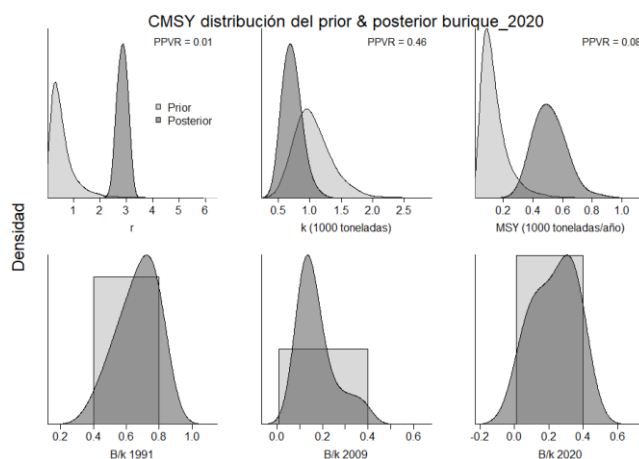


Figura 4-33. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el burique *Caranx caballus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

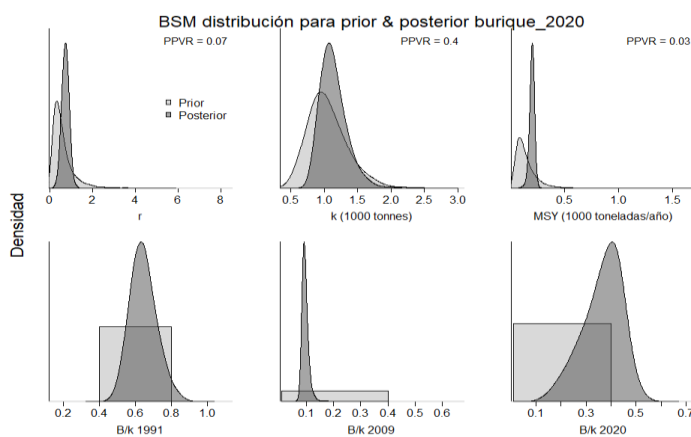


Figura 4-34. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el burique *Caranx caballus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes de la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 mostraron una tasa intrínseca (r) bastante alta, que luego en los análisis generales se vio seriamente disminuida; igualmente ocurrió con los puntos de referencia de K y MSY , que demuestran que las pesquerías entraron en un nivel crítico. Igualmente, las tasas de las biomazas relativas calculadas muestran un factor preocupante puesto que está en el borde del límite crítico del 25% de la capacidad de carga de la especie en el ecosistema. (Figura 4-33, Figura 4-34)

Como una determinación de los parámetros que se manejan en la actualidad se planteó como punto de referencia limite un valor de MSY en 196 t., con una mortalidad por pesca que esta alrededor de 0.35 años⁻¹, con una tasa relativa de biomazas del 0.378; la mortalidad por pesca en el último año 0.461 (2020) 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	2.7	2.26	3.22
MSY	499	365	723
K	818	506	1,320
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.255 k	0.0258	0.392
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.995	0.647	9.85

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	valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.0136	0.00843	0.0219
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.699	0.42	1.16
k	1,120	807	1,560
MSY	196	152	254
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.378 de K	0.185	0.494
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.33	0.927	3.63
r - k log correlación =		-0.897	

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

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
F_{msy}	0.35	0.21	0.582	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.35



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	0.35	0.21	0.582	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$)	
MSY	196	152	254		
Bmsy	561	403	781		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	424	208	555		
B/Bmsy en el último año	0.756	0.370	0.989		
Mortalidad por pesca en el último año	0.461	0.352	0.941		
Explotación F/Fmsy	1.33	0.927	3.63		

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, 2019 y 2020) se nota un ligero nivel de recuperación. 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 las tasas subieron, para luego estabilizarse hasta el 2020. De otra parte y observando lo que ocurrió con la curva de equilibrio, que muestra 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) pero que 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)

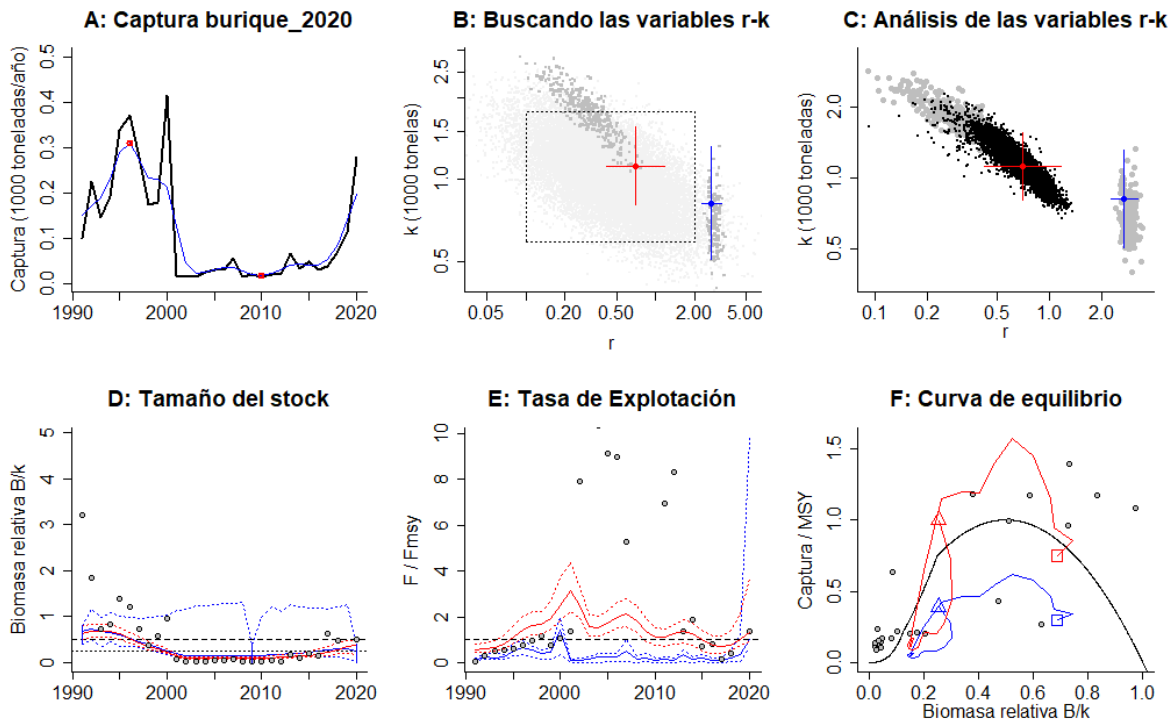


Figura 4-35. Resultados del Análisis de las pesquerías del burique *Caranx caballus* para el Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más 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/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.

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, que es una situación verificada al estudiar el tamaño del stock con sus referentes de aprovechamiento, tanto como el equilibrio de B/B_{msy} como el proxi del $0.5B$, aunque hacia el 2020 se muestra una interesante recuperación (Figura 4-36)

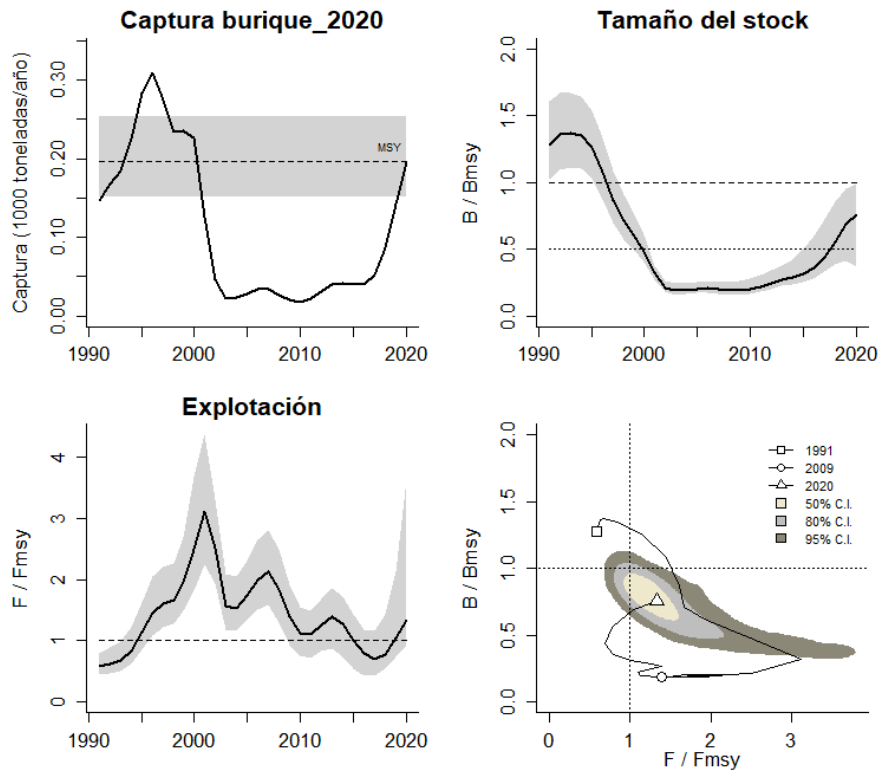


Figura 4-36. Análisis de las pesquerías del buriqe *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la 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 biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

Pero donde se puede ver claramente lo que está ocurriendo con las pesquerías de este recurso, se puede evidenciar en el gráfico de fases de Kobe, en él se observa 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 críticas se tiene que el recurso entre en una fase de recuperación hasta en una probabilidad del 5.6%, inclusive se estima que el recurso se puede entrar en niveles óptimos en una probabilidad baja pero existente de 1.4 %. (Figura 4-37)

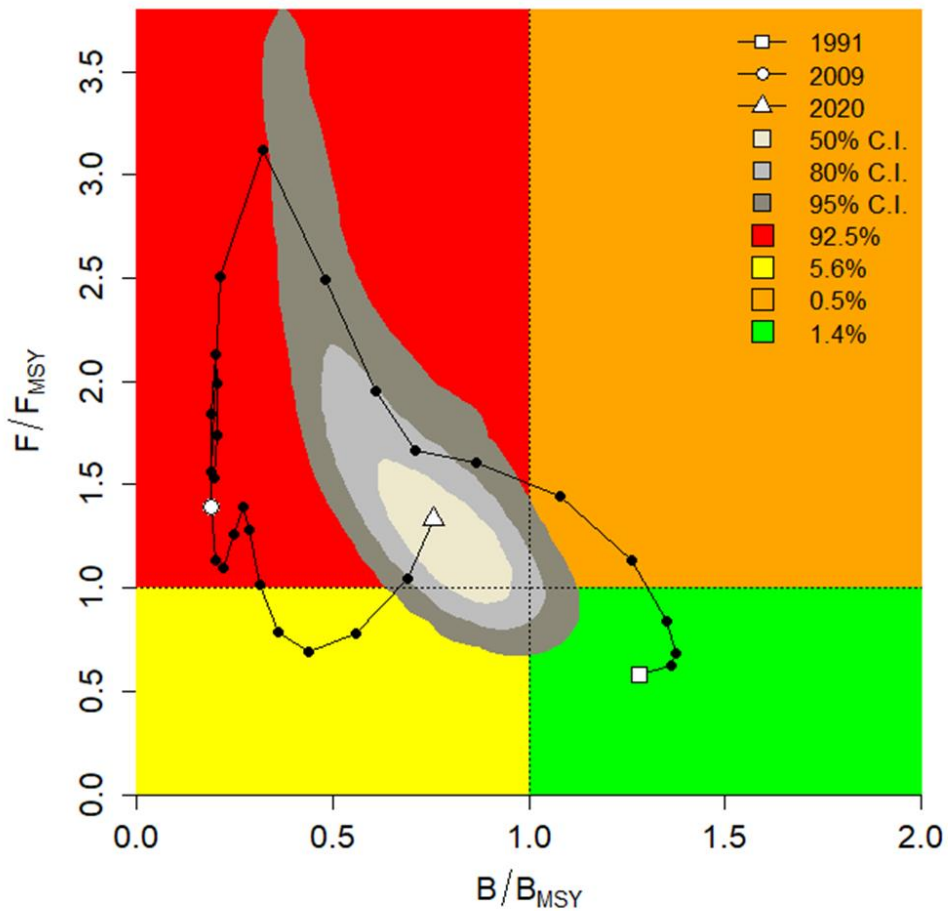


Figura 4-37. Análisis de las pesquerías del burriquete *Caranx caballus* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.4.5 Modelos de probabilidades ambientales de tipo bayesiano de Schaefer burriquete *Caranx caballus*.

Al probar las condiciones pesqueras con cambios ambientales con 7 escenarios de este tipo de situaciones, se pudo determinar 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).

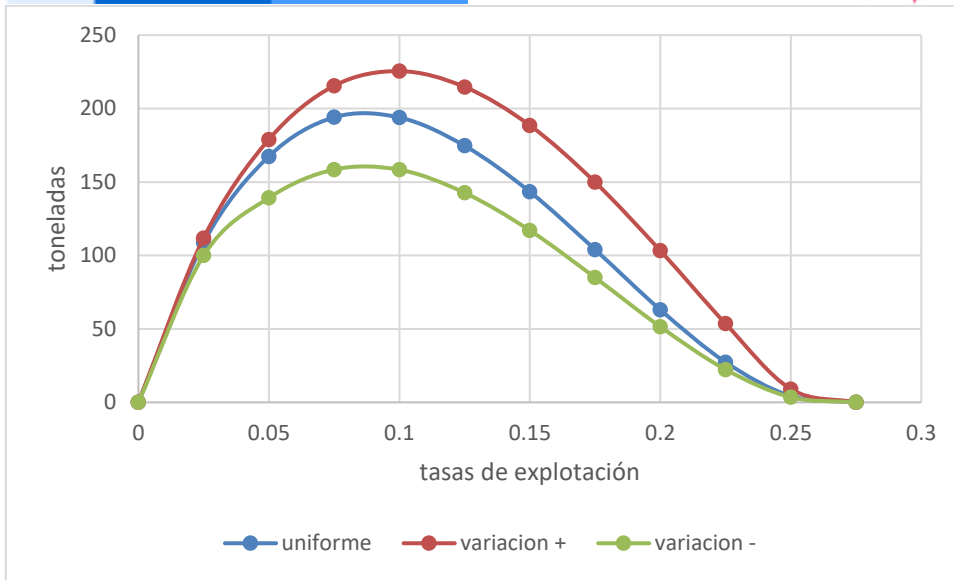


Figura 4-38. Resultados de las estimaciones del burique *Caranx caballus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.4.6 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 que puede empeorar, pero también se puede ver que el recurso puede mejorar su condición con unas buenas medidas de administración y manejo pesquero. 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 puede entrar 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 0.16, biomasa relativa de 0.5, la mortalidad por pesca actual de 1.33 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.1.33 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 196 ± (152 – 254) toneladas.

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



Foto: G.R. Allen © (Fishbase)

Nombre en inglés: Cachema weakfish.

4.2.5.1 Antecedentes del recuso 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.

4.2.5.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*

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 coinciden 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	r2	T.M.	T.M.C.	L _∞	k	Z	M	F	E
0.0544	2.5522	0.6886	34.1	37	68.03	0.37	2.07	0.7	1.37	0.66

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

4.2.5.3 Análisis de los datos de dinámica poblacional de la pelada.

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 220, 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 que mayo y más variedad de tallas capturó (Tabla 4-32, Figura 4-39)

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 ²	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 camaronera	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

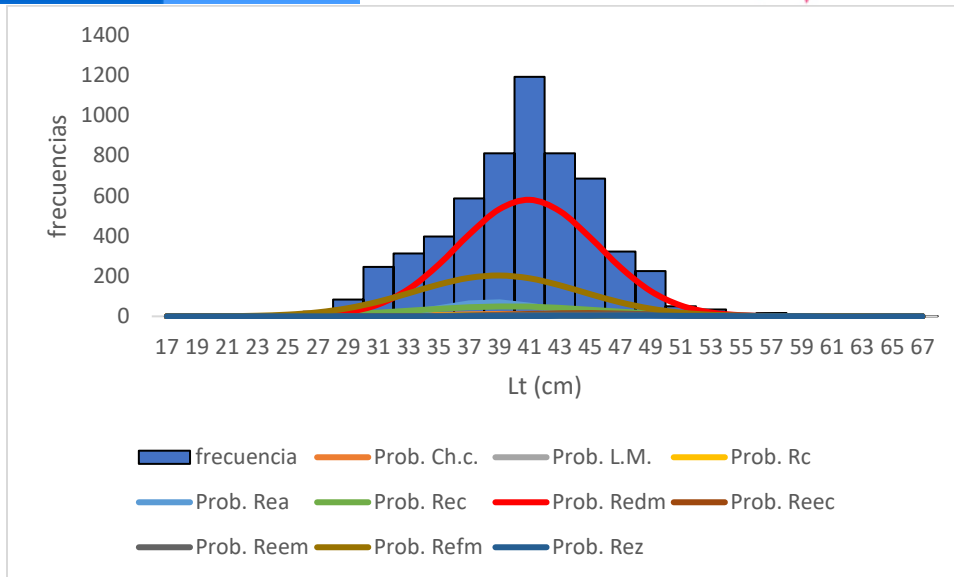


Figura 4-39. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el año 2020. Ch.c. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; Rc. = red de cerco; Rea = red de cerco artesanal o ruche, Rec = red de enmalle camaronero; 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 sngarreo.

4.2.5.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*

Inicialmente se estudió el comportamiento del registro 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 4-40)

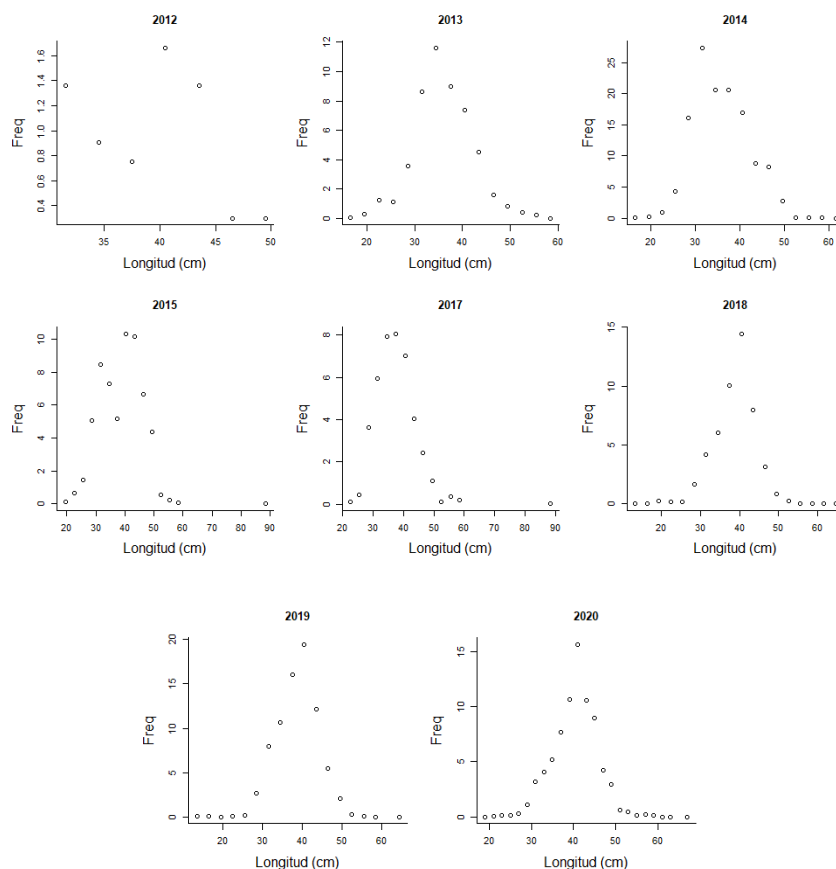


Figura 4-40. Distribución de las tallas de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. Entre los años 2012 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Con este modelo las estimaciones prior de los parámetros de crecimiento como la longitud asintótica fueron estimados con valores superiores, así como la tasa de mortalidad natural sobre la tasa metabólica de crecimiento y la longitud prior al 50% son aceptables. (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.

Loo prior	88.4	SD	0.884	Unidad cm			
Z/K prior	6.72	SD	37	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	5.22						
Lc prior	32.1	SD	3.21	alfa prior =	23.3	SD	2.33

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 con la tasa metabólica (M/K) es un poco baja comparada con la estimada como prior y estimada teóricamente para los peces (Froese, y otros, 2018); lo que si representa una estimación preocupante es la biomasa relativa (B/B₀) ya que la misma es muy baja en especial teniendo en cuenta que el valor estándar es 6 veces superior. (Tabla 4-34).

Las estimaciones de los puntos de referencia pesqueros para esta especie efectuados para el 2019, mostraron una talla al 50 de capturas (L_c) es estable respecto a las estimaciones realizadas de forma global comparadas que 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 en estos análisis es que las tasas relativas de biomasa (B/B_o , 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.

L_{oo}	87.4	rango	85.2	88.5
L_{op}	61	$L_{opt}/L_{inf} =$	0.7	
L_{c_opt}	60	L_{c_opt}/L_{inf}	0.68	
M/K	1.26	rango	1.03	1.54
F/K	14.3	rango	13	15.7
Z/K	15.1	rango	13.8	16.5
F/M	10.6	rango	8.74	13.5
B/B_o F=M $L_c = L_{c_opt}$		0.376		
B/B_o	0.0293	rango	0.0204	0.0411
Y/R' F=M $L_c = L_{c_opt} =$		0.0593		
Y/R'	0.00439	Rango	0.00315	0.00593

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.

		rango	
$L_c =$	42.5	42.2	43
alfa	27.1	26.4	27.8
$L_{promedio}/L_{opt}$	0.74		
$L_c/L_{c_{opt}}$	0.71		
L_{95th}	67	L_{95th}/L_{oo}	0.78
F/K	16	14.9	17.5
F/M	13	10.5	16.6
Z/K	17	16	18.6
Y/R'	0.0044	0.00317	0.00598
B/B_o	0.021	0.0151	0.0285
B/B_{MSY}	0.056	0.0403	0.0759
L_{m50}	38.5	Madurez	71%

Los valores de tallas tanto al 50% de la selectividad como la talla media de captura mostraron un comportamiento muy similar, indicando que la selectividad del arte es uniforme y estable, hasta el año 2015, luego la disminución del recurso muestra un suave decrecimiento que es lo que se espera cuando un recurso es presionado de manera constante. El análisis del

comportamiento de las tasas de aprovechamiento (F/M) mostraron que las pesquerías de año 2017 fueron las más exigentes que en el resto de los años; pero el análisis más determinantes 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 4-41)

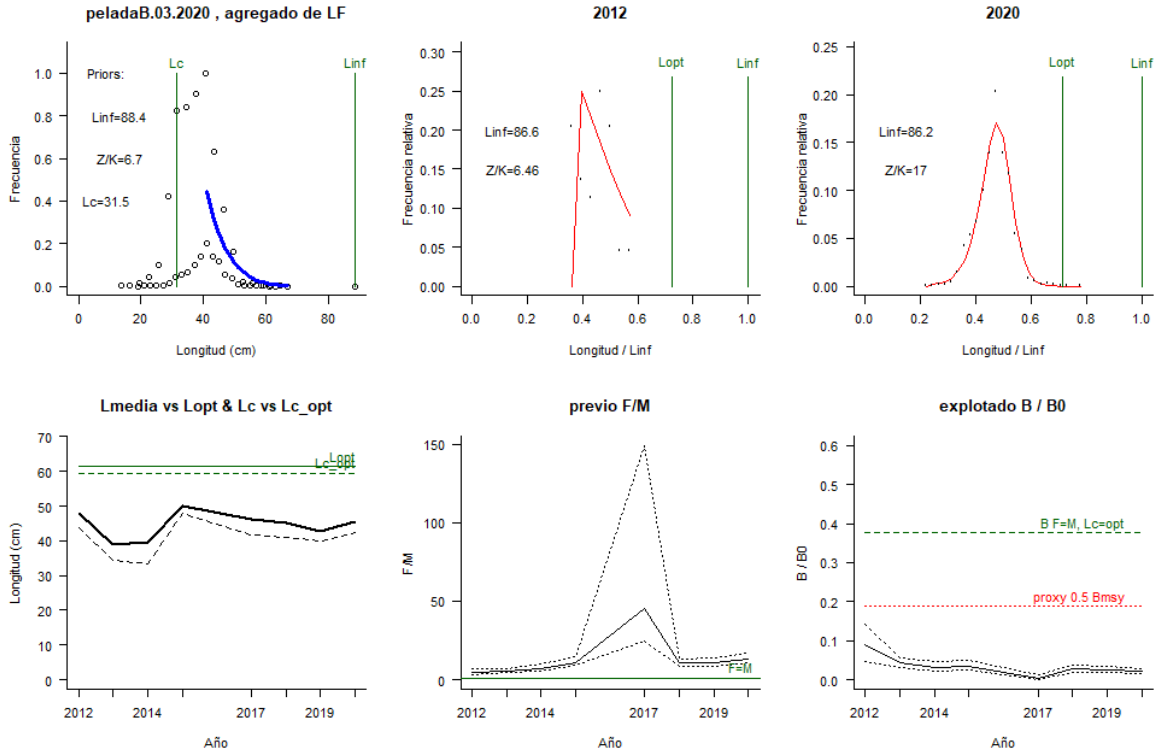


Figura 4-41. Comportamiento de las pesquerías del pelada *Cynoscion phoxocephalus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de L_c , L_{oo} y Z/K . Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes 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 proxi para B_{msy} [línea discontinua verde] y un proxi para B_{pa} o 0.5 de B_{msy} [línea de puntos roja].

4.2.5.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*

Los ajustes de los datos observados con las herramientas estadísticas utilizadas mostraron que las capturas observadas se ajustaron al modelo; respecto a los datos de la CPUE cambios se presentaron en algunos años, aunque es importante resaltar que el análisis de residuos mostro un muy buen ajuste. (Figura 4-42)

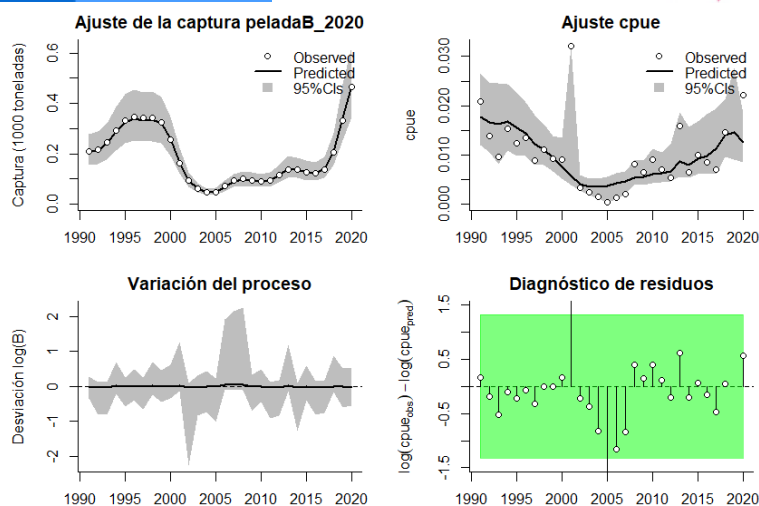


Figura 4-42. Modelación de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados 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 los análisis de la capacidad de carga de la especie en el ecosistema (K) ya que su variación estadística mediada mediante el 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 rangos entre 0.1 y 0.4 como el punto de quiebre más bajo (año 2003), luego mostraron una ligera recuperación entre 0.05 hasta 0.45 para el 2020. (Figura 4-43, Figura 4-45, panel D)

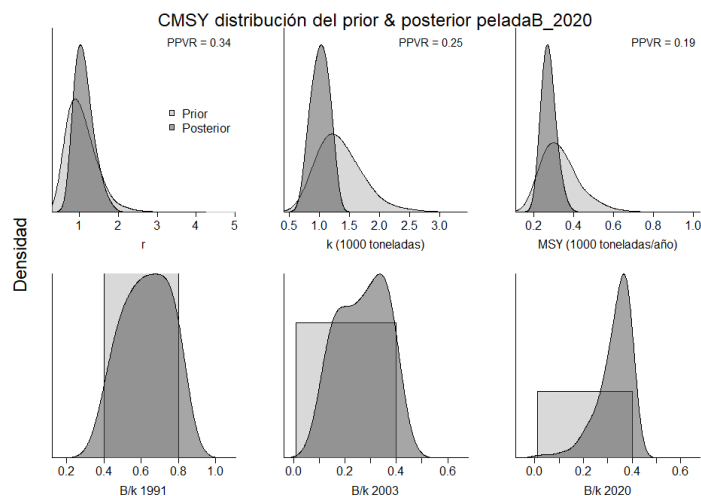


Figura 4-43 Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

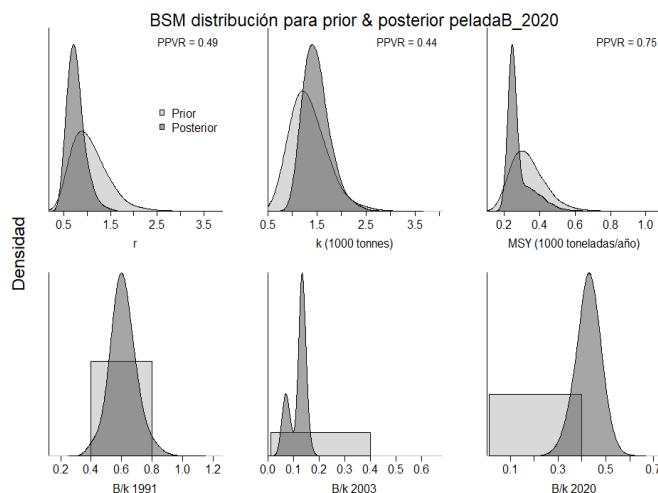


Figura 4-44. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la pelada *Cynoscion phoxocephalus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

Los resultados comparativos entre los análisis prior mostraron una diferencia entre los valores de la tasas intrínsecas (r) pues hay una disminución de 0.25 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 es 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	1.19	0.761	1.88
MSY	275	218	350
K	936	682	1,290
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.349 k	0.153	0.399
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.42	3	7.81

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	0.0201	0.0139	0.029
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.742	0.46	1.2
k	1,470	1,040	2,090
MSY	273	178	418
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.428 de K	0.316	0.529
Explotación F/(r/2) en el último año	2.1	1.11	3.19
r -k log correlación =	-0.509		

Como medidas de manejo, bajo las condiciones actuales se propone en MSY de 273 toneladas con un punto de referencia de mortalidad por pesca en MSY de 0.371 año⁻¹, que pretende ser sostenible con tendencia a la fase de recuperación, en especial teniendo en cuenta que la mortalidad por pesca estuvo en 2.1 año⁻¹ (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 =	0.371	0.23	0.598	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	0.371
Fmsy =	0.371	0.23	0.598	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)	
MSY	273	178	418		
Bmsy =	736	518	1,050		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	631	465	778		
B/Bmsy en el último año	0.857	0.632	1.06		
Mortalidad por pesca en el último año	0.742	0.601	1.01		
Explotación F/Fmsy	2.1	1.11	3.19		

La historia de las pesquerías mostró un sistema con un alto nivel productivo entre los años 1990 hasta el 2000 luego decae abruptamente pero luego la misma se recuperan llegando a tener un alto nivel en el 2020. El tamaño de stock mostró algunas variaciones entre las capturas y las CPUE (Figura 4-45, panel D), pero que como ya se ha demostrado no influyen en los resultados y presentan un stock en plena recuperación, pero las pesquerías presentaron un año crítico en el 2005 y luego una sustancial 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 cuadrados y la posición actual (triángulos). (Figura 4-45, panel F,)

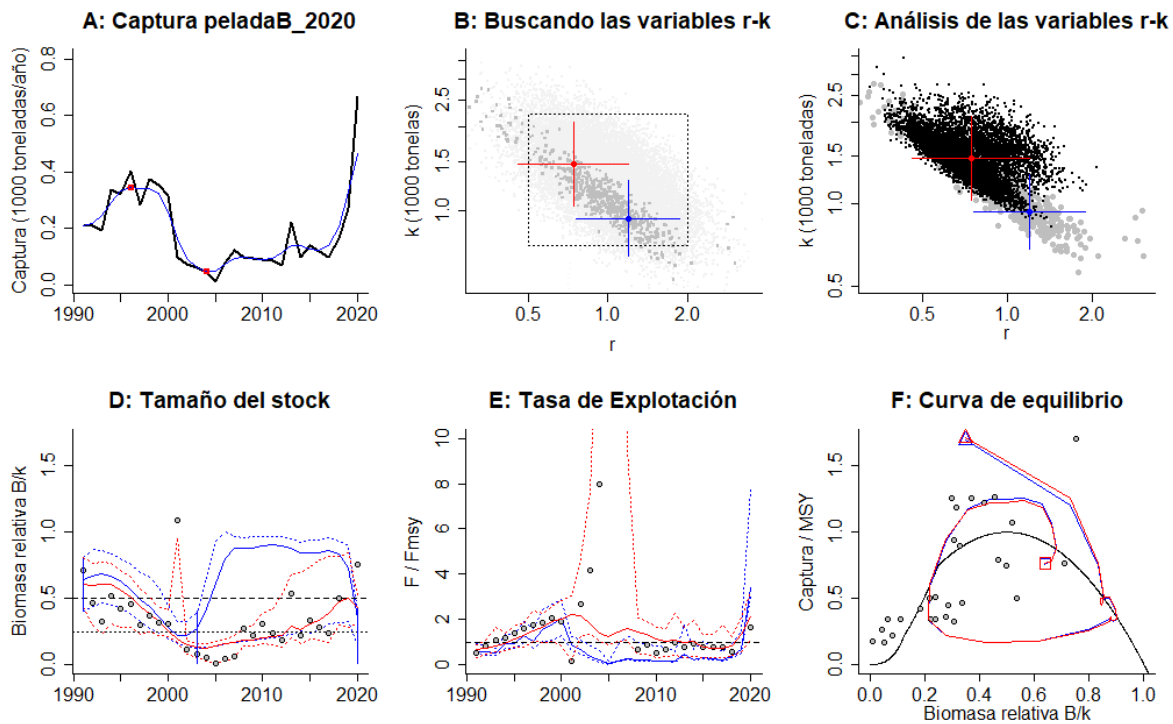


Figura 4-45. Modelación de las pesquerías. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías pelada *Cynoscion phoxocephalus* con límites de confianza aproximada al 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de *CPUE* estimados y observados con aproximación 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 los primeros años con altos estados óptimos de salud del recurso, pero casi de inmediato 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 91.4%, mientras que el mismo este en fase de recuperación es del 0.7%, en la probabilidad que se encuentre en niveles óptimos es de 0.3% que son visiones bastante alentadoras del sistema entre equilibrio pesquero y ecológico. (Figura 4-46, Figura 4-47)

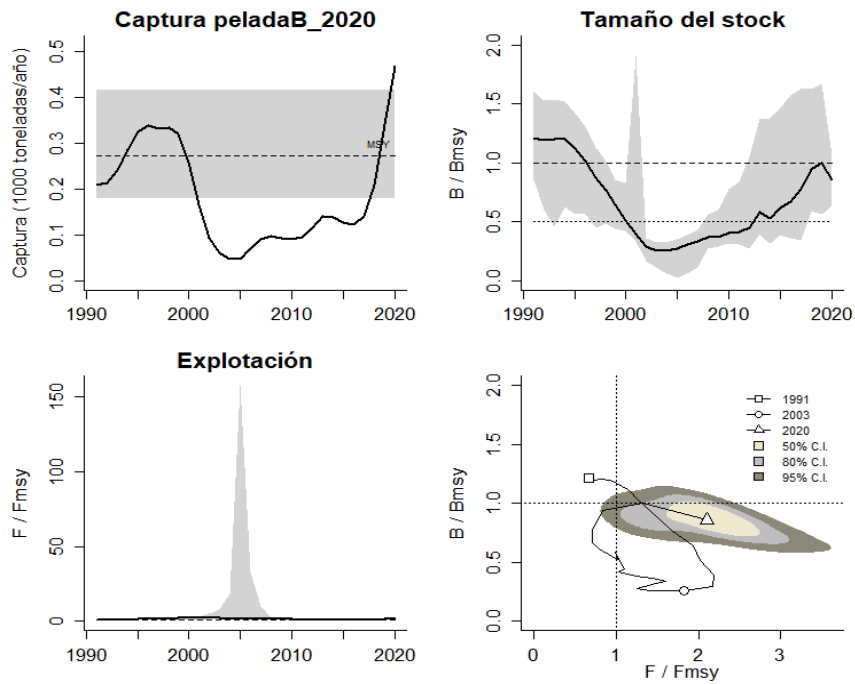


Figura 4-46. Análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

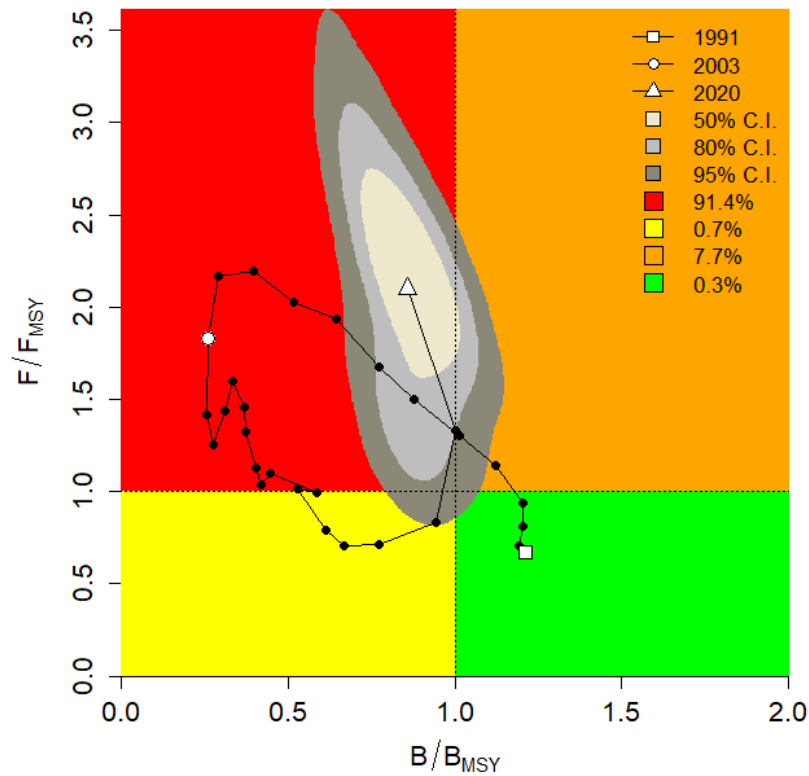


Figura 4-47. Análisis de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.5.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*.

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 324 toneladas que corresponde a un RME de \$ 2.7 mil millones de pesos, aunque los ajustes muestran que para el 2020 ya se superaron estos patrones por lo que es necesario ajustarlos para determinar las cuotas de pesca (Figura 4-48).

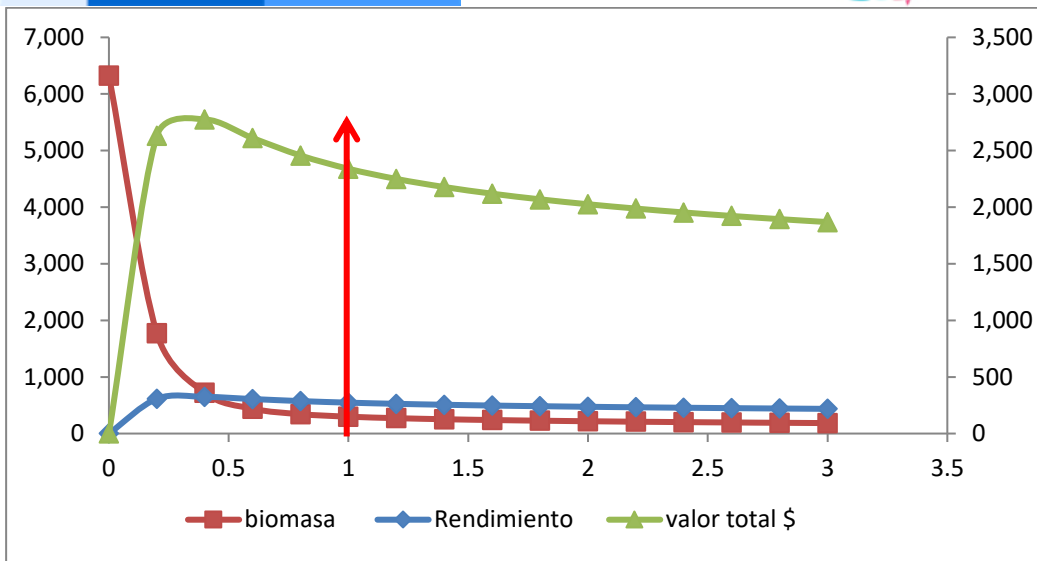


Figura 4-48. Resultados de las estimaciones de la pelada Cynoscion phoxocephalus en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.5.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer Cynoscion phoxocephalus

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 4-49).

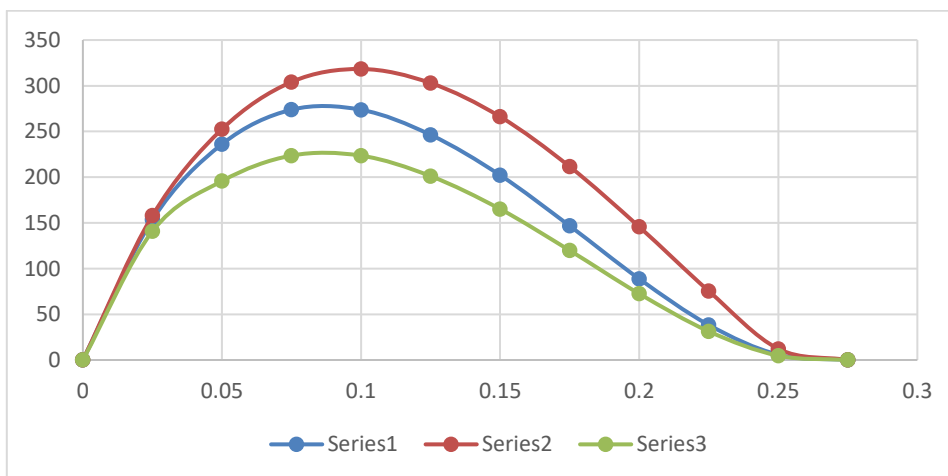


Figura 4-49. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de pelada Cynoscion phoxocephalus en el Pacífico colombiano utilizando modelos ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.5.8 Conclusiones de las pesquerías de la pelada *Cynoscion phoxocephalus*

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, 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 recuperación. 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 0.644, y un porcentaje de madurez sexual de 51%, longitud óptima L_{op} la biomasa relativa de 61 cm de L_t , la mortalidad por pesca actual de 2.1 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.371 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $273 \pm (178 - 418)$.

4.2.6 Pesquerías del dorado (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758)



Dibujo: Climapesca.org ©

Nombre en inglés: Common dolphinfish.

4.2.6.1 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⁻¹ y una mortalidad natural de 0.99 año⁻¹, 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 Lolinginidae 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⁻¹, (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

4.2.6.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del dorado *Coryphaena hippurus*

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.

4.2.6.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del dorado

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 la predicción del modelo; sin embargo, tanto la

variación del proceso como el diagnóstico de residuos ajustaron los valores para que el modelo pudiese ser ejecutado. (Figura 4-50)

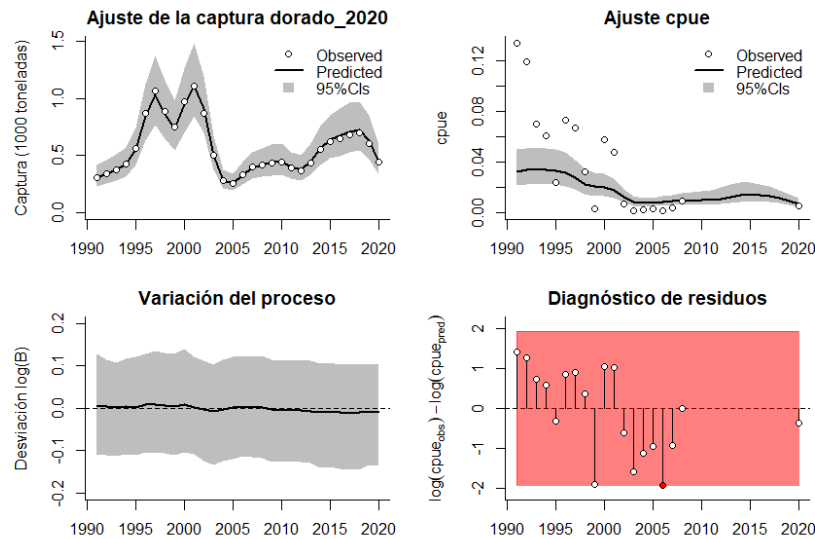


Figura 4-50. Modelación de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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 las 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 el MSY; de otra parte, las biomazas relativas 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 un ligera recuperación en el 2019 entre 0.01 y 0.2. (Figura 4-51)

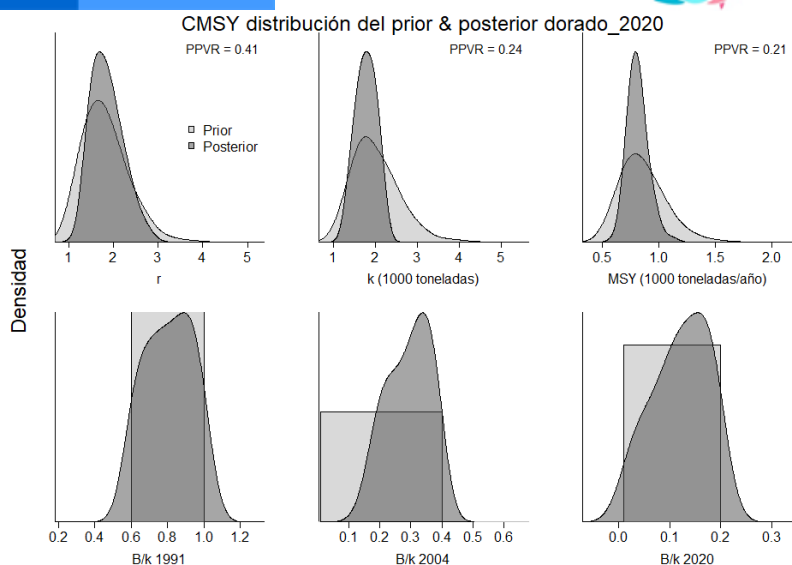


Figura 4-51. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Coryphaena hippurus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 4-52).

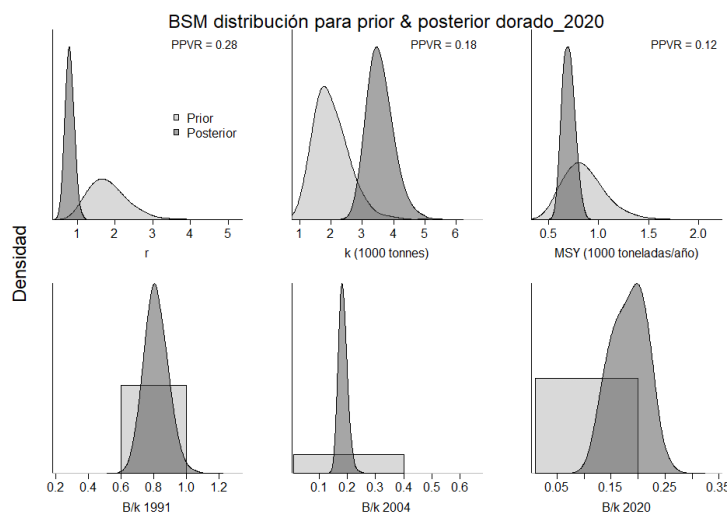


Figura 4-52. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *Coryphaena hippurus*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 que es apreciable y que se ve claramente

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.), así mismo hay una paridad entre la tasa de explotación ($F/(r/2)$) por lo que se puede asegurar que estos algoritmos son eficientes. (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	1.96	1.35	2.85
MSY	803	664	1,020
K	1,680	1,240	2,260
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.128 k	0.0182	0.197
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.11	0.729	7.83

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	0.0113	0.00762	0.0167
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.786	0.585	1.05
k	3,550	2,820	4,470
MSY	697	588	827
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.185	0.119	0.243
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2.32	1.31	5.63
correlación log r-K	-0.816		

Los datos de capturas observados presentaron tres fases que van desde una inicial de crecimiento hasta el 2005 una decreciente hasta el 2005 y una fase de recuperación hasta el 2018 para luego disminuir hasta el 2020; en cuanto al tamaño del stock se ve que el comportamiento de las biomásas relativas es estable, mientras que la tasa de explotación mostro dos picos en 1998, 2005 y 2019, pero para el 2020; finalmente la curva de equilibrio muestra un recurso con tendencia a la disminución de sus sostenibilidad. (Figura 4-53)

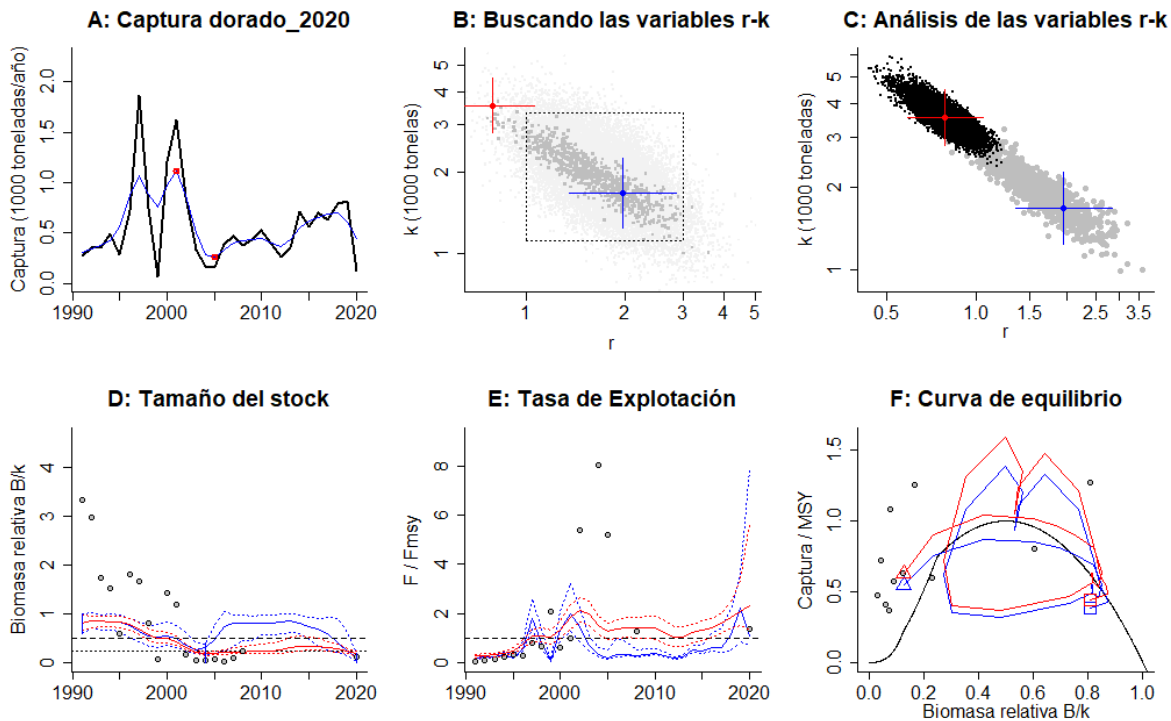


Figura 4-53. Resultados del Análisis de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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 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 del estado del recurso frente al sistema de aprovechamiento y de manera más precisa respecto a los valores de MSY se presentó una etapa de máximo desarrollo con una de disminución y la última que es una recuperación hasta el 2018, pero para el 2020 se declinó de nuevo; en cuanto al **tamaño del stock** se estableció 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 2020; 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 4-54)

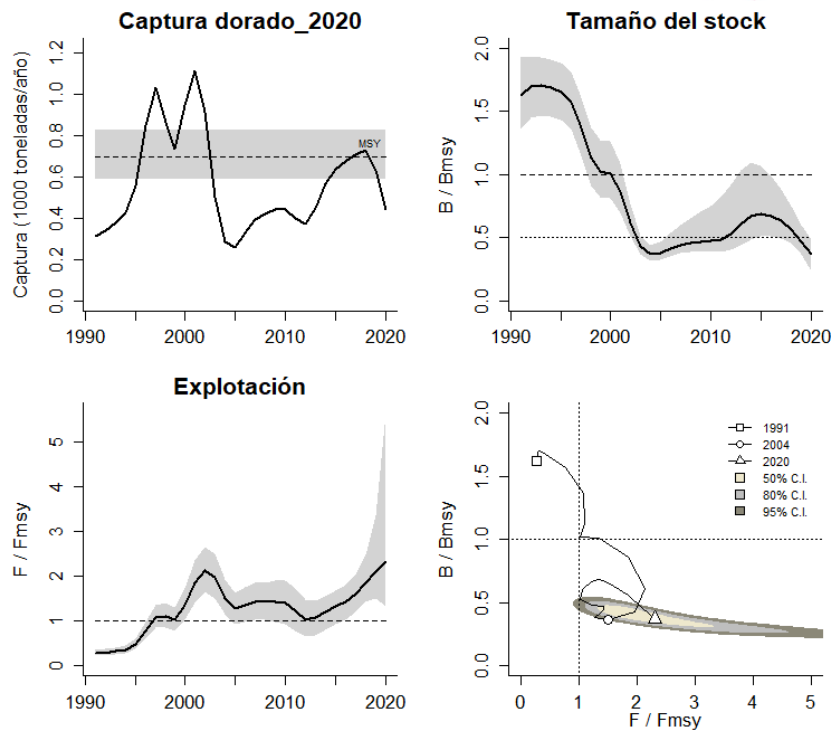


Figura 4-54. Análisis de las pesquerías del dorado *Coryphaena hippurus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente 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, el reconocimiento más puntual 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. (Figura 4-55)

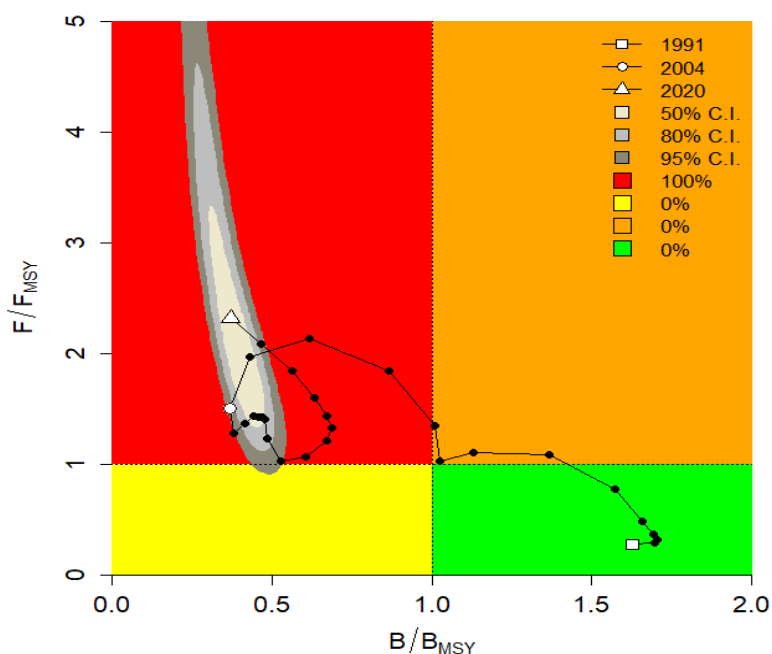


Figura 4-55. Análisis de las pesquerías el dorado *Coryphaena hippurus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.6.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del dorado *Coryphaena hippurus*

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 4-56).

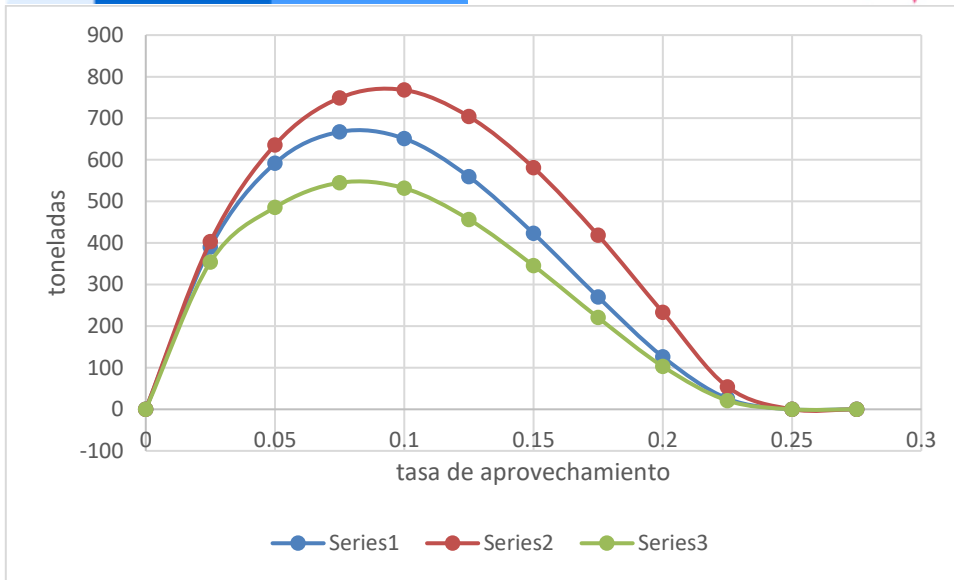


Figura 4-56. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de dorado *Coryphaena hippurus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.6.5 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 sus 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 pesquerías adecuadas 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 2.32, biomasa relativa de 0.128, la mortalidad por pesca actual de 0.669 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0.393 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 716 ± (613 - 837) toneladas.

4.2.7 Pesquerías del robalo (*Centropomus viridis* Lockinngton, 1877)



Foto. R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: White snook

4.2.7.1 Antecedentes del recurso robalo.

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⁻¹ (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.

4.2.7.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis*

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	r2	T.M.	T.M.C	Loo	k	Z	M	F	E
0.010				D.N.	133.					
7	2.93	0.9526	67.5	D.	1	0.29	1.39	0.46	0.93	0.67

4.2.7.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del robalo *Centropomus viridis*.

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.

4.2.7.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis*.

Se realizaron todas las evaluaciones con las herramientas estadísticas 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 una ajuste no determinante. (Figura 4-57)

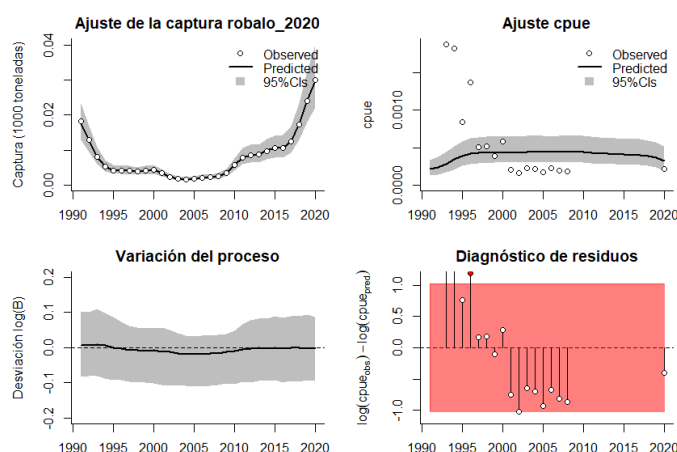


Figura 4-57. Modelación de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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; 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 2016 entre 0.5 a 0.9 y finalmente se estabilizó entre 0.4 y 0.8 para el 2020. (Figura 4-58)

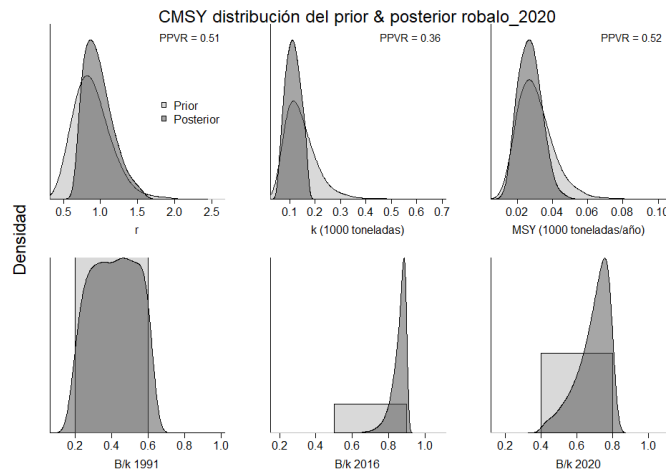


Figura 4-58. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del robalo *Centropomus viridis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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 y MSY con exactamente el mismo valor como puntos de quiebre fueron de igual impacto que los realizados para el algoritmo CMSY. (Figura 4-59)

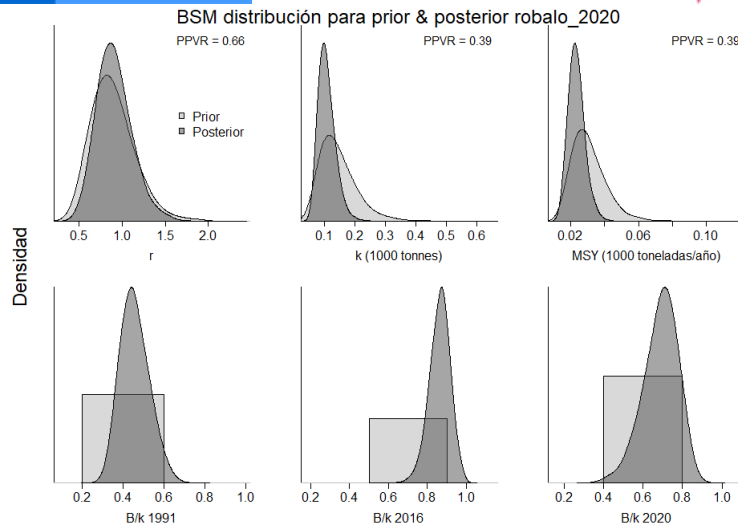


Figura 4-59. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados robalo *Centropomus viridis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 por una especie de sobrepesca y recuperación que muestra que el comportamiento de a estos datos con una curva cóncava donde el vértice de la misma está ubicado para el año 2005 y sus extremos en 1990 y 2020 (Figura 4-60, panel A); de otro lado el análisis de las biomazas relativas muestra un comportamiento diferencia por un lado los datos presentan un recuso boyante pero de otra parte la CPUE es inversa a éste por lo que en los años de mayor productividad se presentaron las mayores presiones de pesca (Figura 4-60, panel D), esto es ratificado al analizar la tasa de explotación que muestra como esta tasa (F/F_{msy}) tiene sus mayores impactos hacia la mitad de la secuencia histórica (Figura 4-60, panel E); cuando se construyó la curva de equilibrio lo primero que se observó es 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 4-60, Panel F)

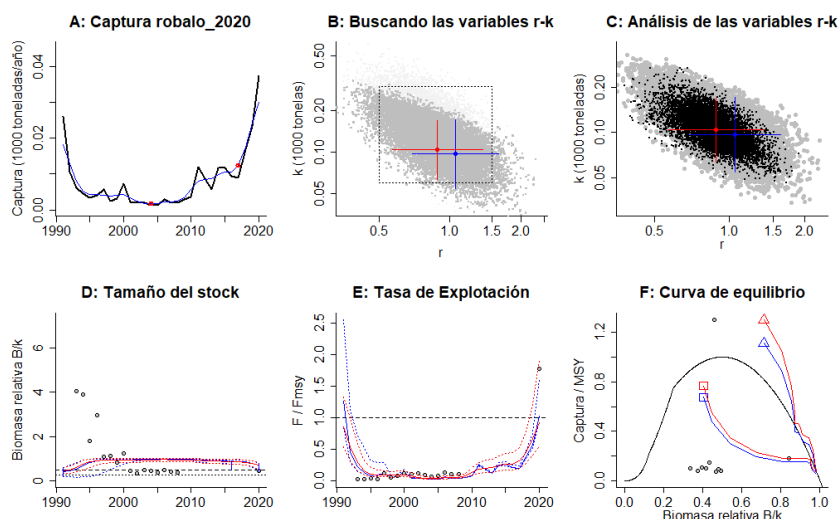


Figura 4-60. Resultados del Análisis de las pesquerías del roballo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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/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.

Los resultados entre los algoritmos utilizados de CMSY y BMS, muestran diferencias entre los puntos de muestreo ya que el resultado de r presenta una diferencia de estimación de 0.195 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 que estas pesquerías 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 roballo *Centropomus viridis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.05	0.691	1.61
MSY	26.9	15.9	40.7
K	96.4	54.1	172
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.712 k	0.462	0.796
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.03	0.925	1.59

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	0.00451	0.00279	0.00731
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.885	0.569	1.38
k	104	63.2	170
MSY	23	1.54	34.3
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.697 k	0.489	0.837
Explotación F/(r/2) en el último año	0.927	0.538	1.9
r -k log correlación =	-0.638		

Por lo anteriormente analizado, se estableció que la mortalidad por pesca de 0.413 y un MSY de 23 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	0.443	0.284	0.689	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.44
Fmsy	0.443	0.284	0.689	(r y Fmsy se reducen lienalmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	23	1.54	34.3	
Bmsy	51.8	31.6	85.1	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	72.3	50.7	86.8	
B/Bmsy en el último año	1.39	0.979	1.67	
Mortalidad por pesca en el último año	0.413	0.343	0.588	
Explotación F/Fmsy	0.927	0.538	1.9	

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 4-61)

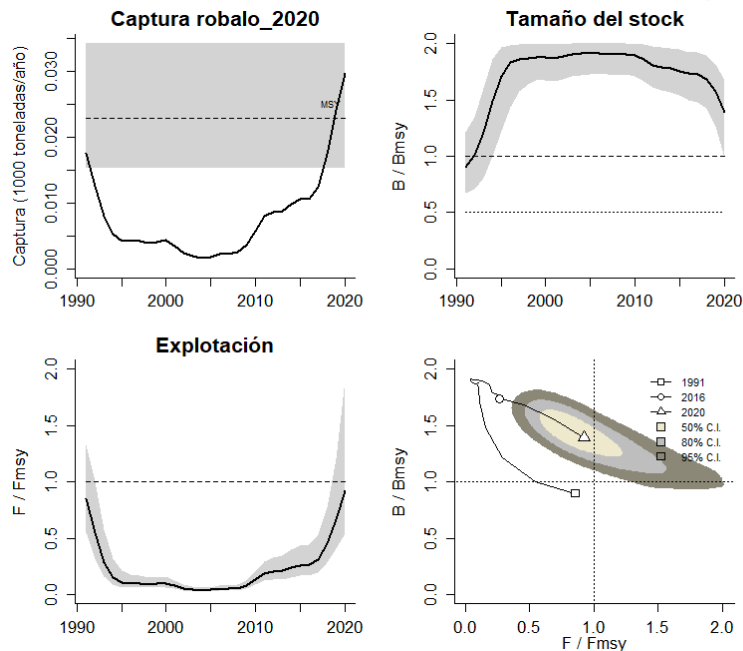


Figura 4-61. Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la 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 biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Todos los anteriores analices 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 59.7% de estar en la región óptima, con un 37.3% en la zona de máxima explotación, y con un muy bajo nivel de estar en zona de peligro solo el 3% (Figura 4-62)

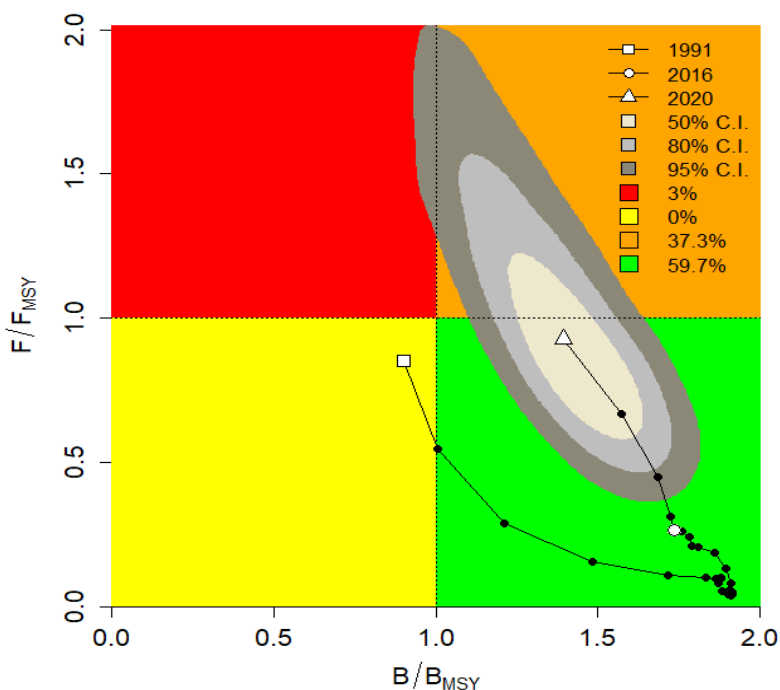


Figura 4-62. Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus viridis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.7.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del robalo *Centropomus viridis*

Una 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 modelo 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 4-63).

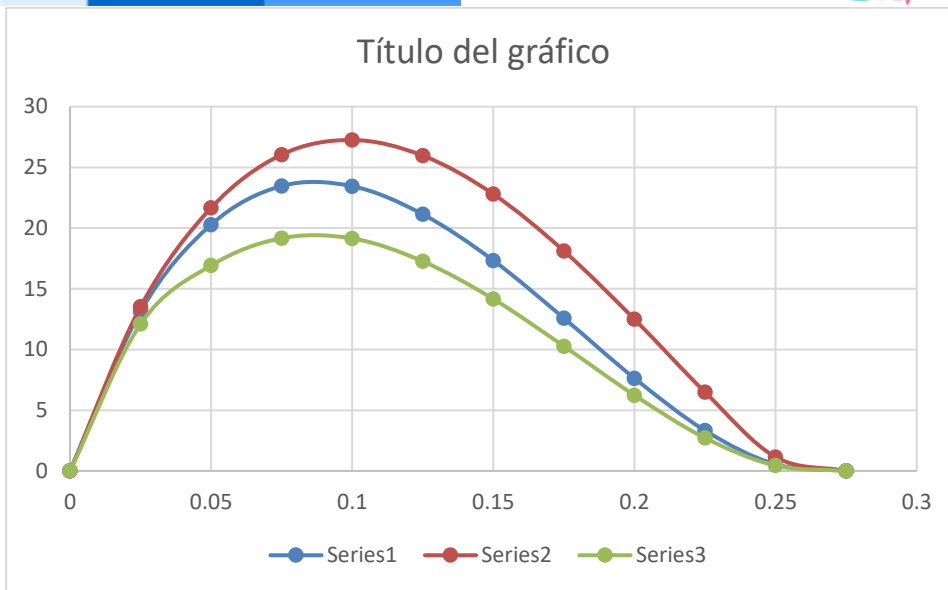


Figura 4-63. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del robalo en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.7.6 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 tasa de explotación de 0.927, biomasa relativa actual de 1.39, la mortalidad por pesca para el 2020 de 0.413 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.443 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $23 \pm (1.54 - 34.3)$ toneladas.

4.2.8 Pesquerías de la sierra (*Scomberomorus sierra* Jordan & Starks, 1895)



Foto: Fish of the World

Nombre en inglés: Pacific sierra.

4.2.8.1 *Antecedentes del recurso 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⁻¹, y una talla de madurez de 45.5 cm de Lt., con una tasa instantánea de mortalidad total de 1.41 año⁻¹, 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 captura 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.

4.2.8.2 *Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la sierra Scomberomorus sierra*

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 una 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	r2	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0198	2.755	0.886	49	53	120	0.34	2.02	0.57	1.45	0.72

4.2.8.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sierra

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 biomásas 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 camaronera 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 4-64)

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 ²	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 camaronera	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

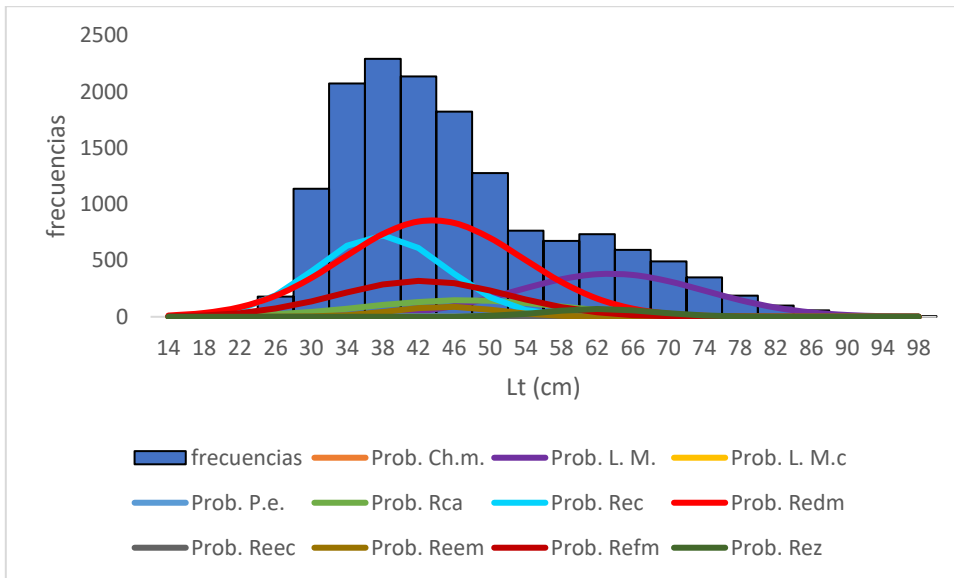


Figura 4-64. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la sierra *Scomberomorus sierra* en el año 2020. Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; L.M.c. = línea de mano correteo currican o troling ; P.e. = Palangre o espinel, Rca = 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.

4.2.8.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB de la sierra *Scomberomorus sierra*

Con la información de las tallas recopilados durante la secuencia histórica de 13 años, se revisó cada año con la intención de conocer si estos tenían un comportamiento típico de selectividad y se encontró que todos los años cumplen con las expectativas teóricas propuestas (Froese, y otros, 2018). (Figura 4-65, Figura 4-66)

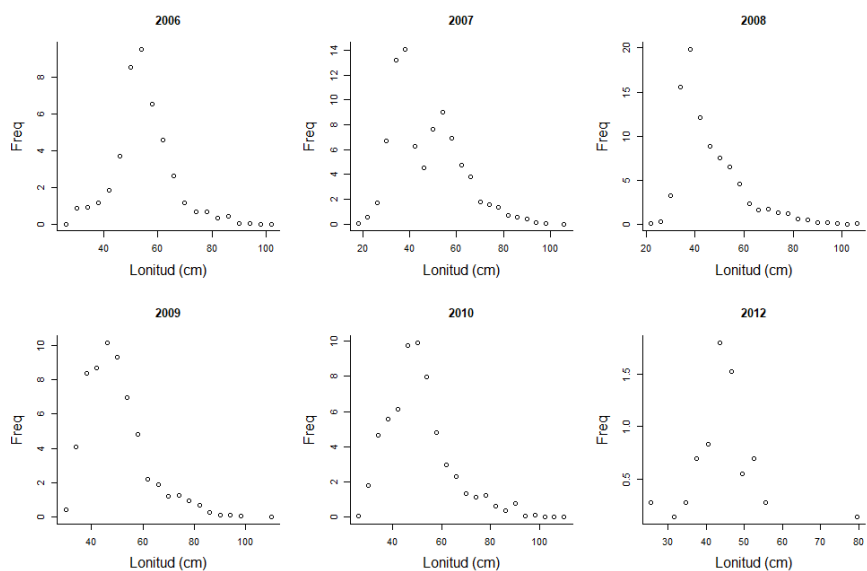


Figura 4-65. Distribución de las tallas de la sierra *Scomberomorus sierra*. entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

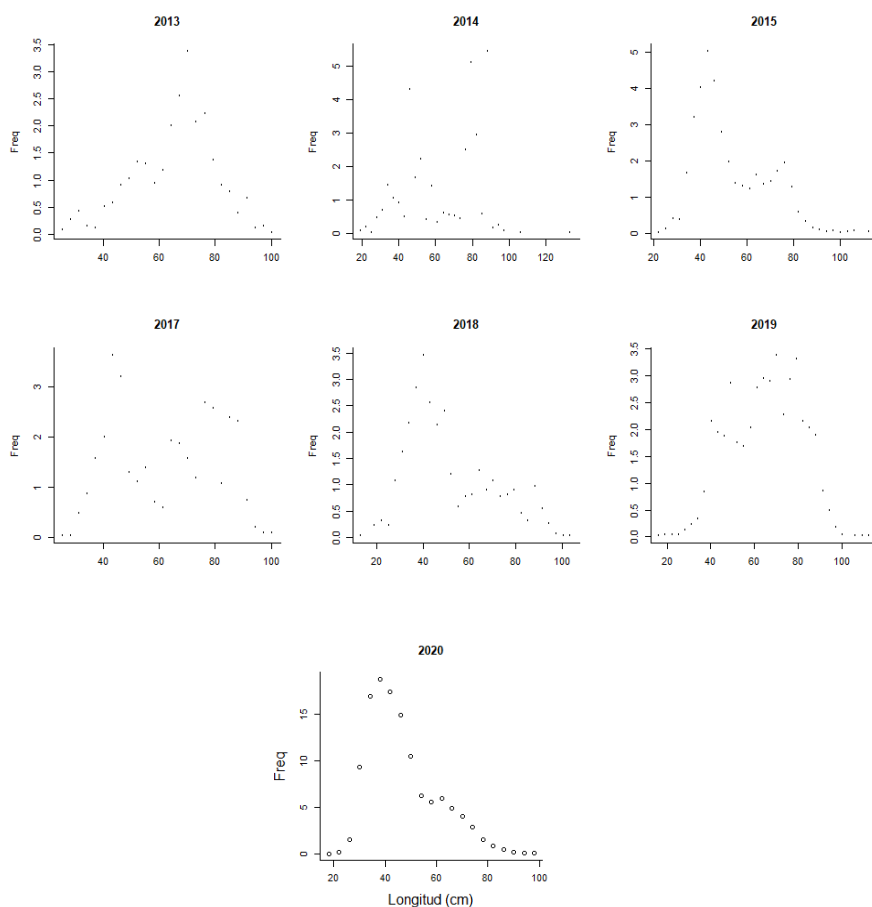


Figura 4-66. Distribución de la sierra *Scomberomorus sierra*. Entre los años 2013 a 2020. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Los análisis relativos a la proyección prior mostro una longitud asintótica superior a la encontrada en los trabajos anteriores, ya descritos, y con unos puntos de referencia altos respecto a los esperado, estos resultados comparados con los realizados de manera general para la serie de tiempo, fueron bastante similares, aunque se destaca que los resultados de las biomasa relativas son supremamente bajos 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.

Linf prior	138	SD	1.38	CM			
Z/K prior	3.86	SD	16.1	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	2.36	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)					
Lc prior	34.7	SD	3.47	alfa prior	24.1	SD	2.41

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.

L inf	138	rango	135	140
Lop	92	Lopt/Linf	0.66	
Lc_opt	84	Lc_opt/Linf	0.61	
M/K	1.51	rango	1.19	1.82
F/K	4.7	rango	4.3	5.14
Z/K	6.36	rango	6.06	6.6
F/M =	3.29	rango	2.61	4.34
B/Bo F=M Lc = Lc_opt		0.366		
B/Bo	0.0548	rango	0.0394	0.0744
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt =		0.0453		
Y/R´	0.0064	rango	0.00461	0.00861

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 4-67).

Los puntos de referencia tomados, para el 2020, 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´) son bastante bajos que igualmente prende las alarmas. (Tabla 4-52)

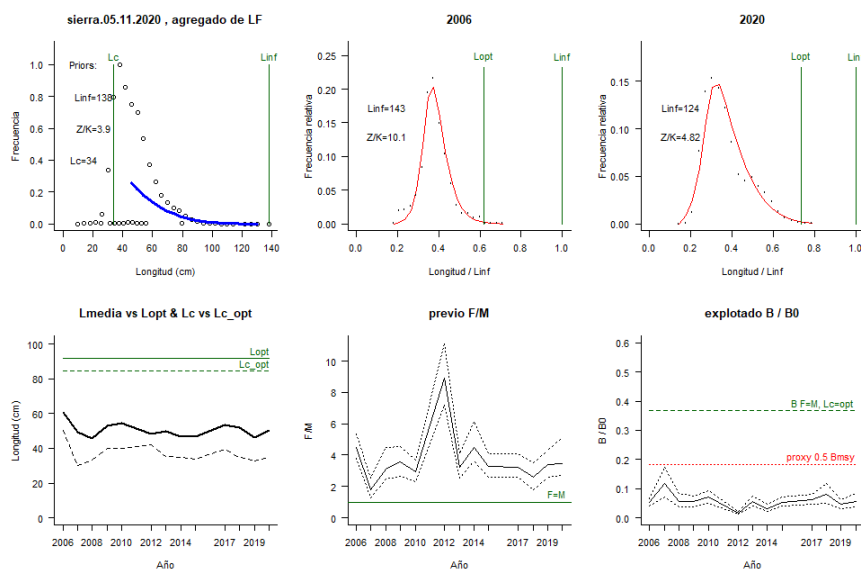


Figura 4-67. Comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos 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].

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.

		Rango	
Lc =	34.8	34.5	35.2
alfa	33.6	32.9	34.7
Lpromedio/Lopt	0.55		
Lc/Lcopt	0.41		
L95th	98	L95th/Loo	0.79
F/K	3.7	3.37	4.16
F/M	3.5	2.69	5.12
Z/K	4.83	4.57	5.13
Y/R´	0.0094	0.00617	0.0144
B/Bo	0.054	0.0358	0.0836
B/BMSY	0.15	0.0979	0.228
Lm50	45.5	Madurez	47 %

4.2.8.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra*.

El primer ajuste realizado con esta especie es 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 tuvo 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 muy uniformes. (Figura 4-68)

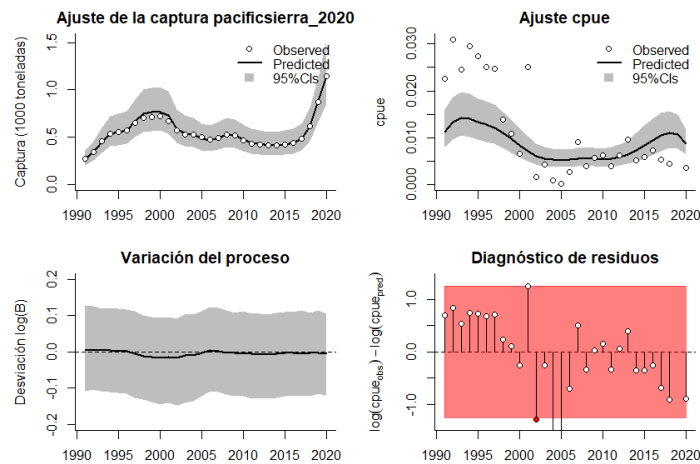


Figura 4-68. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 K; 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 2020 el sistema se recupera ligeramente estando ente 0.01 a 0.4. (Figura 4-69)

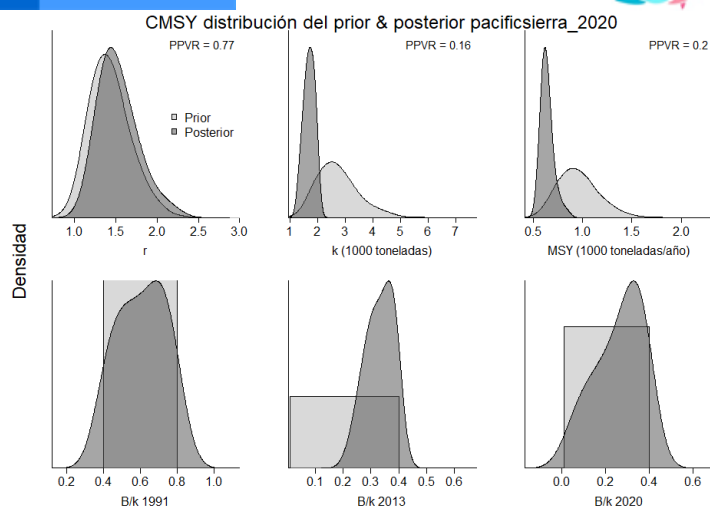


Figura 4-69. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus sierra*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 los resultados, con muy pequeñas variaciones fueron muy parecido, lo cual da una solidez a todos los análisis realizados a partir de estos resultados. (Figura 4-70)

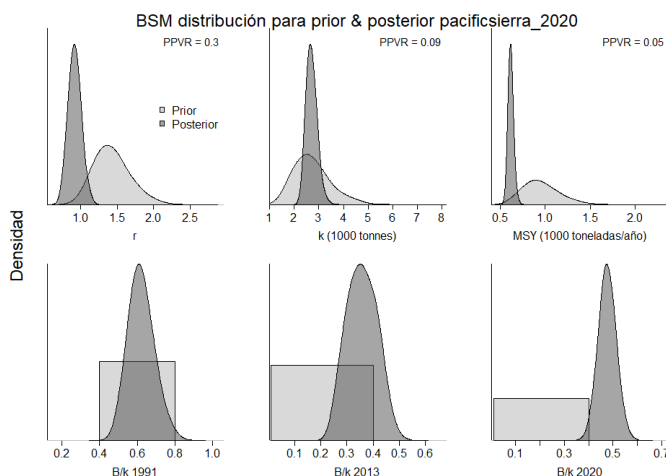


Figura 4-70. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la sierra *Scomberomorus sierra*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 diseñados 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 biomásas relativas muestran que el aprovechamiento está en un nivel aceptable. (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	1.65	1.18	2.31
MSY	636	547	784
K	1,570	1,200	2,060
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.282 k	0.0307	0.394
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.15	2.98	38.2

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	0.00675	0.00503	0.00907
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.913	0.753	1.11
k	2,700	2,300	3,170
MSY	617	558	681
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.476 de K	0.406	0.549
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.95	1.62	2.36
r -k log correlación =		-0.858	

Con estas bases estructurales se concluyó que la mortalidad por pesca está determinada en 0.89 año^{-1} , 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 617 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	0.457	0.377	0.554	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.0517
Fmsy	0.457	0.377	0.554	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	617	558	681	
Bmsy	1,350	1,150	1,590	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	1,280	1,100	1,480	
B/ B_{msy} en el último año	0.951	0.812	1.1	
Mortalidad por pesca en el último año	0.89	0.772	1.04	
Explotación F/F_{msy}	1.95	1.62	2.36	

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 4-71, panel A). El **tamaño del stock** muestra que las tasas relativas presentan una comparación entre las capturas y la CPUE que empezó con altos niveles, posteriormente reducidos, pero que en la actualidad tiene una tendencia hacia la estabilización de sus biomazas (Figura 4-71, panel D). Sin embargo, la **tasa de explotación** mostró una actividad un poco más intensa para el año 2020 (Figura 4-71, panel E). Finalmente, la **curva de equilibrio** muestra 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 4-71, panel F)

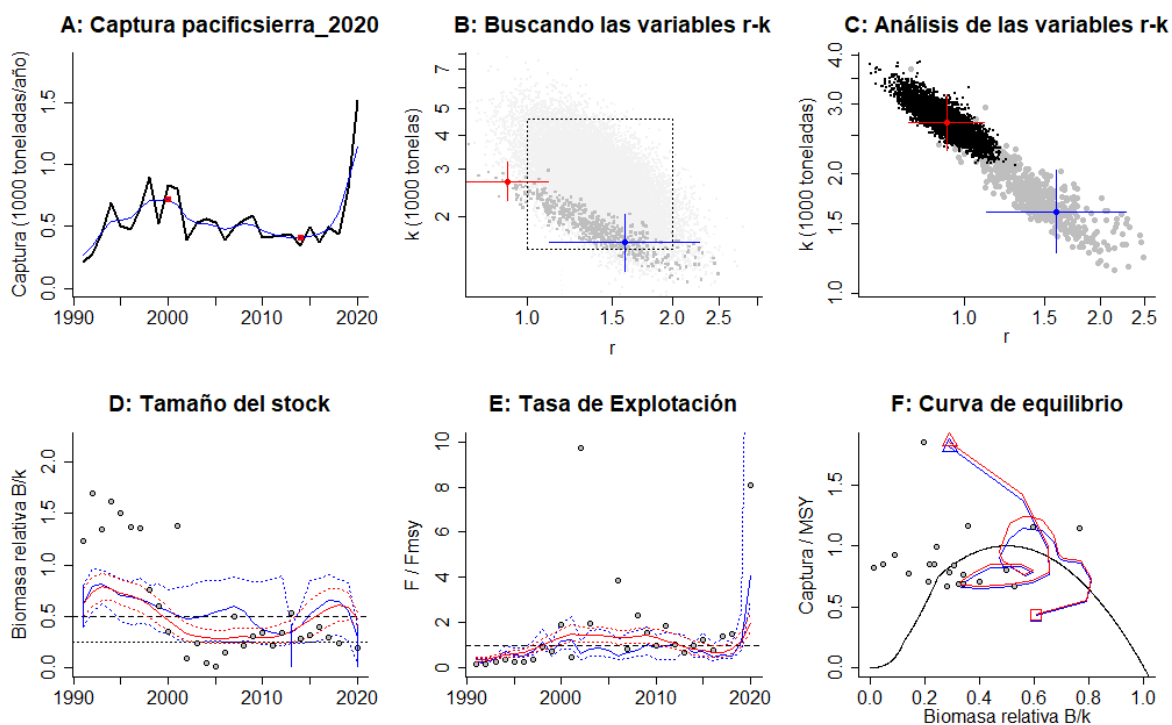


Figura 4-71. Resultados del Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de 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/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.

Como una medida de control se comparó las biomazas capturadas frente al MSY calculado 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 ésta a su vez está buscando estar más en las capturas del MSY, aunque ligeramente sobrepasada en los últimos años, este comportamiento se vio ratificado en los análisis del tamaño del stock y de las tasas de explotación (F/Fmsy). (Figura 4-72)

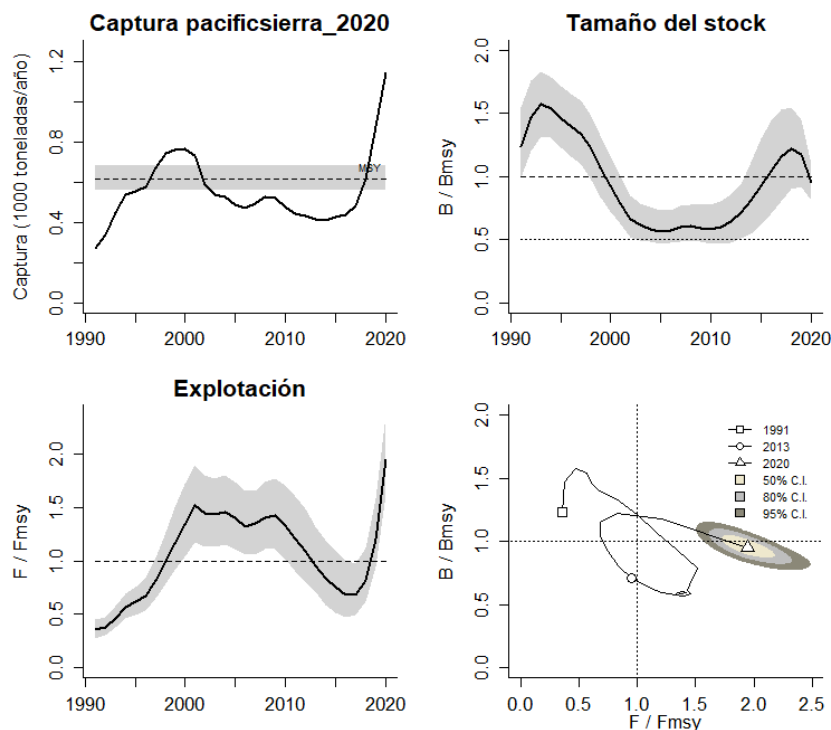


Figura 4-72. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 su 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 del 25.5 % que el recurso este en plena explotación y con un 74.5 % que este en zona de peligro. (Figura 4-73)

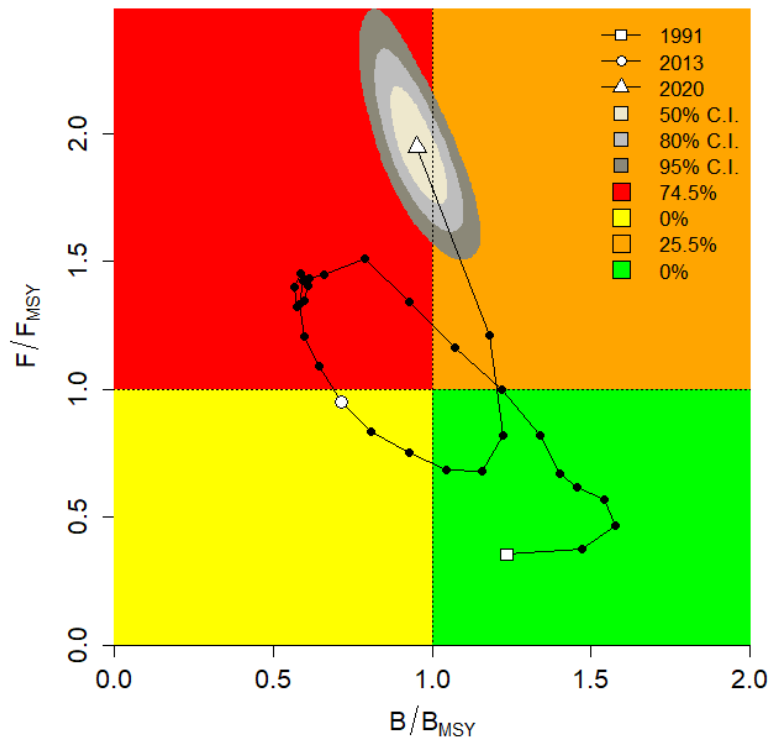


Figura 4-73. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.8.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la sierra *Scomberomorus sierra*.

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 2020. Como resultado se encontró que el RMS estimado fue de 982 toneladas, con un RME de \$ 5.7 mil millones, pero con indicadores que muestra que ya se ha sobrepasos los límites de los puntos de referencia expuestos (Figura 4-74).

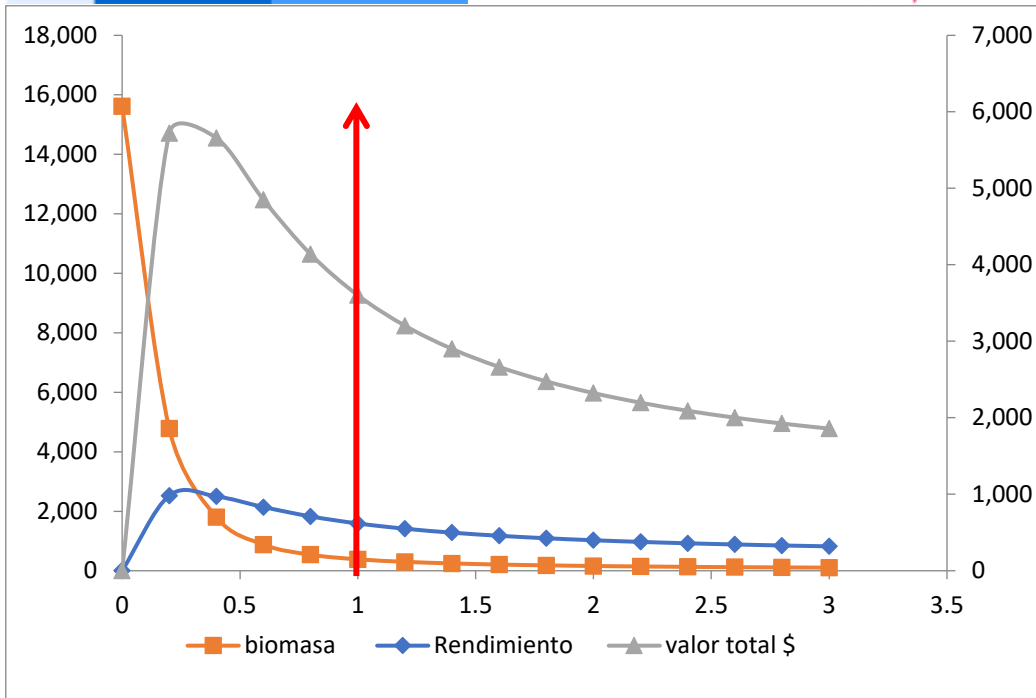


Figura 4-74. Resultados de las estimaciones de la sierra en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.8.7 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 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.457 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $617 \pm (558 - 681)$.

4.2.9 Pesquerías de la merluza (*Brotula clarkae* Hubbs, 1944)



Foto: R. Robertson © (STRI)

Nombre en inglés: Pacific bearded brotula

4.2.9.1 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^{-1} , 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.

4.2.9.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae*

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 ²	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0027	3.246	0.9197	54.1	78.5	110	0.57	1.2	0.82	0.38	0.32

4.2.9.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la merluza *Brotula clarkae*

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 niveles casi perfectos, 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	document o 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)

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 ²	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

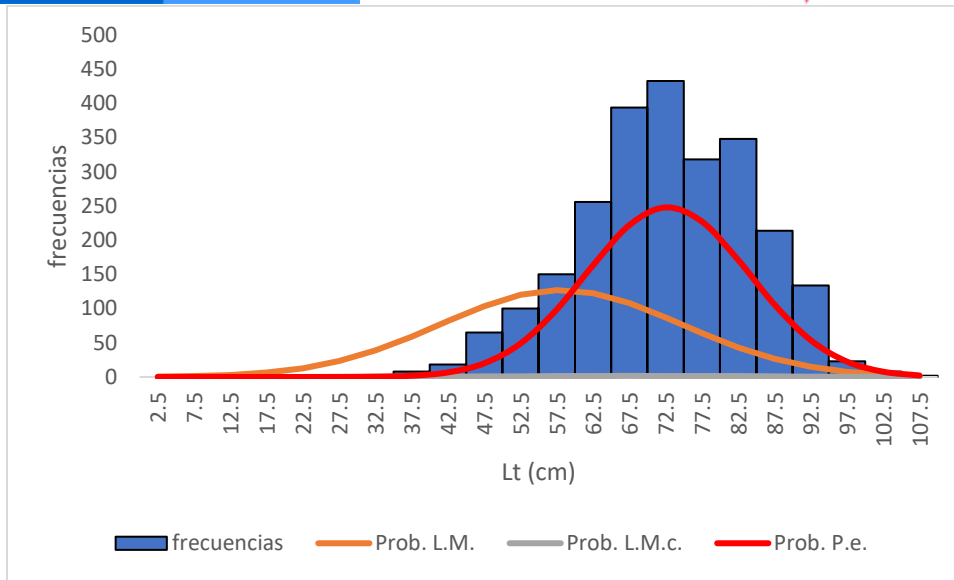


Figura 4-75. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la merluza *Brotula clarkae* en el año 2020. L.M. = línea de mano; L.M.c = líneas de mano correteo curricán o troling; P.e. = Palangre o espinel.

4.2.9.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para la merluza *Brotula clarkae*

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 todos la distribución cumplieron los supuestos de selectividad. (Figura 4-76, Figura 4-77)

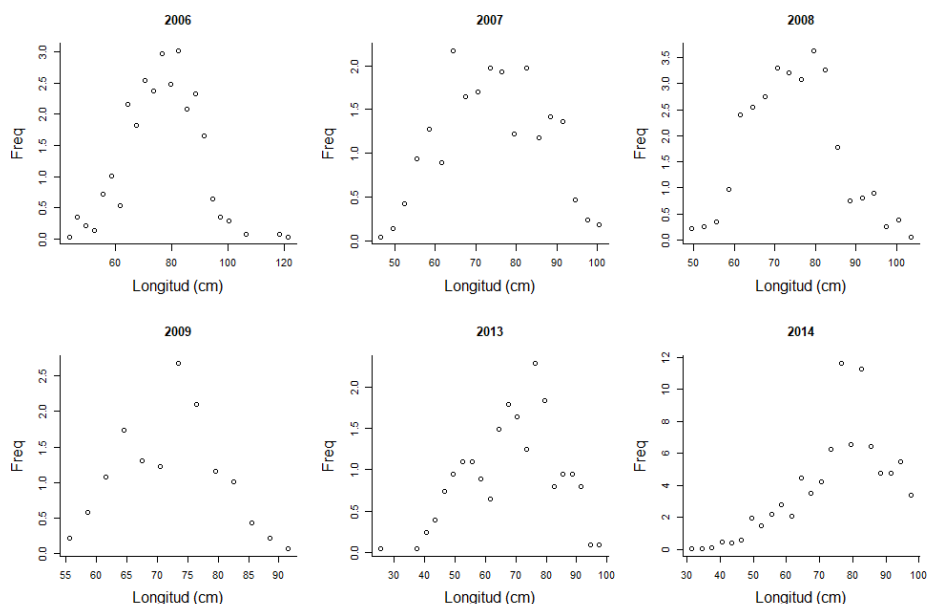


Figura 4-76. Distribución de las tallas para *Brotula clarkae*, entre los años 2006 a 2014. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

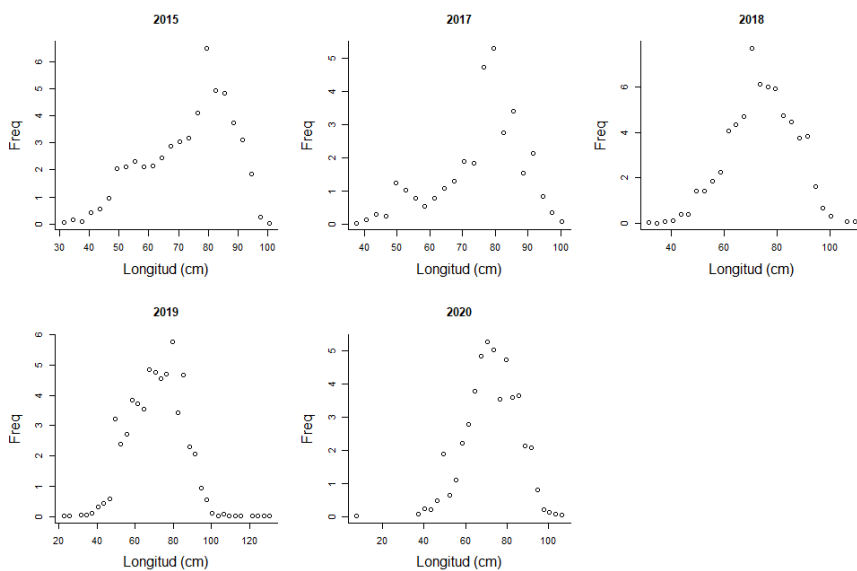


Figura 4-77. Distribución de las tallas para merluza *Brotula clarkae*, entre los años 2015 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

El análisis prior presentó un valor de longitud asintótica 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 biomazas relativas (B/B_0) 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.

Linf prior	130	SD	1.3	CM			
Z/K prior	5	SD	16.7	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	3.5	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)					
Lc prior	64.3	SD	6.43	alfa prior	22.1	SD	2.21

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.

L inf	129	rango	127	132
Lop	88	Lopt/Linf =	0.69	
Lc_opt	82	Lc_opt/Linf	0.64	
M/K	1.3	rango	1.14	1.58
F/K	5.77	rango	5.08	6.45
Z/K	6.49	rango	5.87	7.53
F/M	3.75	rango	2.453	5.72
B/Bo F=M Lc = Lc_opt		0.371		
B/Bo	0.113	rango	0.0672	0.181
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt =		0.0509		
Y/R´ =	0.02012	rango	0.0128	0.038

Los análisis para el último año de la serie (2020), muestran valores superiores para la longitud al 50% (Lc) superiores a los estimados por el sistema prior las tasas son más bajas (F/K, F/M, Z/K) así como las estimaciones de biomazas 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.

		rango	
Lc =	83.7	81.3	86.1
alfa	12.6	12.3	12.9
Lpromedio/Lopt	0.76		
Lc/Lcopt	1		
L95th	106	L95th/Loo	0.87
F/K	8.8	7.46	10.2
F/M	56	-455	298
Z/K	8.95	7.49	10.4

Y/R´	0.0048	-0.0449	0.0302
B/Bo	0.0055	-0.0511	0.0344
B/BMSY	0.0055	-0.138	0.0344
Lm50	54.1	Madurez	93%

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 años positivos (1006,2007 y 2014, en los años más recientes la recuperación es interesante puesto que están alcanzado los puntos de referencia; con relación a las biomásas relativas (B/Bo) solamente el año 2014 estuvo cerca del punto de referencia, y se nota que en el 2017 hasta el 2019se han recuperado, pero decayó para el 2020. (Figura 4-78)

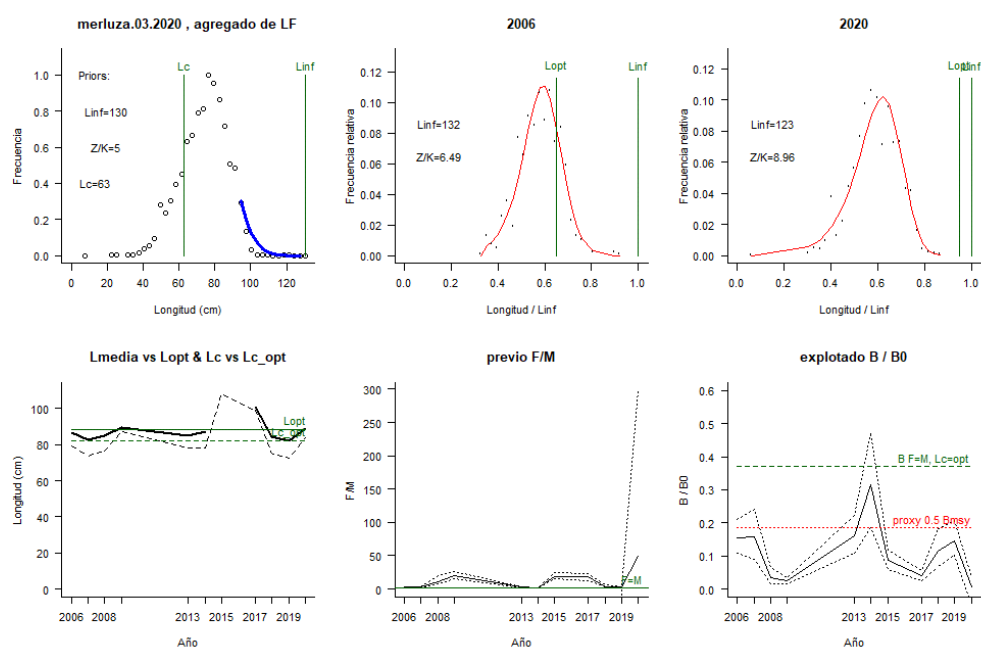


Figura 4-78. Comportamiento de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes 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/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].

4.2.9.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae*.

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 sistemas; sin embargo, en los ajustes a los modelos predictivos en cuanto a los residuos fue significativo y al diagnóstico sobre la precisión de los resultados, por lo tanto, análisis estadístico a los datos bases tiene solidez. (Figura 4-79)

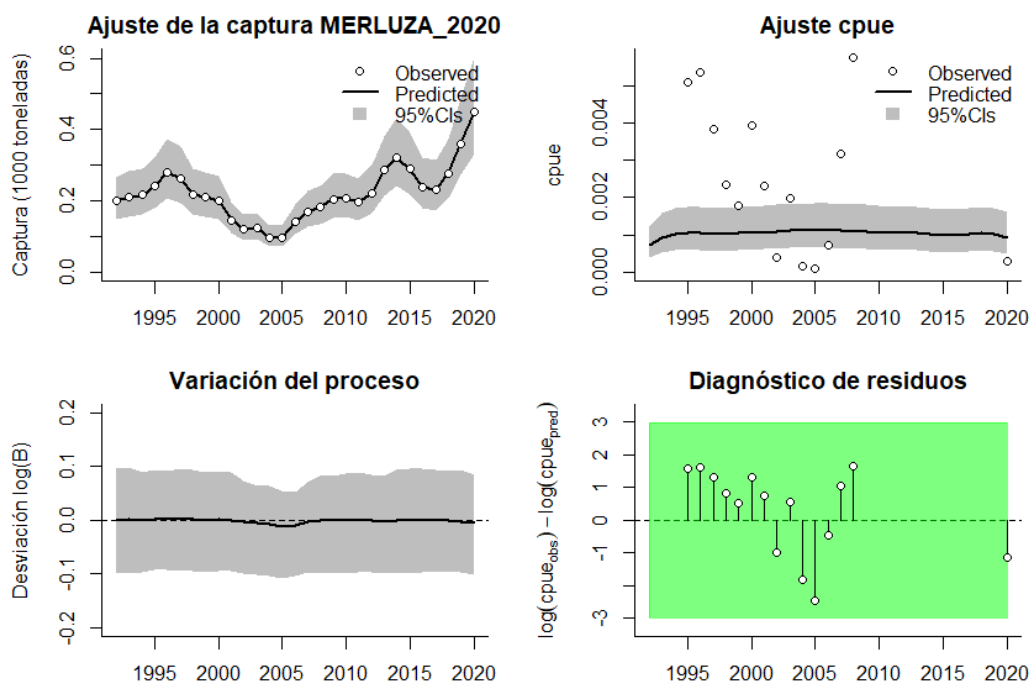


Figura 4-79. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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.

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 por el menor valor de PPVR fue para la capacidad de carga (K) de la especie en el ecosistema; las densidades de las biomazas 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 2020 entre 0.4 y 0.8. (Figura 4-80).

Utilizando el algoritmo BSM se encontró que las apreciaciones de cálculo variaron ligeramente ya que el punto de referencia MSY fu el mejor ajuste, pero muy cerca de este quedó el punto de referencia K; pero las respuesta en las biomazas por año si fueron idénticos. (Figura 4-81)

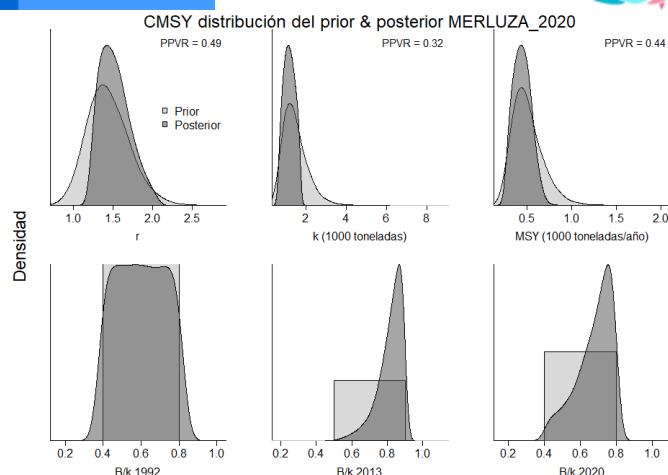


Figura 4-80. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis de la merluza *Brotula clarkae*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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.

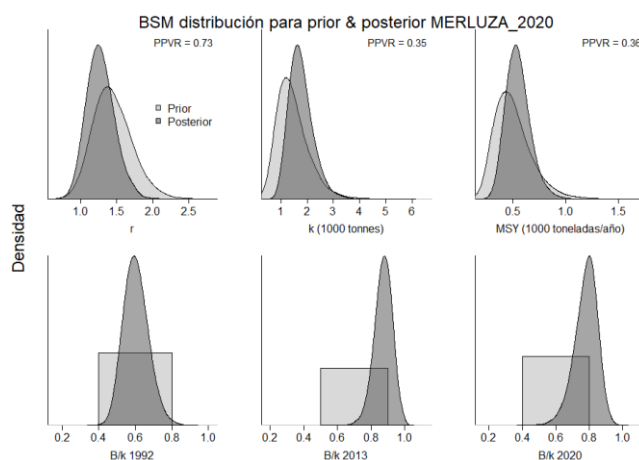


Figura 4-81. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la merluza *Brotula clarkae*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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 el 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	1.59	1.22	2.07
MSY	437	272	646
K	1,020	608	1,720
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.702 k	0.438	0.796
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.04	0.96	1.66

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	0.000699	0.000447	0.00109
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.26	0.943	1.69
k	1,710	1,050	2,780
MSY	539	362	801
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.789 K	0.627	896
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.531	0.327	0.953
correlación $\log(r - K)$		-0.575	

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 4-82, panel A), en cuanto al **tamaño del stock**, amén de algunas variaciones el comportamiento de las biomاسas presentó grandes cambios que hicieron que los estimativos de capturas y CPUE, fuesen muy poco concordantes (Figura 4-82, panel D), así mismo, donde se presentaron algunas variaciones de consideración fueron en la **tasa de explotación** (Figura 4-82, panel E) sin embargo, 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 agrupó en el lado óptimo de la curva (Figura 4-82, panel F)

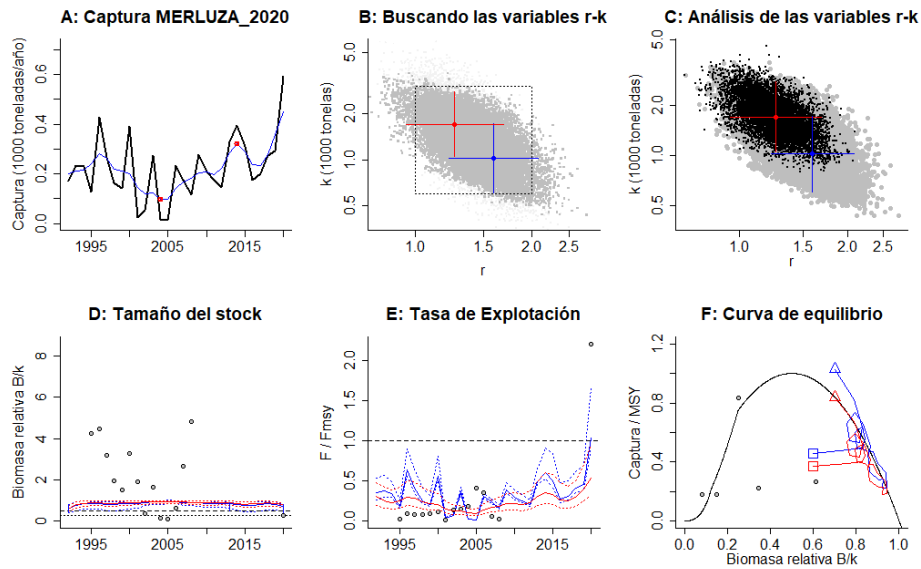


Figura 4-82. Resultados del Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura 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/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.

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 ninguna estimación de las capturas estuvo por encima del MSY; respecto a la funcionalidad de las tasas de biomasa relativa que sirven como base fundamental para determinar el **tamaño del stock** (B/B_{msy}), sorprendentemente todas estuvieron por encima del referente teórico indicando que las pesquerías no afectan 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 4-83)

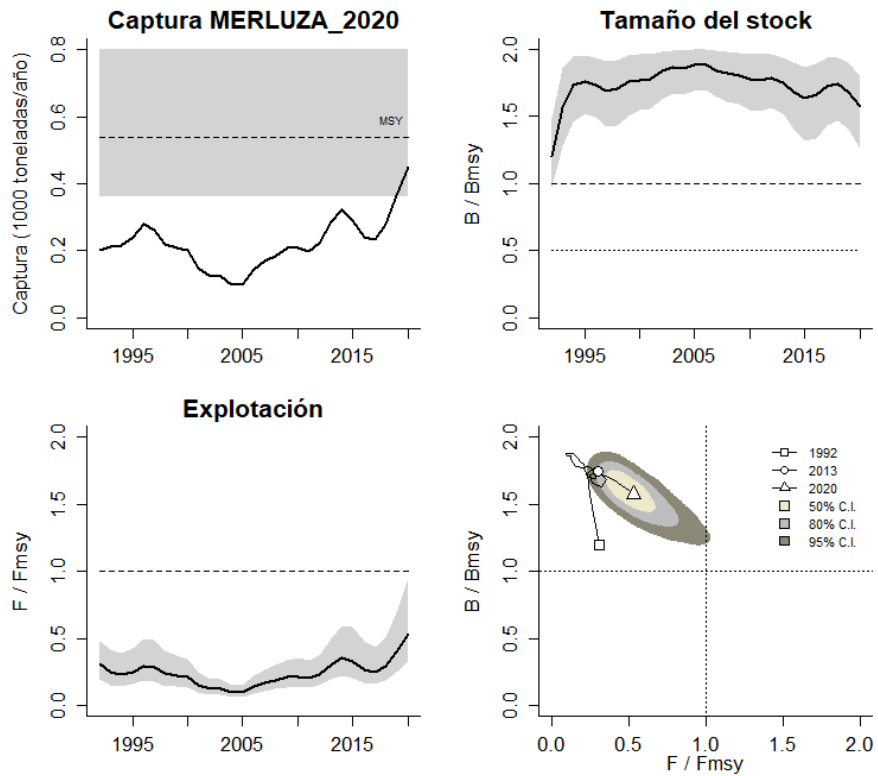


Figura 4-83. Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la 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 2020 este en la fase crítica es del 0.1%, así como que se encuentre en los niveles de plena explotación es de 1.6% y lo más alentador de esta pesquería es que la probabilidad que el sistema se encuentre en el estado óptimo es de 98.2 % (Figura 4-84)

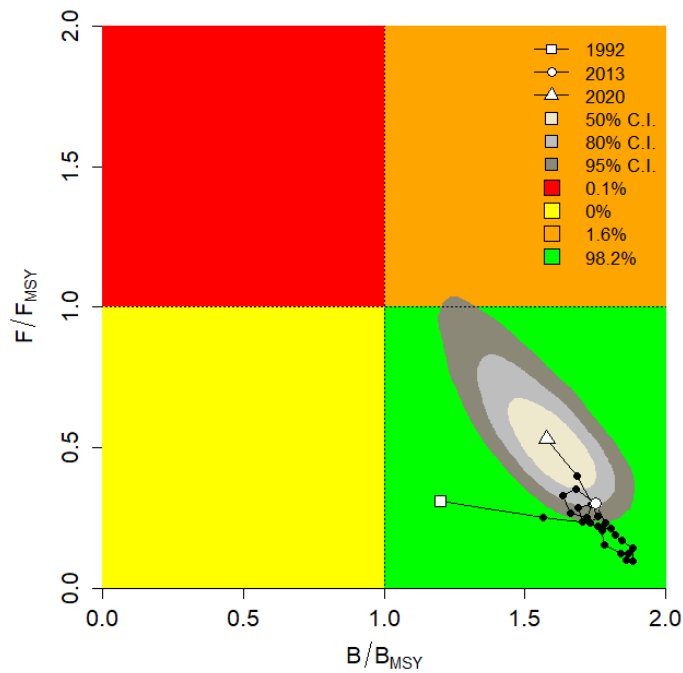


Figura 4-84. Análisis de las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.9.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías de la merluza *Brotula clarkae*.

De otra parte, este modelo bioeconómico presenta un nivel de RMS de 541 toneladas, con un valor del RME de \$ 5.6 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 su equilibrio dinámico (Figura 4-85).

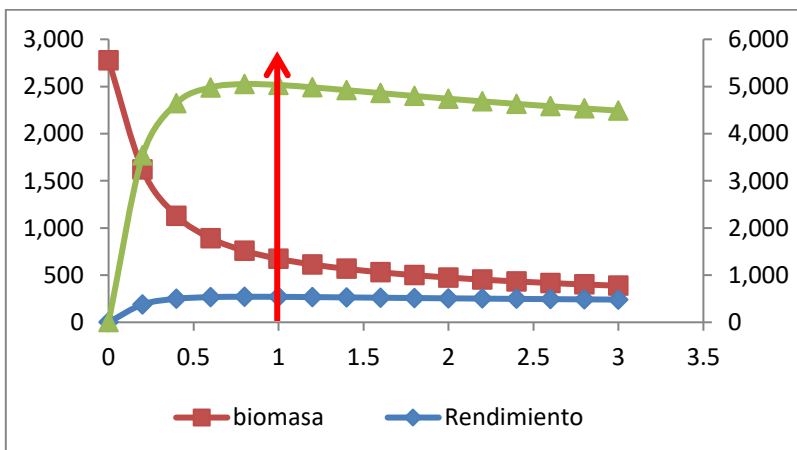


Figura 4-85. Resultados de las estimaciones de la merluza *Brotula clarkae* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.9.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer

Esta parte interesante de la evaluación propuesta, está dirigida hacia la determinación del comportamiento de las condiciones ambientales, frente al comportamiento de 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 4-86).

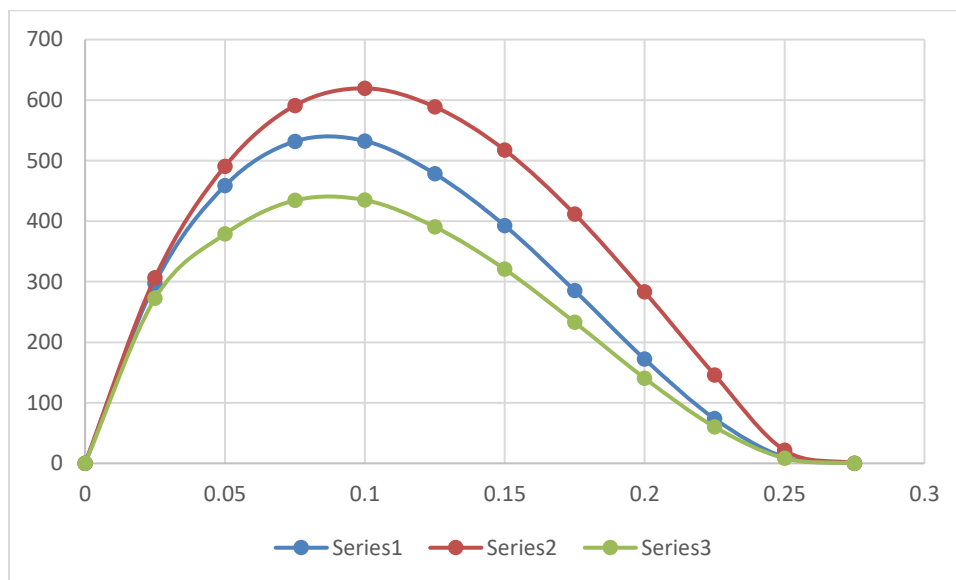


Figura 4-86. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de merluza en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.9.8 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 1.04, biomasa relativa de 0.789, la mortalidad por pesca actual de 0.565 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.63 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 539 ± (362 – 801) toneladas.

4.2.10 Pesquerías de la sardinata (*Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimar, 1825))



Foto: R. Robertson© (STRI)

Nombre en inglés: Rainbow runner.

4.2.10.1 Antecedentes del recurso sardinata *Elagatis bipinnulata*

Recurso marino asociado a los sistemas arrecifales; se distribuye en el Atlántico Oeste desde Massachussets 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⁻¹, con una mortalidad por pesca de 4.53 años⁻¹, y una tasa de aprovechamiento de 0.91. la mortalidad por pesca as u 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 pacifico centro y pacifico sur colombiano (Zambrano et al 2018 a, b).

4.2.10.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la sardinata *Elagatis bipinnulata*

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

4.2.10.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la sardinata *Elagatis bipinnulata*

Las 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 diagnostico de los residuos que fue un ajuste perfecto que no se logró con ningún otro recurso evaluado. (Figura 4-87)

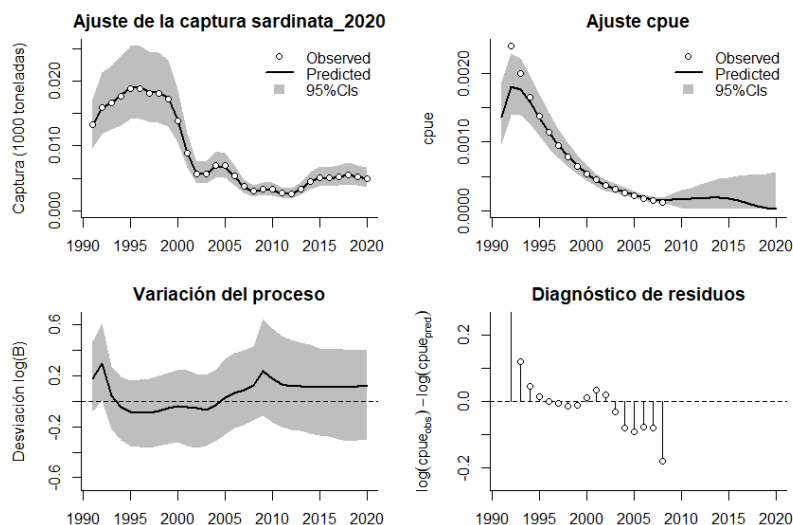


Figura 4-87. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 biomazas 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 4-88).

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 biomazas relativas las dos primeras fueron similares al sistema anterior, pero para el 2019 las densidades se redujeron totalmente. (Figura 4-89)

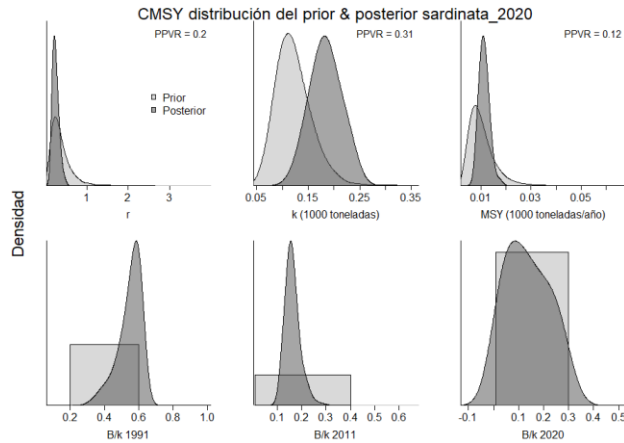


Figura 4-88. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de sardinata *Elagatis bipinnulata*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga 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.

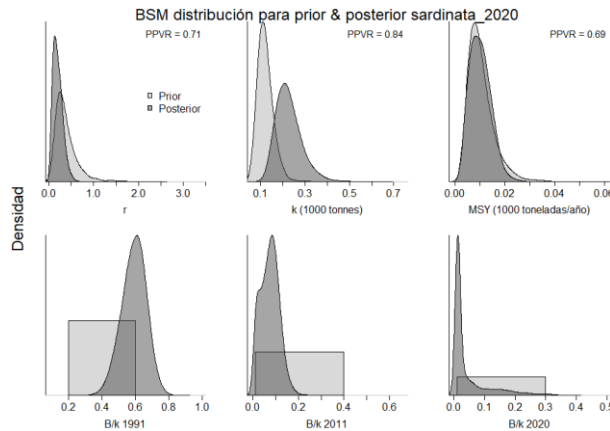


Figura 4-89. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados sardinata *Elagatis bipinnulata*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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	0.283	0.151	0.529
MSY	11.1	8.14	15.8
K	169	113	254
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.13 K	0.0142	0.288
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.33	1.5	30.4

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		Límite inferior	Límite superior
q	0.0106	0.00717	0.0155
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.169	0.053	0.536
k	221	137	356
MSY	9.3	3.92	22.1
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0131 k	0.0109	0.252
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	321	70.775	1212
correlación log (r -K)		-0.742	

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 4-90, 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 4-90, 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 4-90, 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)

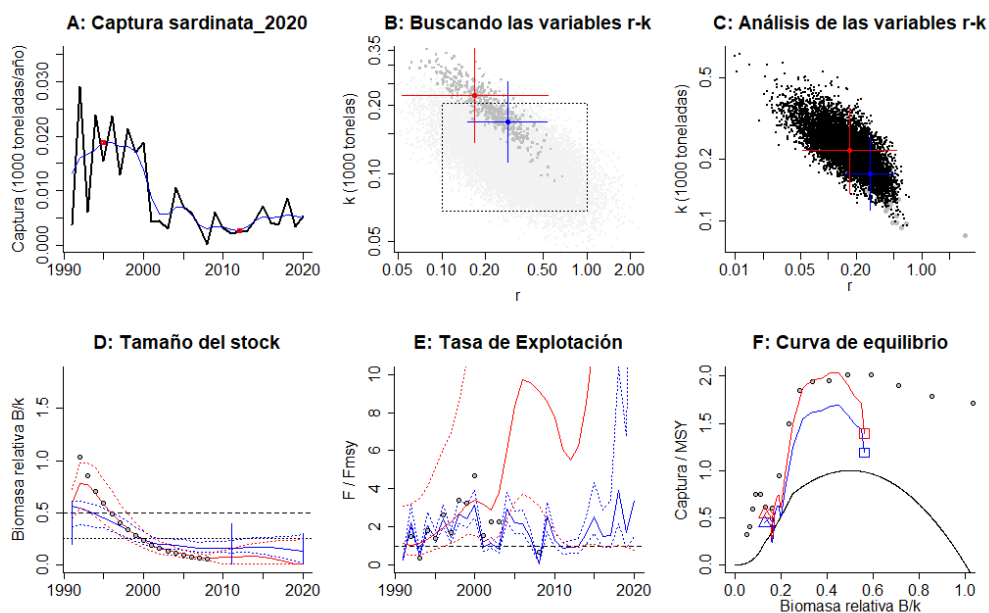


Figura 4-90. Resultados del Análisis de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de 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	0.0843	0.0265	0.268	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.00442
Fmsy	0.00442	0.00139	0.0141	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	9.3	3.92	22.1	
Bmsy	110	68.5	178	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	2.89	2.41	5.57	
B/Bmsy en el último año	0.0262	0.0218	0.504	
Mortalidad por pesca en el último año	1.72	0.0893	2.06	
Explotación $F/F_{msy} =$	321	0.775	1212	

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 4-91)

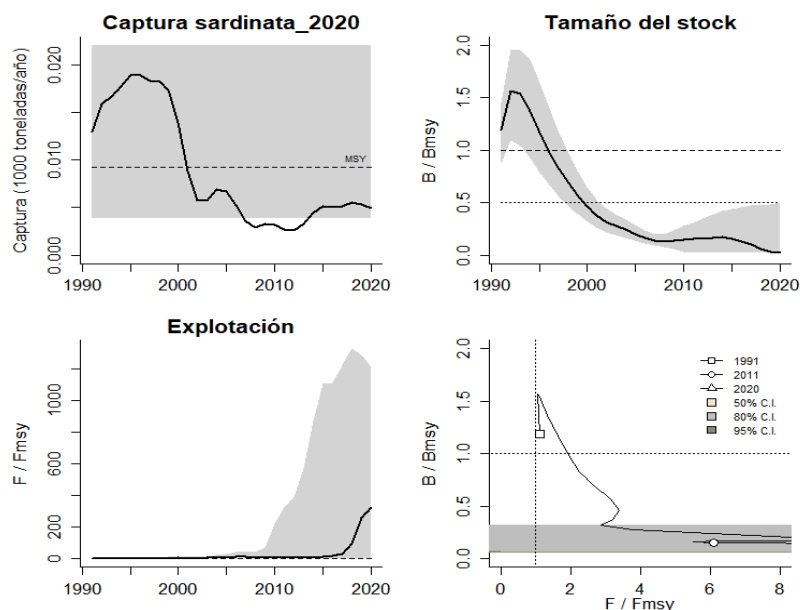


Figura 4-91. Análisis de las pesquerías manejo de sardinata *Elagatis bipinnulata* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 mostro que las pesquerías históricamente ha 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 4-92)

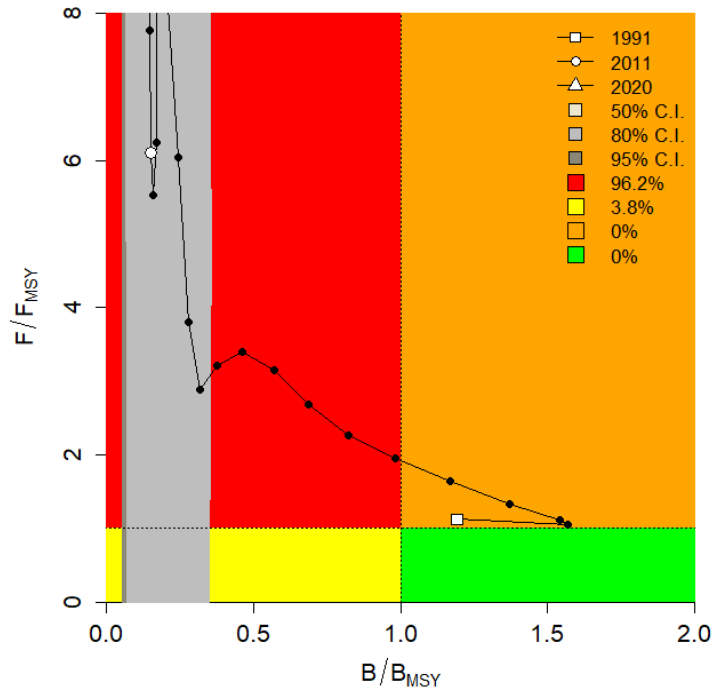


Figura 4-92. Análisis de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

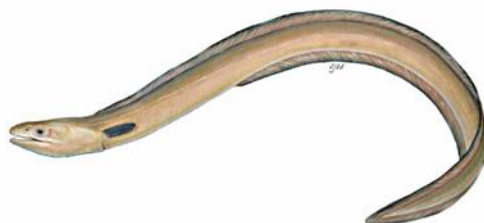
4.2.10.4 Conclusiones de las pesquerías de sardinata *Elagatis bipinnulata*

Es una especie pelágica que accede a redes de enmalle y artes de anzuelo 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_{msy}). Los modelos analizados muestran un recurso sobreexplotado.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 3.33, biomasa relativa de 0.13, la mortalidad por pesca actual de 1.72 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00442 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $9.49 \pm (3.92 - 22.1)$ toneladas.

4.2.11 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.

4.2.11.1 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⁻¹. (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 pacífico colombiano.

4.2.11.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del zafiro *Cynoponticus coniceps*

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

4.2.11.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del zafiro

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 biomásas estuvo muy cerca del modelo del procesos; el diagnóstico de los residuos está dentro de los estándares significativos. (Figura 4-93)

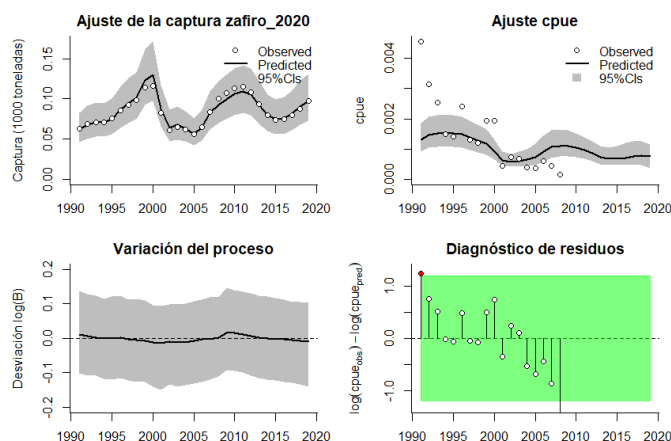


Figura 4-93. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 MSY; mientras que los ajustes de biomásas 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 biomásas relativas entre 0.0 a 0.4, luego para 2020 se acomodó entre 0.01 a 0.4. (Figura 4-94)

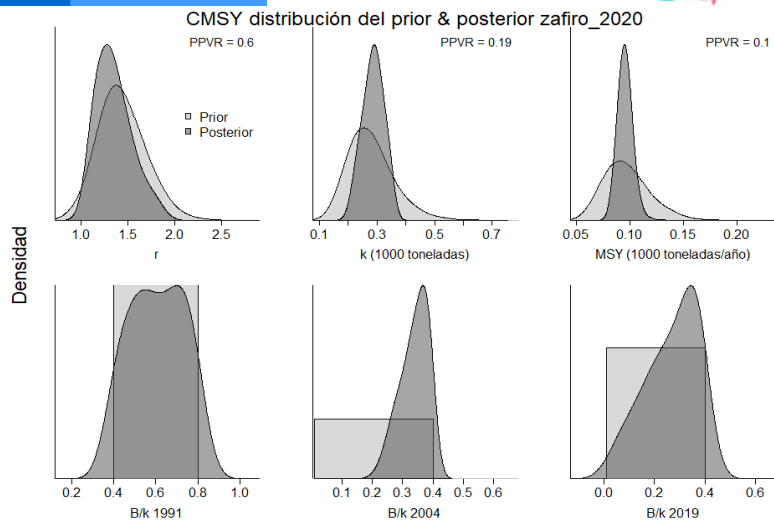


Figura 4-94. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del zafiro *Cynoponticus coniceps*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 el algoritmo BSM, se encontró que las variaciones en el comportamiento de los datos de salida fueron casi idénticas al utilizado con el algoritmo CMSY; por lo que se determinó que el mejor ajuste sigue siendo el de MSY. (Figura 4-95)

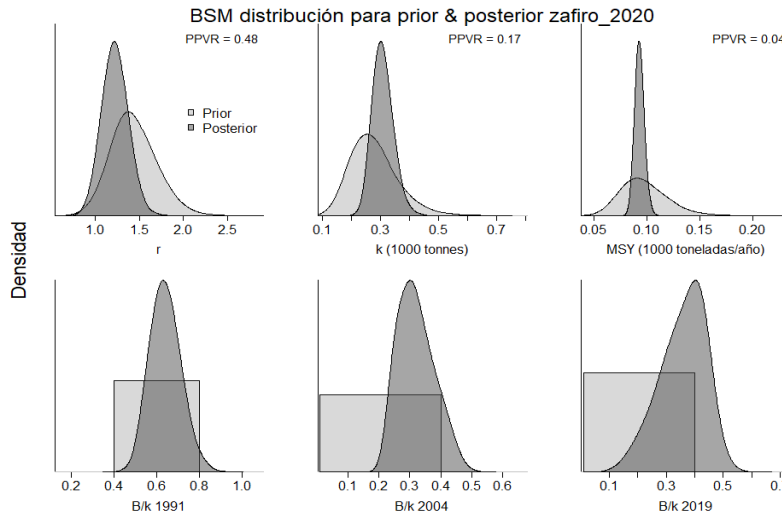


Figura 4-95. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del zafiro *Cynoponticus coniceps*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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	1.48	1.1	1.98
MSY	95.1	84.3	112
K	261	204	335
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.299 k	0.0332	0.397
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.53	1.15	13.8

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	0.00604	0.00432	0.00842
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.18	0.915	1.53
k	312	245	398
MSY	92.4	84.6	101
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.634 k	0.18	0.491
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.44	1.03	4.04
correlación	Log (r - K)	-0.939	

Con esta información se construyeron algunos puntos de referencia como establecer un valor de mortalidad por pesca (F_{msy}) en 0.591 y un rendimiento máximo sostenible en 93 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
F_{msy}	0.591	0.458	0.764	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	0.591
F_{msy}	0.591	0.458	0.764	(r y F_{msy} se reducen linealmente)	



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
				si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	92.4	84.6	101	
Bmsy	156	123	199	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	114	56.1	153	
B/Bmsy en el último año	0.728	0.359	0.982	
Mortalidad por pesca en el último año	0.847	0.627	1.72	
Explotación F/Fmsy	1.44	1.03	4.04	

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 biomasa relativos muestra, en condiciones de pesca activa, una estabilidad aceptable; aunque en el 2020 los estándares se vieron ligeramente disminuidos (Figura 4-96, panel A); finalmente se puede observar que la **curva de equilibrio** mostraron que el balance entre las tasas de rendimientos (captura/MSY) frente a la biomasa relativa están cercanas al punto de referencia limite. (Figura 4-96, panel F)

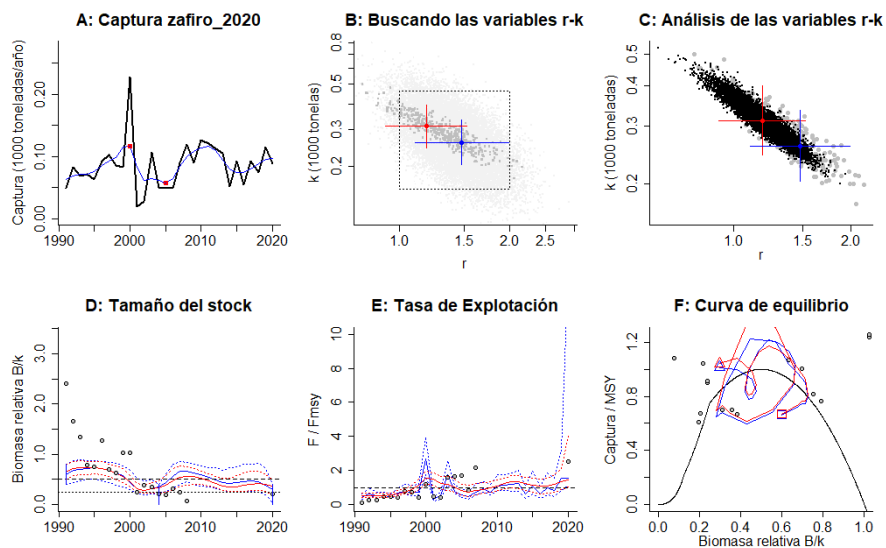


Figura 4-96. Resultados del Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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 biomazas 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 4-97)

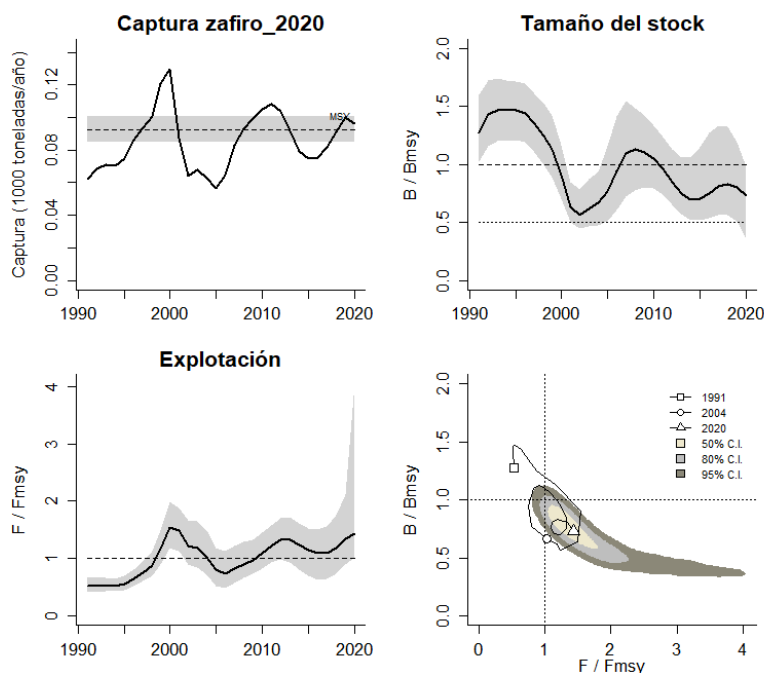


Figura 4-97. Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 biomazas 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 97.8 %, aunque con una probabilidad estadística de estar en zona de plena explotación fue de 0.8 % y buenas condiciones en un 0.9%. (Figura 4-98)

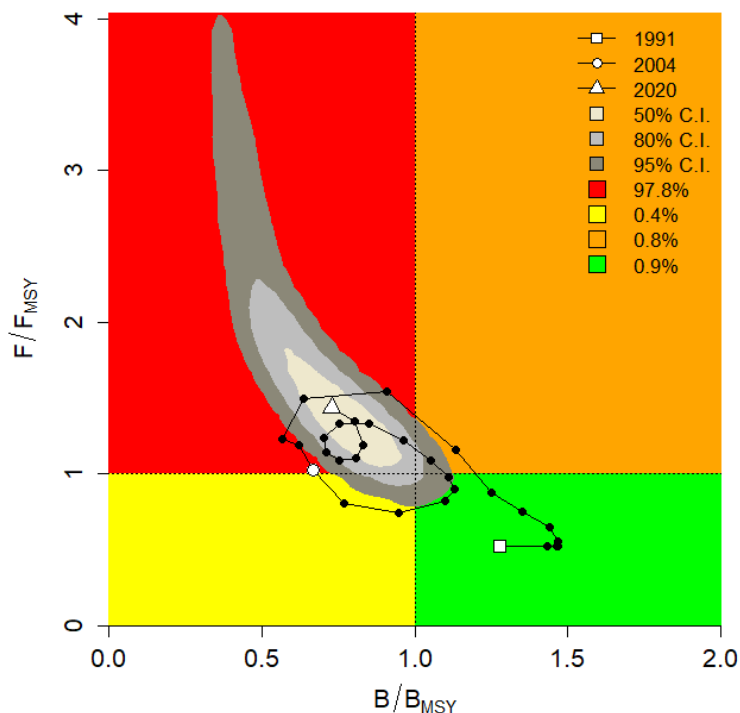


Figura 4-98. Análisis de las pesquerías del zafiro *Cynoponticus coniceps* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.11.4 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 biomazas relativas están en un 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 1.44, biomasa relativa de 0.364, la mortalidad por pesca actual de 1.44 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.591 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 92.4 ± (84.6 – 101) toneladas.

4.2.12 Pesquerías del pámpano (*Trachinotus rhodopus* Gill, 1863)



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Gafftopsail pompano

4.2.12.1 Antecedentes de recurso pámpano *Trachinotus rhodopus*

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⁻¹, 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).

4.2.12.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de pámpano *Trachinotus rhodopus*.

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.	0.760	0.0066	D.N.D.	documento de cuotas 2019	Bayesiano, producción excedente por remuestreo	Los resultados de los análisis anteriores mostraron un sistema en condiciones aceptables

4.2.12.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del pámpano *Trachinotus rhodopus*.

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 4-99)

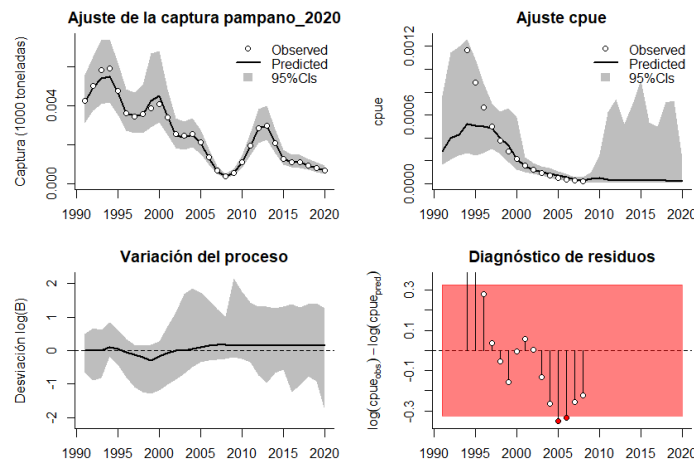


Figura 4-99. Modelación de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximad ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una 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 2020 el rango fue entre 0.01 y 0.2. (Figura 4-100).

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, peo 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 4-101)

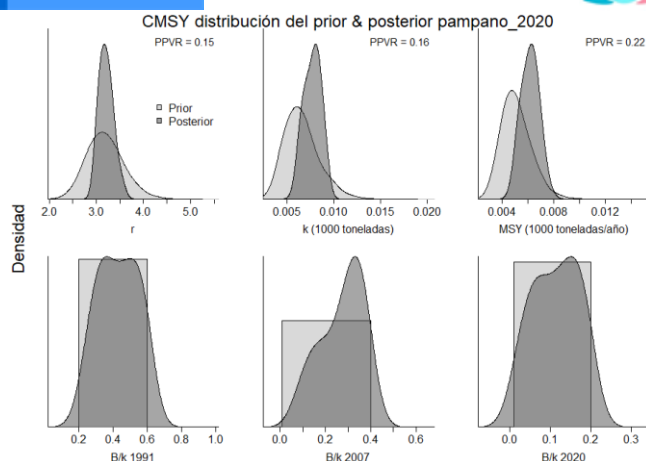


Figura 4-100. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pámpano *Trachinotus rhodopus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

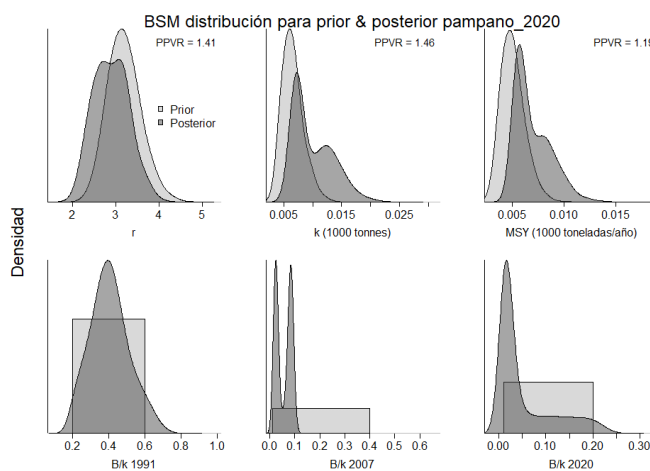


Figura 4-101. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pámpano *Trachinotus rhodopus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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, pero 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

resultado 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	3.26	2.95	3.61
MSY	6.17	4.98	7.47
K	7.29	5.74	9.25
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.118 k	0.0156	0.197
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.543	0.324	4.11

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	0.0829	0.0583	0.118
		Intervalo de confianza al 95%	
r	2.86	2.16	3.77
k	9.5	5.04	17.9
MSY	6.78	4.31	10.7
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0189 k	0.109	0.209
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	31.5	0.285	133
correlación log (r - K)		-0.773	

Como resultados final sobre la estimación del decaimiento de las biomásas, para las pruebas realizadas, se decidió que la mortalidad por pesca tiene un valor de 0.108 indicando que la captura está sobrepasando el valor inferior 0.5 de la biomasa, de allí que el MSY no debe sobrepasar de 6.78 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 0.108
Fmsy =	1.43	1.08	1.89	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $F_{msy} = 0.5r$)	
Fmsy =	0.108	0.0817	0.142	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2$ Bmsy)	
MSY	6.78	4.31	10.7		



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Bmsy =	0.00475	0.00252	0.00895	0.108
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	0.179	0.104	1.99	
B/Bmsy en el último año	0.0377	0.0219	0.419	
Mortalidad por pesca en el último año	3.89	0.35	6.71	
Explotación F/Fmsy	31.5	0.285	133	

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 biomاسas relativas relacionado con el **tamaño del stock** y en la **tasa de explotación**, aunque aquí no referimos a lo que pasó con las capturas (línea azul de la gráfica Figura 4-102, 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 biomاسas de los últimos años está en los niveles más bajos posibles. (Figura 4-102, panel F)

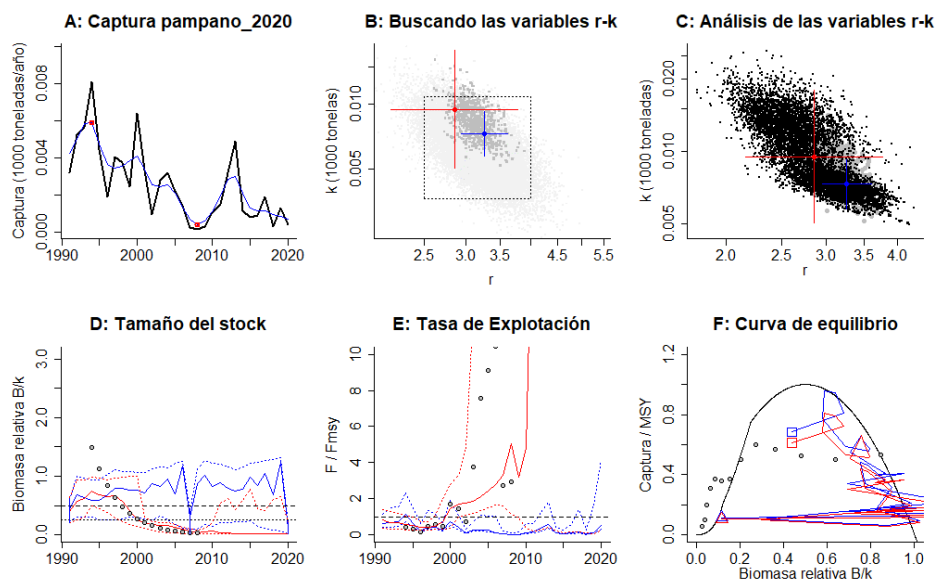


Figura 4-102. Resultados del Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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 $Bmsy=0.5 k$, 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 después de 2000 esta inclusive por debajo de los dos límites de referencia. (Figura 4-103)

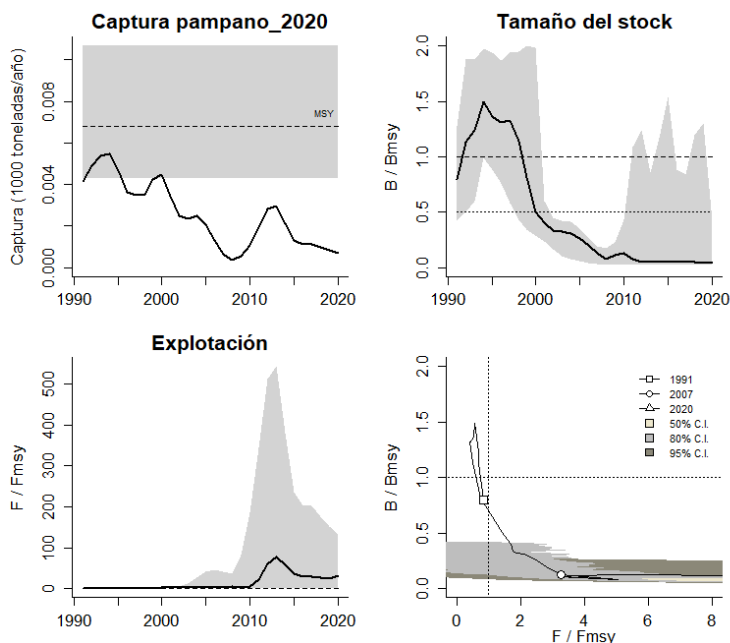


Figura 4-103. Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 2020 la probabilidad de estar en crisis es del 82.5% y con un 17.5% de estar en recuperación, aunque mejore levemente en comparación a los cálculos realizados el año anterior. (Figura 4-104)

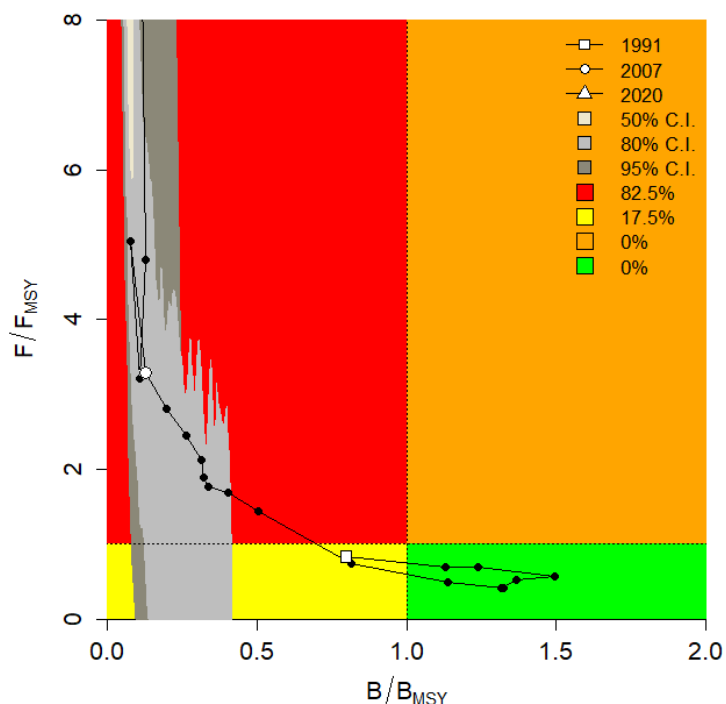


Figura 4-104. Análisis de las pesquerías de pámpano *Trachinotus rhodopus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.12.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer del pámpano *Trachinotus rhodopus*

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 4-105).

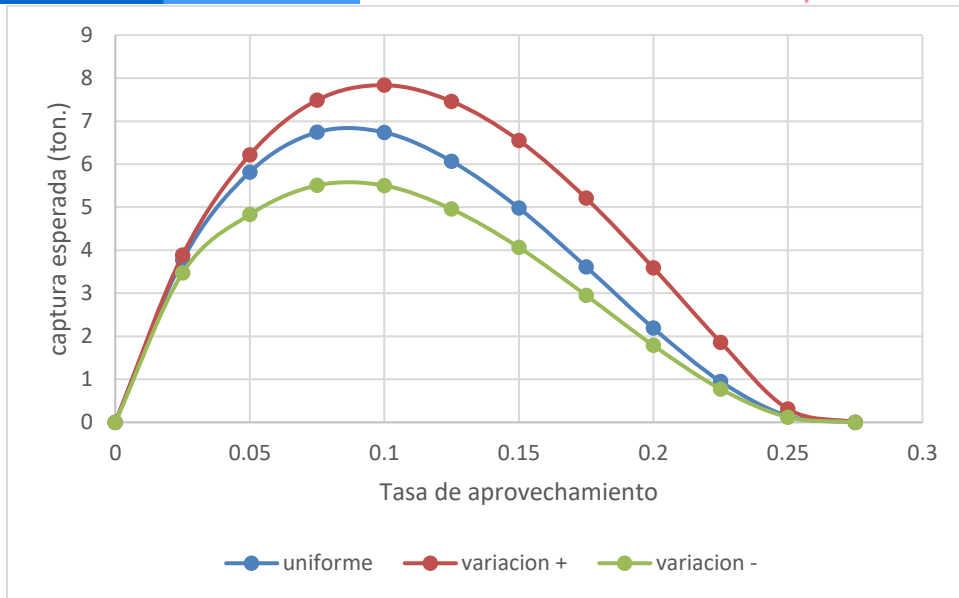


Figura 4-105. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de pámpano *Trachinotus rhodopus* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.12.5 Conclusiones de la pesquerías del pámpano *Trachinotus rhodopus*

Las evidencias recopiladas indican que el recurso paso 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 1.43 año^{-1} , que es la mortalidad por pesca de MSY superior al decaimiento de $\frac{1}{4}$ 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 31.5, biomasa relativa de 0.0189, la mortalidad por pesca actual de 3.89 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.108 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $6.78 \pm (4.31 - 10.7)$ toneladas.

4.2.13 Pesquerías de machetajo (*Centropomus medius* Günther, 1864)



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Blackfin snook

4.2.13.1 Antecedentes del recurso del machetajo *Centropomus medius*

El recurso se desempeña 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⁻¹, con una talla de madurez de 36.6 cm de Lt., se ha estimado una tasa de mortalidad instantánea de -12.24 año⁻¹ y con una tasa de mortalidad por pesca de 13.1 año⁻¹, 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.

4.2.13.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones para el machetajo *Centropomus medius*

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)

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 ²	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 camaronera	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

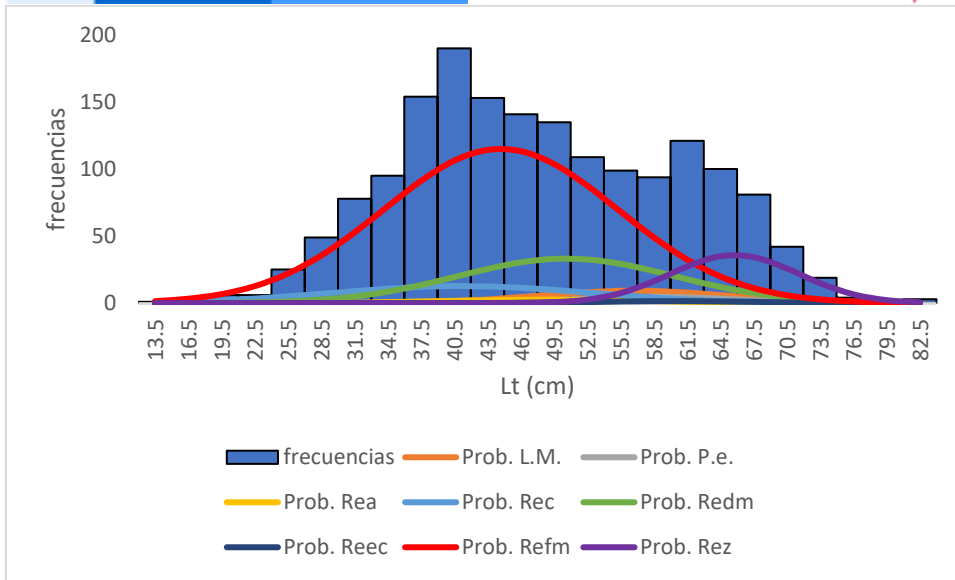


Figura 4-106. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del machetajo *Centropomus medius* en el año 2020. L.M. = línea de mano; P.e. = palagre o espinel; Rea. = red de cerco artesanal o ruche; Rec = red de enmalle camaronera; Redm. = red de enmalle de deriva marina; Reec. = red de enmalle de encierro continental; Refm. = red de enmalle fija marina; Rez. = red de enmalle o zangarreo.

4.2.13.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del machetajo

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 las información calculada para los valores iniciales de CPUE, con respecto al modelo predictivo; sin embargo, las biomazas ($\log(B)$) no presentaron desviaciones en análisis de **variación del proceso**, y los valores observados de CPUE fueron ajustados en el diagnóstico de los residuos. (Figura 4-107)

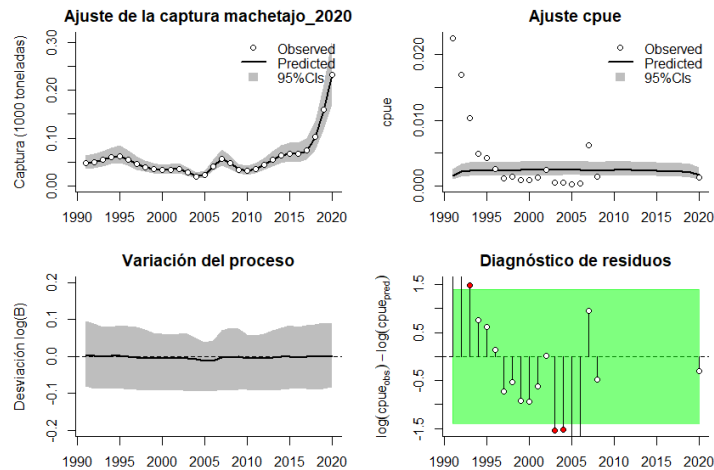


Figura 4-107. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del machetajo *Centropomus medius*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel

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 biomazas relativas mostraron para 1991 un rango de distribución entre 0.4 a 0.8, luego en el años de quiebre 2016 este rango estuvo entre 0.5 a 0.9, para finalmente en el 2020 el mismo fue entre 0.4 a 0.8. (Figura 4-108)

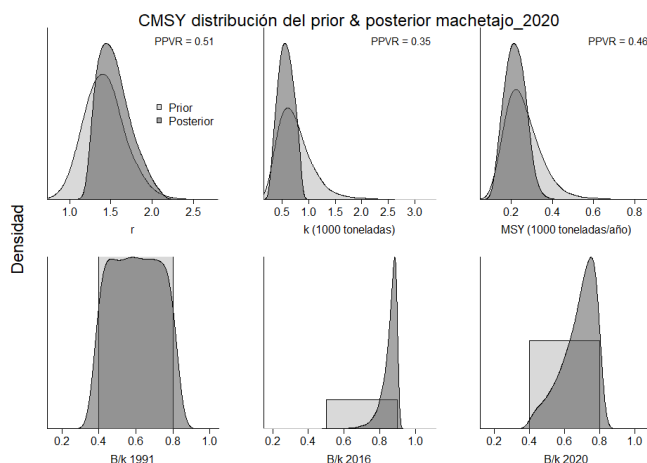


Figura 4-108. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *del machetajo Centropomus medius*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 es el mismo que para el primer ensayo y el comportamiento de las densidades de las biomazas relativas, con algunas pequeñas diferencias, fue el mismo que con el primer ejercicio. (Figura 4-109)

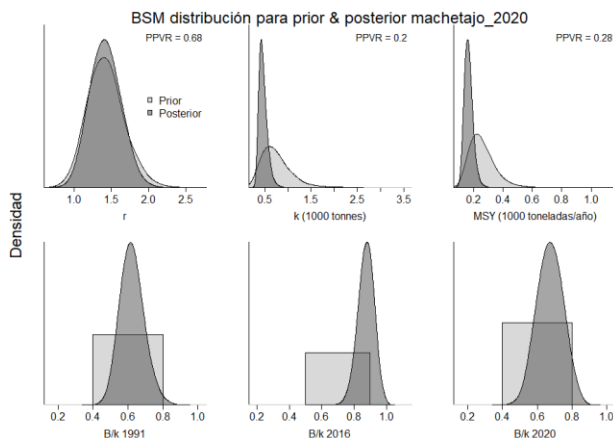


Figura 4-109. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados *machetajo Centropomus medius*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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 valores de las capturas con el algoritmo CMSY presento resultados con valores más bajos para el punto de referencia límite MSY que los analizados en la primera fase; los resultados de las biomásas relativas mostraron un recurso estable que no muestra señales de agotamiento, con una tasa de explotación en el último año con niveles cercanos al 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	1.63	1.25	2.13
MSY	162	115	227
K	483	269	866
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.701 k	0.449	0.796
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.28	1.13	2

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 es estable. (Tabla 4-80)

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	0.00565	0.00375	0.00851
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.41	1.06	1.87
k	460	324	653
MSY	162	115	227
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.675 k	0.533	0.817
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.07	0.642	1.74
correlación $\log(r - K)$	-0.453		

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 de la serie histórica, así como biomásas relativas el su punto óptimo. (Tabla 4-81)

Tabla 4-81. 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 0.704
Fmsy	0.704	0.528	0.937	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	
Fmsy	0.704	0.528	0.937	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)	
MSY	162	115	227		
Bmsy	230	162	327		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	310	245	376		
B/Bmsy en el último año	1.35	1.07	1.63		
Mortalidad por pesca en el último año	0.747	0.617	0.946		
Explotación F/Fmsy	1.07	0.642	1.741		

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 biomazas por encima de los valores referencia (Figura 4-110, panel D), el análisis de la **tasas de explotación**, aunque muestran un comportamiento diferencial entre las capturas (líneas azules en la Figura 4-110, 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 4-110, 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 por encima de este límite (zona gris de la Figura 4-111); pero ya respecto al **tamaño del stock** comparando las tasas de biomasa relativo 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 4-111).

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 2020 se pasó a la zona de plena explotación; sin embargo, se pudo estimar una probabilidad de 39.1 % que el sistema este en los niveles óptimos, un 60.1 % que este en la zona de plena explotación y un 0.8 % que se encuentre en la zona crítica. (Figura 4-112)

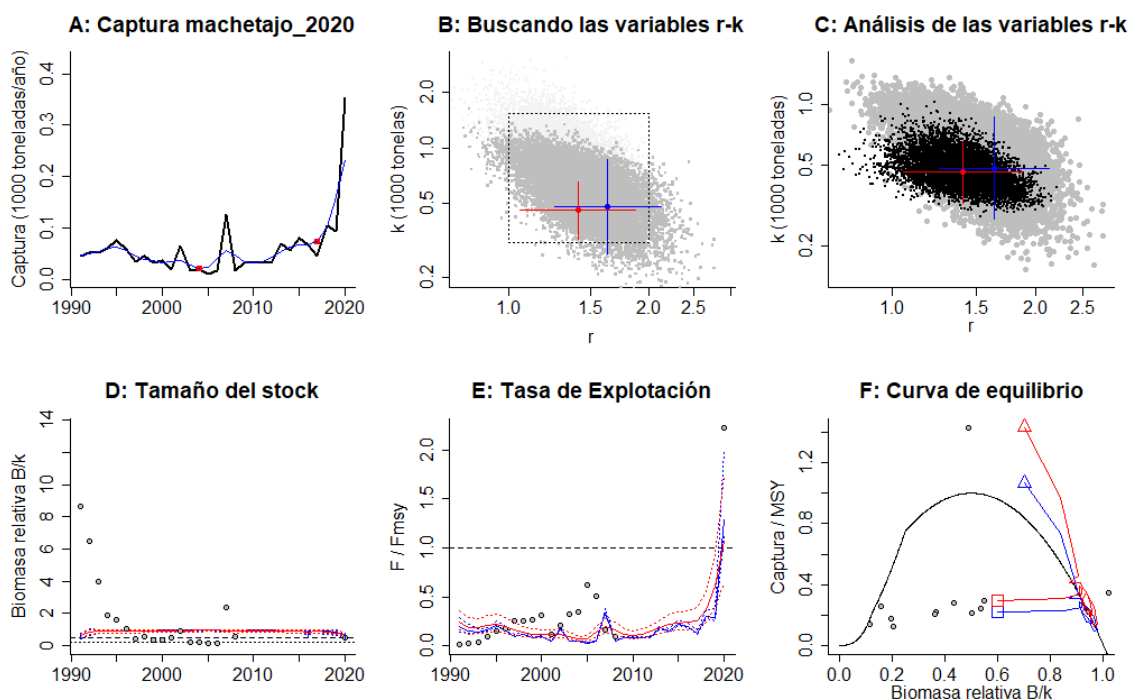


Figura 4-110. Resultados del Análisis de las pesquerías en el manejo *del machetajo Centropomus medius* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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.

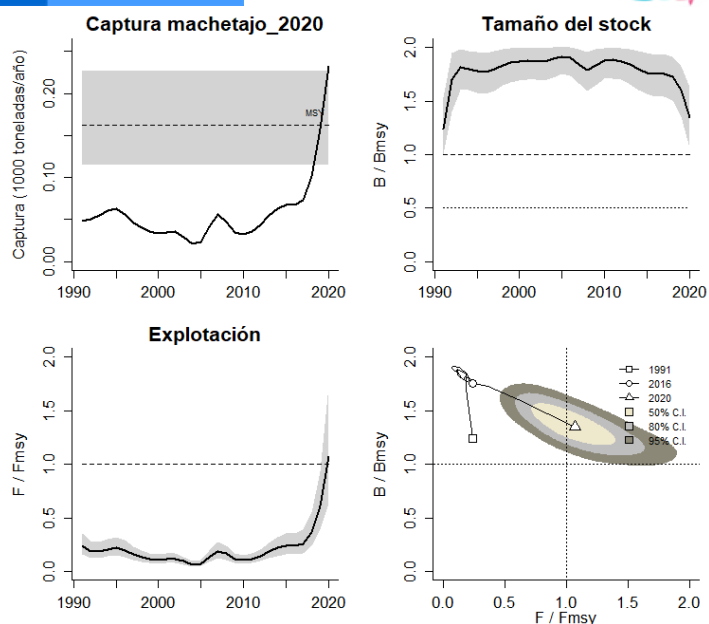


Figura 4-111. Análisis de las pesquerías en el manejo *del machetajo Centropomus medius* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

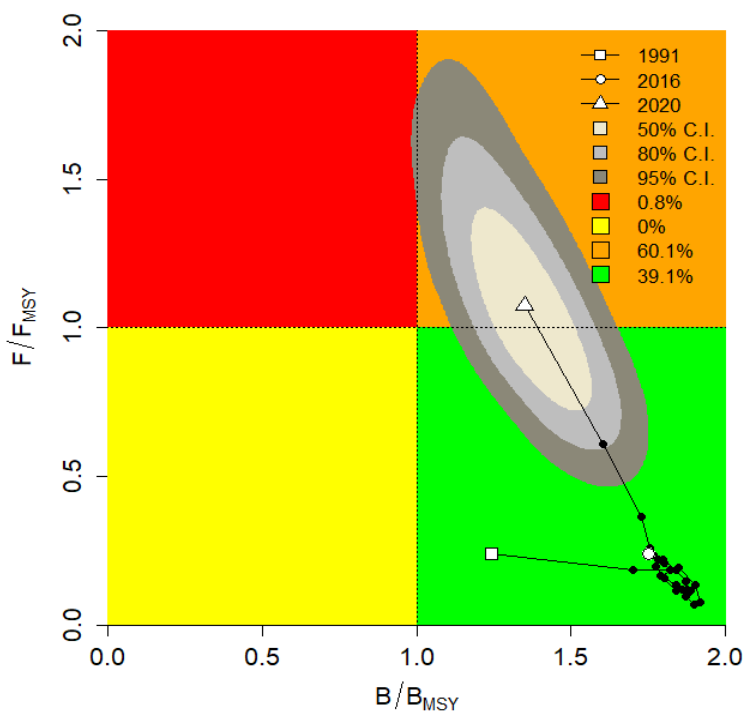


Figura 4-112. Análisis de las pesquerías *del machetajo Centropomus medius* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.13.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del machetajo *Centropomus medius*.

Con la información recolectada, tanto de tallas como de precios de primera venta, se estimó el comportamiento de las pesquerías de este recursos, se pudo concluir que con este modelo el RMS estuvo en 163 toneladas y, con un RME de 11.9 mil millones de pesos. El registro realizado muestra que el recurso esta estable en su equilibrio de aprovechamiento (Figura 4-113)

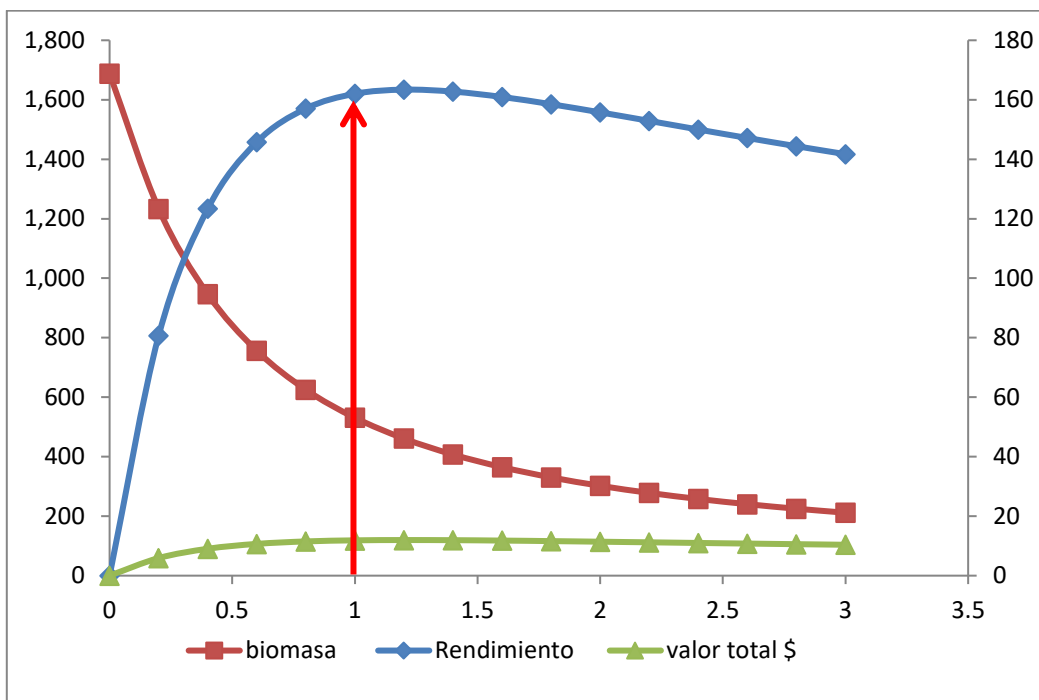


Figura 4-113. Resultados de las estimaciones del machetajo *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.13.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer machetajo *Centropomus medius*

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 4-114).

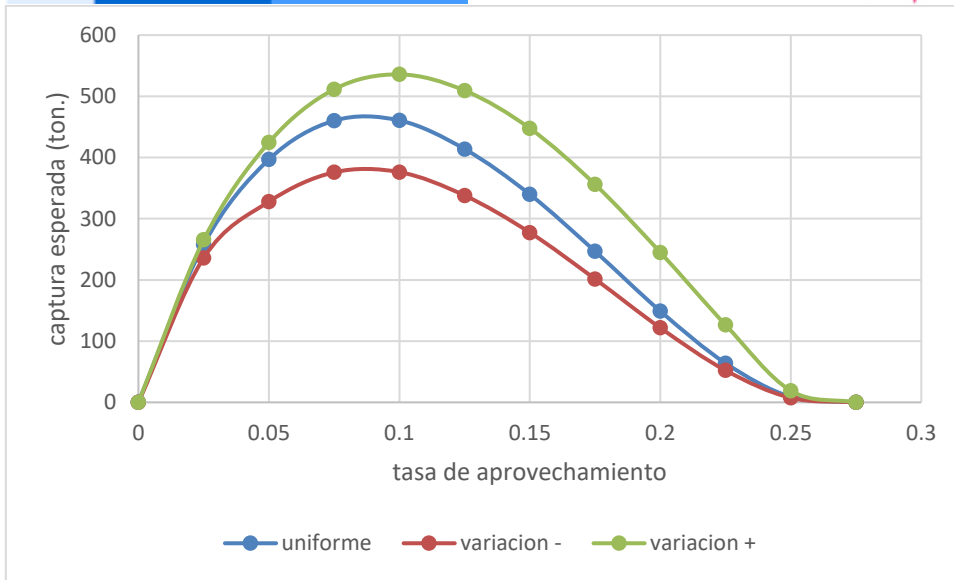


Figura 4-114. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del machetajo *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.13.6 Conclusiones sobre el manejo pesquero del machetajo *Centropomus medius*

Este uno de los recursos que se encuentra en buenas condiciones y se puede pensar que el valor de MSY de 162 que puede alcanzar las 227 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 1.28, biomasa relativa de 0.701, la mortalidad por pesca actual de 0.747 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.704 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 162 ± (115 - 227) toneladas.

4.2.14 Pesquerías del mero (*Epinephelus quinquefasciatus* (Bocourt, 1868))

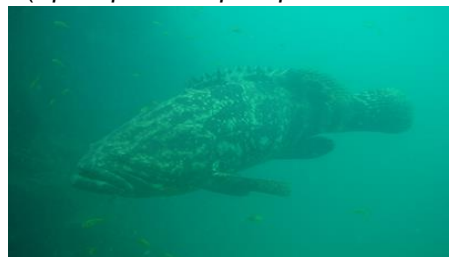


Foto: G.A. Castellanos © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific goliat grouper.

4.2.14.1 Antecedentes del recurso mero *Epinephelus quiquefasciatus*

Este recurso es el 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⁻¹, 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 las 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.

4.2.14.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del mero

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 4-82)

Tabla 4-82. Estimación de los principales parámetros poblacionales de mero *Epinephelus quinquefasciatus* 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 SEPECA, se pudo hacer un seguimiento a las tallas del mismo, 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 4-83, Figura 4-115)

Tabla 4-83. 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 ²	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

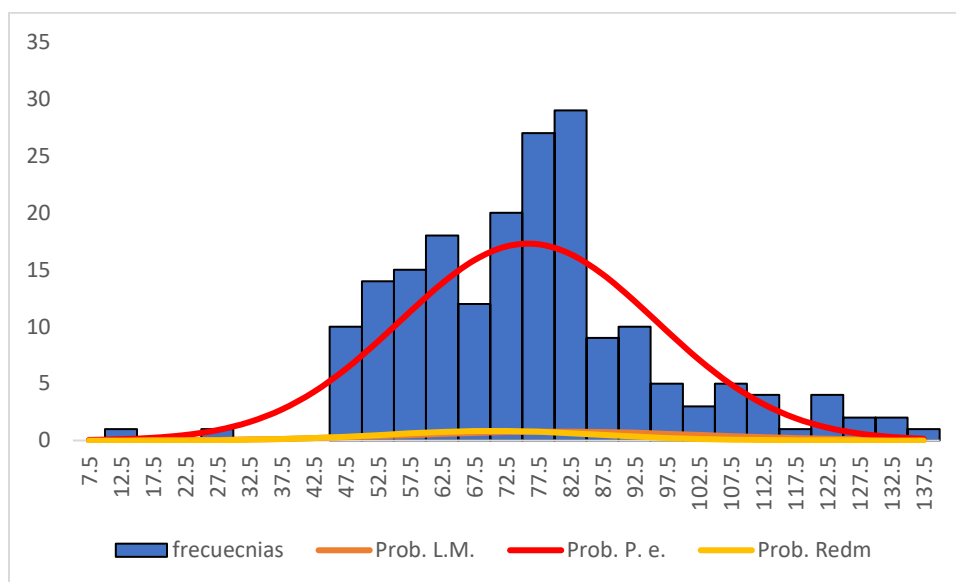


Figura 4-115. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del mero *Centropomus medius* en el año 2020. L.M. = línea de mano; P.e. = palangre o espinel; Redm. = red de enmalle de deriva marina.

4.2.14.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del mero *Centropomus medius*

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 biomazas mostraron un ajuste bastante bueno y finalmente los CPUE fueron ajustados con el análisis de los residuos. (Figura 4-116)

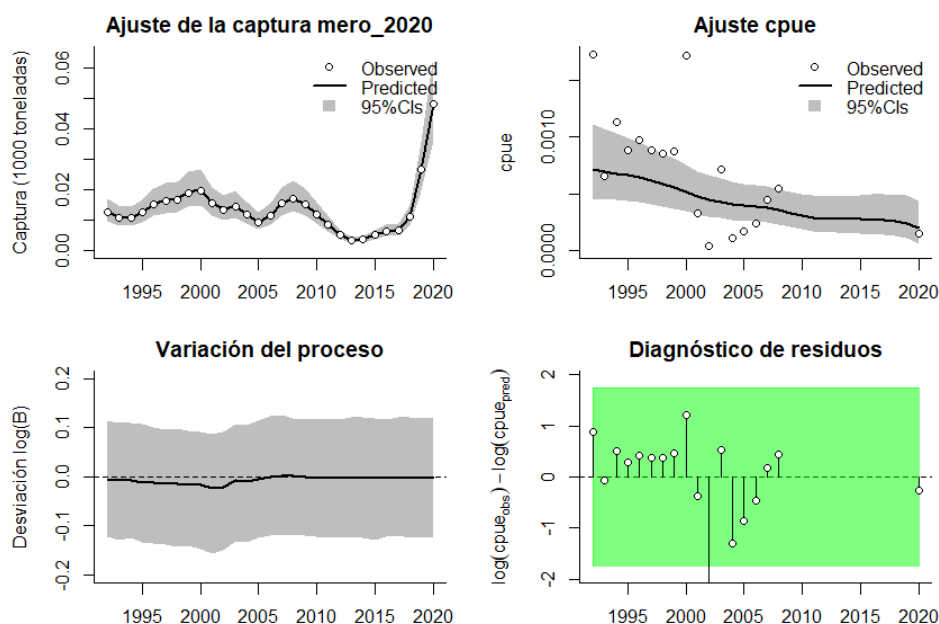


Figura 4-116. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados 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 biomásas 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 2020 entre 0.01 a 0.4. (Figura 4-117).

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 biomásas solo se diferenciaron en que para 1992 la distribución fue más normal que la del primer ajuste. (Figura 4-118)

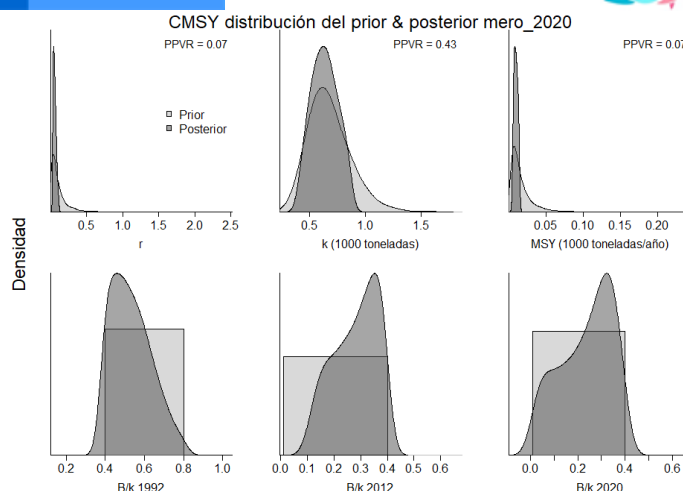


Figura 4-117. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de mero *Epinephelus quinquefasciatus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

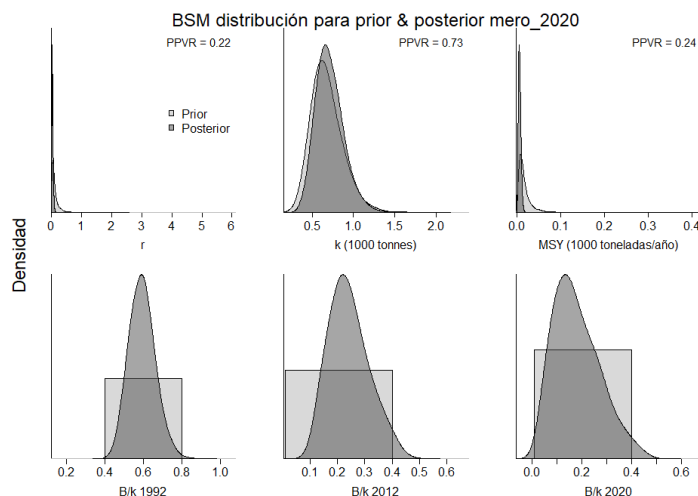


Figura 4-118. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados mero *Centropomus medius*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 relativa catalogan que el sistema se encuentra bajo niveles de aprovechamiento altos. (Tabla 4-84)

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 4-85)

Tabla 4-84. 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	0.0642	0.0332	0.124
MSY	9.45	5.12	14.4
K	587	390	882
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.259 k	0.0233	0.39
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	17.5	11.6	194

Tabla 4-85. 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	0.00175	0.0000976	0.00313
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.0281	0.00773	0.102
k	693	438	1.09
MSY	4.87	1.65	14.4
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.165 k	0.0408	0.389
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	47.3	6.41	1195
r -k log correlación =		-0.596	

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 0.00928 años⁻¹, que indica claramente que el rendimiento de las biomazas está por debajo del $\frac{1}{4}$ de las biomazas de la población, el rendimiento máximo sostenible MSY solo está en 4.7 toneladas que inclusive puede bajarse hasta las 1.6 toneladas. Para el último año analizado la mortalidad por pesca y su tasa de aprovechamiento no mostraron valores sanos. (Tabla 4-86)

Tabla 4-86. 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 0.0092
Fmsy	0.0141	0.00387	0.0512	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	
Fmsy	0.00928	0.00255	0.0144	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)	
MSY	4.87	1.65	14.4		
Bmsy	346	219	547		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	114	28.3	270		
B/Bmsy en el último año	0.33	0.0816	0.779		
Mortalidad por pesca en el último año	0.423	0.179	1.71		
Explotación F/Fmsy	47.3	6.41	1195		

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 biomاسas relativas que miden el **tamaño del stock** muestra una progresión decreciente (Figura 4-119, 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 4-119, 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 biomاسas 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 2020 el año crítico donde se rebasan todos los límites permitidos. (Figura 4-120).

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 resaltas que para el último año (2020), ya los niveles están por debajo del referente de del 0.5 de la tasa de biomاسas relativas lo cual está indicando que las poblaciones están por debajo de los niveles de reclutamiento que permitan la sostenibilidad del MSY. (Figura 4-121)

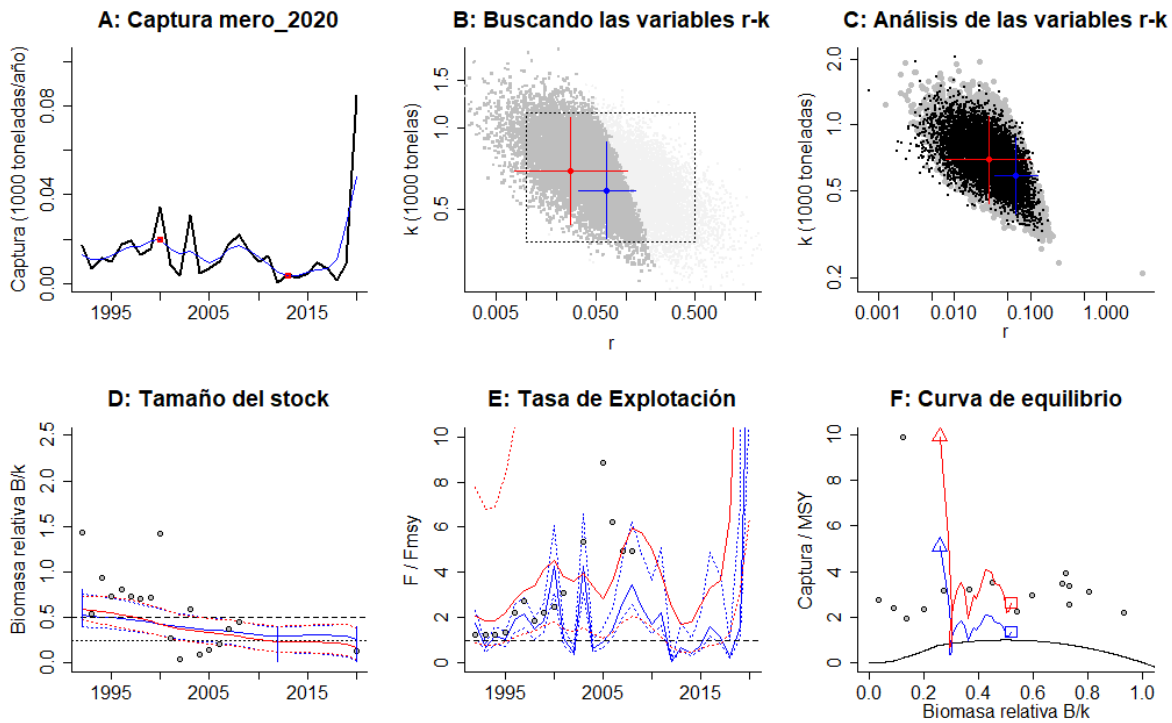


Figura 4-119. Resultados del Análisis de las pesquerías manejo de mero *Epinephelus quinquefasciatus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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.

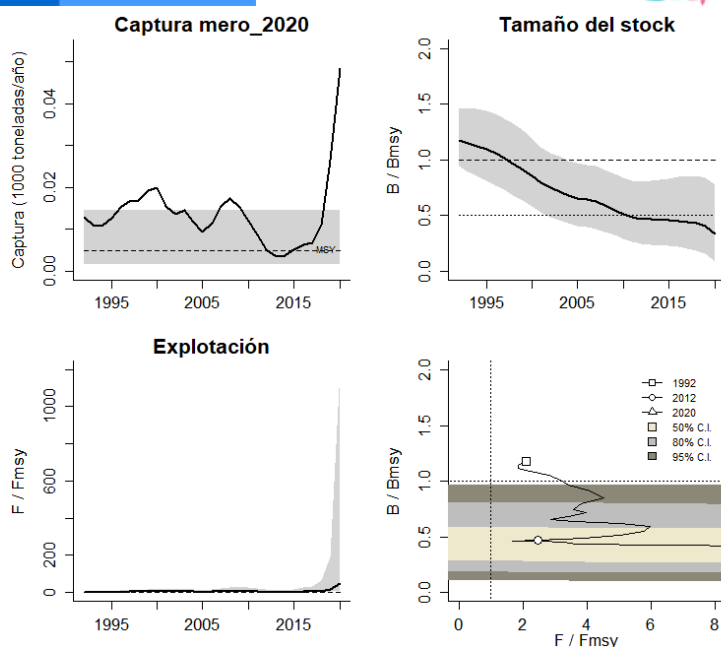


Figura 4-120. Análisis de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

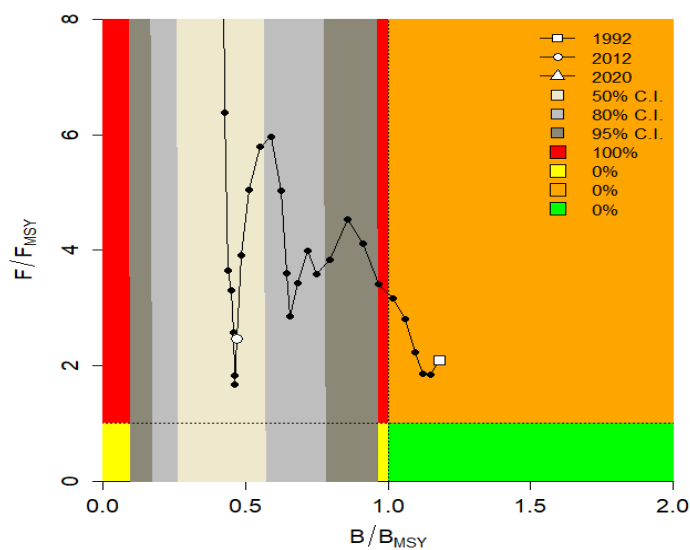


Figura 4-121. Análisis de las pesquerías de mero *Epinephelus quinquefasciatus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.14.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del mero *Centropomus medius*.

Este modelo fue desarrollado con la información de tallas de 2020, que muestra un nivel de RMS de 5 toneladas con un RME de \$ 43 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 4-122).

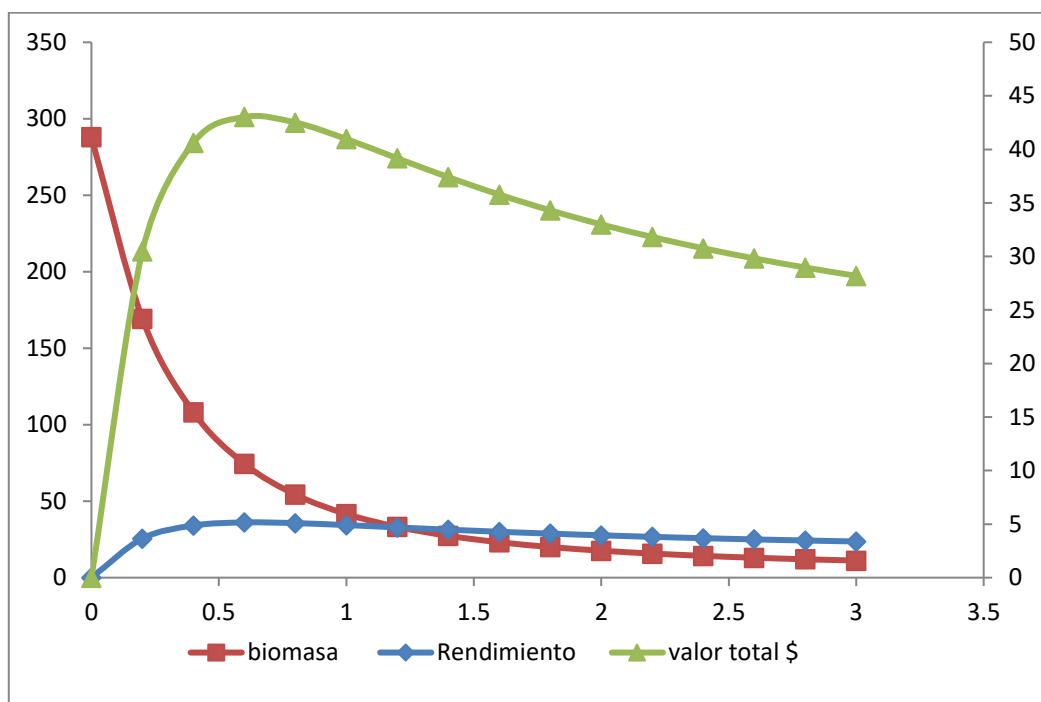


Figura 4-122. Resultados de las estimaciones del mero *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.14.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer *Centropomus medius*.

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 el modelo CMSY (Figura 4-123).

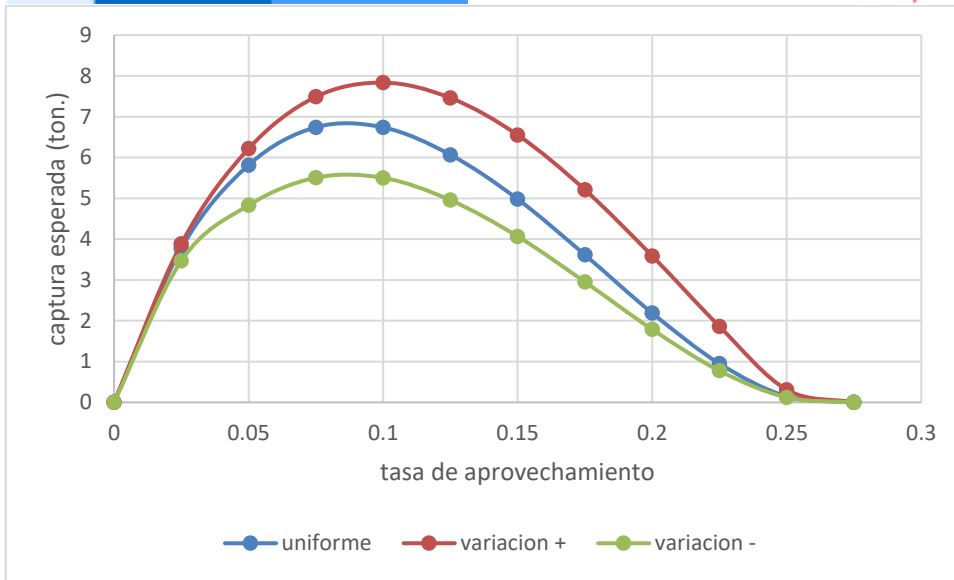


Figura 4-123. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de mero *Centropomus medius* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.14.6 Conclusiones de las pesquerías del mero *Centropomus medius*

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 17.5, biomasa relativa de 0.259, la mortalidad por pesca actual de 0.423 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00928 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para las especies sea un valor de 4.87 ± (1.56 - 14.4) toneladas.

4.2.15 Pesquerías del espejuelo (*Selene peruviana* (Guichenot, 1866))



Foto: DigiMorph Staff, 2004 (http://digimorph.org/specimens/Selene_peruviana/head/)

Nombre en inglés: Peruvian moonfish.

4.2.15.1 Antecedentes del recurso del espejuelo *Selene peruviana*

La especie es 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 tasa metabólica de crecimiento de 0.42 cm/año, mortalidad natural de 0.7 año⁻¹, con una talla de madurez de 23.8 cm de Lt., una tasa instantánea de mortalidad total de 1.09 año⁻¹, con una mortalidad por pesca de 0.39 año⁻¹, 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.

4.2.15.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del espejuelo *Selene peruviana*

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 4-87)

Tabla 4-87. 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.	0.930	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

4.2.15.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de espejuelo *Selene peruviana*

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 ajustaron los residuos de las CPUE no se pudo determinar un óptimo por lo que de utilizo la estrategia del menor error. (Figura 4-124)

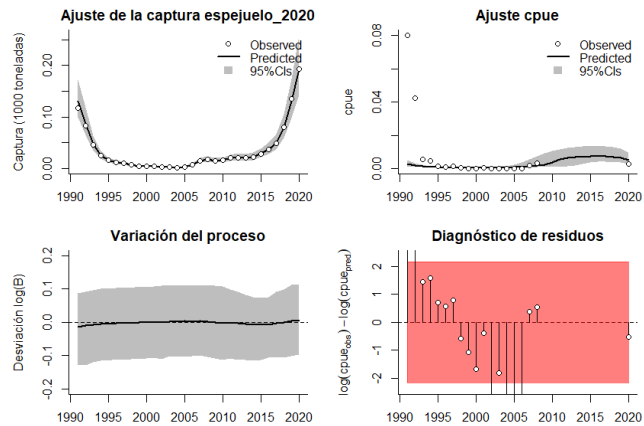


Figura 4-124. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 la tasa intrínseca de crecimiento (r) mientras que las distribuciones de las biomazas 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 2020 un rango entre 0.4 a 0.8. (Figura 4-125)

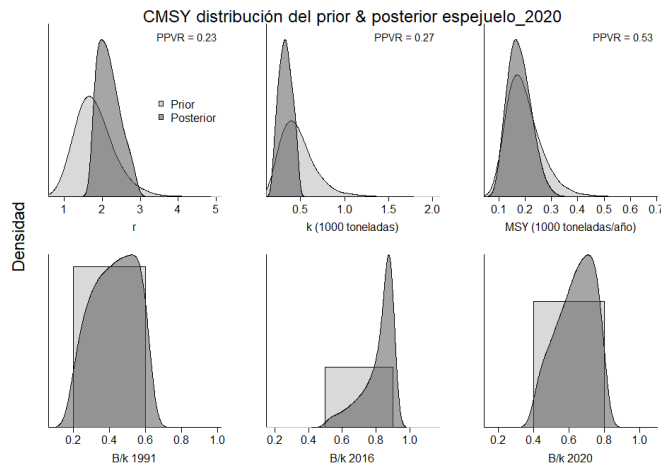


Figura 4-125. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el espejuelo *Selene peruviana*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 r , y las densidades por año de las biomazas relativas tuvieron el mismo impacto para ambos ejercicios. (Figura 4-126)

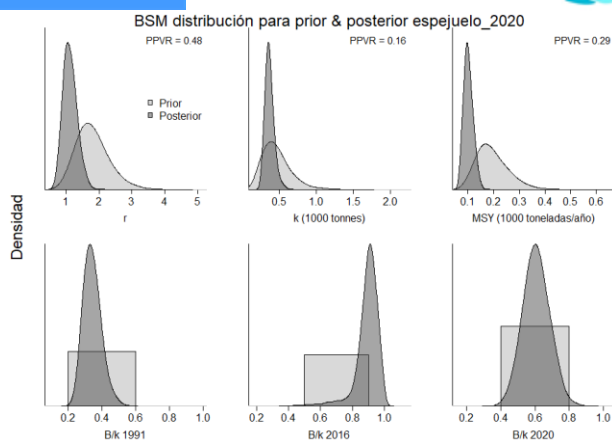


Figura 4-126. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el espejuelo *Selene peruviana*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 4-88)

Tabla 4-88. 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	2.26	1.75	2.93
MSY	175	107	273
K	292	178	480
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.648 k	0.423	0.791
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.28	1.05	1.96

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 óptimo. (Tabla 4-89)

Tabla 4-89. 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	0.0224	0.0133	0.0377
Intervalo de confianza al 95%			
r	1.1	0.756	1.6
k	368	268	506
MSY	101	71.7	143
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.605 k	0.46	0.76
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.58	0.945	2.7
correlación $\log(r - K)$		-0.515	

Basados en el análisis de BSM se pudo determinar que la pesquería se sustenta con una mortalidad por pesca en el MSY sobre el 0.55 año^{-1} , con una cuota de pesca que puede estar por encima de las 100 toneladas. (Tabla 4-90)

Tabla 4-90. 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 0.55
Fmsy	0.55	0.378	0.8	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	
Fmsy	0.55	0.378	0.8	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)	
MSY	101	71.7	143		
Bmsy	184	134	253		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	223	169	280		
B/Bmsy en el último año	1.21	0.919	1.52		
Mortalidad por pesca en el último año =	0.864	0.689	1.14		
Explotación F/F_{msy}	1.58	0.945	2.7		

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 4-127, 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 4-127, paneles E, F)

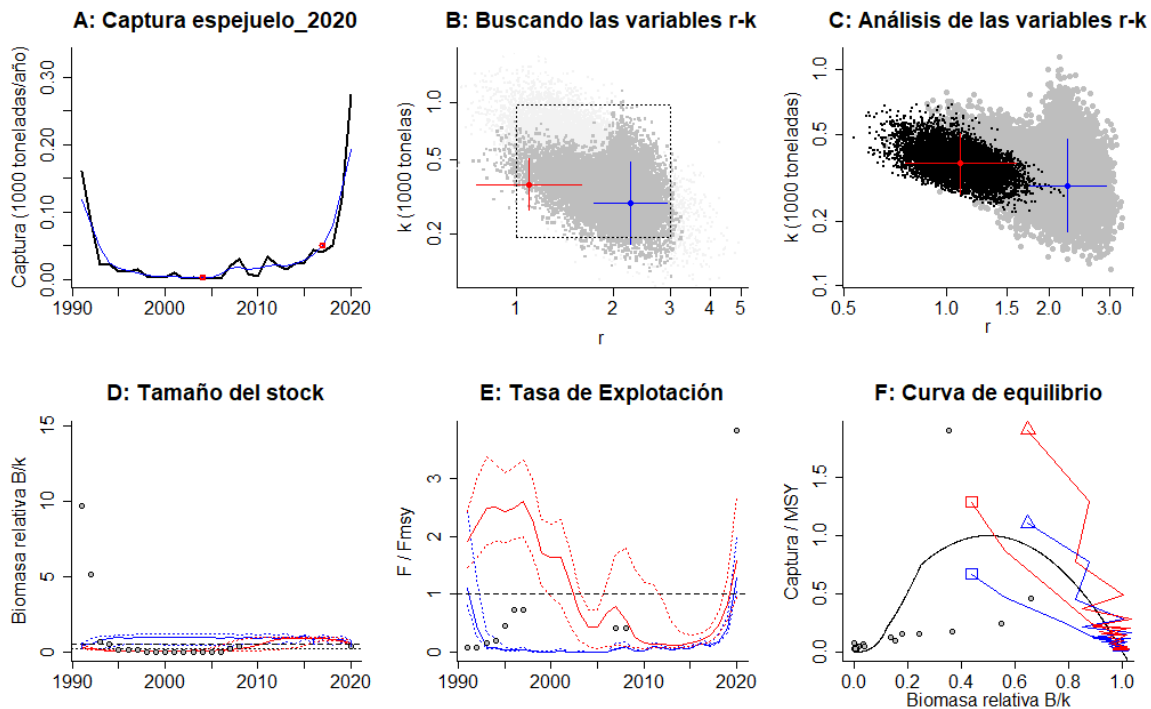


Figura 4-127. Resultados del Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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/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.

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 4-128)

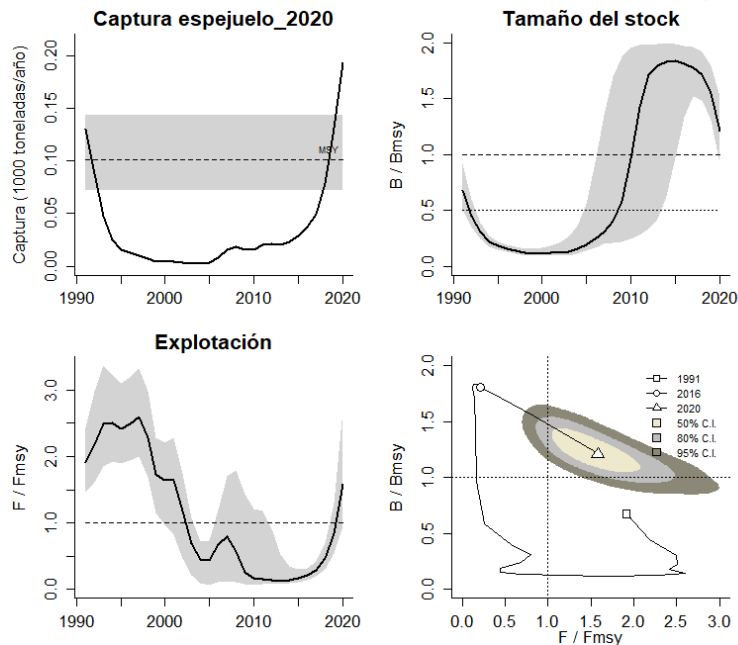


Figura 4-128. Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la 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% y que este en la zona de peligro es tan solo del 7.8 %, con un 4.3% de seguridad que realmente las pesquerías están bien. (Figura 4-129)

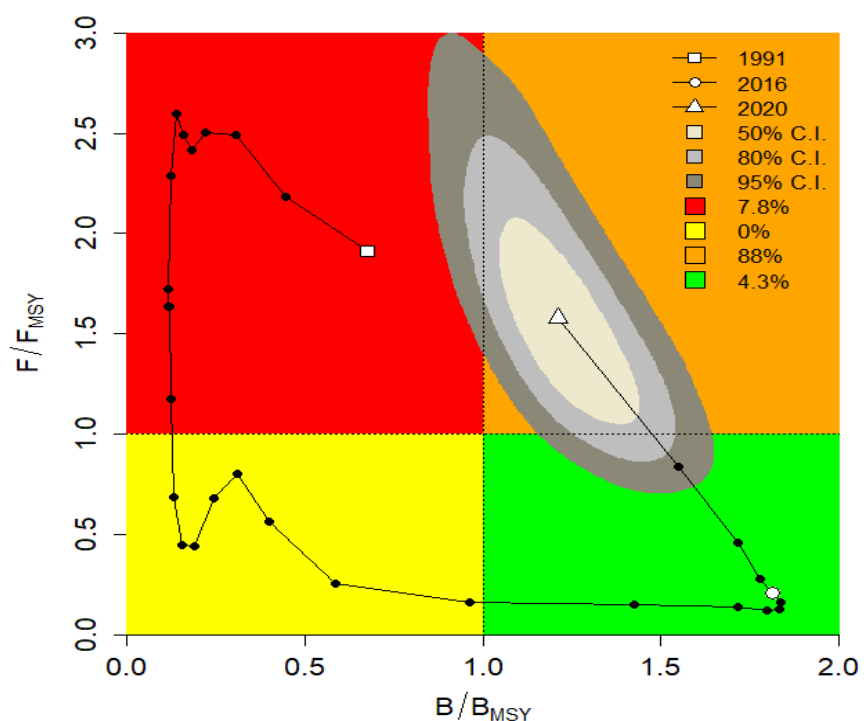


Figura 4-129. Análisis de las pesquerías del espejuelo *Selene peruviana* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.15.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer

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

4.2.15.5 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 1.28, con una estimación de la biomasa relativa de 0.648, la mortalidad por pesca actual de 0.846 año^{-1} y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.55 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $101 \pm (71.7 - 143)$ toneladas.

4.2.16 Pesquerías del gualajo (*Centropomus armatus* Gill, 1863)



Foto:R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Armed snook

4.2.16.1 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⁻¹, con una talla de madurez de 27.8 cm de Lt., con una tasa instantánea de mortalidad total de 0.29 año⁻¹, correspondiente a una mortalidad por pesca de -0.45 año⁻¹, 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 pacífico 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 pacífico colombiano en el que se han reportado TMC y TMM históricas para la especie (Zambrano et al, 2018 a, b).

4.2.16.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de gualajo *Centropomus armatus*

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 tasa de aprovechamiento muchísimo menor que la reportada por Fishbase, 2020. (Tabla 4-91).

Tabla 4-91. Relación de los parámetros estimados para el gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano.

a	b	r ²	T.M.	T.M.C.	Loo	k	Z	M	F	E
0.0097	3.0512	0.9133	37	27.8	78.5	0.42	2.29	0.74	1.56	0.68

4.2.16.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones del gualajo

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 4-92)

Tabla 4-92. 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 4-93, Figura 4-130).

Tabla 4-93. 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 ²	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

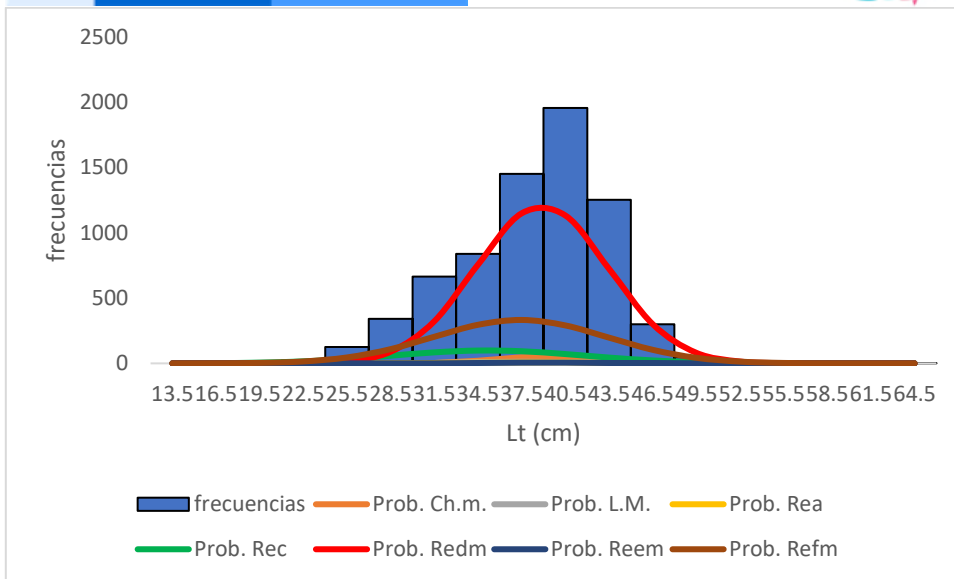


Figura 4-130. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del gualajo *Centropomus armatus* en el año 2020. Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = líneas de mano; Rea. = red de cerco artesanal o ruche; Rec = red de enmalle camaronero; Redm. = red de enmalle de deriva marina; Reem. = red de enmalle de encierro marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

4.2.16.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el gualajo *Centropomus armatus*

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 4-131, Figura 4-132)

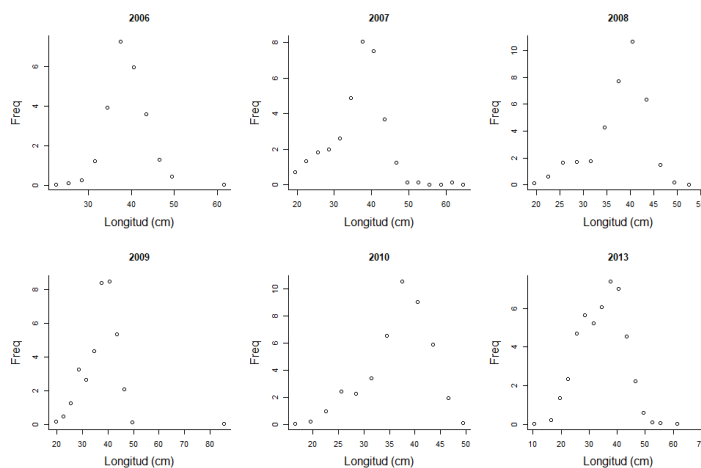


Figura 4-131. Distribución de las tallas del gualajo *Centropomus armatus*, entre los años 2006 a 2013. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

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 4-94)

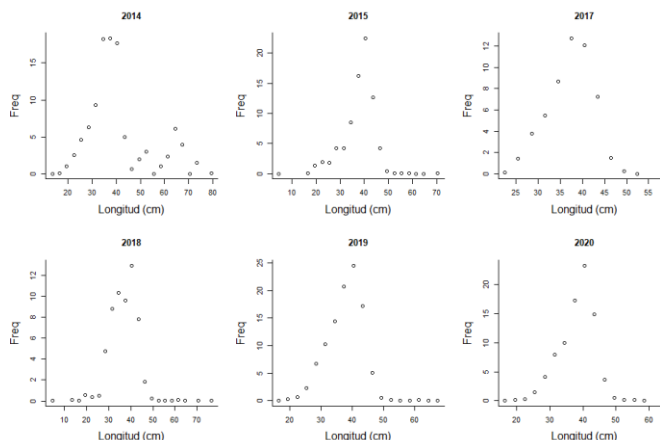


Figura 4-132. Distribución de las tallas del gualajo *Centropomus armatus*, entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 4-94. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Loo prior	85.4	SD =	0.854	Unidad cm			
Z/K prior	8.75	SD =	32.1	M/K prior	1.5	SD =	0.15
F/K prior	7.25						
Lc prior	32.1	SD =	3.21	alfa prior	24.9	SD =	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 4-95)

Tabla 4-95. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

parámetro	valor	estadístico	condición	valor	unidades
Loo	86.2	rango	84.7	87.6	cm
L opt	55	cm	Lopt/Loo	0.63	cm
Lc opt	54	cm	Lcopt/Loo	0.62	cm
M/K	1.73	rango	1.46	1.96	
F/K	27.8	rango	25.3	30.4	
Z/K	29.4	rango	27	31.9	



parámetro	valor	estadístico	condición	valor	unidades
F/M	20.4	rango	16.1	24.5	
B/Bo	F=M Lc = Lc opt		0.358		
B/Bo	0.0165	rango	0.0118	0.0215	
Y/R´; F=M; Lc Lc opt		0.036			
Y/R´	0.0025	rango	0.001789	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 4-96)

Tabla 4-96. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del gualajo *Centropomus armatus* obtenidos para la cuenca del Pacifico colombiano.

parámetro	valor	Rango	
Lc =	44.5	43.9	45
alfa	24.7	24.1	25.3
Lpromedio/Lopt	0.85		
Lc/Lcopt	0.83		
L95th	64.5	L95th/Loo	0.76
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	0.00343
B/Bo	0.016	0.0118	0.0219
B/BMSY	0.045	0.033	0.0613
Lm50	27.8	Madurez	98%

Como se había establecido las talas de los 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 relativas (B/BO) mostro un recurso en permanente estado crítico. (Figura 4-133)

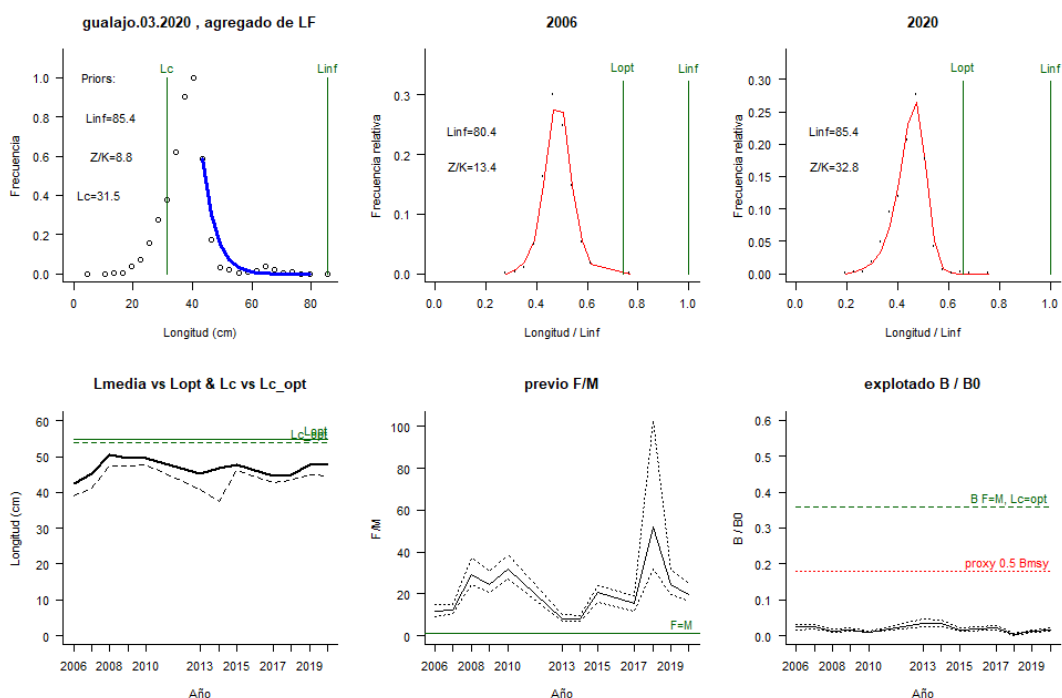


Figura 4-133. Comportamiento de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de 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].

4.2.16.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para le 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 no ajustan de manera eficiente. (Figura 4-134).

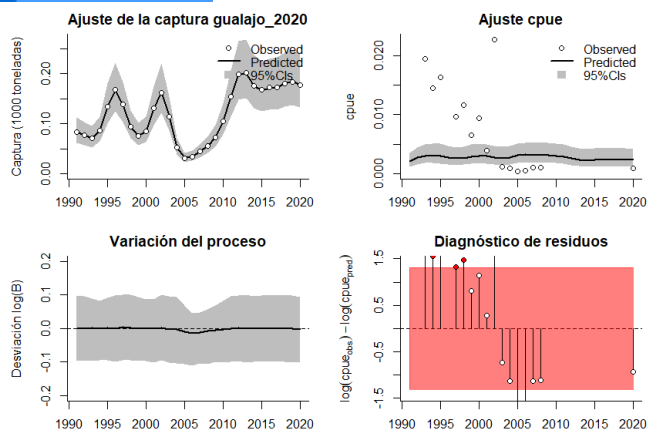


Figura 4-134. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 capacidad de carga en el ecosistema (K) este resultado varía si se utiliza el algoritmo CMSY o el BSM; para los valores de densidades de las biomásas 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 2020 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 4-135, Figura 4-136)

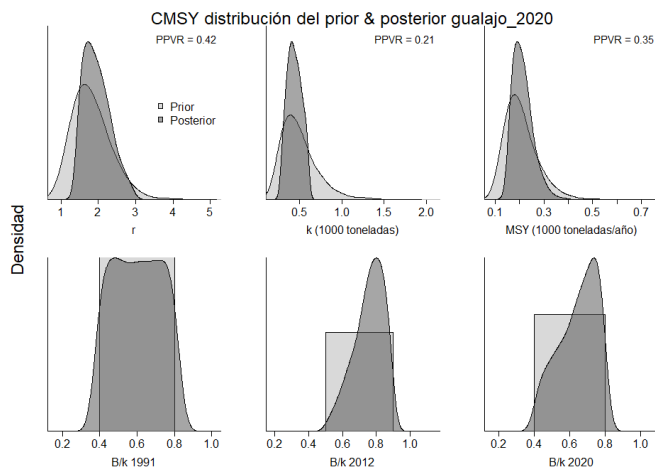


Figura 4-135. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del gualajo *Centropomus armatus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga 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.

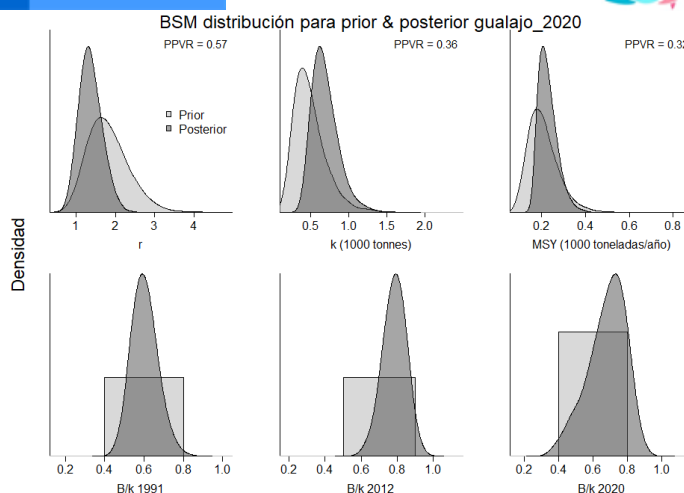


Figura 4-136. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados al gualajo *Centropomus armatus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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 biomasa relativa 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 4-97, Tabla 4-98).

Tabla 4-97. 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	2.06	1.42	2.97
MSY	206	153	310
K	409	275	608
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.665 k	0.421	0.794
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.573	0.48	0.904

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 4-99)

Tabla 4-98. 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	valor	Límite inferior	Límite superior
q	0.0501	0.00303	0.00828
		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.33	0.878	2.03



Parámetros estimados	valor	Límite inferior	Límite superior
k	673	421	1,080
MSY	224	159	317
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.697 k	0.43	0.856
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.575	0.326	1.17
r -k log correlación =		-0.7	

Tabla 4-99. 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	0.667	0.439	1.01	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	0.667
Fmsy	0.667	0.439	1.01	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)	
MSY	224	159	317		
Bmsy	336	211	538		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	469	289	576		
B/Bmsy en el último año	1.39	0.86	1.71		
Mortalidad por pesca en el último año	0.378	0.308	0.613		
Explotación F/F_{msy}	0.575	0.326	1.17		

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 4-137, panel D) en cuanto a sus biomásas 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 4-137, panel E). Finalmente, la **curva de equilibrio** muestra un recurso con trayectorias de evolución cercana al MSY (Figura 4-137, panel F)

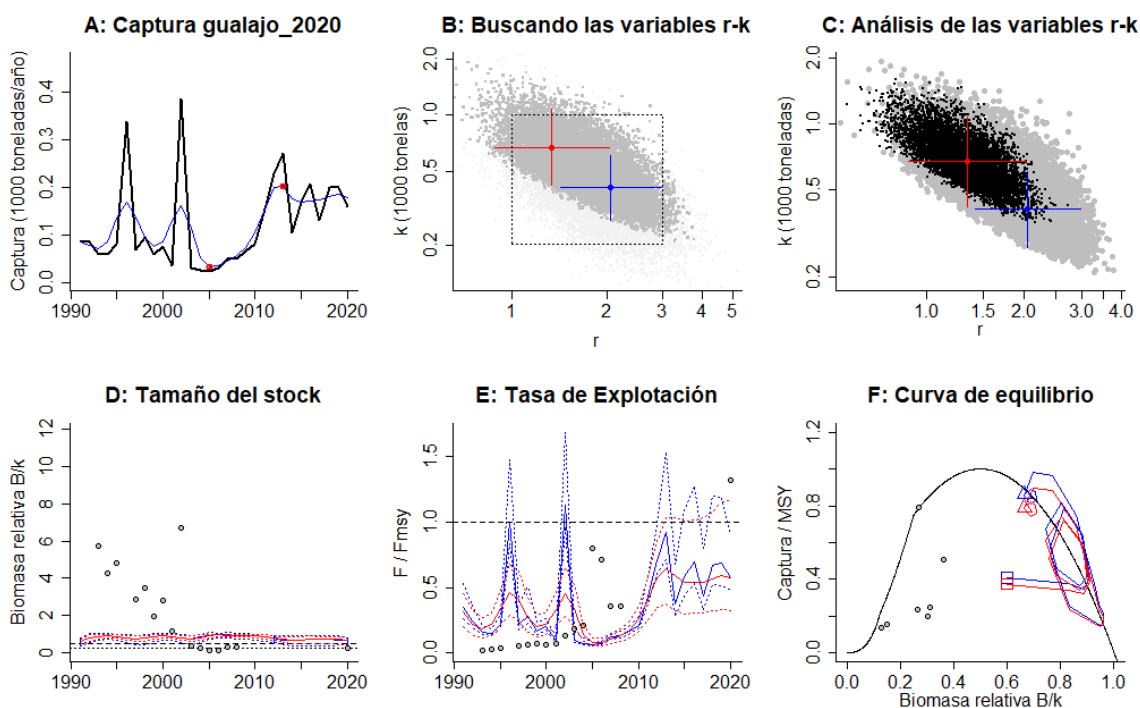


Figura 4-137. Resultados del Análisis de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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 ninguno estuvo por debajo de MSY; mientras que la tasa de explotación (F/F_{msy}) siempre estuvo por debajo de su línea de referencia, esto es nunca el indicador de la mortalidad por pesca estuvo por encima de su valor en el punto de referencia MSY (Figura 4-138)

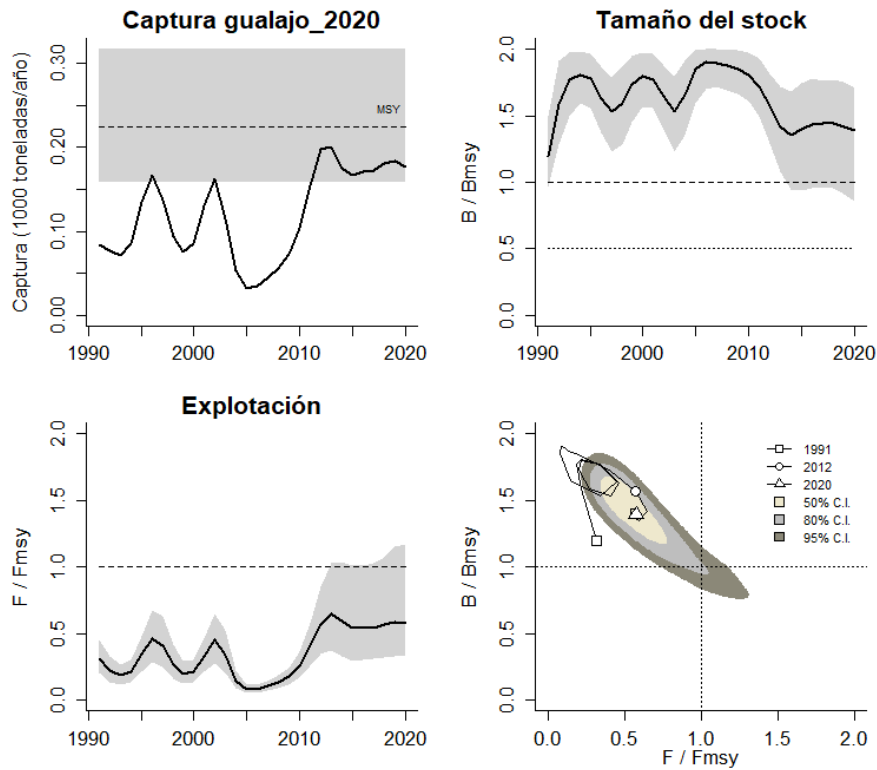


Figura 4-138. Análisis de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 biomasa 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 se han mantenido dentro de la zona de aprovechamiento óptimo, de allí que sus referencias son muy alentadoras ya que la probabilidad de estar en la zona óptima es de 91.4 %, mientras que el 0.5 % de probabilidad muestra que el 2020 se encuentre en los niveles de máximo aprovechamiento y solamente 6.8 % de estas marca que se encuentre en zona crítica . (Figura 4-139)

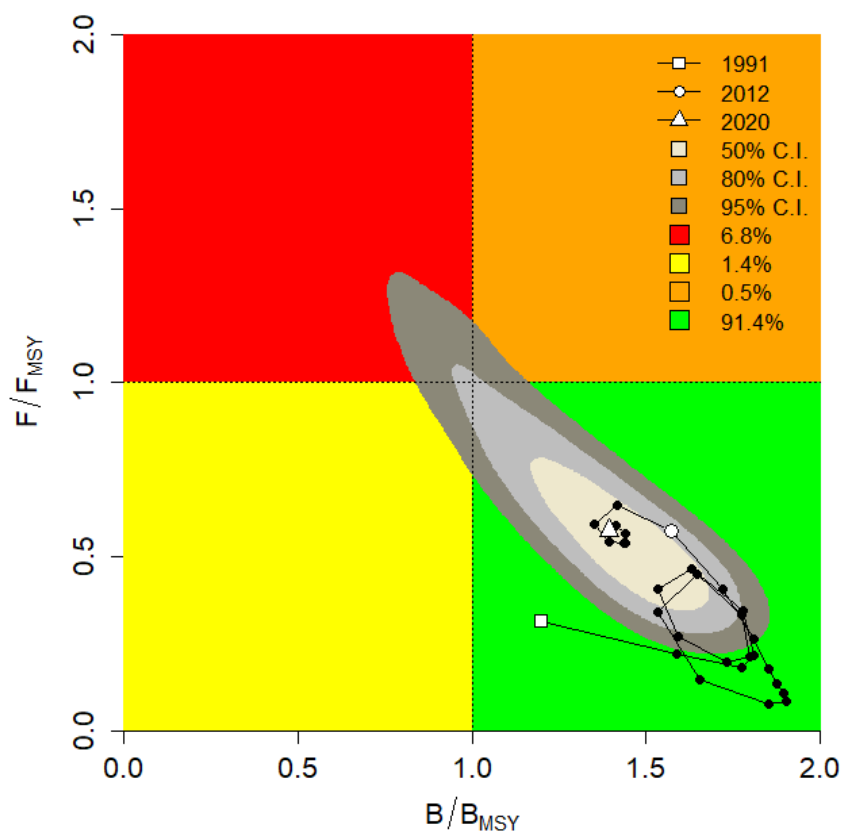


Figura 4-139. Análisis de las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.16.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del gualajo *Centropomus armatus*.

Con la información disponible de tallas y precios de primera venta recopilados por el SEPEC durante el 2020, se pudo establecer que el RMS estimado fue de 240 toneladas, con un RME de \$ 1.8 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 4-140).

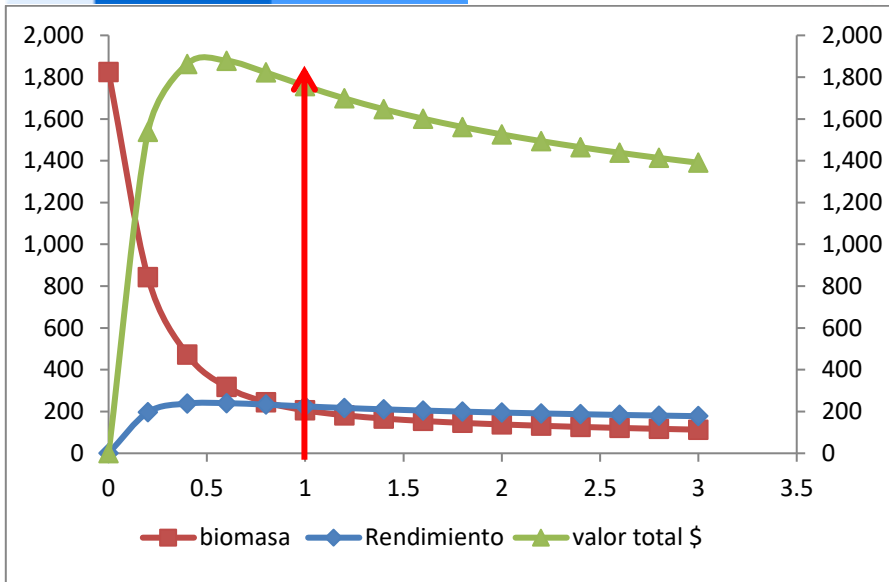


Figura 4-140. Resultados de las estimaciones del gualajo *Centropomus armatus* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.16.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el gualajo *Centropomus armatus*

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 4-141).

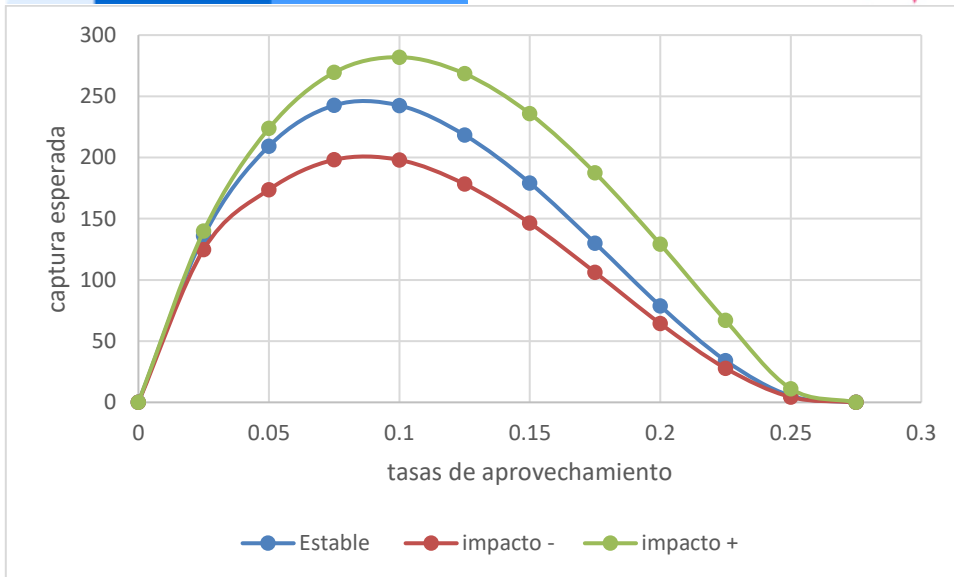


Figura 4-141. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del gualajo *Centropomus armatus* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.16.8 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 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 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 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.667 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $469 \pm (289 - 576)$.

4.2.17 Pesquerías del guayaipe (*Seriola peruana* Steindachner, 1881)

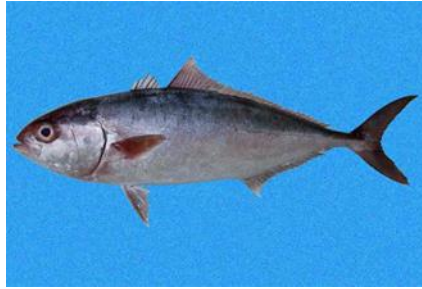


Foto: R. Robertson © (STRI)

Nombre en inglés: Fortune Jack.

*4.2.17.1 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 pacífico colombiano (Zambrano et al. 2018 a, b)

*4.2.17.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del guayaipe *Seriola peruana**

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 4-100)

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 modelo 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 4-143).



Tabla 4-100. Relación de los parámetros estimados para el guayaipe *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 la líneas de mano (Tabla 4-101, Figura 4-142).

Tabla 4-101. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el guayaipe *Seriola peruana*; se muestran sus valores estadísticos de varianza desviación y error estándar.

artes de pesca	Promedio	S ²	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

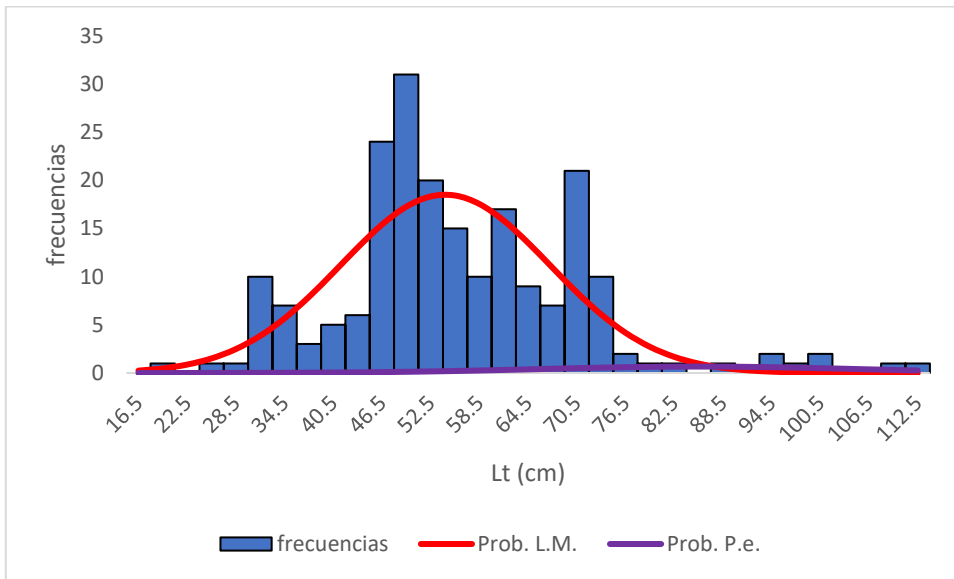


Figura 4-142. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del guayaipe *Seriola peruana* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; P.e. = palangre o espinel.

4.2.17.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del guayaipe *Seriola peruana*

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 4-143)

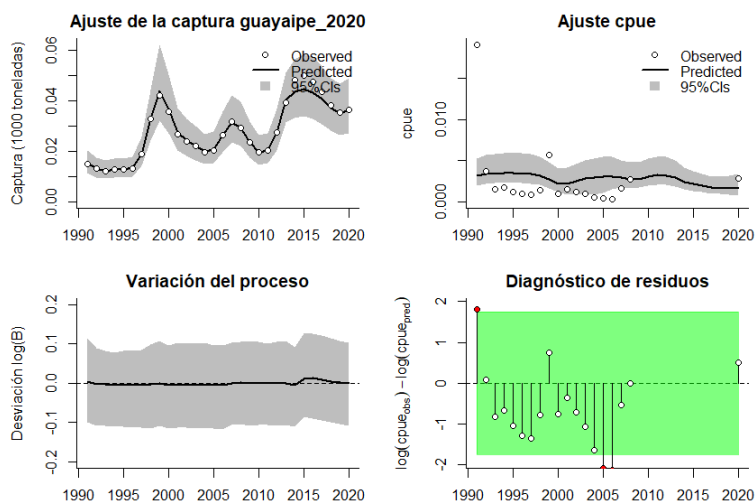


Figura 4-143. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 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 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 biomásas relativas 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 2020 fue entre 0.2 a 0.6 las distribuciones entre los dos sistemas presentaron variaciones apreciables especialmente para el 2014. (Figura 4-144, Figura 4-145)

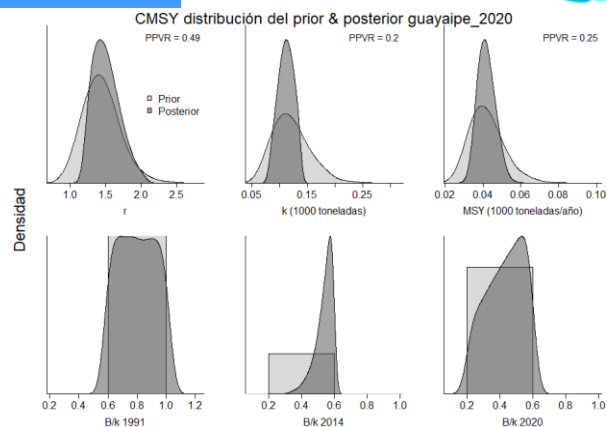


Figura 4-144. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el guayaibe *Seriola peruana*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

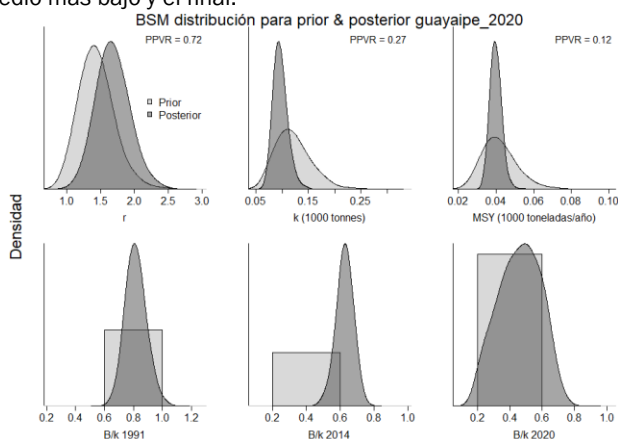


Figura 4-145. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el guayaibe *Seriola peruana*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 muy parecidas, así como las estimaciones de punto de referencia limite MSY y los resultados de la biomasa relativa presento un recurso como altamente explotado. (Tabla 4-102, Tabla 4-103)

Tabla 4-102. Resultados del CMSY 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	41.4	33.6	51.5
K	105	79.3	138
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.443 k	0.216	0.594
Explotación F/(r/2) en el último año	1.13	0.843	2.32

Tabla 4-103. 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	0.0407	0.0262	0.0633
Intervalo de confianza al 95%			
r	1.61	1.25	2.23
k	95.5	72.3	126
MSY	39.8	34.2	46.3
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.466 k	0.216	0.685
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.992	0.604	2.59
Correlación $\log(r - K)$		-0.859	

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 4-104)

Tabla 4-104. 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	0.833	0.623	1.11	(si $B > 1/2 Bmsy$ cuando $Fmsy = 0.5r$)	0.833
Fmsy	0.833	0.623	1.11	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$)	
MSY	39.8	34.2	46.3		
Bmsy	47.8	36.2	63.1		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	44.5	20.6	65.4		
B/Bmsy en el último año	0.932	0.432	1.37		
Mortalidad por pesca en el último año	0.821	0.559	1.77		
Explotación F/Fmsy	0.992	0.604	2.59		

La trayectoria de las capturas mostro un recurso con tendencia al crecimiento que, si observamos el **tamaño del stock** no muestra variaciones importantes (Figura 4-146, 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 2020 está justo en el límite (Figura 4-146, panel E), la **curva de equilibrio** mostró trayectorias ajustadas a los niveles de rendimiento cercano al MSY. (Figura 4-146, panel F)

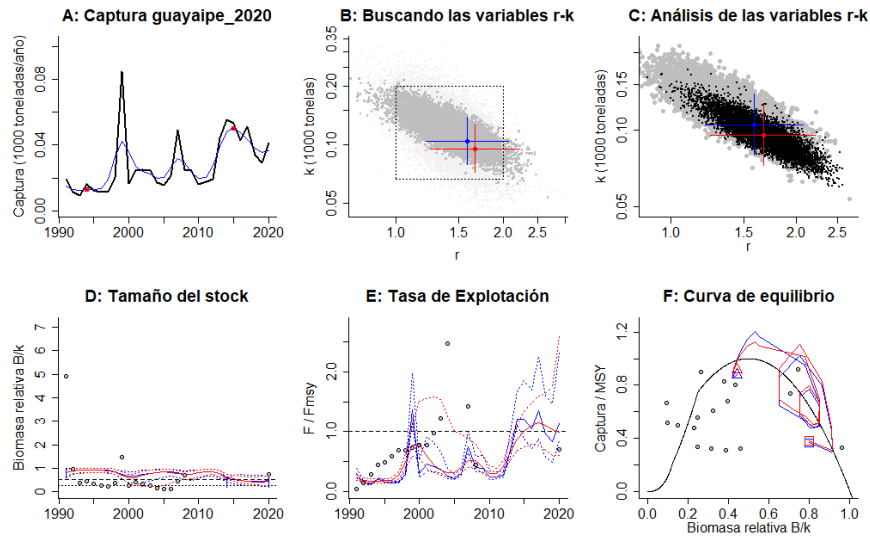


Figura 4-146. Resultados del Análisis de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de 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 y 2020 los niveles de tasas de biomasa relativas 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 2020. (Figura 4-147)

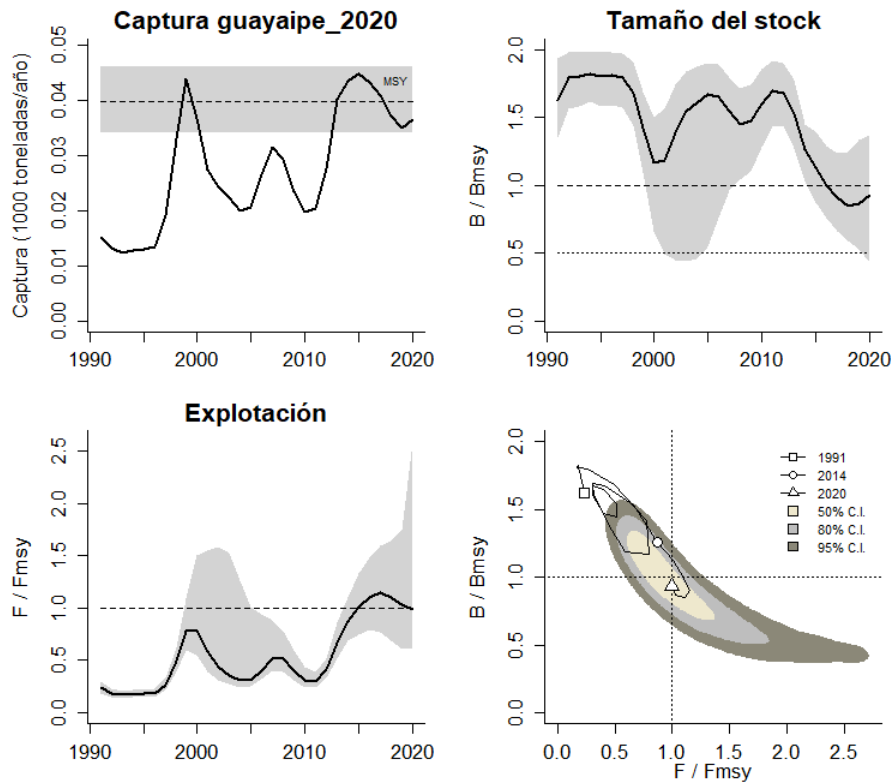


Figura 4-147. Análisis de las pesquerías para el guayaibe *Seriola peruana* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 2020 las probabilidades de ubicarlos en la fase crítica son de 48.8 %, con una probabilidad de que este el nivel óptimo de 40.2 %, con un 0.4 % que este en la franja de plena explotación. (Figura 4-148)

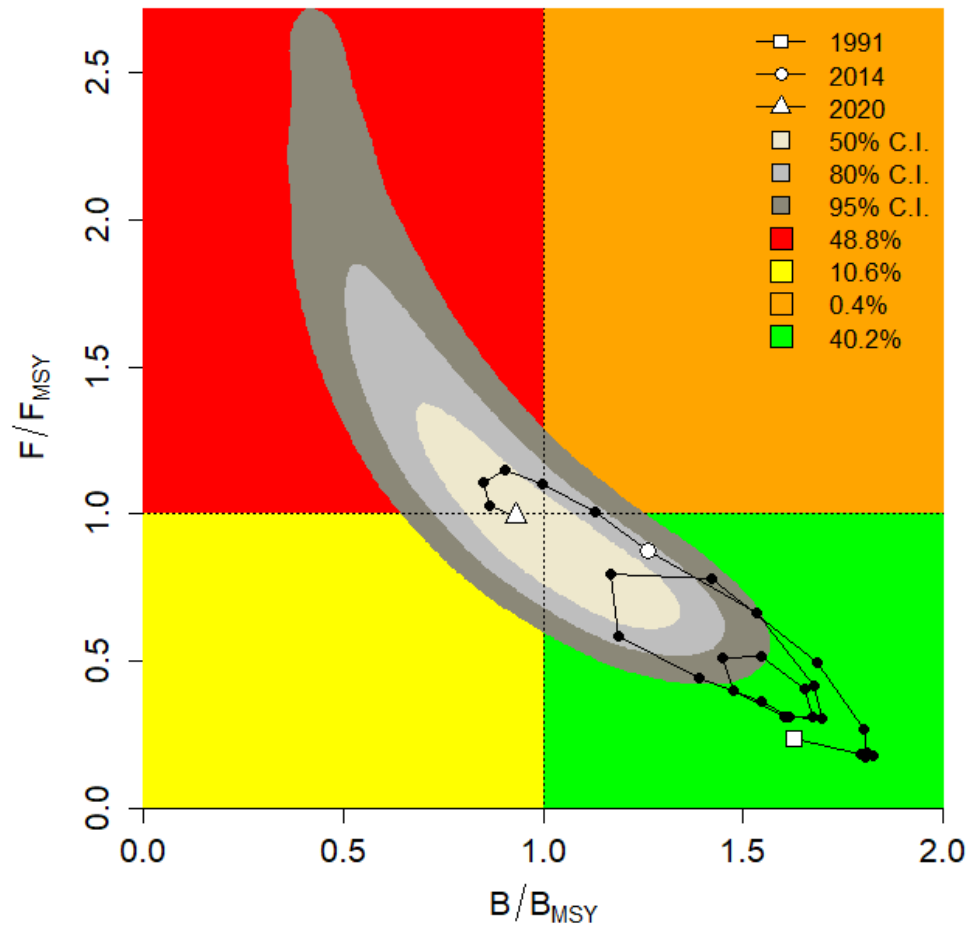


Figura 4-148. Análisis de las pesquerías para el guayaipe *Seriola peruana* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.17.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del guayaipe *Seriola peruana*.

Con los valores que el SEPEC recopiló durante el 2020, 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 4-149).

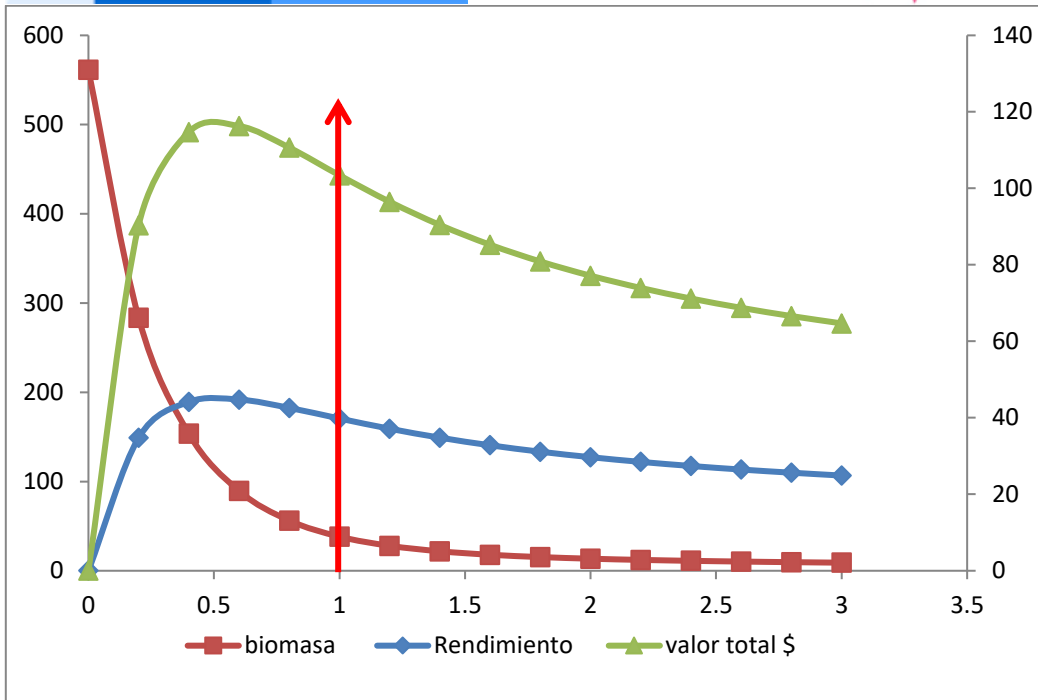


Figura 4-149. Resultados de las estimaciones del guayaibe *Seriola peruana* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.2.17.5 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el guayaibe *Seriola peruana*

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 4-150).

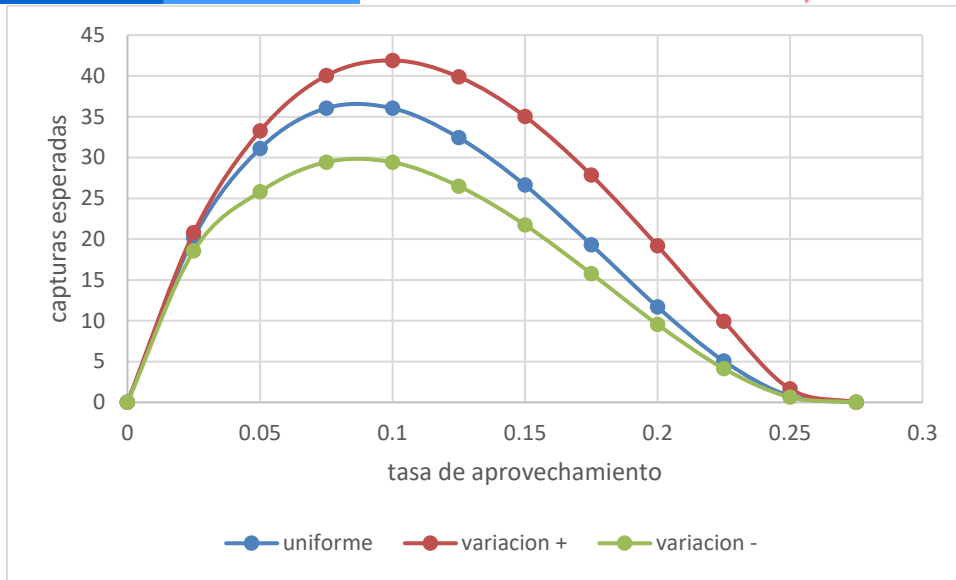


Figura 4-150. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de guayaipe *Seriola peruana* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.17.6 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 1.13, biomasa relativa de 0.443, la mortalidad por pesca actual de 0.821 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.833 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 39.8 ± (34.2 - 46.3) toneladas.

4.2.18 Pesquerías de la cherna (*Mycteroperca xenarcha* Jordan. 1888)



Foto: Gimaraes

Nombre en inglés: Broomtali grouper.

4.2.18.1 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⁻¹, talla de madurez de 76.7 cm de Lt.

4.2.18.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la *cherna Mycteroperca xenarcha*

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 4-105).

Tabla 4-105. 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

4.2.18.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la *cherna Mycteroperca xenarcha*

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 4-151)

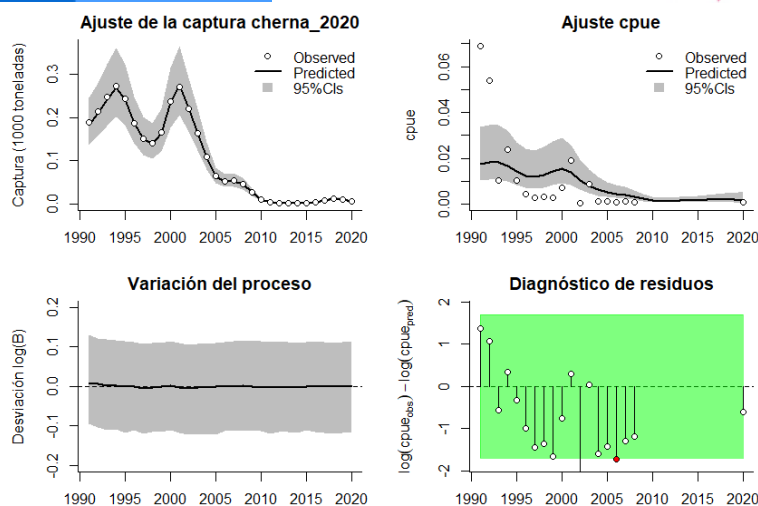


Figura 4-151. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de *cherna Mycteroperca xenarcha*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 biomásas 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 2020 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 4-152, Figura 4-153).

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 biomásas relativas, ya que el valor puntual fue prácticamente el mismo, pero, la conclusión si se refiere 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 4-106, Tabla 4-107)

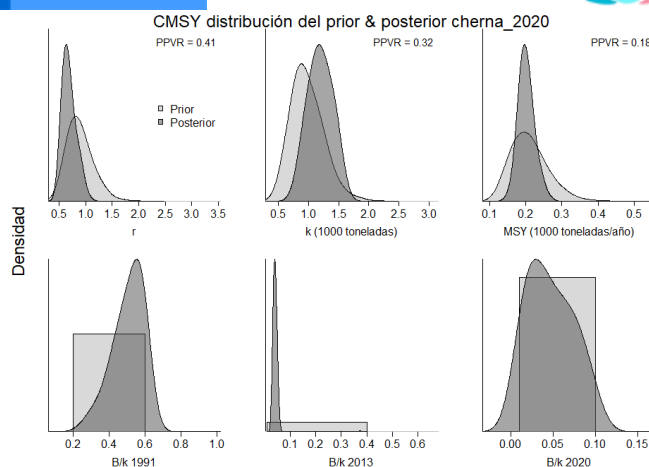


Figura 4-152. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de cherna *Mycteroperca xenarcha*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

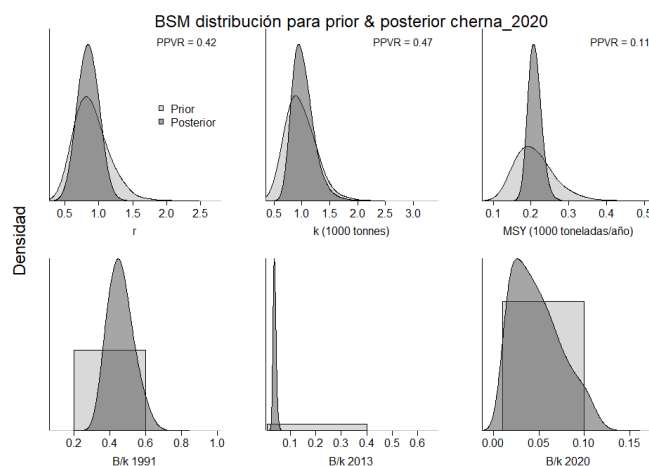


Figura 4-153. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la cherna *Mycteroperca xenarcha*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 4-106. 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	0.737	0.491	1.11
MSY	199	164	249
K	1,090	752	1,590
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0436 k	0.0113	0.0959
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	0.114	0.0519	0.442

Tabla 4-107. 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	0.0387	0.0228	0.0659
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.831	0.576	1.2
k	1,010	704	1,450
MSY	210	179	245
Percentil 2.5 Percentil 97.5			
Biomasa relativa para el último año	0.0436 k	0.0116	0.106
Explotación F/(r/2) en el último año	2.12	0.355	29.7
correlación log (r -K)		-0.905	

Los análisis de los datos recopilados muestran que como herramientas determina que ya se ha pasado los niveles de sostenibilidad y los valores de la mortalidad por pesca han sobrepasado los niveles teóricos de 0.5B que pueden estar influyendo en el reclutamiento que sostenible el rendimiento máximo sostenible. (Tabla 4-108)

Tabla 4-108. 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	0.228	0.599	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) 0.0725
Fmsy	0.0725	0.0503	0.105	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)
MSY	210	179	245	
Bmsy	504	352	723	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	44	11.7	107	
B/Bmsy en el último año	0.0872	0.0232	0.212	
Mortalidad por pesca en el último año	0.153	0.063	0.575	
Explotación F/Fmsy	2.12	0.355	29.7	

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 4-154, panel D), de la misma manera las **tasas de explotación**, permanentemente presentaron valores muy elevados (Figura 4-154, panel E), lo que dio como resultado que la

curva de equilibrio presentó una trayectoria que denota zonas de muy baja productividad. (Figura 4-154, panel E)

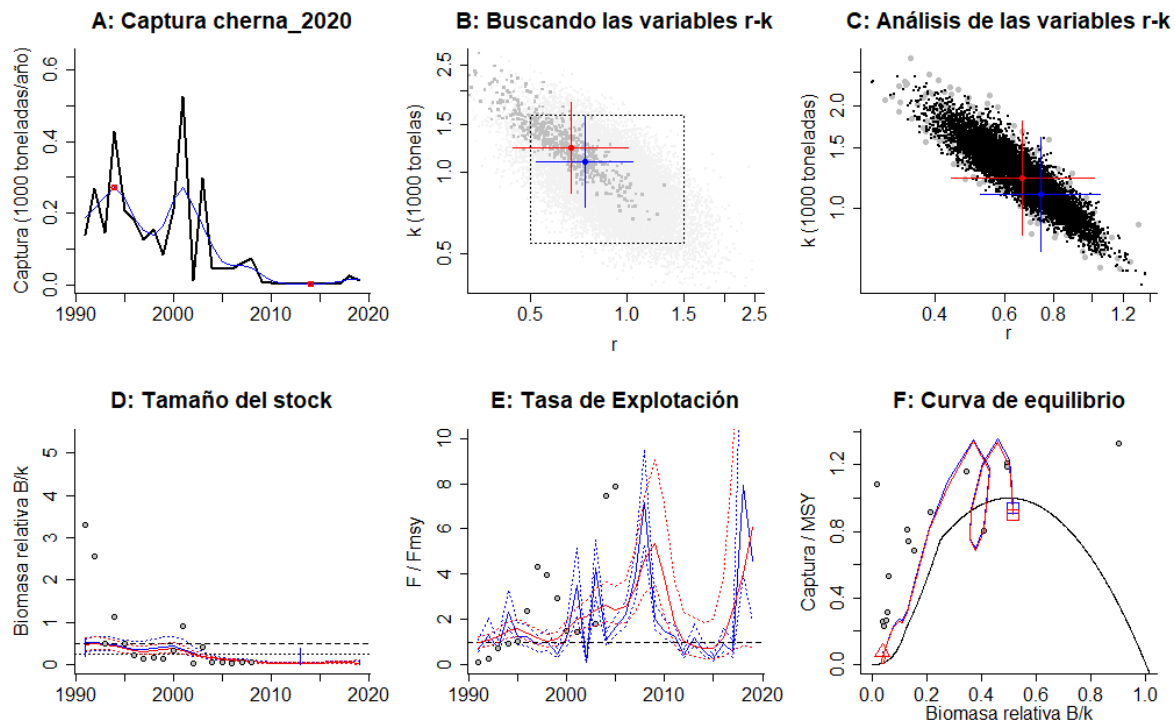


Figura 4-154. Resultados del Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcha* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la 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 relativa están en crisis, lo mismo ocurre con la **tasa de explotación** (F/F_{msy}) que se dispara para los años más recientes. (Figura 4-155)

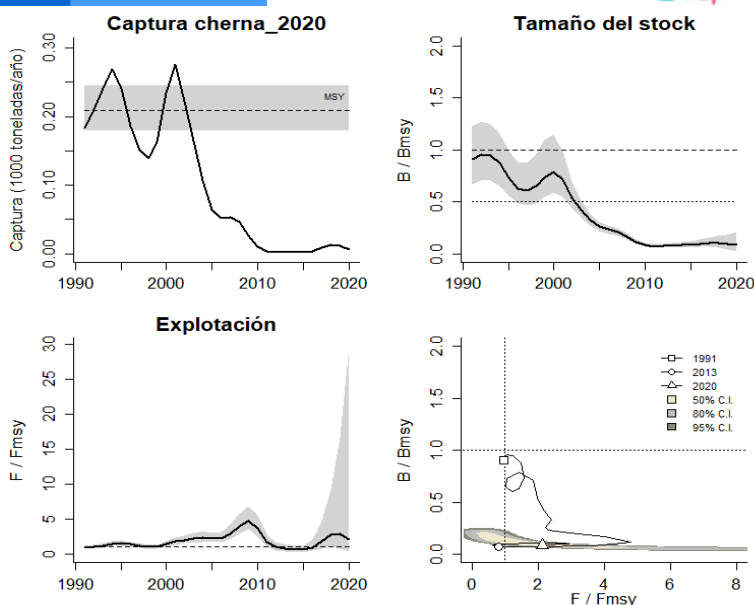


Figura 4-155. Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcho* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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 la situación se ha vuelto dramática. (Figura 4-156)

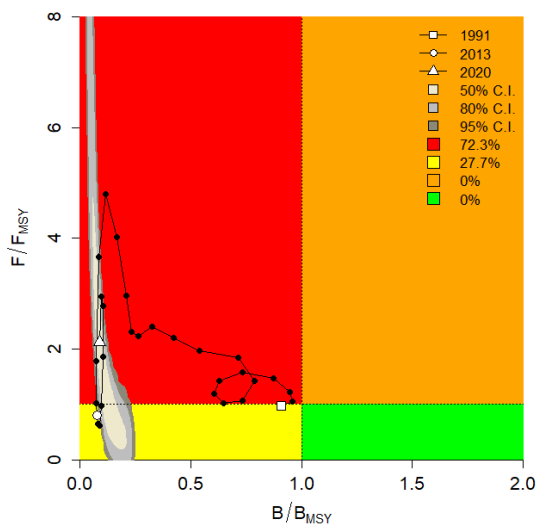


Figura 4-156. Análisis de las pesquerías de cherna *Mycteroperca xenarcho* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.18.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la cherna *Mycteroperca xenarcha*

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 esta 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 4-157).

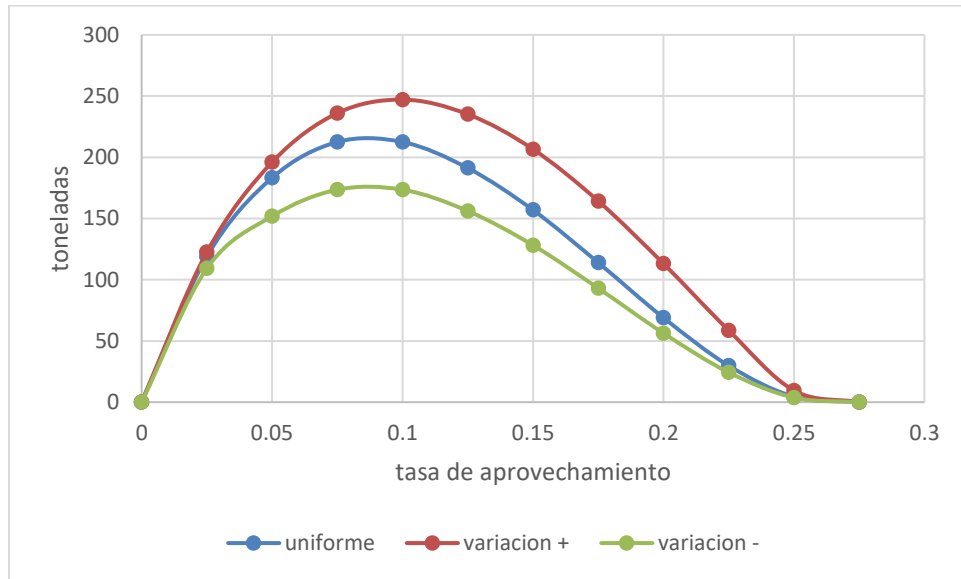


Figura 4-157. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la cherna *Mycteroperca xenarcha* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.18.5 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 explotación de 2.12, biomasa relativa de 0.0436, la mortalidad por pesca actual de 0.153 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0725 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 210 ± (179 - 245) toneladas.

4.2.19 Pesquerías de la carduma (*Cetengraulis mysticetus* (Günther, 1867))



Foto. R Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Pacific anchoveta

4.2.19.1 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⁻¹, una tasa instantánea de mortalidad total de 1.25, que reporta una mortalidad por pesca de -1.11 años⁻¹, 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⁻¹, 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⁻¹, 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.

4.2.19.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de la carduma *Cetengraulis mysticetus*

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 4-109)

Tabla 4-109. 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

4.2.19.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la carduma *Cetengraulis mysticetus*.

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 4-158)

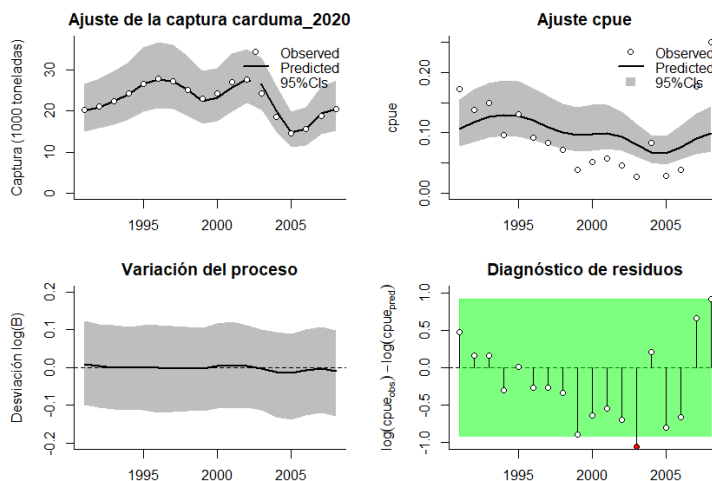


Figura 4-158. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados 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.

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 diferencias 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 4-159, Figura 4-160)

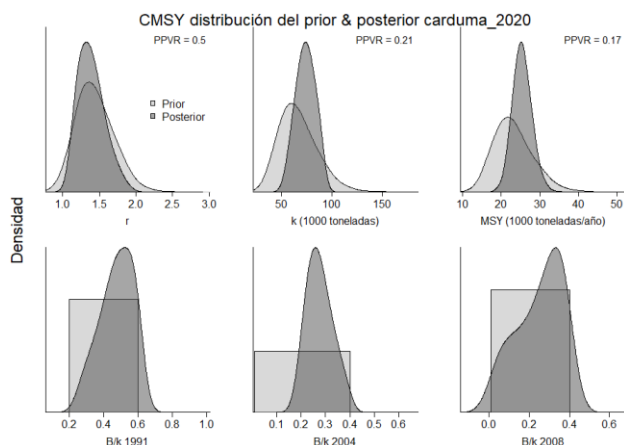


Figura 4-159. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

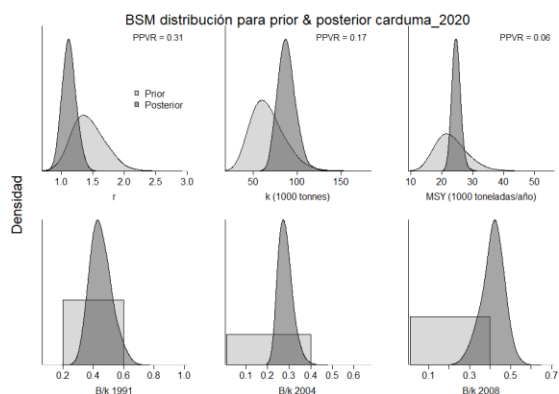


Figura 4-160. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la carduma *Cetengraulis mysticetus*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 4-110, Tabla 4-111).

Tabla 4-110. Resultados del CMSY 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
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0.276k	0.0236	0.395
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.53	1.07	17.8

Tabla 4-111. 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 4-112)

Tabla 4-112. 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 $B > 1/2 Bmsy$ cuando $Fmsy = 0.5r$) 0.563
Fmsy	0.563	0.466	0.68	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$)
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 $F/Fmsy$	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 4-161)

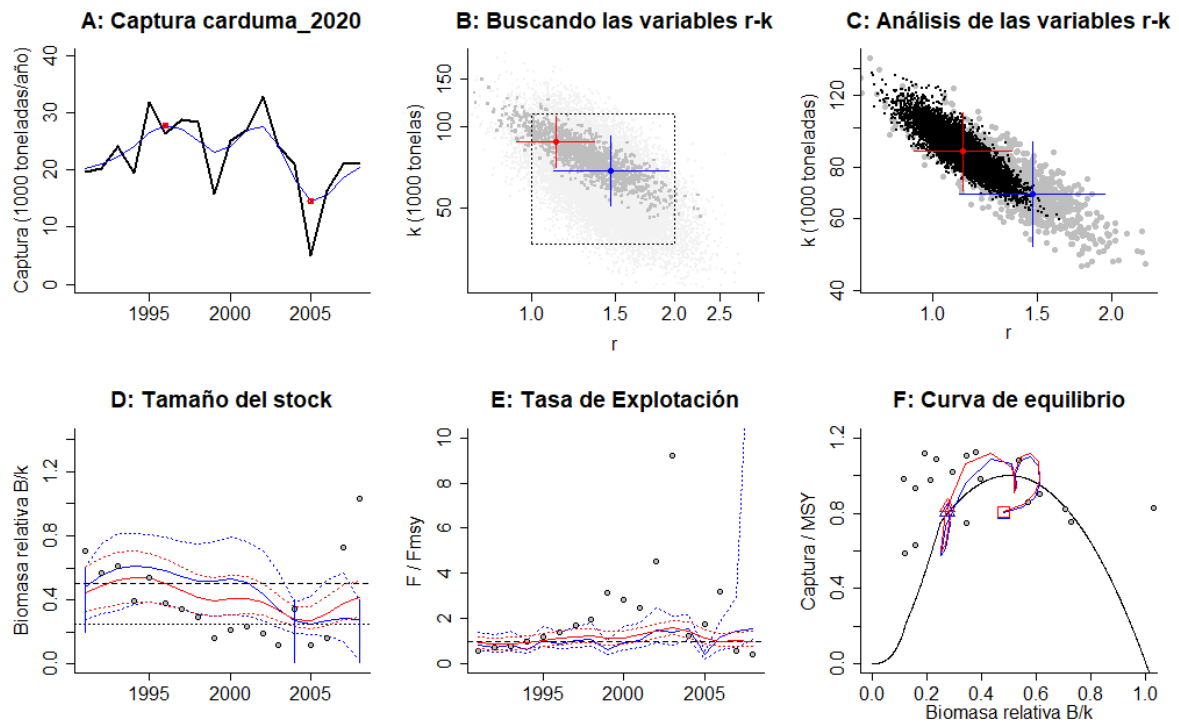


Figura 4-161. Resultados del Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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 4-162)

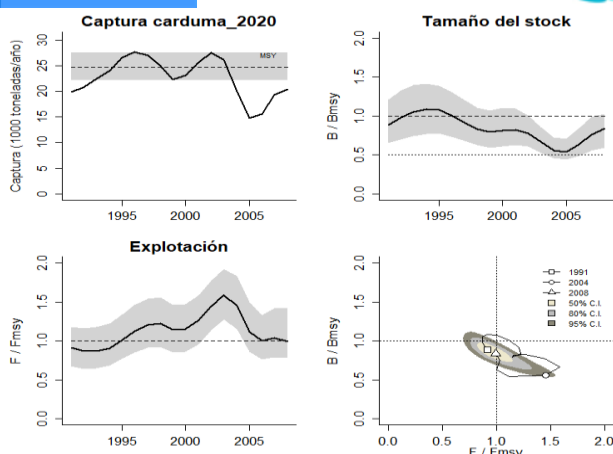


Figura 4-162. Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 pasó 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 4-163)

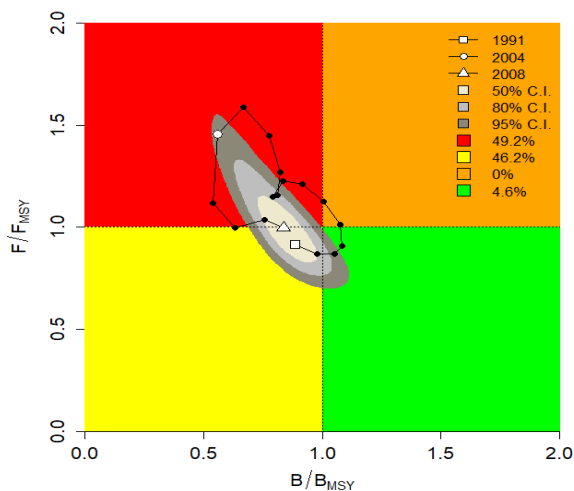


Figura 4-163. Análisis de las pesquerías para la carduma *Cetengraulis mysticetus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.19.4 Conclusiones de las pesquerías de la carduma *Cetengraulis mysticetus*

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 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⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.563 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 24700 ± (22100 – 27500) toneladas.

4.2.20 Pesquerías de la botellona (*Menticirrhus panamensis* (Steindachner, 1876))



Foto: R. Robertson © (Fishbase)

Nombre en inglés: Panama kingcroaker.

4.2.20.1 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⁻¹, con una tasa instantánea de mortalidad total de -11.4 año⁻¹, mortalidad por pesca de -11.85 año⁻¹, 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).

4.2.20.2 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de la botellona *Menticirrhus panamensis*.

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 puede establecer que el recurso ha estado muy presionado. (Tabla 4-113)

Tabla 4-113. 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

4.2.20.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis*

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 4-164)

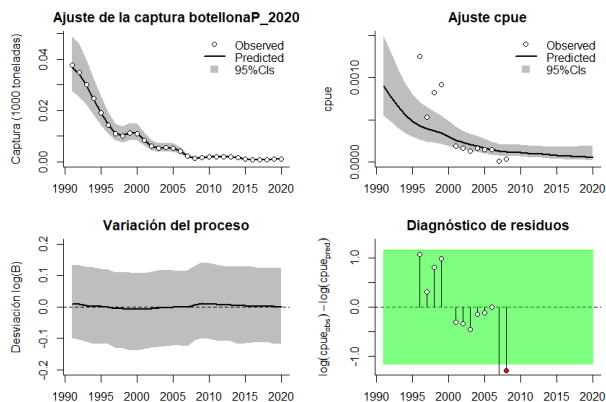


Figura 4-164. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados 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 igualmente ocurrió lo mismo para el algoritmo BSM, 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 2020 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 4-165, Figura 4-166)

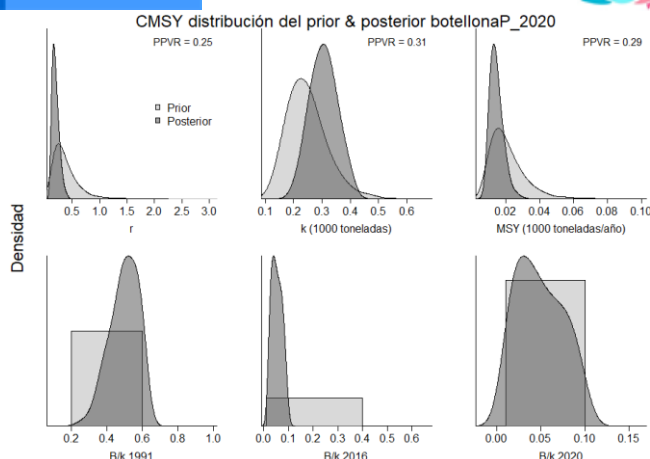


Figura 4-165. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la botellona *Menticirrhus panamensis*, aplicando el modelo CSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

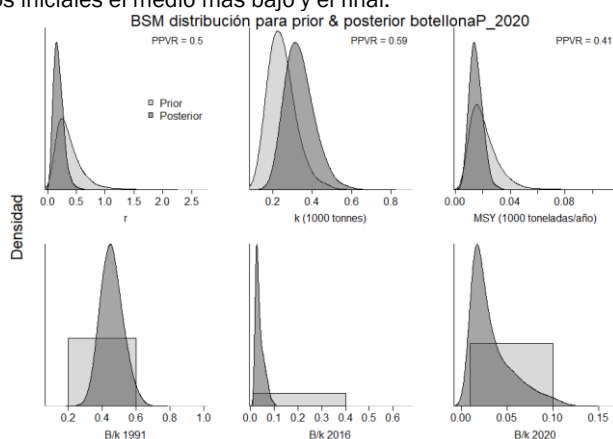


Figura 4-166. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la botellona *Menticirrhus panamensis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 encontró diferencias en las estimaciones CSMY y BMS del punto de referencia de coeficiente r, pero el cálculo de MSY fue igual, y aunque existieron algunas diferencias para el cálculo de la biomasa relativa ambos resultados muestran que el recurso está siendo fuertemente aprovechando y que ya se encuentra en serios problemas para su sostenibilidad. (Tabla 4-114, Tabla 4-115)

Tabla 4-114. Resultados del CSMY para las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.218	0.114	0.418
MSY	14.1	9.24	23.8
K	281	193	410

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0461 k	0.0116	0.0968
Explotación F/(r/2) en el último año	5.3	2.57	21

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 es de 0.00879, 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 2020 que está demasiado alta y que implica que especialmente en el 2020 el esfuerzo de pesca ha ejercido una muy alta presión. (Tabla 4-116)

Tabla 4-115. 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
q	0.00608	0.00362	0.0102
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.176	0.072	0.431
k	333	219	507
MSY	14.7	7.76	27
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.025 k	0.0112	0.0955
Explotación F/(r/2) en el último año	17	0.969	117
Correlación log (r - K)		-0.771	

Tabla 4-116. 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	0.0881	0.00356	0.218	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r) 0.00879
Fmsy	0.00879	0.00355	0.0217	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)
MSY	14.5	7.67	27.4	
Bmsy	164	107	274	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	8.21	3.69	31.4	
B/Bmsy en el último año	0.0499	0.0224	0.191	

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Mortalidad por pesca en el último año	0.153	0.04	0.34	
Explotación F/Fmsy	17	0.969	117	

El mejor diagnóstico que se pudo realizar sobre la situación del recurso es 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 biomazas relativas para determinar el **tamaño del stock** mostraron la dificultad en el estado de la botellona (Figura 4-167, panel D), esto se ve ratificado en la **tasa de explotación** donde, prácticamente no hay un solo año que sea tranquilizador (Figura 4-167, 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 biomazas. (Figura 4-167, panel F)

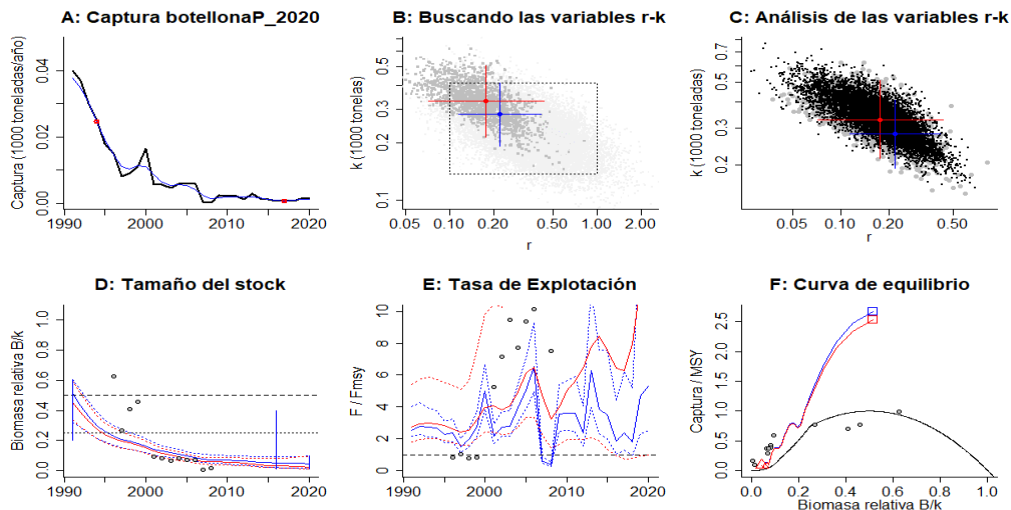


Figura 4-167. Resultados del Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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 $B_{msy}=0.5k$, 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.

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/Fmsy) estuvo,

desde un principio en dificultades especialmente después de 2005 hasta el 2020. (Figura 4-168).

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 4-169)

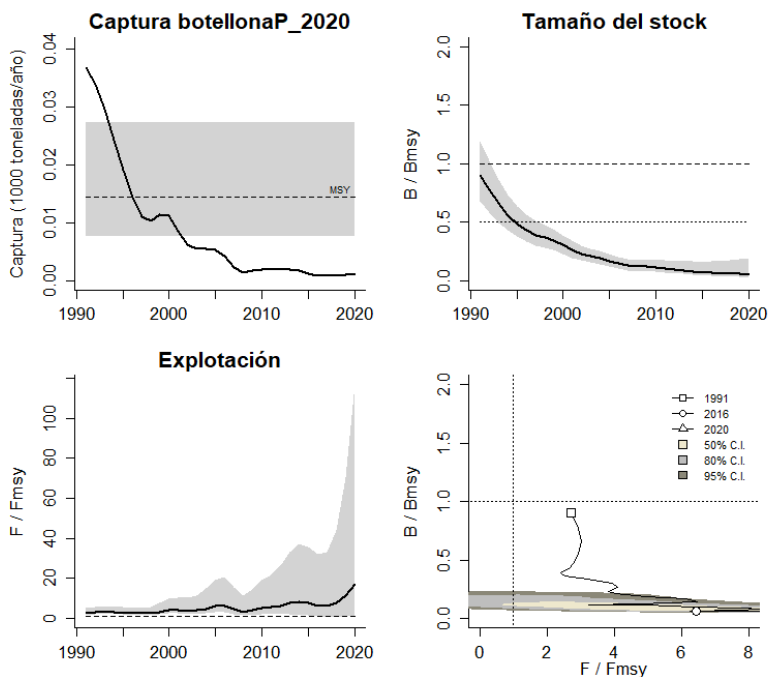


Figura 4-168. Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

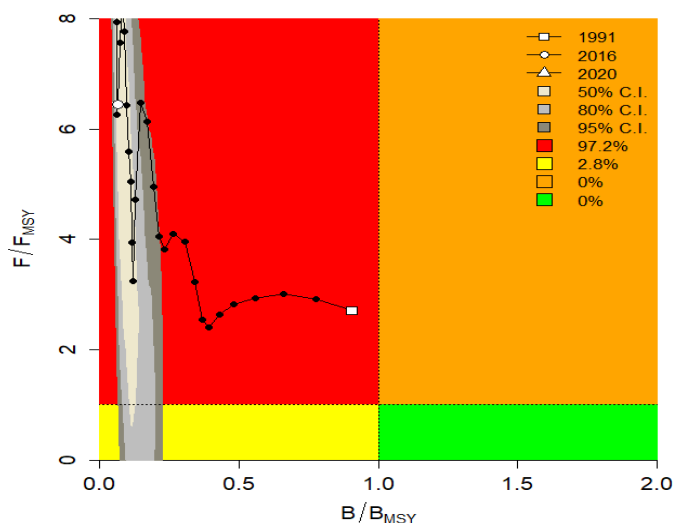


Figura 4-169. Análisis de las pesquerías de la botellona *Menticirrhus panamensis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.2.20.4 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para la botellona *Menticirrhus panamensis*

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 4-170).

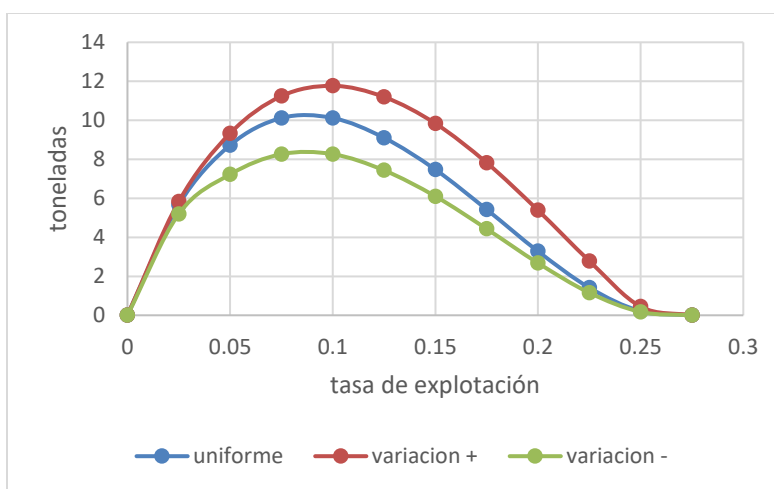


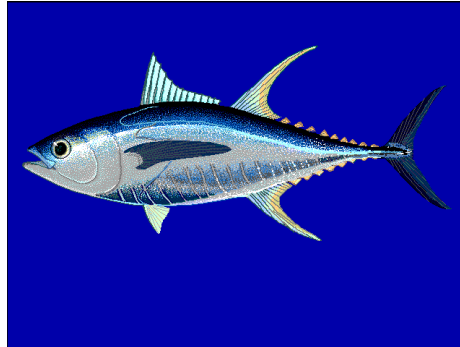
Figura 4-170. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la botellona en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.2.20.5 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 5.3, biomasa relativa de 0.0461, la mortalidad por pesca actual de 17 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00879 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 14.5 ± (7.67 – 27.4) toneladas.

4.3 Atunes

4.3.1 Pesquerías de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788))



Nombre en inglés: Yellowfin tuna

4.3.1.1 Antecedentes del recurso atún aleta 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.

4.3.1.2 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*.

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 2015, igualmente la relación de la tasa de **biomasa 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 el rango estuvo entre 0.5 a 0.8 y en el último año se estabilizó entre 0.2 a 0.5 (Figura 4-171, panel D); la **tasa de aprovechamiento** fue inferior al valor máximo de 1 que indica que las pesquerías están en niveles adecuados (Figura 4-171, panel E); lo anterior se corrobora con la **curva de equilibrio** que muestra un sistema de aprovechamiento por encima del valor máximo (Figura 4-171, 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 está dentro de los niveles permitidos, ya que en ningún momento se pasó este marcador; de otra parte el análisis del aprovechamiento del recurso también mostró que la tasas de aprovechamiento (F/F_{ms}) nunca sobrepasó el nivel de 1 que es el referente de equilibrio; finalmente la evolución de la biomasa a través de la biomasa relativa (B/B_{ms}), casi siempre estuvo por encima de los niveles de referencia (Figura 4-172).

Como medidas de manejo se tuvieron que la tasa de biomasa relativa está en un nivel bastante aceptable de 0.934 con una tasa de explotación de 0.674 que también es alentador para la situación del recurso (Tabla 2-1).

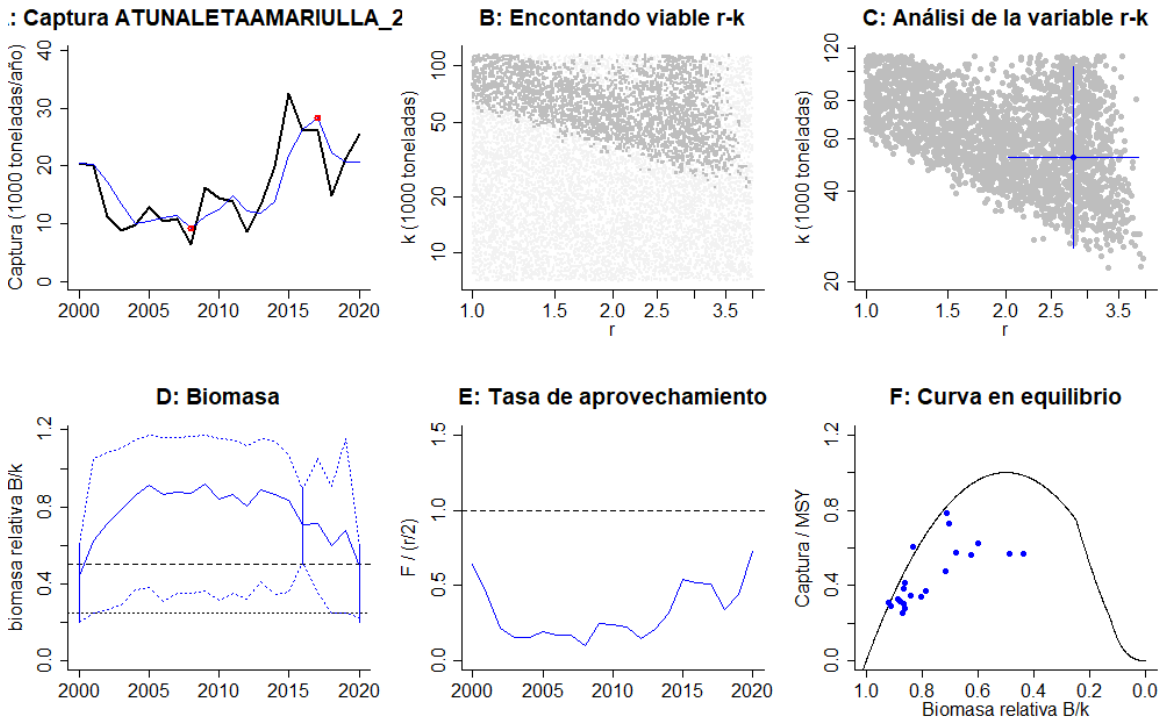


Figura 4-171. Modelación de las pesquerías del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de K y r al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomazas relativas las líneas verticales 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.

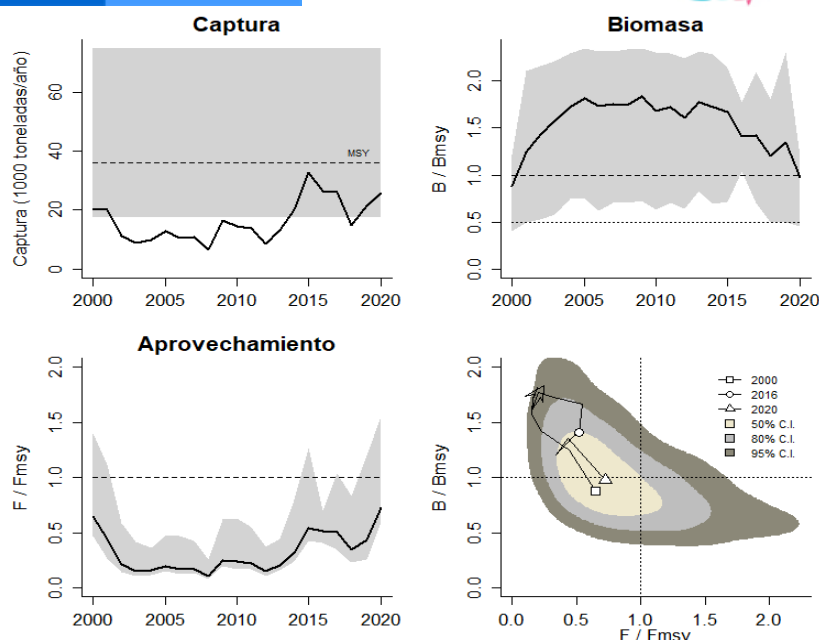


Figura 4-172. Análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 casi siempre han estado en la zona segura con tres años en la fase de recuperación por lo que los resultados son alentadores con un 44 % de probabilidades que se esté en zona de recuperación y un 3.1% que este en óptimas condiciones (Figura 4-173).

Tabla 4-117. Cálculo de los principales parámetros y puntos de referencia para recomendar el manejo del recurso pesquero atuna aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	1.39	1.01	1.92	sí $B > 1/2 B_{msy}$; $F_{msy} = 0.5r$	1.39
Fmsy	1.39	1.01	1.92	sí $B < 1/2 B_{msy}$; r y F_{msy} se reducen linealmente	
MSY	33,100	17,400	74,800		
Bmsy	25,900	12,900	51,900		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Biomasa último año	25,300	11,800	30,900	
B/Bmsy último año	0.976	0.454	1.19	
Mortalidad pesca último año	1.01	0.83	2.18	
explotación F/Fmsy	0.727	0.596	1.56	

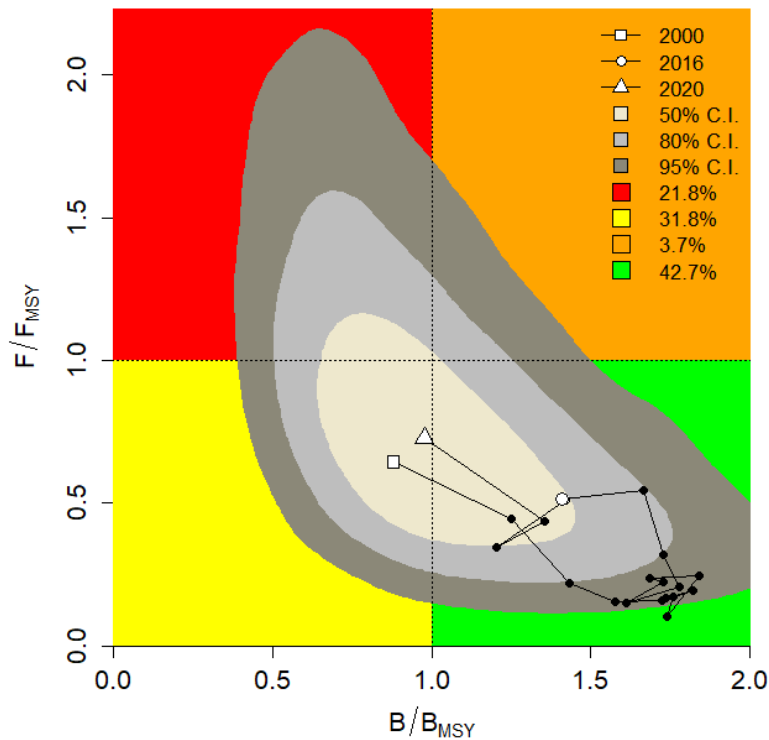


Figura 4-173. Análisis de las pesquerías del atún aleta amarilla en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.3.1.3 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 entre los rango de 17,400 - 74,800 toneladas.

4.3.2 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.

4.3.2.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis*.

El análisis del comportamiento de las pesquerías desde el año 2000 hasta la fecha presentó un sistema casi estable si mayores variaciones lo cual se pudo detectar en el cálculo de la media móvil (línea azul de la Figura 4-174, 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 0.5 en el punto de quiebre año 2005 el rango subió estuvo entre 0.5 a 0.85 para luego decaer hasta un rango entre 0.1 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 debajo del nivel de máximo rendimiento sostenible (Figura 4-174, panel F).

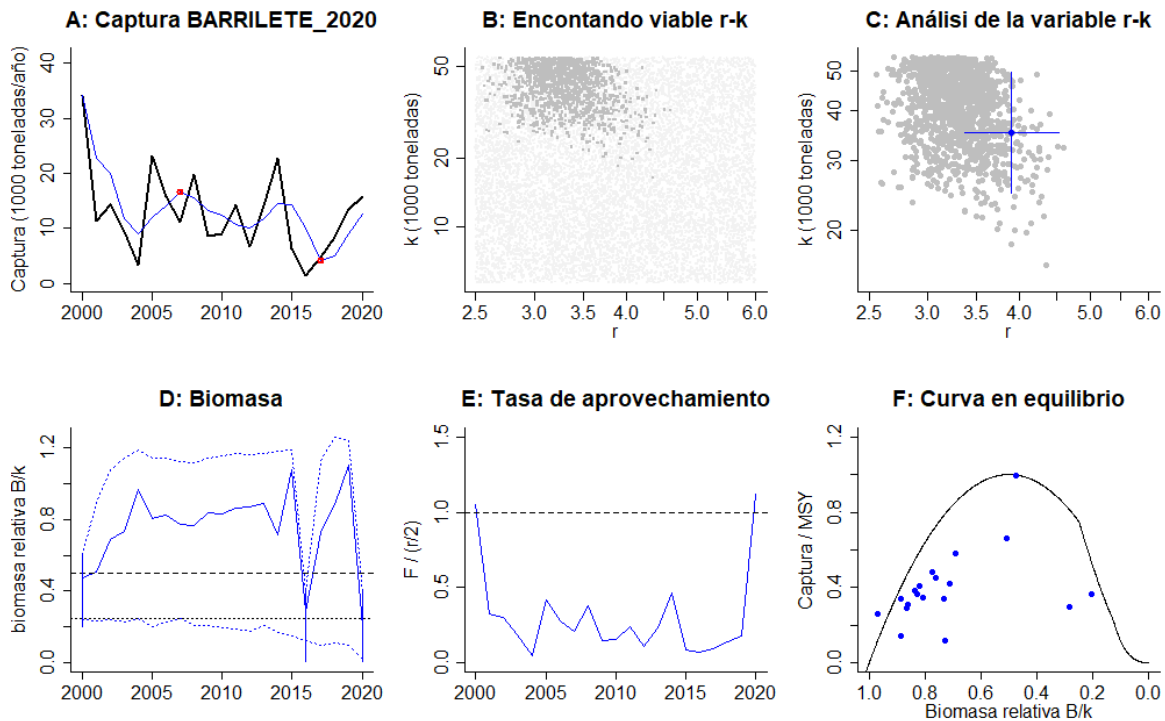


Figura 4-174. Modelación de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de K y r al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomazas 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.

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, con excepción del primer año, nunca alcanzaron 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 por debajo del valor de referencia teniendo que en dos años se alcanzó este valor de referencia (2000 y 2020), esta información se encontró concordante con el análisis de las biomazas, cuya tasa relativamente se mantuvo por encima del nivel de referencia, excepto para el 2016 y el 2020 (Figura 4-175).

Finalmente, la estimación de los parámetros que sirven como puntos de referencia mostraron que el MSY es de 32.200 toneladas con una biomasa relativa de 0.452 que está en los horizontes de seguridad, y una tasa de explotación de 1.02 que también está en los límites de seguridad (Tabla 4-118).

Finalmente, esta información fue ingresada en la gráfica probabilística de fases de Kobe donde se encontró que la probabilidad de tener el recurso en su nivel óptimo para el 2020 fue de 7.6%, mientras que la fase de recuperación mostró un probabilidad de 24% y que en este año se tenga en recurso en crisis fue de 68.5% (Figura 4-176).

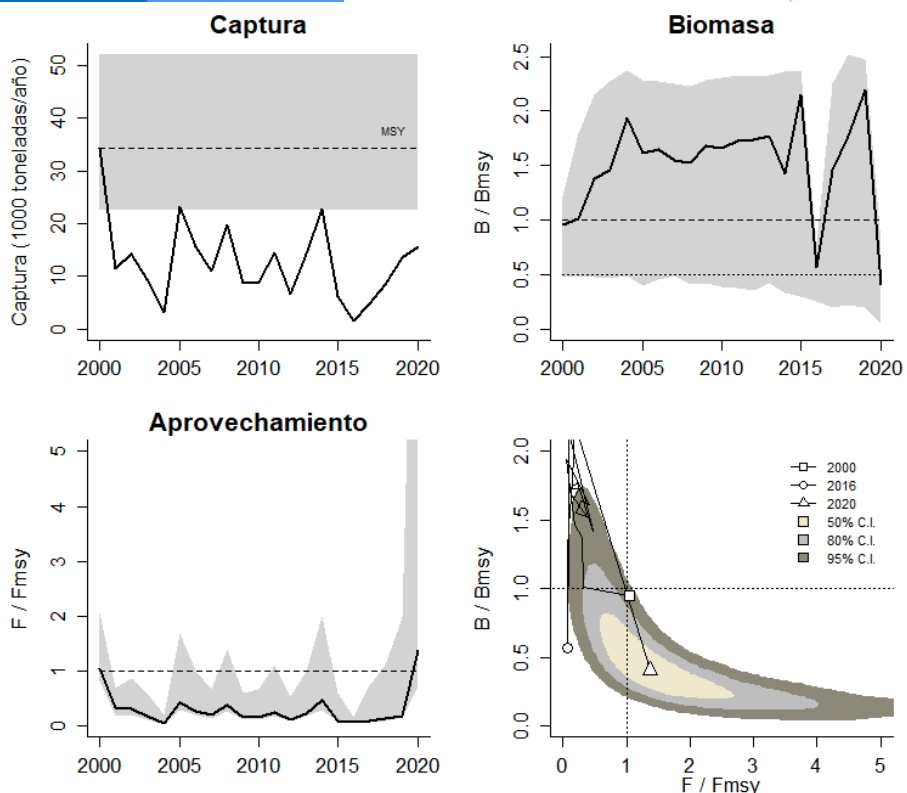


Figura 4-175. Análisis de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 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 barrilete *Katsuwonus pelamis* en el Pacífico.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%			Decisión
Fmsy	1.95	1.68	2.27	sí $B > 1/2 B_{msy}$; $F_{msy} = 0.5r$	1.59
Fmsy	1.59	1.37	1.85	sí $B < 1/2 B_{msy}$; r y F_{msy} se reducen linealmente	
MSY	34,300	22,600	52,100		
Bmsy	17,600	12,400	24,900		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa último año	7,170	779	13,600		
B/Bmsy último año	0.408	0.0444	0.775		
Mortalidad pesca último año	2.18	1.15	20.1		
Explotación F/Fmsy	1.37	0.721	12.6		

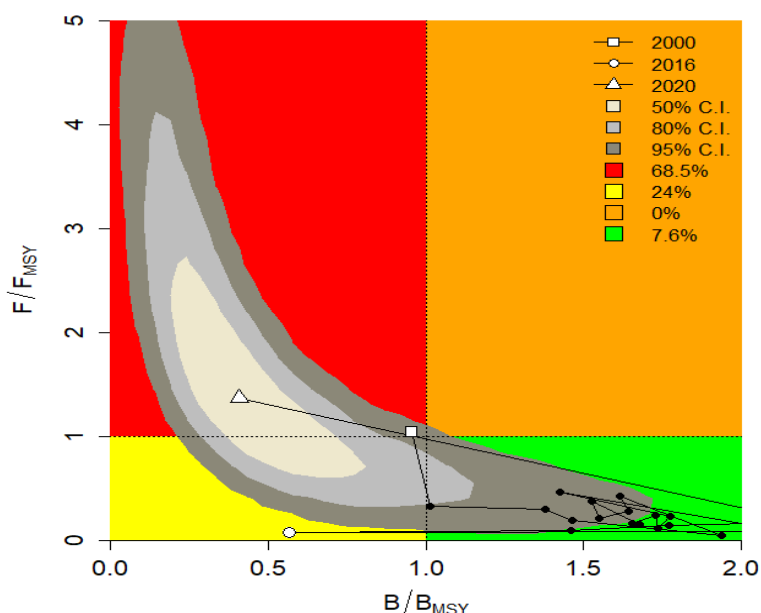


Figura 4-176. Análisis de las pesquerías del atún barrilete *Katsuwonus pelamis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.3.2.2 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 su cuotas puede ser asignadas entre las 22.600 a las 52.100 toneladas.

4.3.3 Pesquerías de patudo (*Thunnus obesus* (Lowe, 1839))



Photo taken from the website of CAFS (<http://zzzy.cafs.ac.cn/>).

Nombre en inglés: Bieye tuna.

4.3.3.1 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).

4.3.3.2 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías patudo *Thunnus obesus*.

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 2014 donde mostro una remontada importante y luego descendió para, de nuevo empezar a recuperarse hasta el máximo valor registrado en el 2020; las **biomasas** presentaron un rango de biomasa relativa entre 0.2 hasta 0.6 tuvo su máximo en el punto de quiebre de 2014 del análisis bayesiano en su enfoque prior que fue de un rango superior al primero entre 0.5 hasta 0.8, pero finalmente decayó sensiblemente para el 2020 entre 0.1 hasta 0.25 (Figura 4-117, panel D); la **tasa de aprovechamiento** ($F/(r/2)$) analizada el movimiento de esta tasa donde solamente el año 2000 y el 2020 presenta el más alto valor por encima del nivel de referencia (Figura 4-117, 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 4-177, 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 4-178).

Finalmente se hicieron cálculos sobre los parámetros y puntos de referencia que sirvan para sirven de medidas regulatorias en la administración del recurso; como primera medida se encontró un MSY de 915 toneladas, con una biomasa relativa para el 2020 de 0.533 que ya está por debajo de los niveles de referencia, así como la tala de aprovechamiento F/F_{msy} de 2.57 que también está por encima del valor de referencia de 1 (Tabla 4-119).

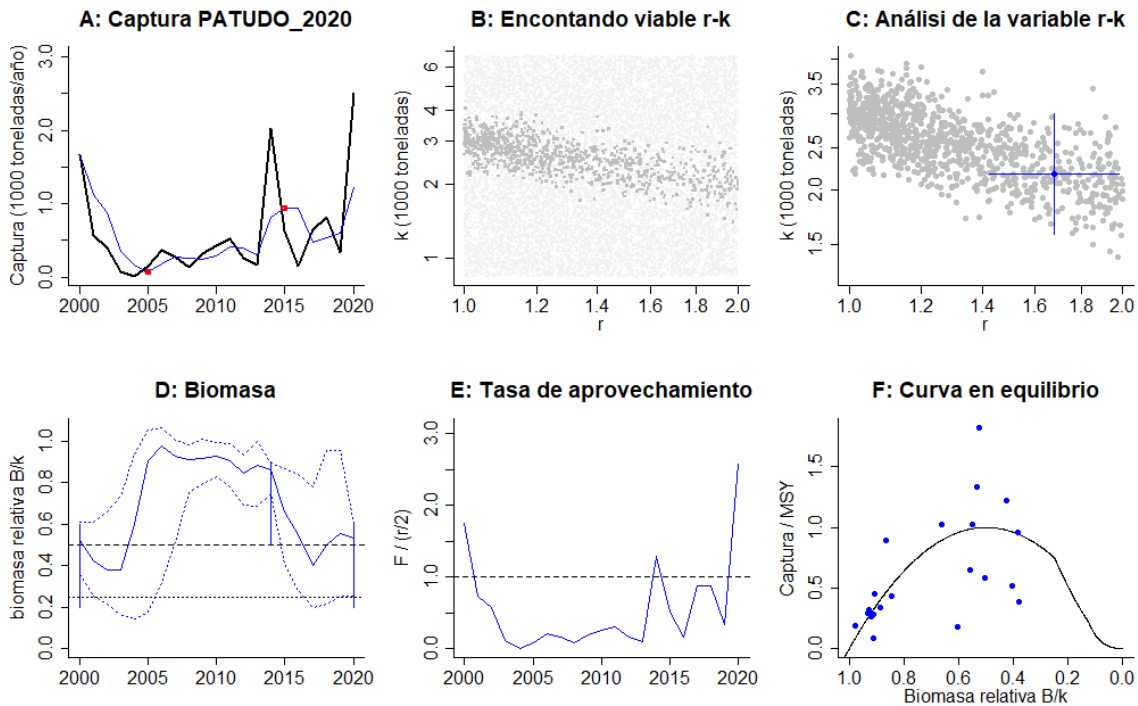


Figura 4-177. Modelación de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%, y el comportamiento de análisis de la determinación de K y r al 95%. El panel inferior muestra el comportamiento de las biomazas relativas las línea 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.

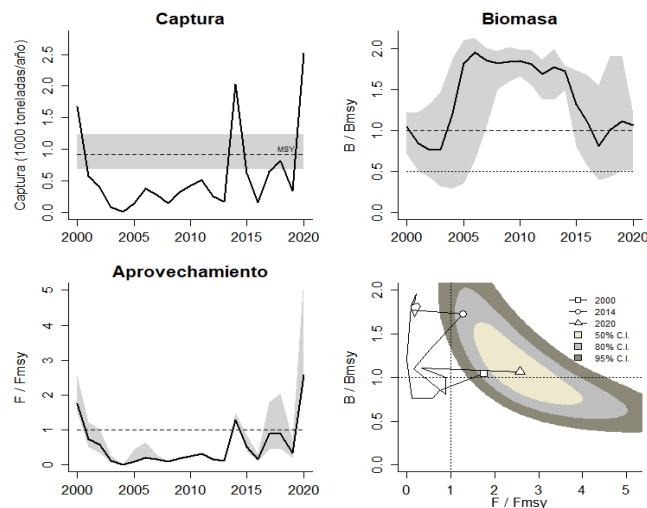


Figura 4-178. Análisis de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la 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 biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

Tabla 4-119. Cálculo de los principales parámetros y puntos de referencia para recomendar el manejo del recurso pesquero atún patudo *Thunnus obesus* en el Pacífico.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.841	0.714	0.991	sí $B > 1/2 B_{msy}$; $F_{msy} = 0.5r$ 0.841
Fmsy	0.841	0.714	0.991	sí $B < 1/2 B_{msy}$; r y Fmsy se reducen linealmente
MSY	915	678	1,240	
Bmsy	1,090	790	1,500	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa último año	1,160	554	1,300	
B/Bmsy último año	1.07	0.509	1.2	
Mortalidad pesca último año	2.16	1.93	4.54	
explotación F/Fmsy	2.57	2.29	5.4	

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 2014, la situación se complicó y en la actualidad los registros muestran que la pesquería está en una zona de riesgo con una probabilidad de 43.2%, mientras que en zona de recuperación de 55.9% y que el estado sea óptimo estuvo en un 0.9%% (Figura 4-79)

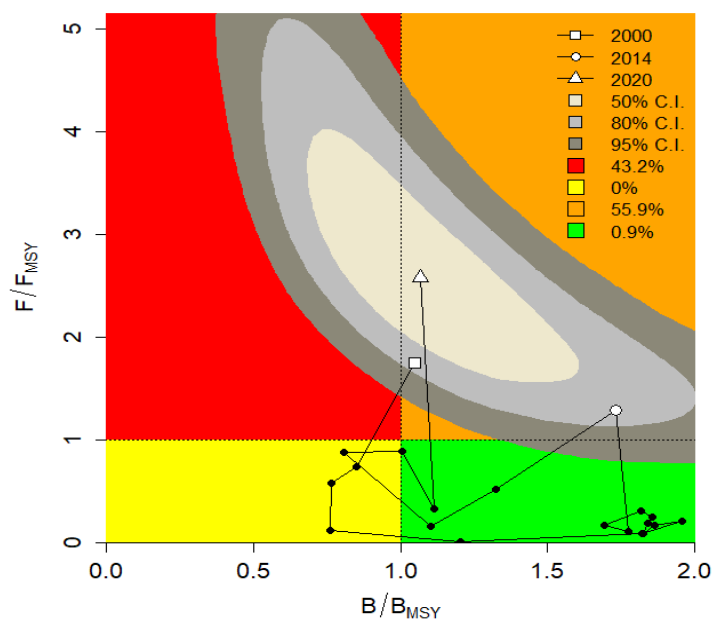


Figura 4-179. Análisis de las pesquerías del atún patudo *Thunnus obesus* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.3.3.3 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 un cuota superior a los 650 toneladas.

4.4 Crustáceos

4.4.1 Pesquerías del camarón blanco [*Litopenaeus occidentalis*, Streets, 18719]

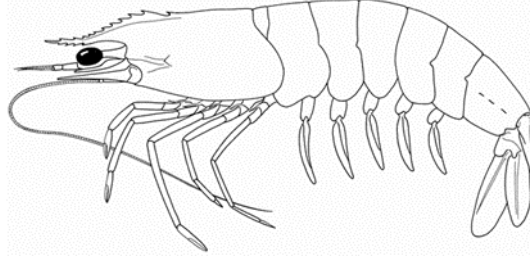


Foto: FAO ©

Nombre en inglés: western White shrimp

4.4.1.1 Antecedentes del recurso de camarón blanco *Litopenaeus 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 4-180)

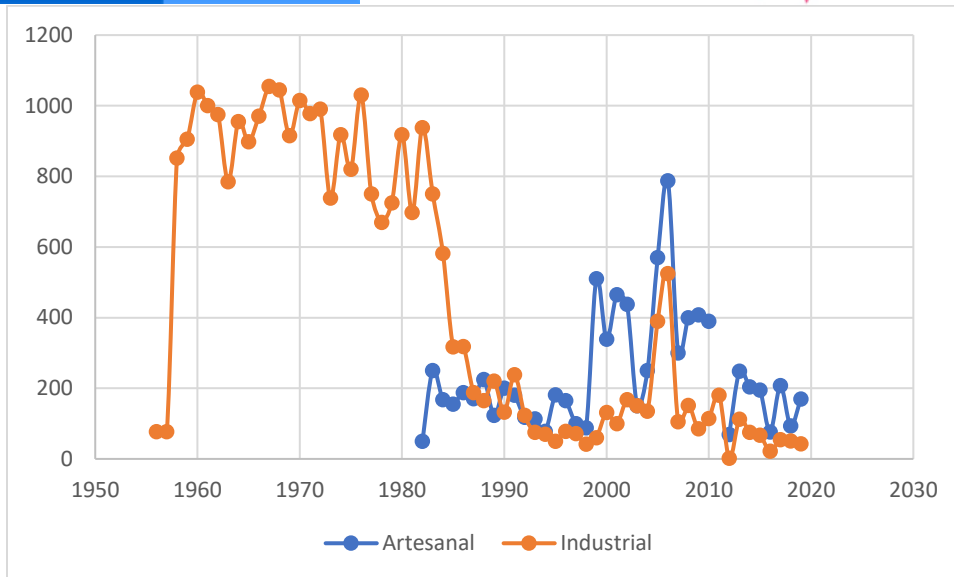


Figura 4-180. Desembarques del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano.

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⁻¹. (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 4-181). 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, diezmandolas y afectando los ecosistemas y sus cadenas tróficas.

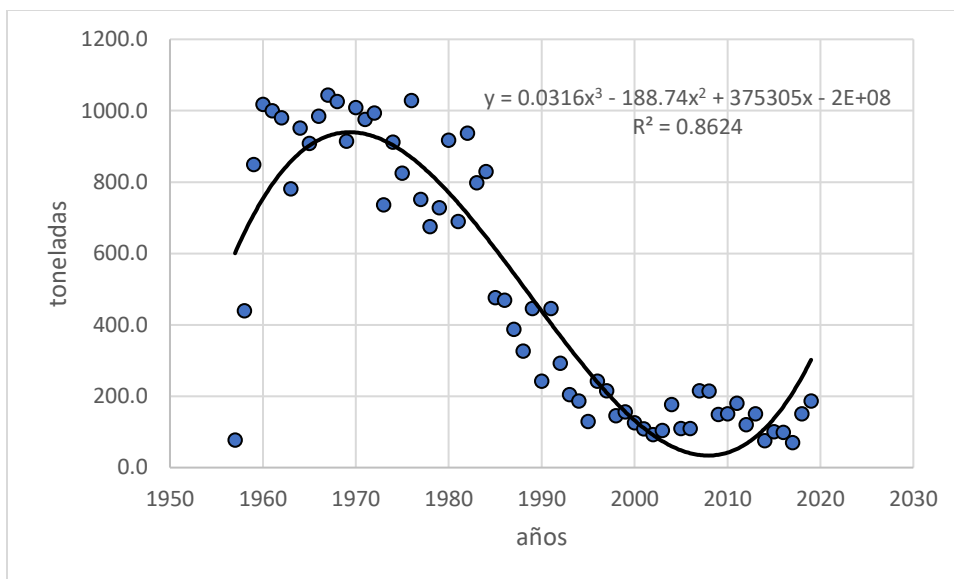


Figura 4-181. Modelación estadística de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano.

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.

4.4.1.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*.

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 parte, 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 4-120)

Tabla 4-120. Relación de los parámetros estimados para *Litopenaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano.

<i>a</i>	<i>B</i>	<i>r</i> ²	<i>T.M.</i> [cm]	<i>T.M.C.</i> [cm]	<i>L_{oo}</i> [cm]	<i>k</i>	<i>Z</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	<i>E</i>
0.0145	2.8341	0.8127	18.48	16.7	26.73	0.95	5.89	1.69	4.2	0.71

4.4.1.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*

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 4-121)

Tabla 4-121. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Litopenaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

<i>RMS</i> [ton.]	<i>PRO</i> [\$]	<i>B/K</i>	<i>q</i>	<i>TM/TMC</i>	Fuente	Modelo usado	Observación
760	23*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 4-122, Figura 4-182).

Tabla 4-122. Resultados de las mediciones de las tallas capturadas por los diferentes artes de pesca para el camarón blanco *Litopenaeus 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

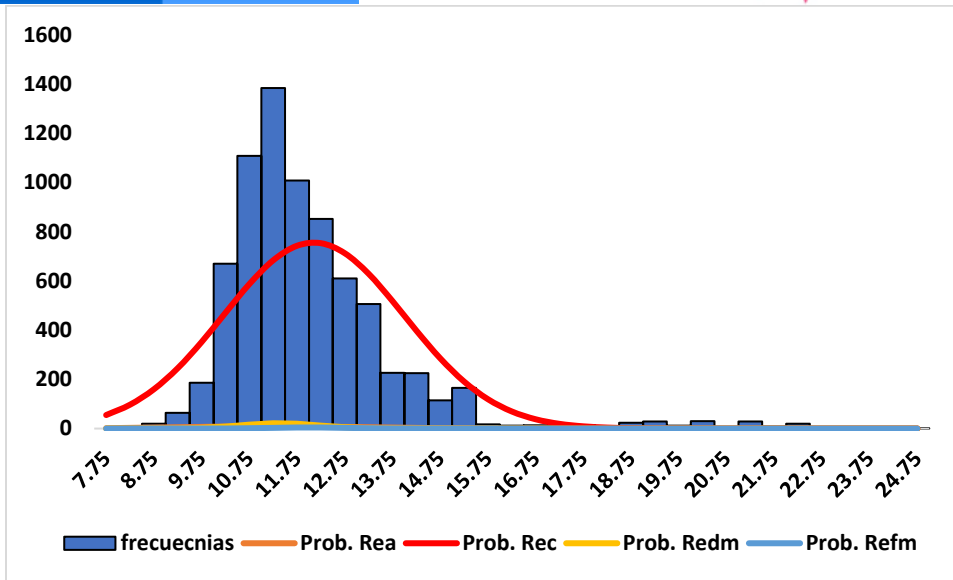
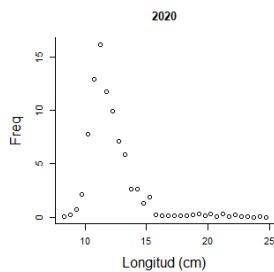


Figura 4-182. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en el año 2020. Rea. = red de arrastre artesanal o changa; Rec.= red de enmalle camaronesa; Redm. = red de enmalle de derivas marina; Refm. = red de enmalle fija marina.

4.4.1.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB para el camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*

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



4-183,

Figura 4-184)

Tabla 4-123. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*. Se muestra el cálculo prior de estos cálculos.

Loo prior	34.3	SD	0.343	unidades cm			
Z/K prior	2.91	SD	6.89	M/K prior =	1.5	SD	0.15



El campo es de todos

Minagricultura



F/K prior	1.41	(con un rango amplio $t = 4$ en una distribución log-normal)					
Lc prior	10.3	SD	1.03	alfa prior	55	SD	5.5

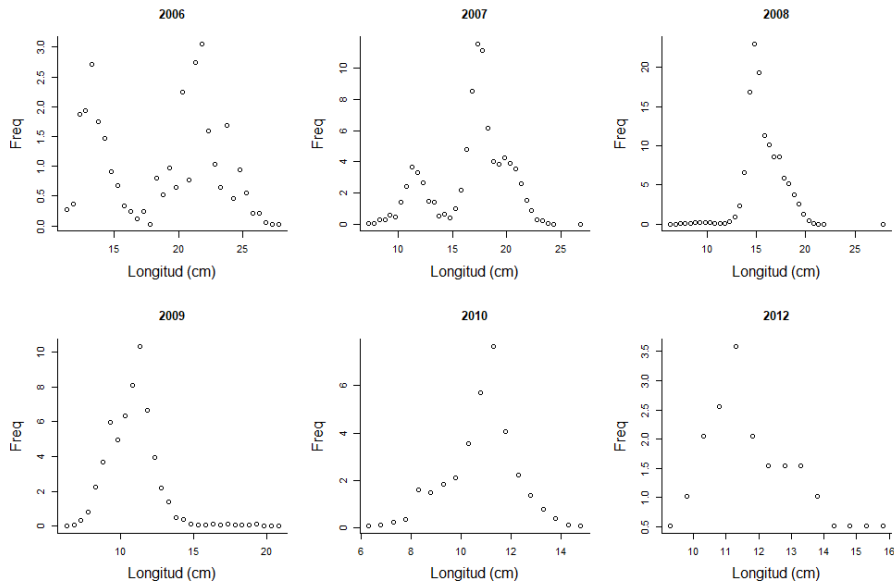


Figura 4-183. Distribución de las tallas del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*, entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

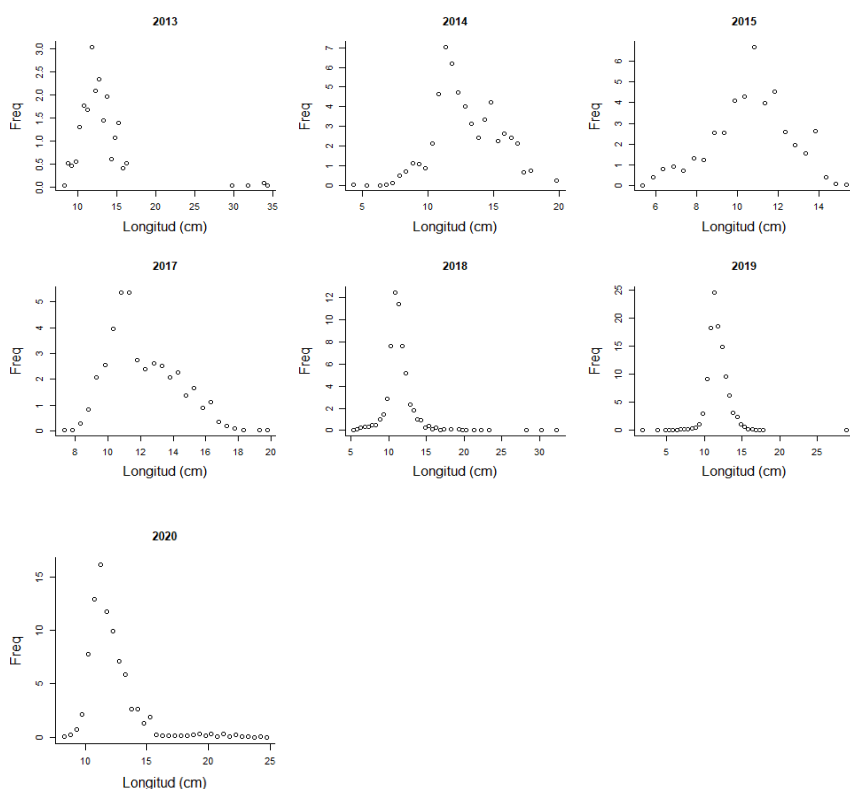


Figura 4-184. Distribución de las tallas del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*, entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 4-124. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* obtenidos de las pesquerías de la cuenca del Pacífico colombiano.

L _{oo}	33.7	rango	33	34.7
L _{op}	22	L _{opt} /L _{inf}	0.67	
L _{c_opt}	21	L _{c_opt} /L _{inf}	0.64	
M/K	1.51	rango	1.19	1.73
F/K	9.2	rango	8.58	9.71
Z/K	10.7	rango	10.1	11.1
F/M	6.37	rango	5.24	8.05
B/Bo F=M Lc = Lc _{opt}			0.366	
B/Bo	0.0308	rango	0.0218	0.0416
Y/R´ F=M Lc = Lc _{opt}			0.0455	
Y/R´	0.00328	rango	0.00232	0.00442

De lo analizado, se puede inferir 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 [180 veces] y distante del valor prior estimado (Tabla 4-123), 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 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 4-185, Tabla 4-124).

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 [2019] la presión pesquera volvió a aumentar sensiblemente (Tabla 4-125, Figura 4-185); los resultados de las tasas relativas de aprovechamiento de las biomazas 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 4-185).

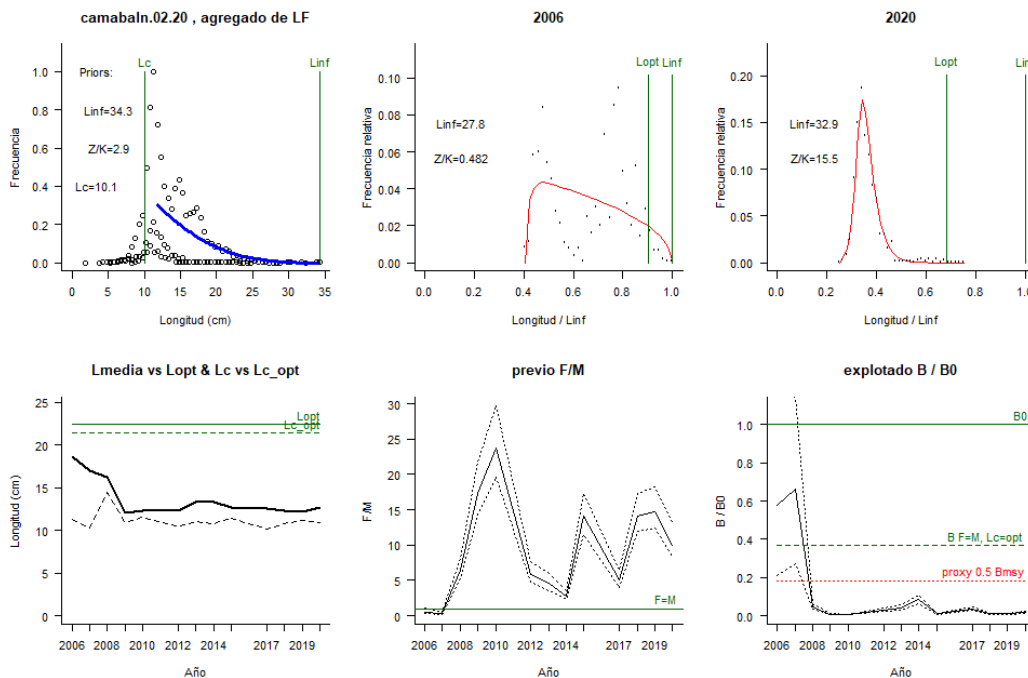


Figura 4-185. Comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran 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 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 4-125. Estimación, para el último año, de los de parámetros y tasas de aprovechamiento del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* obtenidos para la cuenca del Pacífico colombiano.

parámetro	Valor	Rango	
Lc =	10.9	10.8	10.9
Alfa	69	67.2	70.5
Lpromedio/Lopt	0.56		
Lc/Lcopt	0.51		
L95th	24.8	L95th/Loo	0.75
F/K	14	13.4	15
F/M	10	8.41	13.1
Z/K	15.6	14.7	16.5
Y/R´	0.0017	0.00124	0.00235
B/Bo	0.016	0.0116	0.022
B/BMSY	0.044	0.0316	0.0601
Lm50	18.7	Madurez	2.3%

4.4.1.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*

Con la información histórica del camarón blanco, se pudo inspeccionar su comportamiento utilizando la modelación estadística; lo primero que se encontró fue que las capturas 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 la relación de los datos observados frente a los estimados como pronóstico, se ven bastante ajustados, así como los residuos que se ajustaron significativamente que da cierta firmeza a los análisis que se van a realizar, es posible que como después de 1980. (Figura 4-186).

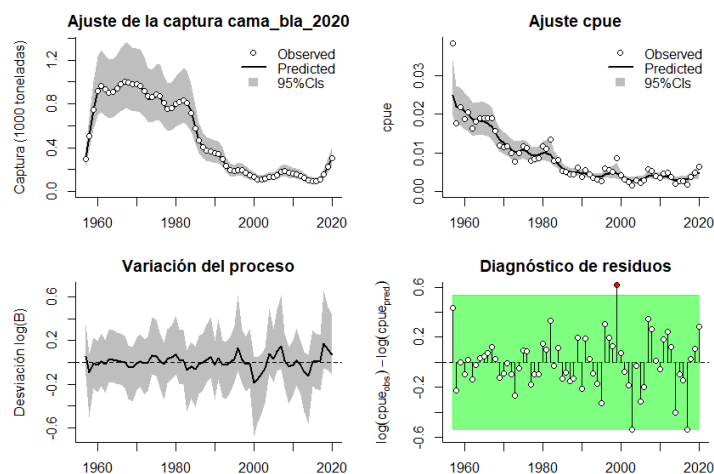


Figura 4-186. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*, con límites de confianza aproximad ante del 95%. En el

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 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; en primera instancia, los análisis de las capturas, con el modelo CMSY, presentó como mejor ajuste de la razón de las varianzas prior y posterior que la más baja y 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, mostró 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 (2020) fueron más estrechas aún con un rango entre 0.01 y 0.4. (Figura 4-187)

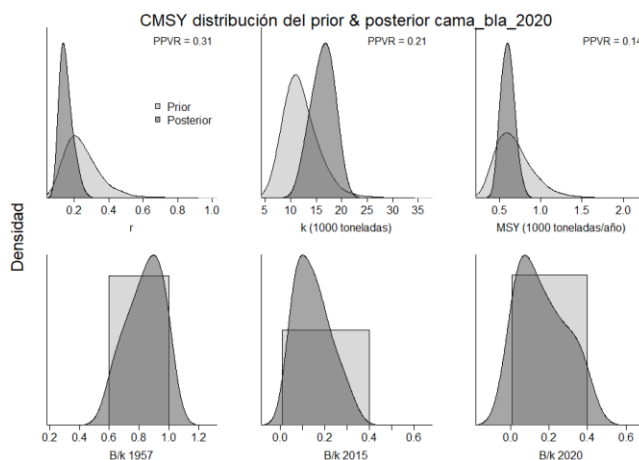


Figura 4-187. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de 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 2020 los límites inferiores estuvieron muy cercanos a cero. (Figura 4-188).

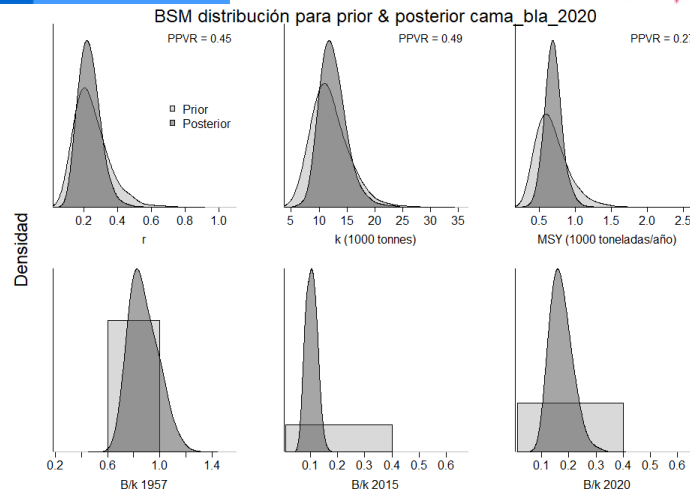


Figura 4-188. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*, aplicando el modelo BSMY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de 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 es que los años que se ajusta el modelo y por lo tanto agrupa los tres últimos años 2018, 2019 y 2020 (Figura 4-189, 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 4-189, panel E)

La introducción del esfuerzo de pesca en el análisis sobre la presión de pesca mostró que el sistema 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 4.08 a 2, que es el recomendado para ejercer una recuperación del stock (Figura 4-189, Tabla 4-126, Tabla 4-127).

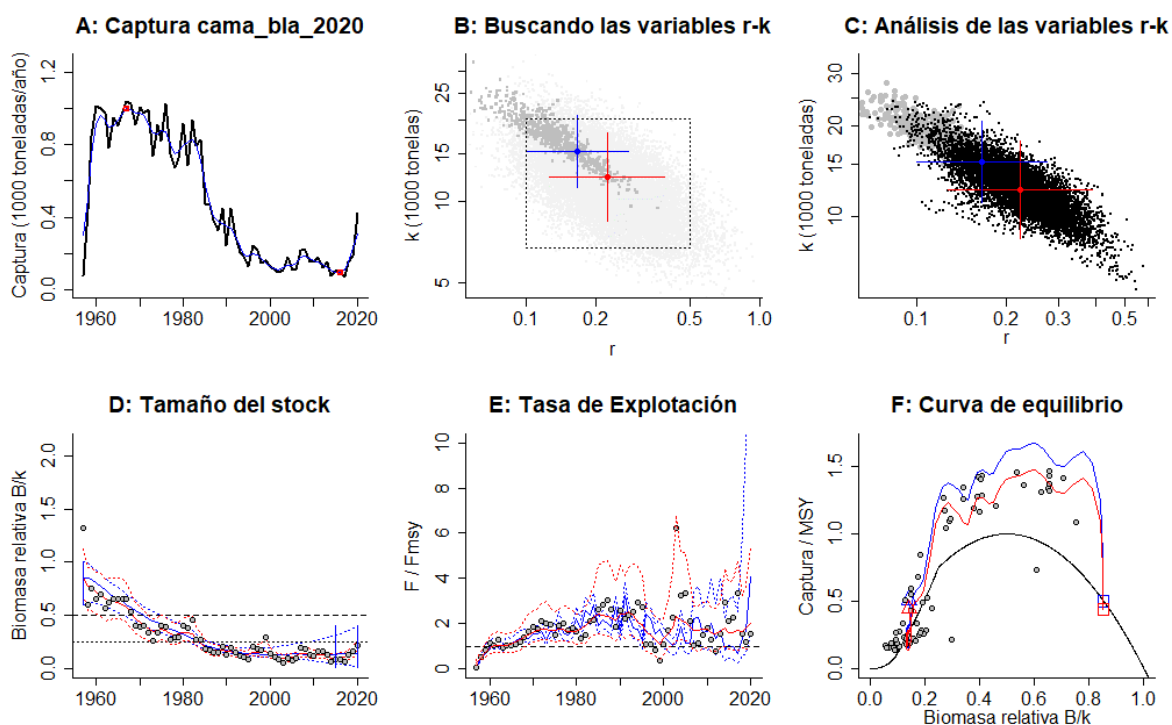


Figura 4-189. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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 4-126. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.166	0.1	0.275
MSY	600	470	764
K	15,200	11,200	20,800
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.143	0.0134	0.391

Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.08	1.5	43.8
--	------	-----	------

Tabla 4-127. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00235	0.00158	0.00349
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.222	0.127	0.39
k	12,300	8,470	17,900
MSY	676	498	919
Percentil 2.5 Percentil 97.5			
Biomasa relativa para el último año	0.167 K	0.103	0.265
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	2	0.818	5.34
correlación log (r - K)		-0.797	

Con relación al nivel de explotación del recurso, se tiene tres aspectos identificados que fueron: aprovechamiento sostenible, máximo aprovechamiento del nivel de sostenibilidad y finalmente empieza la fase de sobrepesca; se apreció que los dos últimos años muestra una pequeña mejoría (Figura 4-189), 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 4-189, panel D).

Tabla 4-128. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy =	0.108	0.0644	0.18	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $F_{msy} = 0.5r$)
Fmsy =	0.0517	0.0309	0.0866	(r y Fmsy se reducen lienalmente si $B < 1/2$ Bmsy)
MSY	676	498	919	
Bmsy	6270	4410	8920	
Percentil 2.5 Percentil 97.5				
Biomasa en el último año	1500	1010	2260	
B/Bmsy en el último año	0.24	0.161	0.36	
Mortalidad por pesca en el último año	0.107	0.071	0.159	
Explotación F/F_{msy}	2.06	0.894	4.58	



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 4-126, Tabla 4-127, Figura 4-190).

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 2020- entró a niveles de gran afectación; de otras parte se resalta que desde 1985, se encuentra en niveles de aprovechamiento que afectan el reclutamiento. (Figura 4-191)

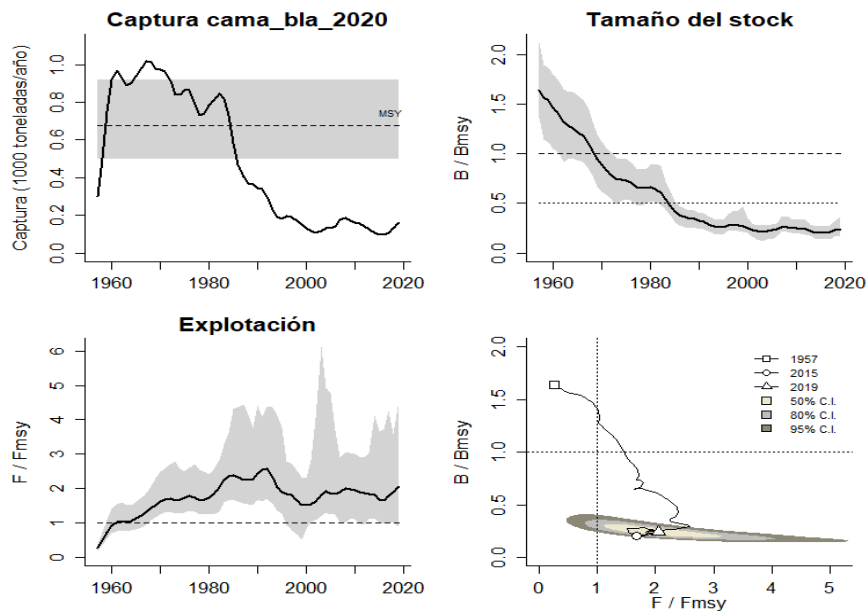


Figura 4-190. Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

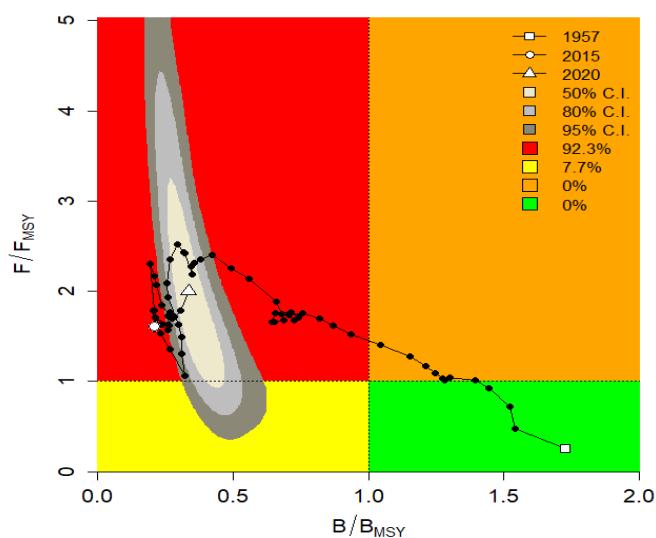


Figura 4-191. Análisis de las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.4.1.6 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*.

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 2020; por lo anterior, el modelo calculó un RMS de 1,148 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 4-192).

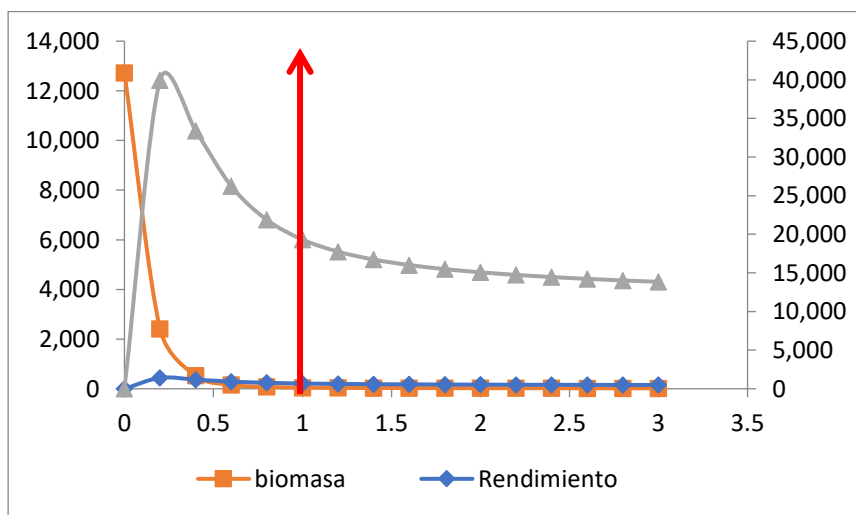


Figura 4-192. Resultados de las estimaciones del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

4.4.1.7 Modelos probabilísticos de cambios ambientales bayesianos de tipo Schaefer para el camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*

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 4-193).

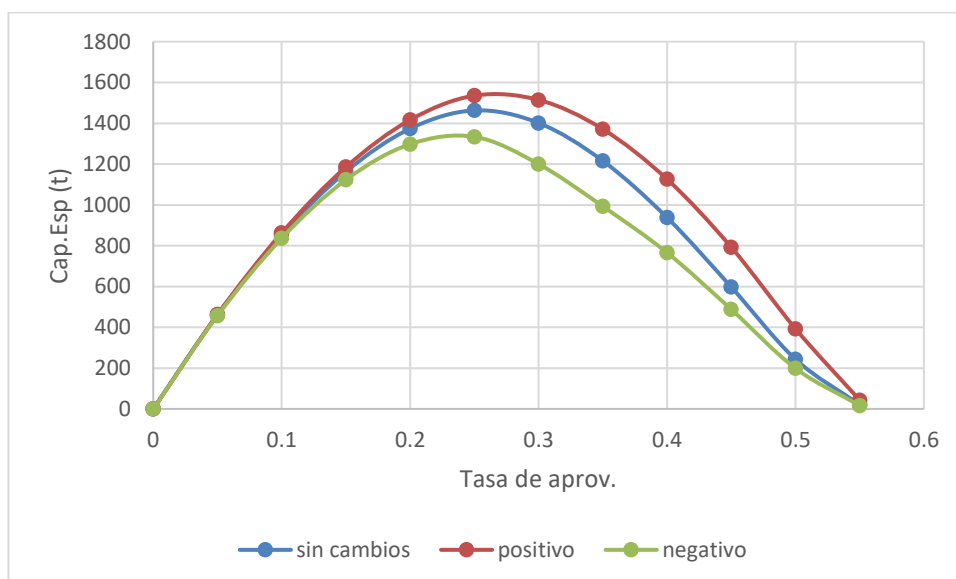


Figura 4-193. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

4.4.1.8 Proyección del manejo pesquero con modelo de producción excedente para el camarón blanco *Litopenaeus occidentalis*.

Se proyecta una variante de los modelos, en especial para realizar un ejercicio realizado 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 2020 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 4-194).

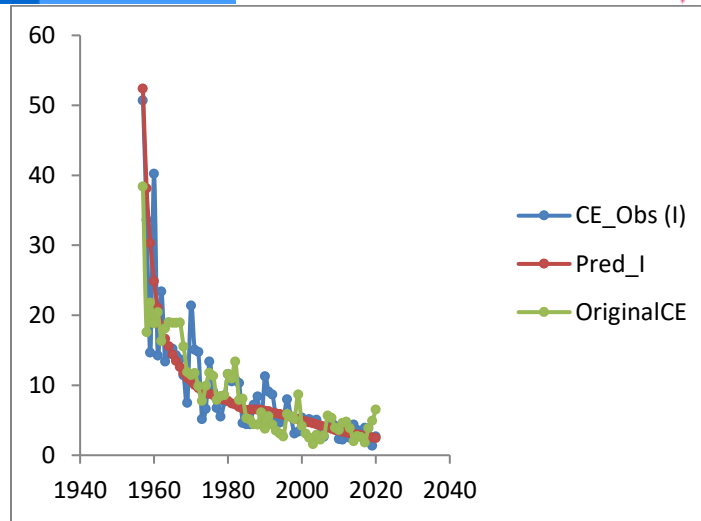


Figura 4-194. Estimación de las pesquerías de camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* utilizando remuestreo Bootstrap para el pacífico. CE = captura por unida de esfuerzo.

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 4-195)

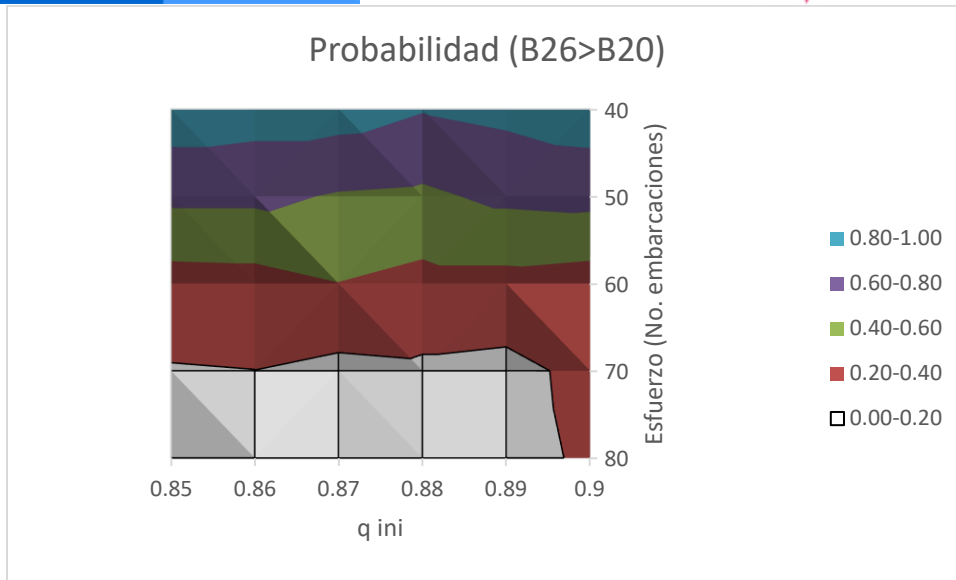


Figura 4-195. Desarrollo de las densidades de probabilidad para la proyección de las pesquerías da camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* hasta el año 2026.

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 4-196)

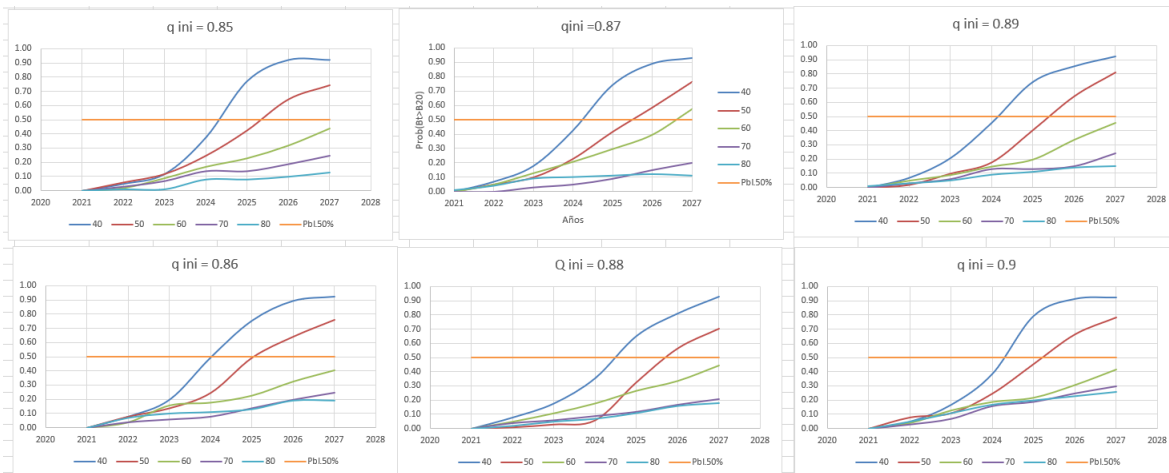


Figura 4-196. Resultado de las proyecciones del comportamiento del esfuerzo de pesca y el coeficiente de capturabilidad del camarón blanco *Litopenaeus occidentalis* del Pacifico.

4.4.1.9 Conclusiones sobre las pesquerías de camarón blanco *Litopenaeus 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 2., y un porcentaje de madurez sexual de 2.3%, longitud óptima Lop la biomasa relativa de 22 cm de $Lt.$, la mortalidad por pesca actual de 0.149 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0744 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $685 \pm (485 - 969)$, además si se controla el esfuerzo de pesca la recuperación de las poblaciones se podría presentar hacia el 2024.

4.4.2 Pesquerías de camarón titi *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller,1862)



Foto Elliff, C.I.

Nombre en inglés: Seabob atlántico.

4.4.2.1 Antecedentes del recurso de camarón títí *Xiphopenaeus kroyeri*.

Para Colombia este recurso fue, en un principio de las pesquerías de camarón agua someras entre 1950 -1960, descartado ya que no ofrecía ninguna atractivo económico; sin embargo, cuando las pesquerías de camarón blanco disminuyeron ostensiblemente este recurso tomó importancia relativa como generador de ingresos, es así como, durante la década de los 80 tomó fuerza su comercialización ya que tanto pescadores industriales como artesanales lo incluyeron como parte integral de su actividad.

Hasta hace pocos años la especie fue conocida como *Xiphopenaeus rivetti* pero este quedó como sinónima del actual, por ello su distribución se amplió al Pacífico Central Oriental, desde México hasta Perú (Sealifebase, 2021).

Es recurso ha tenido impacto importante en casi todos los países de la región, es así como durante los fenómenos ambientales como “El Niño” se extendieron hasta los 17° S , que lo han

convertido en un recurso importante para las pesquerías de estas naciones (Elliot & Ramírez, 1998).

El camarón tití es una especie bentopelágica de fondos blandos, estuarina especialmente se acumula en la desembocadura de los ríos, se ha detectado hasta los 70 m de profundidad, pero se le encuentra especialmente en aguas someras (Elliot & Ramírez, 1998).

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

4.4.2.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri*.

Desde el punto de vista reproductivo las hembras ponen huevos demersales los cuales eclosiona en estado de nauplios que son planctónicas, luego de cambiar por múltiples etapas finalmente cambian sus hábitos a estado demersal, su velocidad de crecimiento es alta por lo que estas especies son adultos entre 3 a 4 meses (Tabla 4-129)

Tabla 4-129. Relación de los parámetros estimados para *Xiphopenaeus kroyeri* en la cuenca del Pacífico colombiano.

a	B	r^2	$T.M.$ [cm]	$T.M.C.$ [cm]	L_{∞} [cm]	k	Z	M	F	E
0.003	3.172	0.8127			14.88	2.9	0.895	0.4	0.495	0.55

4.4.2.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri*.

Con la información recopilada de captura y esfuerzo se pudo construir los principales indicadores poblacionales, que mostraron un recurso con un potencial importante el más alto dentro de los evaluados dentro de grupo de crustáceos (Tabla 4-130).

Tabla 4-130. Estimación de los principales parámetros poblacionales de *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico colombiano.

RMS (ton.)	Pro (\$)	B/K	q	TM/TMC	Fuente	Modelo usado	Observaciones
1978		0.9	0.0062047			Modelo de producción excedente	Se encuentra en proceso de observación para su control

4.4.2.4 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri*.

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 gran parte 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 4-197).

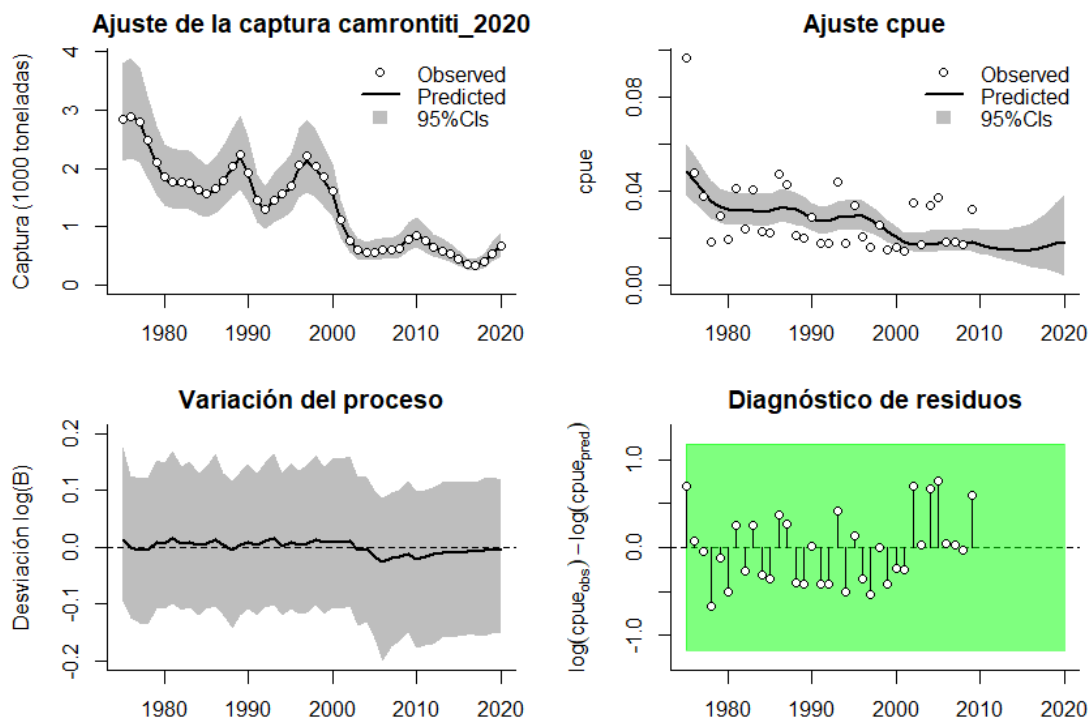


Figura 4-197. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados 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 1975, mostró un recurso con interesantes variaciones ya que en los primero 10 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 creciente interés por la pesca artesanal hizo que su producción exigiera un mayor aporte del esfuerzo pesquero por esta segunda pesquería. Luego el recurso

disminuye sus aportes reduciendo su producción hasta un mínimo a comienzos del siglo 21, se noto un ligero incremento en los dos últimos años registrados (Figura 4-198).

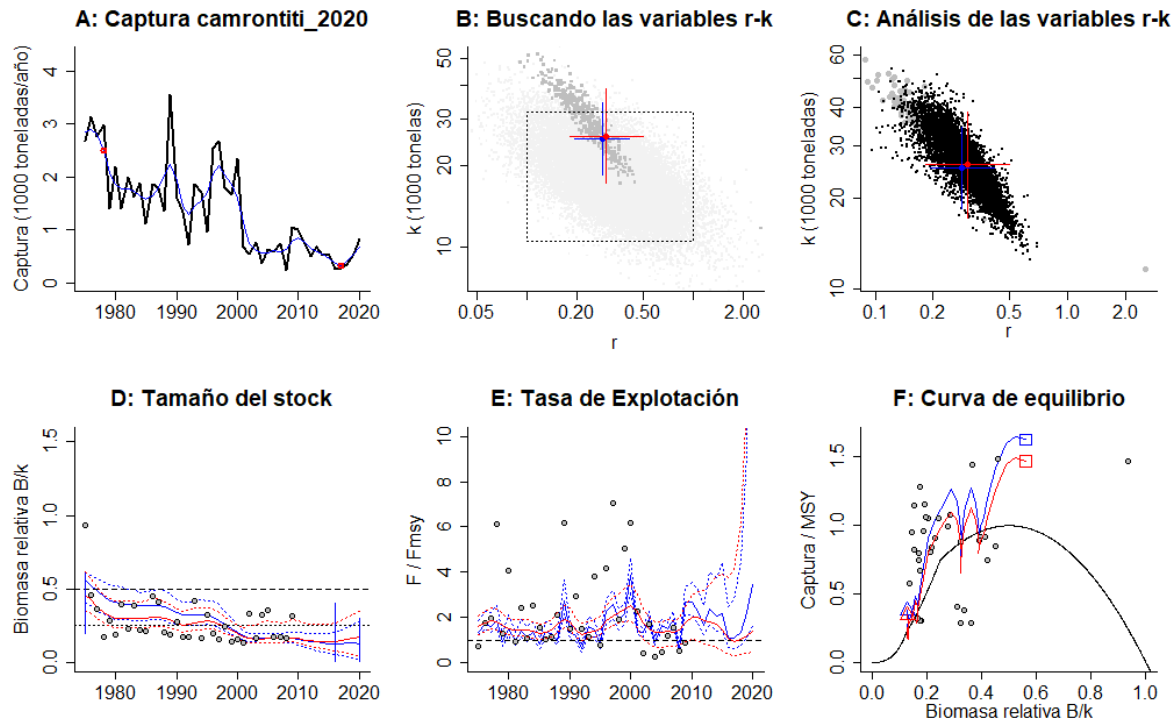


Figura 4-198. Resultados del Análisis de las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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 4-198, panel D), la densidad de biomasa del sistema prior presentó para el año 1975 un rango entre 0.2 a 0.6, luego en el año de quiebre 2016 esta rango estuvo entre 0.1 a 0.4, para terminar el 2020 con una rango entre 0.01 a 0.3 (Figura 4-198, 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 2020 esta tasa de disparo de manera peligrosa (Figura 4-198, 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 (Figura 4-198)

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 4-131)

Tabla 4-131. Resultados del CMSY para las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico colombiano.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.281	0.151	0.522
K	25,500	15,000	43,400
MSY	1,710	1,420	2,140
biomasa relativa	0.119	0.0167	0.282

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 4-132)

Tabla 4-132. Resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE para las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico colombiano.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
q	0.00401	0.00259	0.00621
r	0.301	0.182	0.499
MSY	1,940	1,490	2,540
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
biomasa relativa para el 2020	0.178	0.0367	0.352
Tasas explotación $F/(r/2)$ 2020	1.37	0.46	31.6
Correlación log (r - K)	-0.849		

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 4-133)

Tabla 4-133. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* de la cuenca del Pacífico colombiano.



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.15	0.0908	0.249	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.107
Fmsy	0.107	0.00645	0.177		
MSY	1,940	1,490	2,540		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	12,900	1,490	2,540		
Biomasa en 2020	4,590	949	9,090		
B/Bmsy	0.355	0.0735	0.704		
mortalidad por pesca 2020	0.146	0.0738	0.707		
Explotación F/Fmsy	1.37	0.46	31.6		

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 crítica, aunque este tipo de análisis mostró que no todo es malo ya que para el 2020 el recurso se encuentra en un 50% de probabilidades de estar en la zona crítica, pero con un 40.9% de que este en zona de recuperación ()

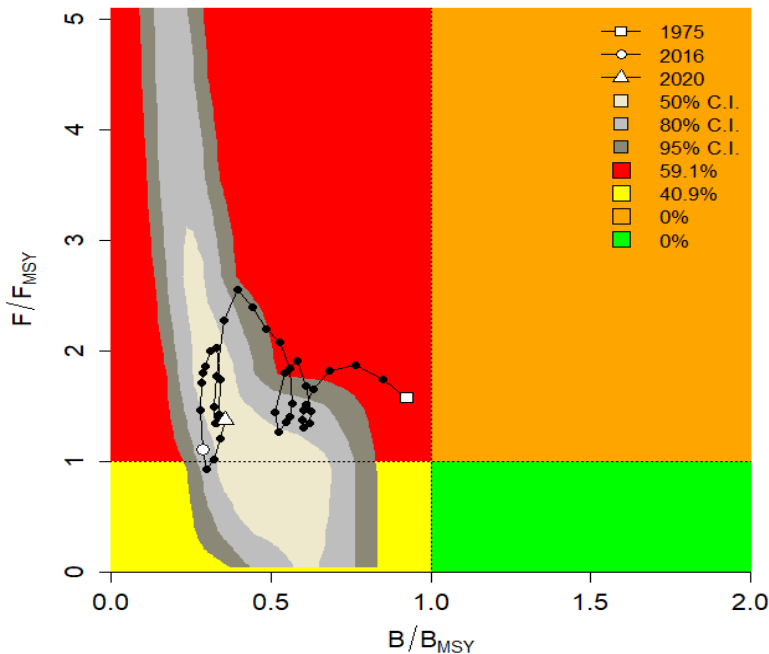


Figura 4-199. Análisis de las pesquerías del camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.4.2.5 Conclusiones sobre las pesquerías de camarón tití *Xiphopenaeus kroyeri*.

Después de analizar todas las referencias que indican que las poblaciones de este camarón está en un alto estado de aprovechamiento con tasas de biomásas muy reducidas que permite proponer que la mortalidad por pesca pueda ser reducida a los niveles de altos de Fmsy esto es que se deberá alcanzar un valor de 0.52 año^{-1} , y recupera las biomásas cercana a una proporción de 20%.

Por lo anterior se recomienda que como valor de la cuta no exceda al límite inferior de las estimaciones realizadas para el MSY esto es no sobrepasar las 1,490 toneladas.

4.5 Moluscos

4.5.1 Pesquerías de la piangua [*Anadara tuberculosa*, Sowerby I, 1833]



Nombre en inglés: pustulosa ark.

4.5.1.1 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 la caracterizaciones de la pesca artesanal de las zonas centro y sur de la costa pacifica 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).

4.5.1.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías de piangua *Anadara tuberculosa*

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 4-134)

Tabla 4-134. Relación de los parámetros estimados para la piangua *Anadara tuberculosa* para la cuenca del Pacífico colombiano.

a	B	r ²	T.M. [mm]	T.M.C. [mm]	L _{oo} [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

4.5.1.3 Análisis de los datos de dinámica de poblaciones de piangua *Anadara tuberculosa*

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 4-135)

4.5.1.4 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB piangua *Anadara tuberculosa*

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 4-135, Figura 4-201)

Tabla 4-135. 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 Schaefer & Gordon.	Se pasó los límites del rendimiento máximo.

Tabla 4-136. 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 4-201, Tabla 4-137, Tabla 4-138)



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 4-200).

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 4-201)

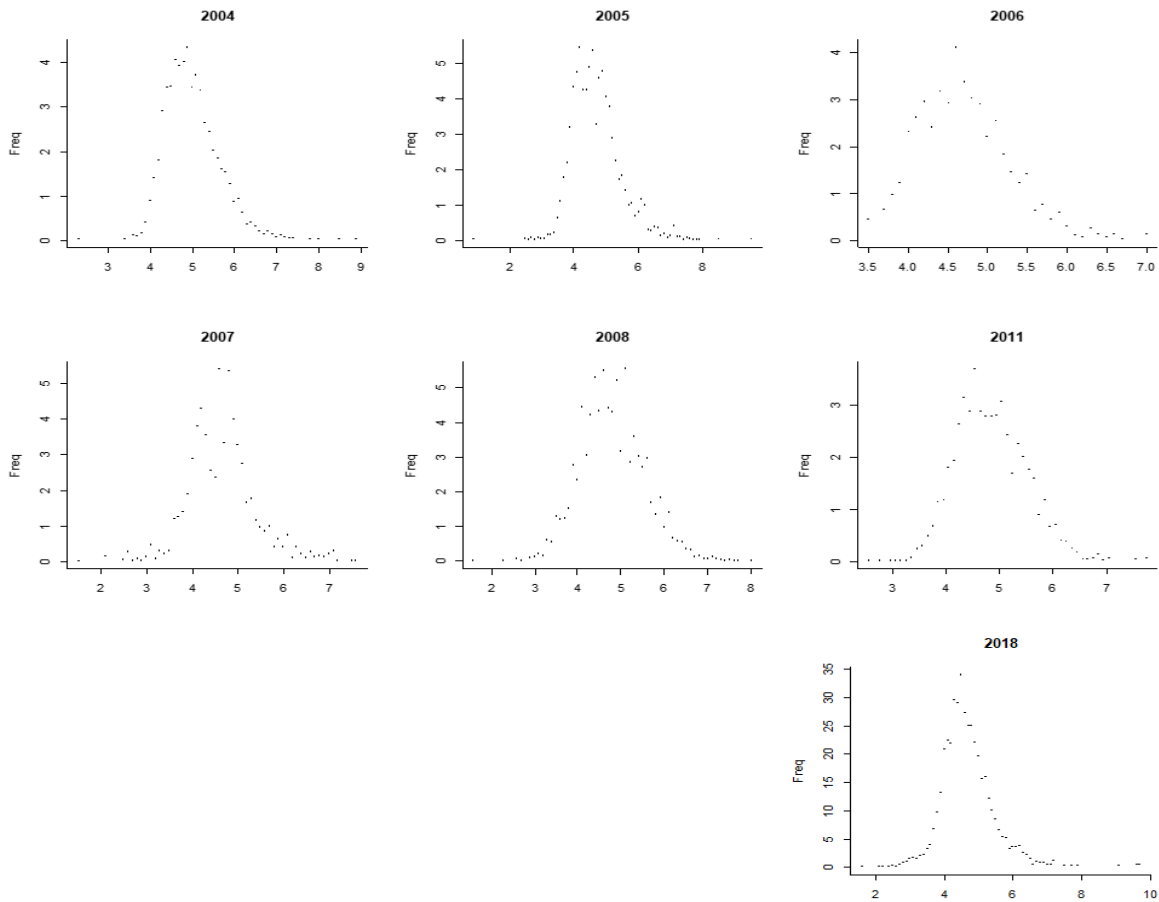


Figura 4-200. Distribución de las tallas de la piangua *Anadara tuberculosa*, entre los años 2006 -2012; 2018. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

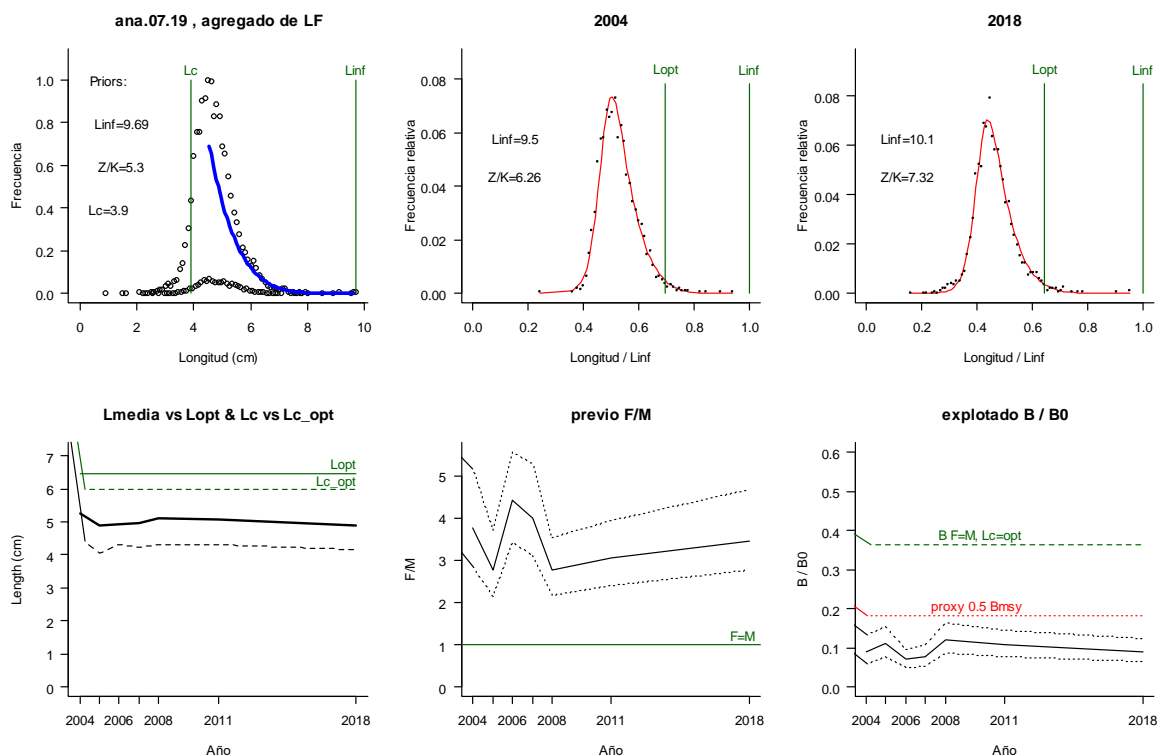


Figura 4-201. Comportamiento de las pesquerías del camarón blanco *Anadara tuberculosa* en la cuenca del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los 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 proxi para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxi para Bpa o 0.5 de Bmsy [línea de puntos roja].

Tabla 4-137. 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



parámetro	valor	estadístico	valor	valor
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		
Y/R´	0.0188	rango	0.0131	0.0253

Tabla 4-138. 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%

4.5.1.5 Modelo CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de piangua *Anadara tuberculosa*

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 4-202)

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 4-139, Tabla 4-140). (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 4-141)

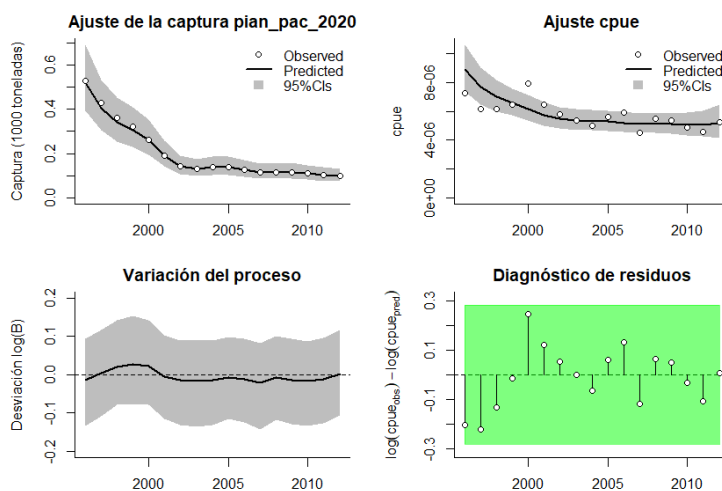


Figura 4-202. Modelación de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 4-139. 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%	
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
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

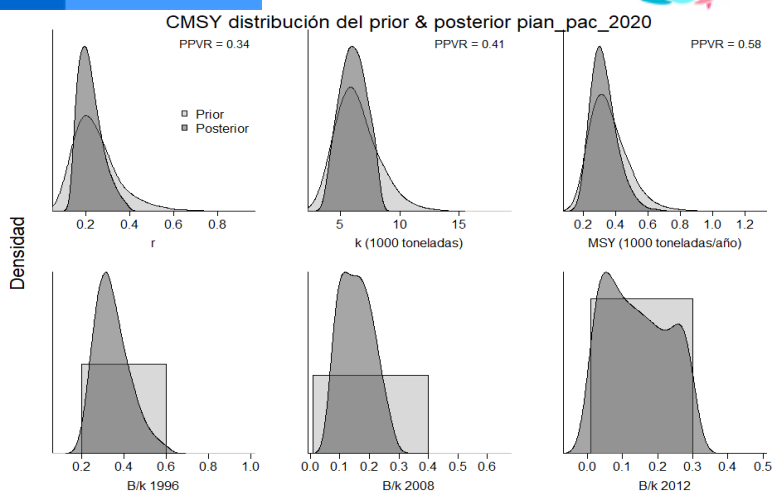


Figura 4-203. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la piangua *Anadara tuberculosa*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 4-140. 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		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 4-141. 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	0.0517
Bmsy =	2940	2020	4280	
		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	



Parámetros	valor	Límite de confianza al 95%		Decisión
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 4-204).

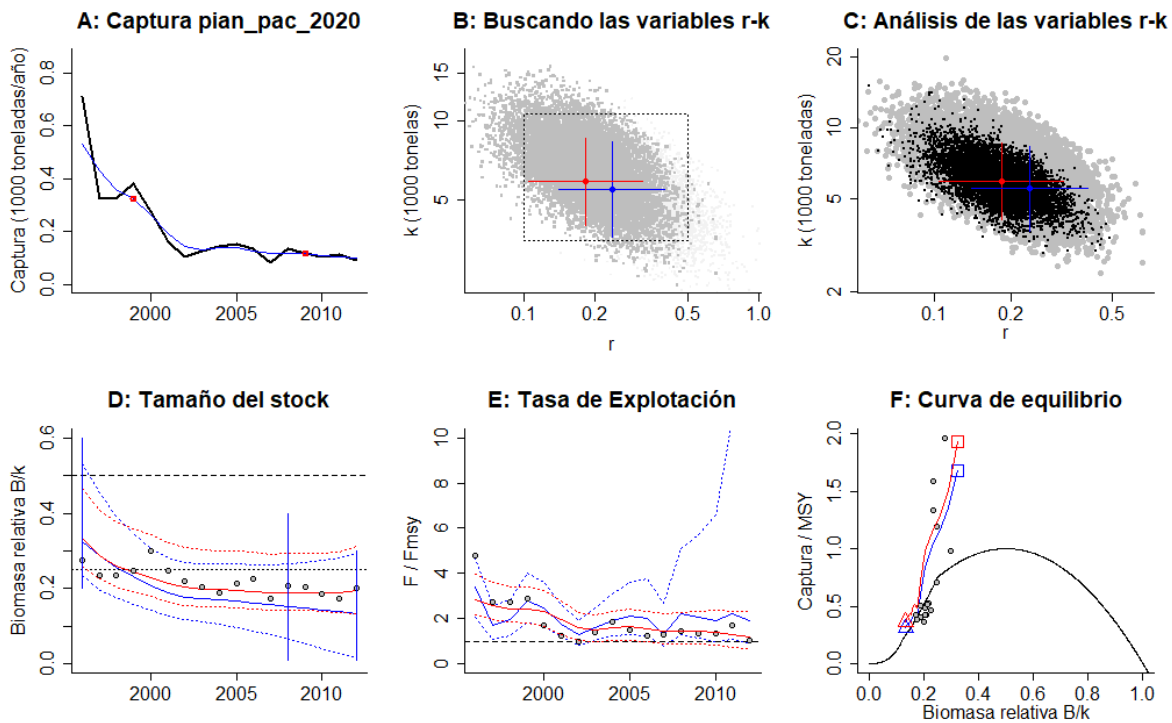


Figura 4-204. Modelación de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada al 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con aproximación 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 4-204, Tabla 4-141).

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 4-141, Figura 4-204)

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/Fmsy] aunque este es el factor mostró una ligera recuperación por lo que el tamaño del stock, que está por debajo del proxi 0.5 Bmsy, se presentó desde 2000 constante. (Figura 4-205, Tabla 4-141).

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 4-206)

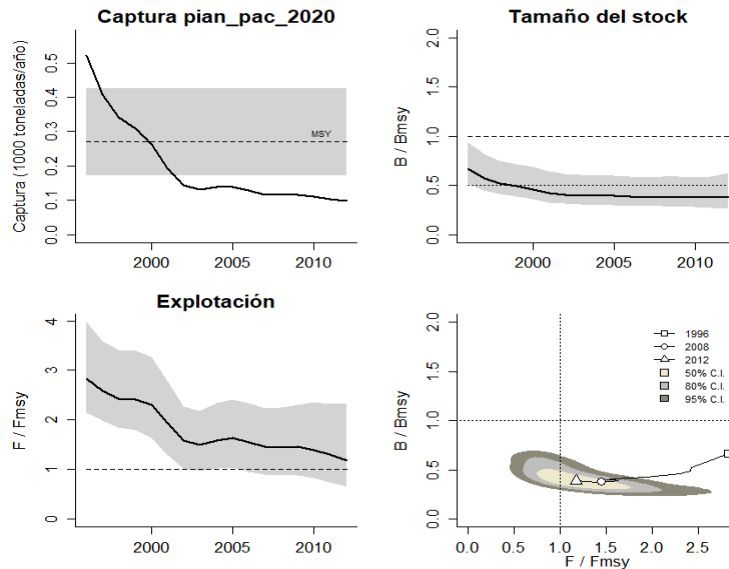


Figura 4-205. Análisis de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para el Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

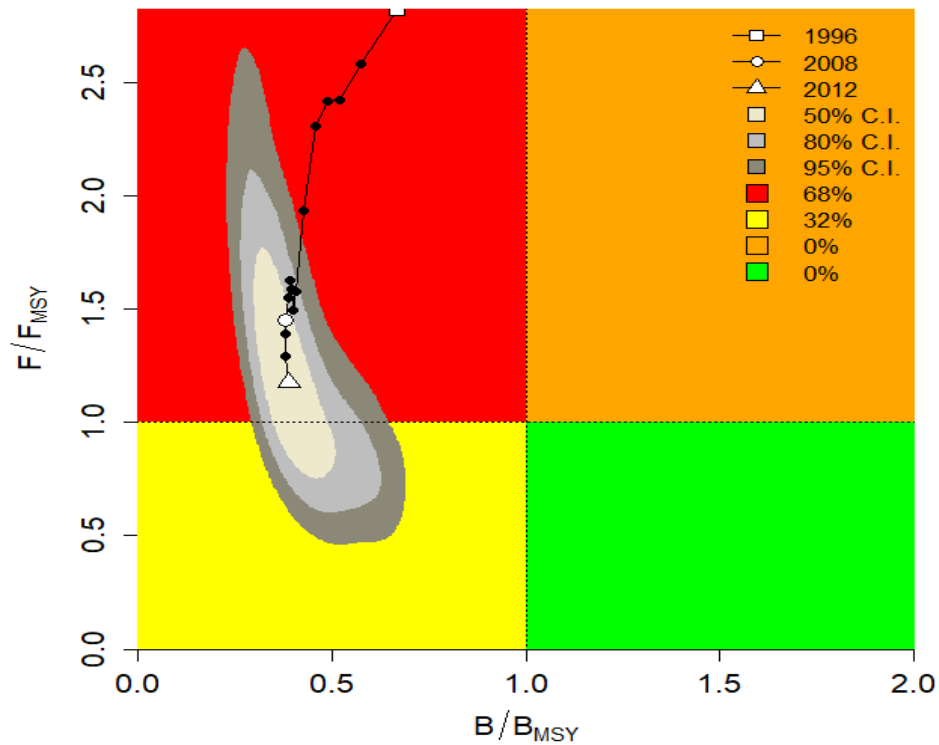


Figura 4-206. Análisis de las pesquerías de la piangua *Anadara tuberculosa* para el Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.5.1.6 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⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.074 año⁻¹, se propone, para el área de Nariño, que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 270 ± (171- 425).

4.5.2 Pesquerías del calamar (*Lolliguncula diomedea*, (Hoyle, 1904))

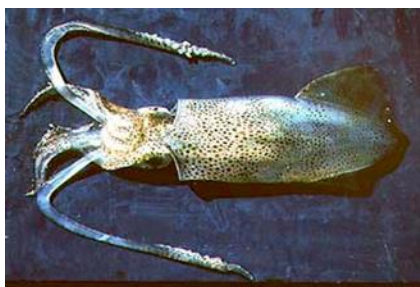


Foto: tolweb. Org © (<http://tolweb.org/Lolliguncula/19860>)

Nombre en inglés: dart squid.

4.5.2.1 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 (Lm 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).

4.5.2.2 Análisis de los datos biológicos de las pesquerías del calamar *Lolliguncula diomedea*.

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 4-142)

Tabla 4-142. 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

4.5.2.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del calamar *Lolliguncula diomedea*

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 4-207)

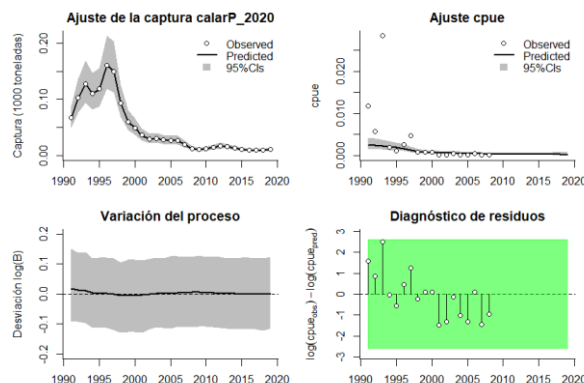


Figura 4-207. Modelación de las pesquerías. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea*, con límites de confianza aproximada ante del 95%. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados 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 BMS 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 2019 en rango fue 0.01 a 0.2; las distribuciones Posterior tuvieron buzamientos en casi todos los años excepto para los resultados de BSM en 1991 que fu de tipo normal. (Figura 4-208, Figura 4-209)

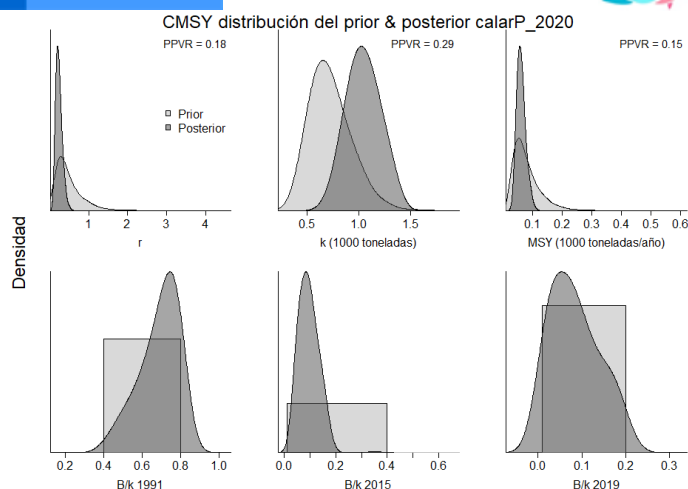


Figura 4-208. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el calamar *Lolliguncula diomedea*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

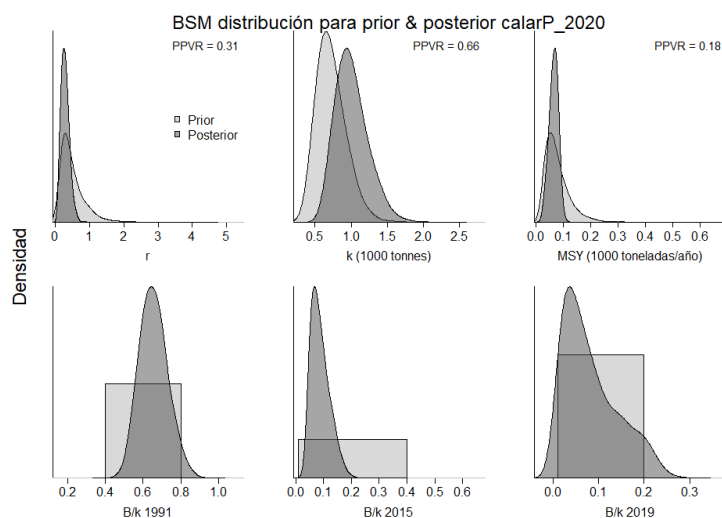


Figura 4-209. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el calamar *Lolliguncula diomedea*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 mucho menor al estimado en la fase inicial de los cálculos; la relación cuantificada de las tasas de biomasa relativa aunque vario entre los algoritmos se permitió concluir que las pesquerías está sometidas a una alta presión de presión de pesca. (Tabla 4-143Tabla 4-144)

Tabla 4-143. Resultados del CMSY para las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Límite de confianza al 95%	
R	0.266	0.129	0.549
MSY	58.5	38.9	92
K	961	659	1400
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0459k		
Explotación $F/(r/2)$ en el último año			

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 sobrepasó el valor de $1/4$ de B, lo cual implique que el recurso está siendo sometido a altas presiones, además la tasas de biomasa relativa (B/B_{msy}) presentó igualmente un valor bastante bajo. (Tabla 4-145)

Tabla 4-144. 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	0.00381	0.00212	0.00686
		Límite de confianza al 95%	
r	0.255	0.102	0.64
k	985	639	1520
MSY			
		Percentil 2.25	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0655k	0.0118	0.217
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.99	0.414	166
Correlación $\log(r - K)$		-0.886	

Tabla 4-145. 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	Límite de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.127	0.0508	0.32	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.0334
Fmsy	0.0334	0.0133	0.0838	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	62.7	35.4	111	
Bmsy	492	319	759	
		Percentil 2.25	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	64.5	11.6	214	
B/Bmsy en el último año	0.131	0.0236	0.435	



Parámetros	valor	Límite de confianza al 95%		Decisión
Mortalidad por pesca en el último año	0.168	0.0507	0.933	
Explotación F/Fmsy	4.99	0.414	166	

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 trayecto de impacto siempre está apuntando hacia el lado izquierdo de la gráfica donde se reportan las biomasaes relativas más bajas. (Figura 4-210)

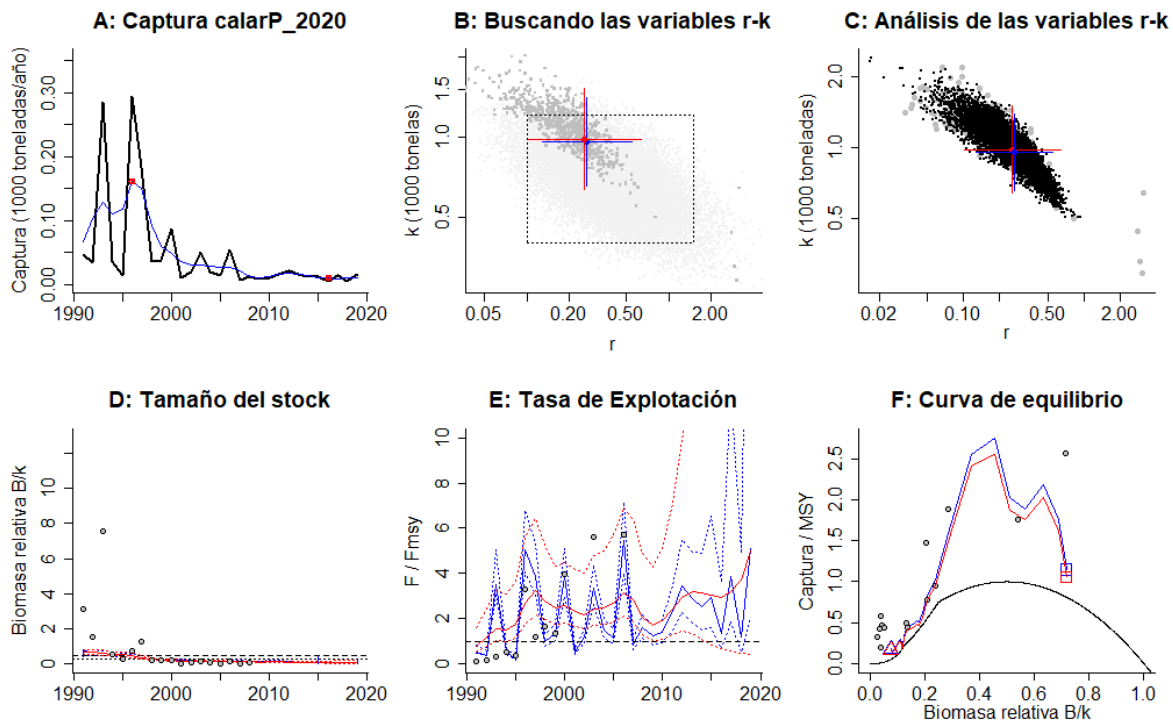


Figura 4-210. Resultados del Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* de la cuenca del Pacífico Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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/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.

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 4-211).

El complemento holístico a todos estos análisis se concentró en el desarrollo de la gráfica de fases pirobalísticas 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 81.9%, con un 18.1% que este en fase de recuperación y no registra ninguna otra posibilidad. (Figura 4-212)

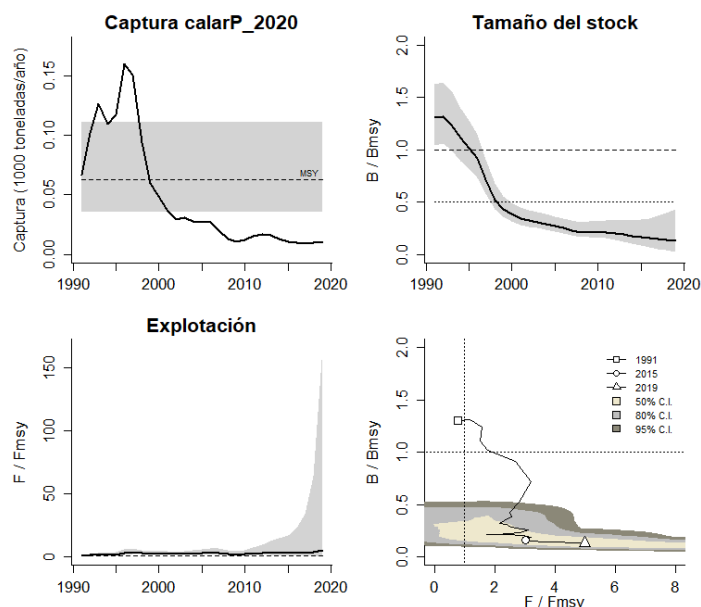


Figura 4-211. Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* del Pacífico colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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.

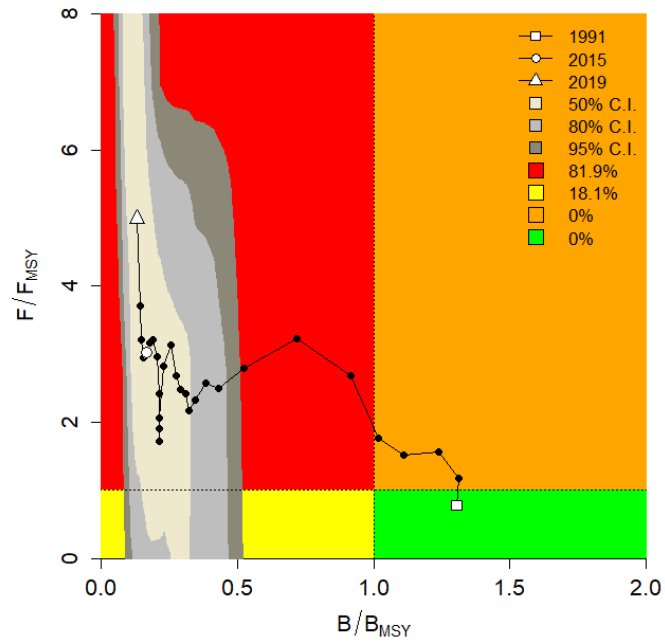


Figura 4-212. Análisis de las pesquerías para el calamar *Lolliguncula diomedea* en la cuenca del Pacífico colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

4.5.2.4 Conclusiones de las pesquerías del calamar *Lolliguncula diomedea*.

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 4.99, biomasa relativa de 0.131, la mortalidad por pesca actual de 0.168 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0334 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $62.7 \pm (35.4 - 111)$ toneladas.

4.6 Consideraciones generales

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/B_0 , C/C_{msy}) 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 4-146).

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.

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.

4.7 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 4-147)

Tabla 4-147. 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

4.8 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.



El campo
es de todos

Minagricultura



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^{-1} , y un $L_{\infty} = 450 \text{ mm}$, con una estimación de la relación longitud peso de $W_g = 0.000061L^{2.75}$, de igual manera y, con los datos de longitudes, se estimó $Z = 1.65 \text{ año}^{-1}$, y con la ecuación empírica de Ralston $M = 0.527 \text{ año}^{-1}$, con una mortalidad por pesca $F = 1.13 \text{ año}^{-1}$, 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_{∞} 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> ²	<i>T.M.</i> [cm]	<i>T.M.C.</i> [cm]	<i>L_∞</i> [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 $L_{\infty} = 33.09$ de longitud horquilla [equivale a 35.9 de longitud total calculada con la ecuación $L_t = 0.2 + 1.08 * L_h$.]; 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_{∞} 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

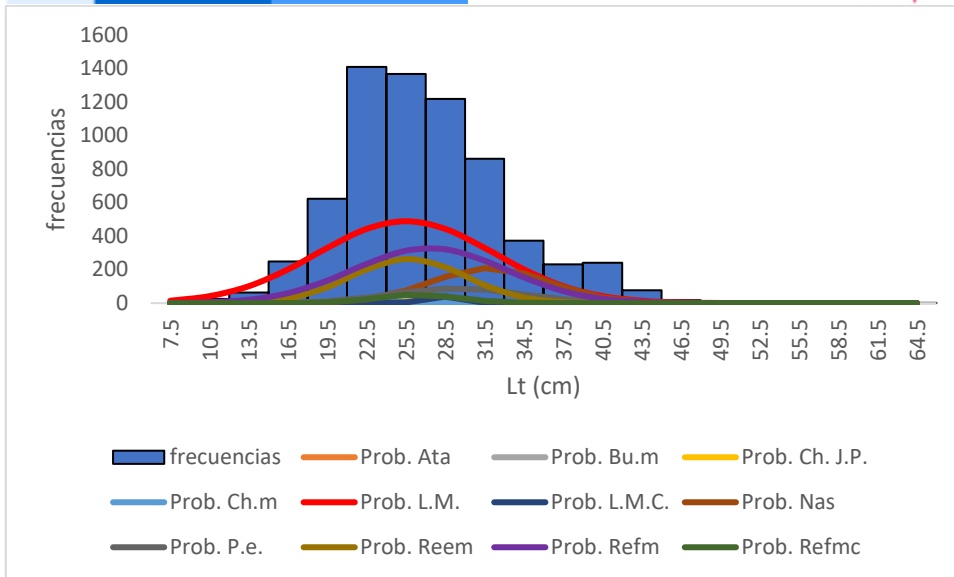


Figura 5-1. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de pagro chino *Lutjanus synagris* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu.m.. = buceo marino mixto; Ch.J.P. = chinchorro de jala playa; Ch.m. = chinchorro marino; L.M. = línea de mano, L.M.C. = 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; Refimc. = 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).

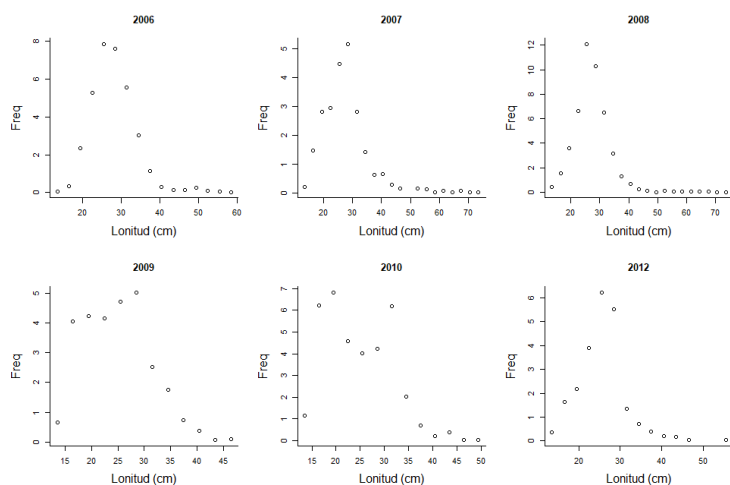


Figura 5-2. Distribución de las tallas del pargo chino *Lutjanus synagris*. entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

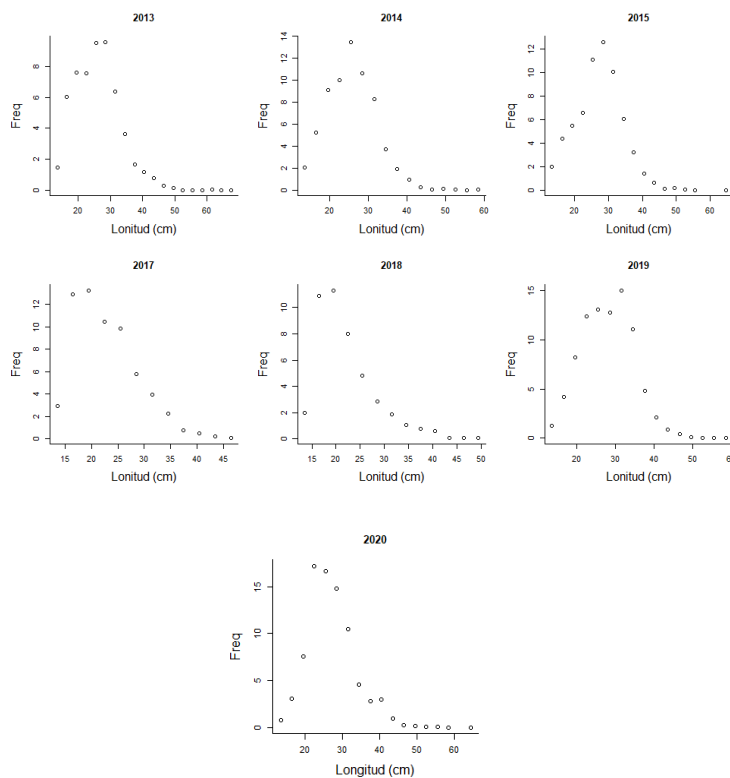


Figura 5-3. Distribución de las tallas del pargo chino *Lutjanus synagris*. entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

El segundo grupo, presenta la secuencia entre el 2013 al 2020, 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 $L_{\infty} = 73.4$ de L_t ; $Z/K = 6.71$ (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: $L_{oo} = 68.4$ cm de Lt. y $Z/K = 11.5$ están ligeramente diferentes y al tener en cuenta los resultados obtenidos para el último año (2020) se pasó, de una estimación de $L_{oo} = 73.8$ 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 pescables. (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 0.0436, pero encontrado para la pesquería fue de 0.00445, 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.

L inf =	74.1	Rango	72.5	75.1
Lop =	49	Lopt/Linf =	0.66	
Lc_opt =	46	Lc_opt/Linf	0.62	
M/K	1.53	Rango	1.2	1.81
F/K	7	Rango	6.48	7.69
Z/K =	8.77	Rango	8.2	9.44
F/M =	4.71	Rango	3.91	6.08
B/Bo	0.0436	Rango	0.0288	0.0556
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt =		0.0436		
Y/R´ =	0.00445	Rango	0.00337	0.00579

Para el último año evaluado los parámetros estimados están un poco o por encima de los establecidos por el comportamiento general de las pesquerías, aunque es importante anotar que el rendimiento por recluta se aumentó ligeramente en un 29 % (Tabla 5-6).

Tabla 5-6. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* para el Caribe colombiano.

Parámetro	valor	rango	
Lc =	24	23.7	24.2
Alfa	24.7	23.9	25.4
Lpromedio/Lopt	0.61		
Lc/Lcopt	0.52		
L95th	64.5	L95th/Loo	0.9
F/K	6.2	5.7	6.56
F/M	4.6	3.71	7.88
Z/K	7.48	7.12	7.88
Y/R´	0.0059	0.00405	0.00796
B/Bo	0.043	0.0295	0.0579
B/BMSY	0.12	0.0809	0.159
Lm50	22.4	Madurez	86%

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).

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 biomasa (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).

Es importante anotar que se notó una ligera recuperación del recurso para el 2020, en especial en el comportamiento de las 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% (Tabla 5-6)

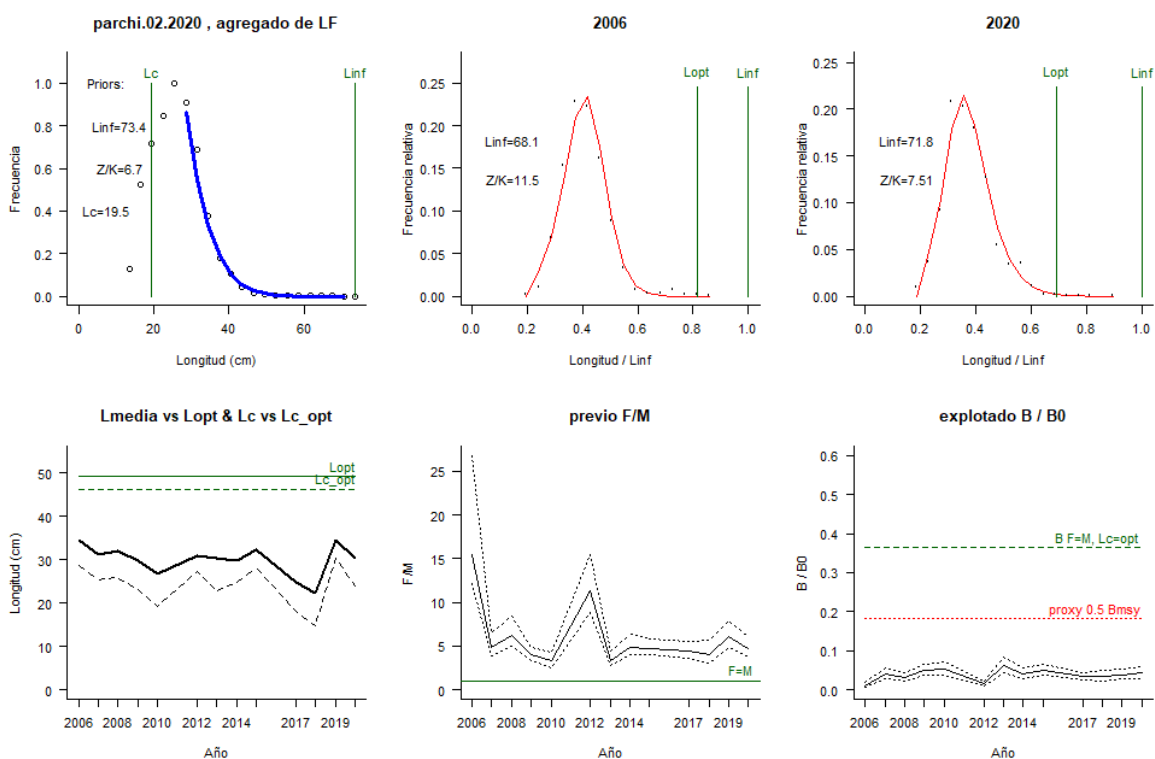


Figura 5-4. Comportamiento de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias 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/B0 [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva punteada] con proxy para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxy para Bpa o 0.5 de Bmsy [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).

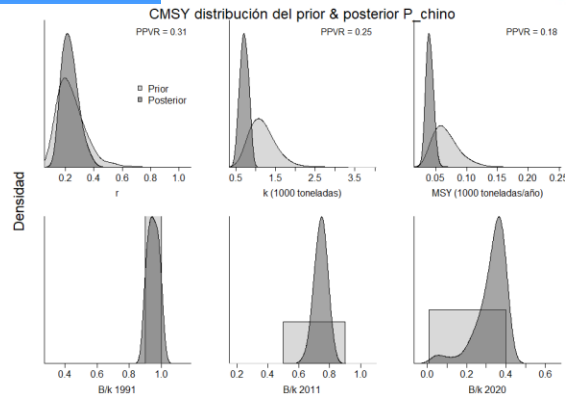


Figura 5-5. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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).

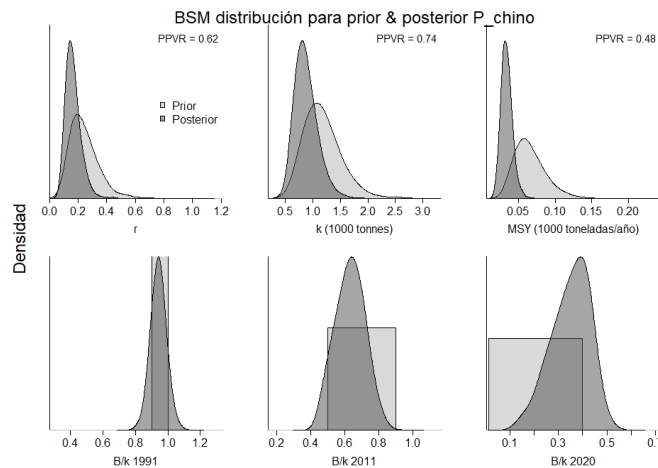


Figura 5-6. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 prioras que las posteriores, y para el año 2020 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 5-7. 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	0.25	0.148	0.422
MSY	39.3	30	50.7
K	659	476	913
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.349 k	0.0595	0.398
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.39	1.22	8.16

Tabla 5-8. 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	0.0000257	0.0000166	0.0000397
		Intervalo de confianza al 95%	
r	0.157	0.0842	0.292
k	849	536	1,340
MSY	33.3	21.4	51.8
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.36 k	0.171	0.438
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.76	0.951	6.51
correlación $\log(r - K)$		-0.703	

Tabla 5-9. 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	0.0784	0.0421	0.146	(si $B > 1/2$ Bmsy cuando $Fmsy = 0.5r$)	0.0784
Fmsy	0.0784	0.0421	0.146	(r y Fmsy se reducen	



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
				linealmente si $B < 1/2 Bmsy$
MSY	33.3	21.4	51.8	
Bmsy	425	268	672	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	306	145	410	
B/Bmsy en el último año	0.72	0.342	0.966	
Mortalidad por pesca en el último año	0.137	0.102	0.278	
Explotación F/Fmsy	1.76	0.951	6.51	

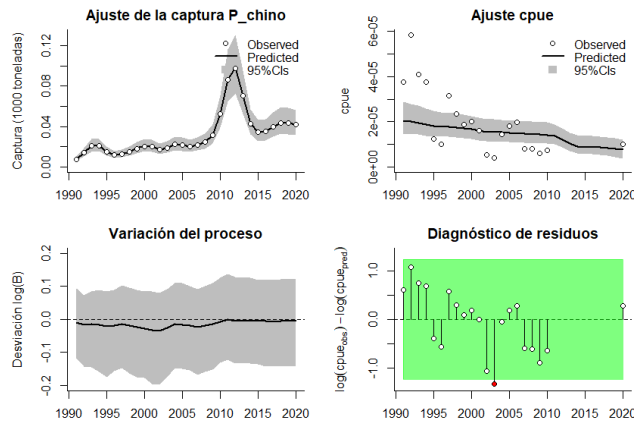


Figura 5-7. Modelación de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 2011-2012 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 2020 los de más alto impacto (Figura 5-8, panel E).

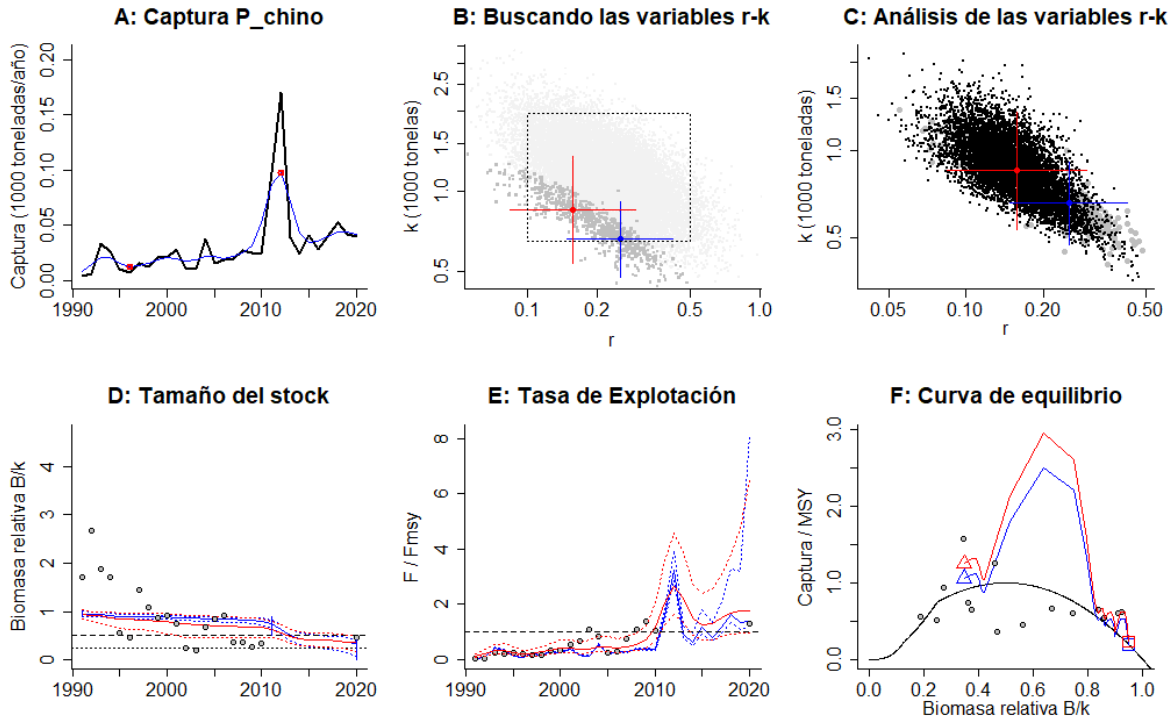


Figura 5-8. Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más 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 $B_{msy}=0.5 k$, 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.

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 2019 donde busca mantenerse dentro de los límites de punto de referencia, aparentemente es un equilibrio (Figura 5-9).



De otra parte, evaluamos las tasas relativas de biomasa (B/B_{msy}) respecto al rendimiento máximo sostenible (F/B_{msy}) encontramos que ésta se acerca peligrosamente al 0.5 de la biomasa lo que representaría un problema ecológico (Figura 5-9).

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. 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 en niveles altos de aprovechamiento- (Tabla 5-9, Figura 5-9).

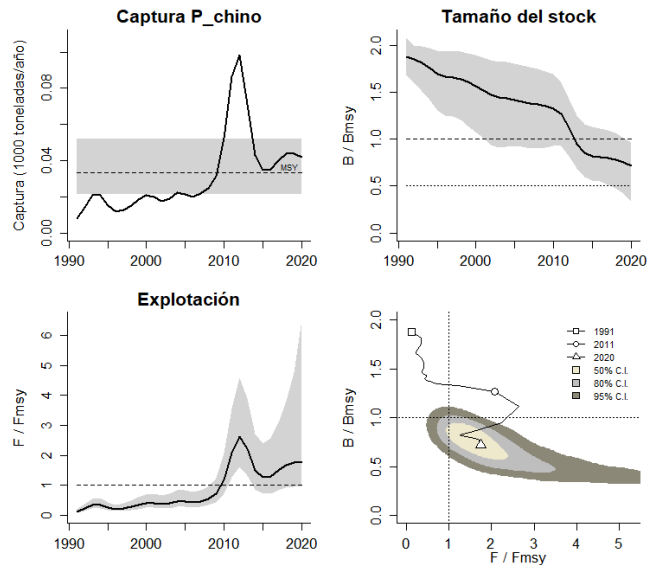


Figura 5-9. Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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.

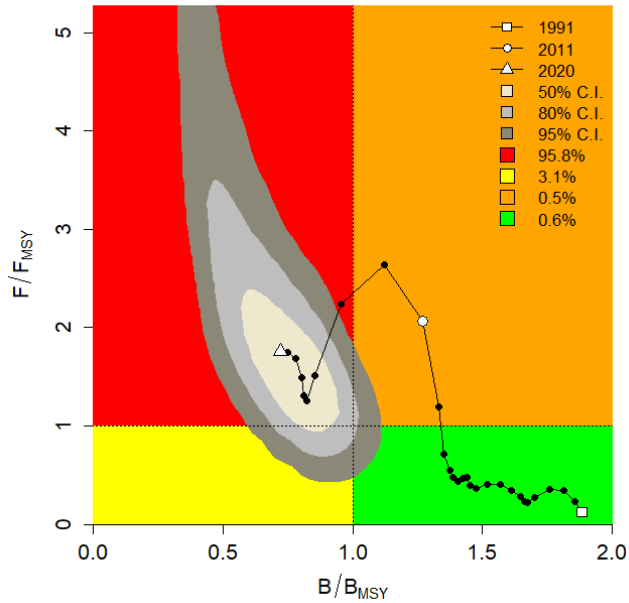


Figura 5-10. Análisis de las pesquerías del pargo chino *Lutjanus synagris* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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).

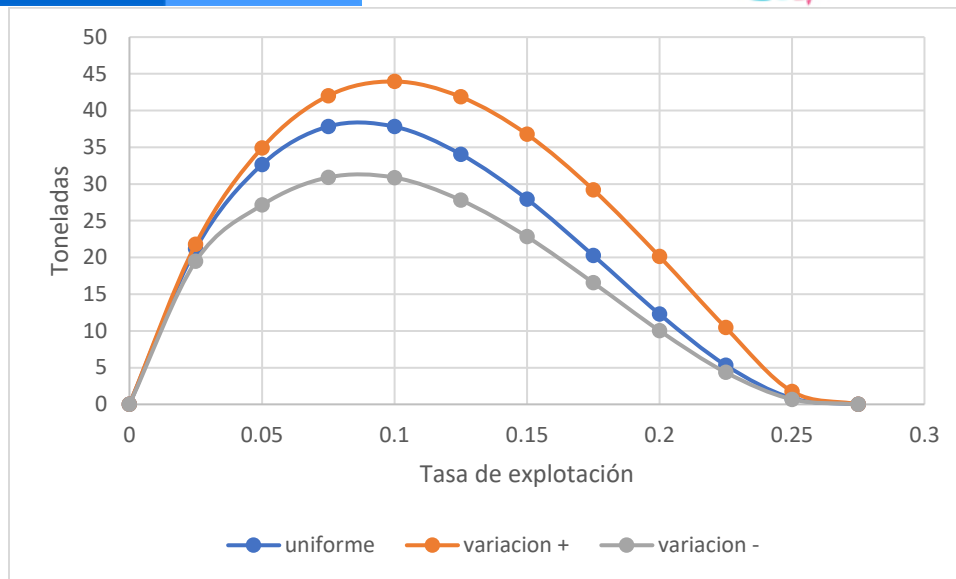


Figura 5-11. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de pargo chino *Lutjanus synagris* del Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

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 0.349 (rango establecido entre 0.2 a 0.6) (Frose R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

El resultado de la tasa intrínseca de crecimiento encontrada por el CMSY de $r = 0.25$ 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.

Las tasas de aprovechamiento pesquero F/F_{msy} o $F/(r/2)$ de 1.76 son muy altas, pues deberían tener un valor cercano a 1, que es el nivel estable, por lo tanto, se debe procurar que el mismo baje, 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 1.39, y un porcentaje de madurez sexual de 86%, longitud óptima L_{op} la biomasa relativa de 49 cm de L_t , la mortalidad por pesca actual de 0.137 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0784 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 *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° a los 31° 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 hábitos alimenticios de las larvas se concentran principalmente en copépodos. Los juveniles pequeños prefieren copépodos y misidiáceos (Gilmore et al. 1983 en Muller, 2000), pero también se puede alimentar de microcústáceos hasta crecer lo suficiente para depredar crustáceos como camarones y pequeños peces; los juveniles prefieren peces que es la alimentación básica de los adultos. (Muller, 2000).

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 5-10. Relación de los parámetros estimados para róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano.

A	B	r^2	T.M. [cm]	T.M.C. [cm]	Loo [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 5-10).

Se ha podido determinar que analizando el comportamiento de las tallas es marcad 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

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 5-11).

Tabla 5-11. Estimación de los principales parámetros poblacionales de robalo *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. ± 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 5-12, Figura 5-12).

Tabla 5-12. 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 ²	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 camaroneo	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
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

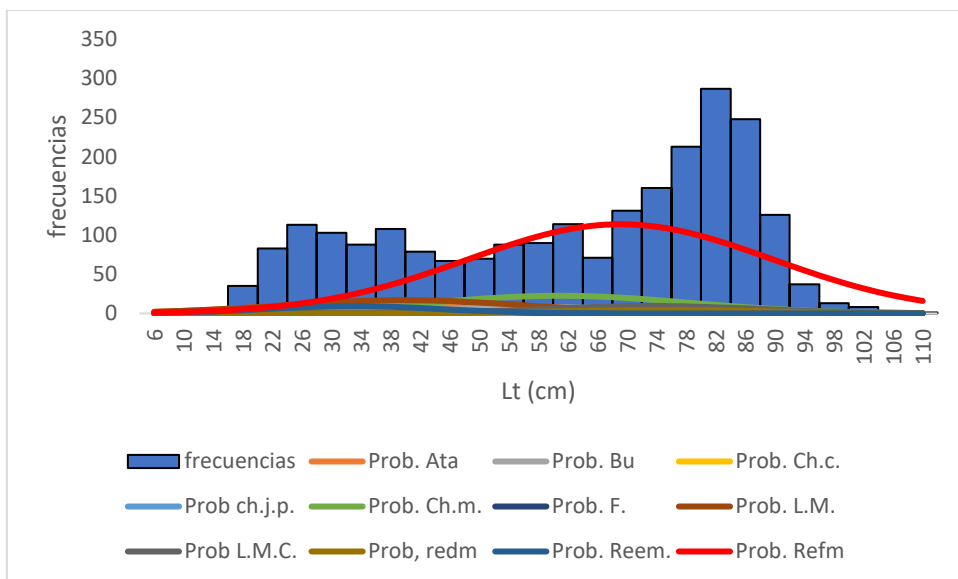


Figura 5-12. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de robalo *Centropomus undecimalis* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu. = buceo; Ch.c. = chinchorro camaronero; ch.j.p. = chinchorro de jala playa; Ch.m. = CHINCHORRO MARINO, F. = flecha; 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 dificultades 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 5-13).

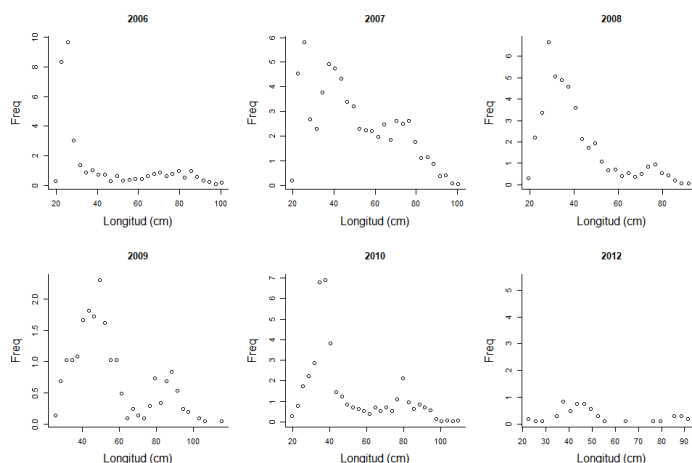


Figura 5-13. Distribución de las tallas del róbalo *Centropomus undecimalis*. Entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan el típico comportamiento de la estructura de selectividad.

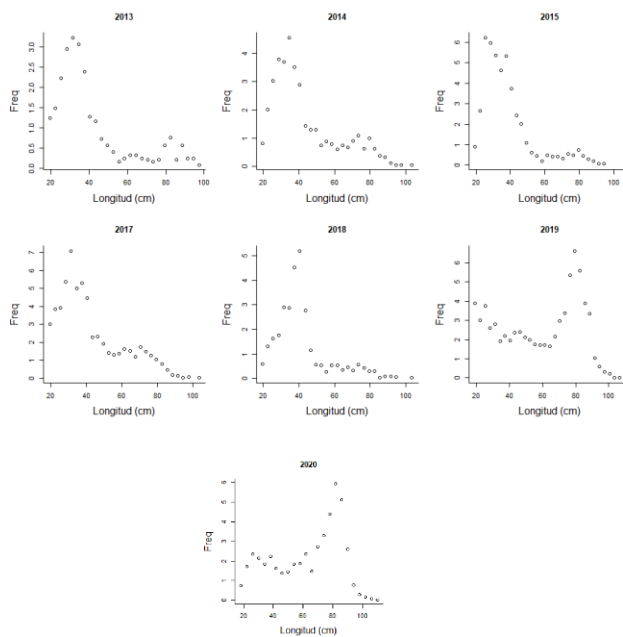


Figura 5-14. Distribución de las tallas del róbalo *Centropomus undecimalis*. Entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

Tabla 5-13. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento del róbalo *Centropomus undecimalis*. Se muestra el visón 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 mostrando que el recurso está siendo presionado por los factores externos al grupo poblacional de la especie.

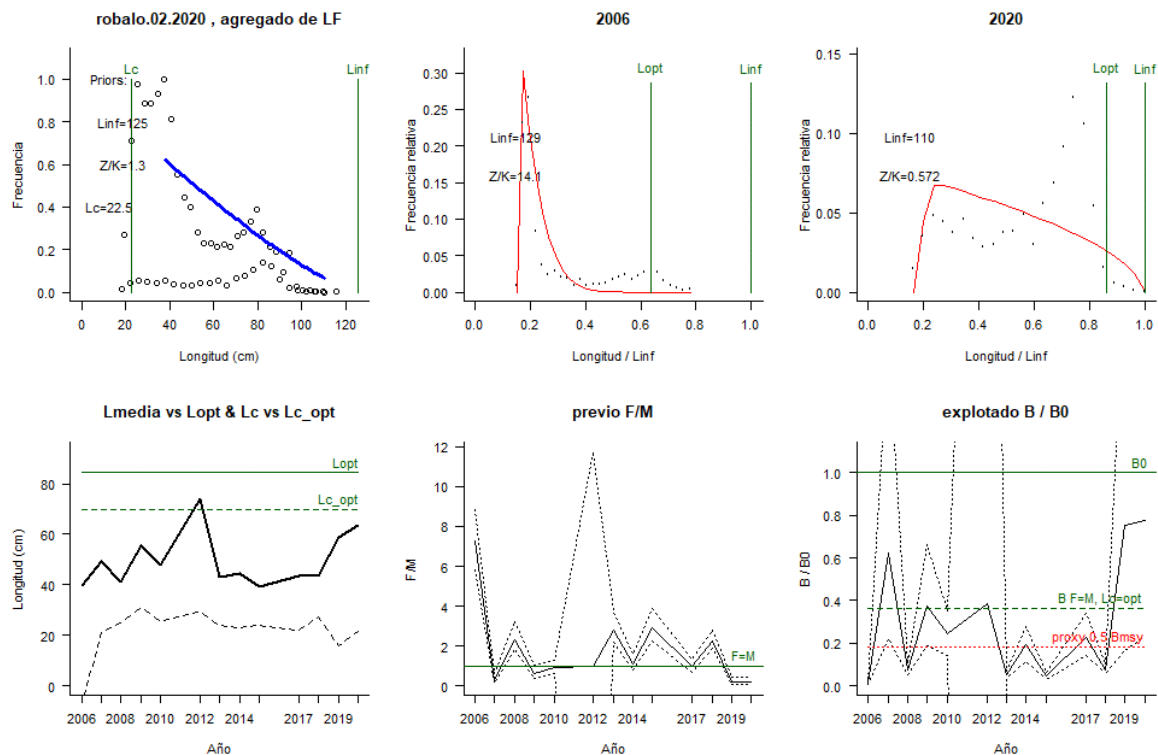


Figura 5-15. Comportamiento de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de L_c , L_{oo} y Z/K . Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes 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/B_0 [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/B_0 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/B_0 fue superior al proxi de 0.5 B_{msy} , igualmente se nota que para el último año la tasa de abundancia relativa B/B_0 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 5-13, Tabla 5-14).

Tabla 5-14. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe colombiano.

		Rango	
Lc =	21.4	21	21.7
Alfa	88	82.7	91.3
Lpromedio/Lopt	0.67		
Lc/Lcopt	0.31		
L95th	110	L95th/Loo	1
F/K	0.084	0.0456	0.167
F/M	0.17	0.0885	0.415
Z/K	0.574	0.552	0.604
Y/R´	0.062	0.0185	0.17
B/B ₀	0.78	0.231	2.11
B/B _{MSY}	2.1	0.634	5.81
Lm50	42.7	Madurez	74%

5.1.2.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de róbalo *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 biomazas capturadas mostraron que los primeros años fueron de decaimiento uniforme, pero entre 2013 y el 2016 - 2020, aunque todos los años estuvieron dentro del nivel de seguridad al 95% (Figura 5-16).

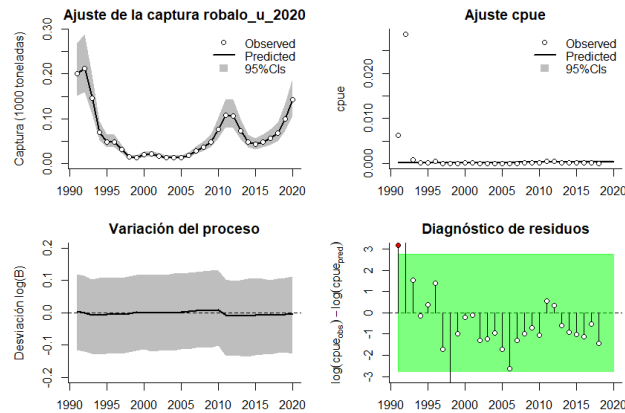


Figura 5-16 Modelación de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con 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 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).

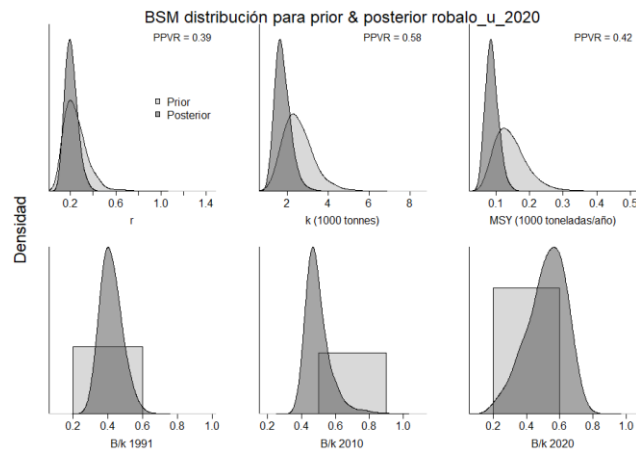


Figura 5-17. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el róbalo *Centropomus undecimalis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 0.5 a 0.9 y bajó de nuevo en el 2020 entre 0.001 y 0.4 (Figura 5 17) y aunque la producción de este año fue alta se evidencia que las biomazas relativas están más 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. Incorporar los valores de CPUE en el análisis resulta en incremento, en la tasa de aprovechamiento desde 1.42 a 1.82 (Figura 5 19, Tabla 5 15, Tabla 5 16).or mostraron que en el año de 1991 esta tasa varió entre 0.2 a 0.6, luego para 2010 la misma fue de 0.5 a 0.9 y bajó de nuevo en el 2020 entre 0.001 y 0.4 (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 del 2006 y 2020, que indica que la pesca de este recurso ha ido en alza y su disponibilidad es buena (Figura 5-19, panel A).

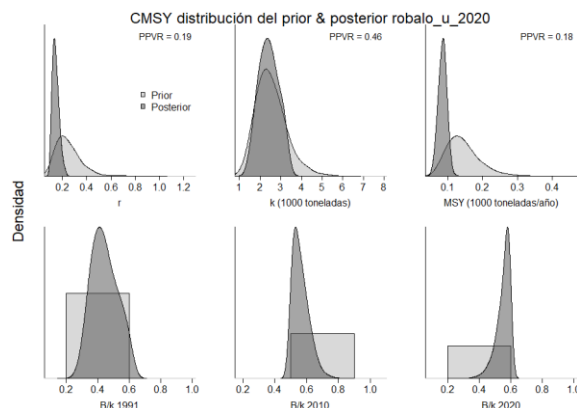


Figura 5-18. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para el róbalo *Centropomus undecimalis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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 biomazas 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 5-15. Resultados del CMSY para las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.153	0.102	0.228
MSY	85.3	61.2	106
K	2,170	1,420	3,320
		Percentil 2.5	Percentil 97.5



Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
Biomasa relativa en el último año	0.566 k	0.411	0.599
Explotación F/(r/2) en el último año	2.31	2.18	2.97

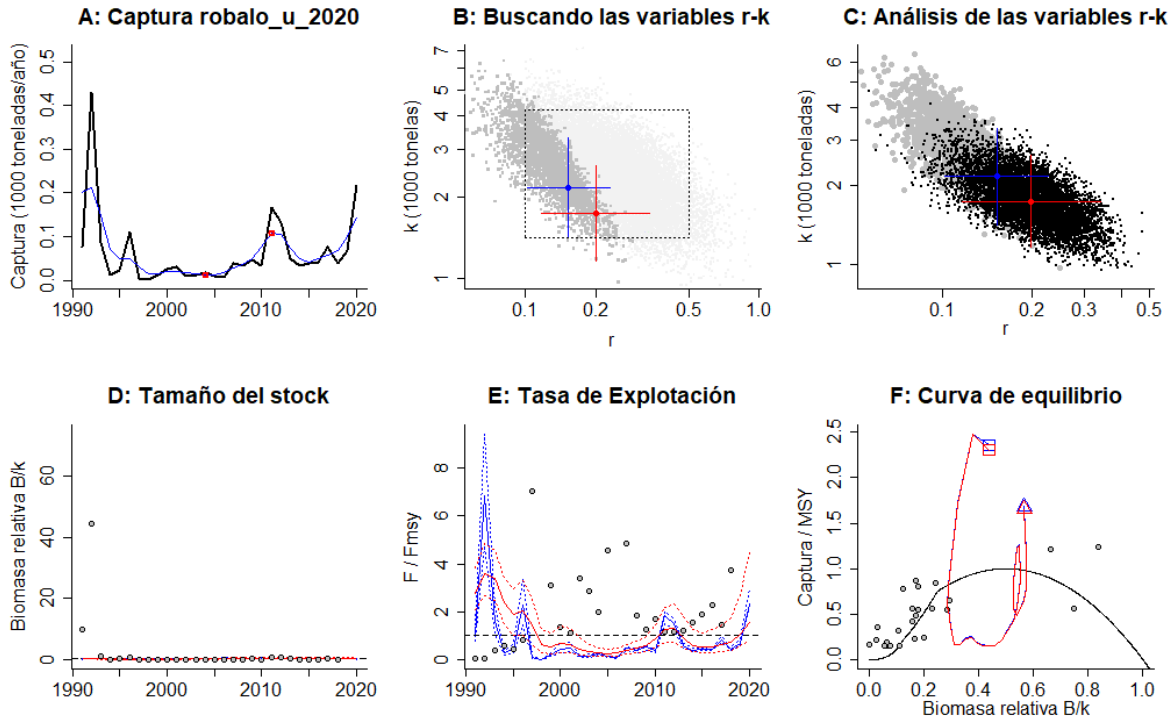


Figura 5-19. Resultados del análisis de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura 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 5-16. 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	0.000369	0.00021	0.00065
95 % CI			
r	0.199	0.117	0.34
k	1,740	1,160	2,620



Parámetros estimados	valor	Límite inferior	Límite superior
MSY	86.8	57	132
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0532 K	0.255	0.71
Explotación F/(r/2) en el último año	1.55	0.843	4.49
correlación log (r - K)		-0.633	

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 30%.

Para tener una visión amplia del comportamiento de las pesquerías, se estimó el rendimiento máximo sostenible (MSY) en un valor 86.8 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).

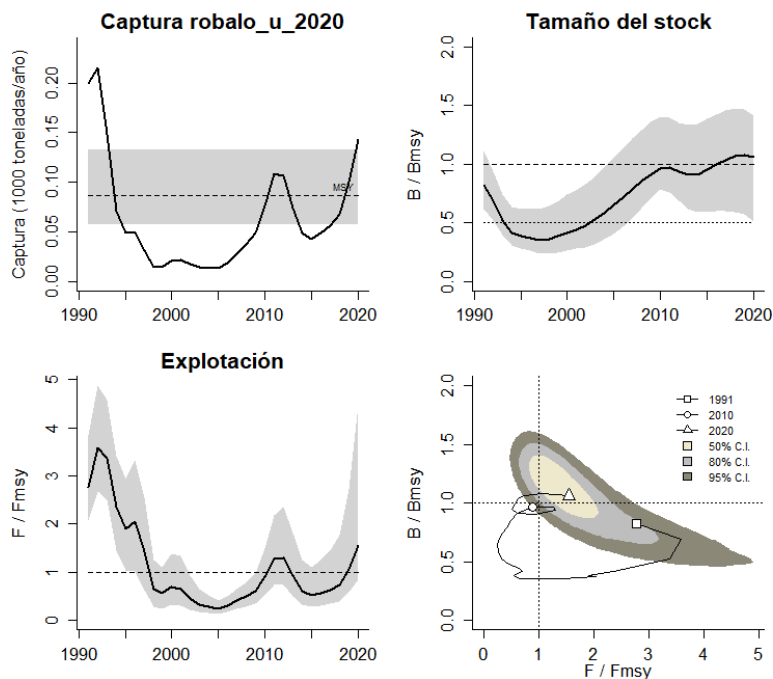


Figura 5-20. Análisis de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde F=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.



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 2020) 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 esdte tipo de afectación se ve afectado el reclutamiento. (Frose T. , Demirel, Coro, Kleisner, & Winker, 2017). (Figura 5-21).

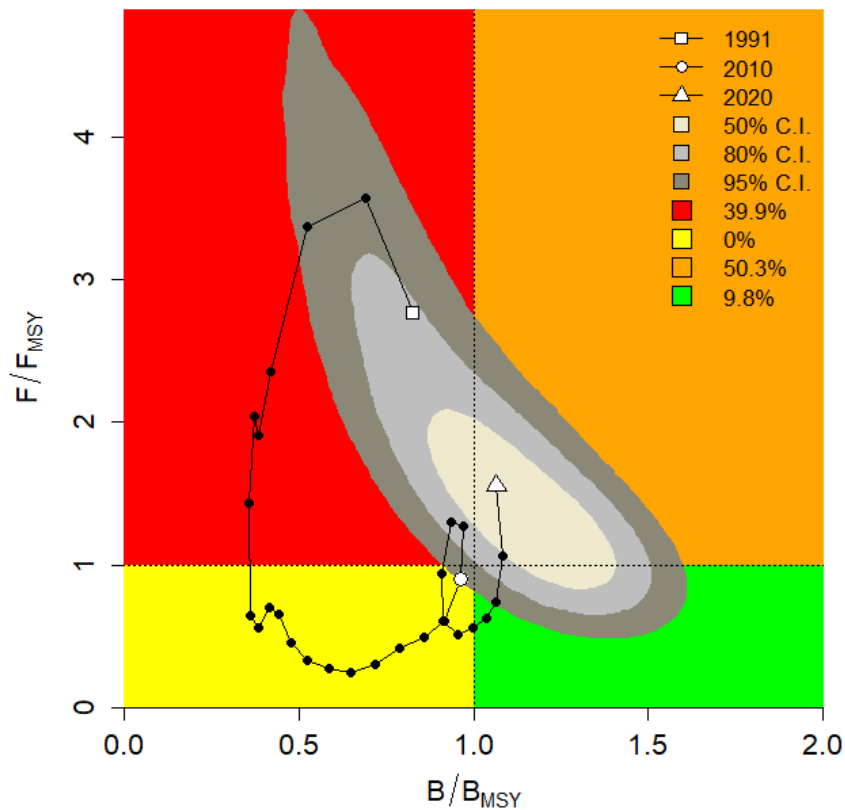


Figura 5-21. Análisis de las pesquerías del robalo *Centropomus undecimalis* para el Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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 89 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)

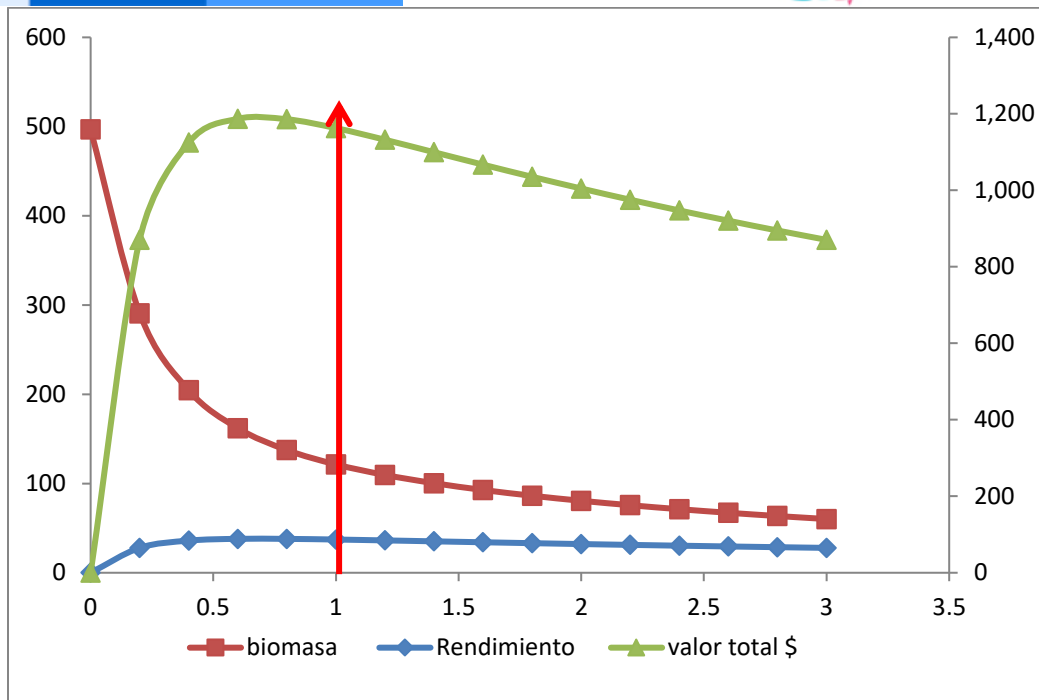


Figura 5-22. Resultados de las estimaciones del robalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

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).

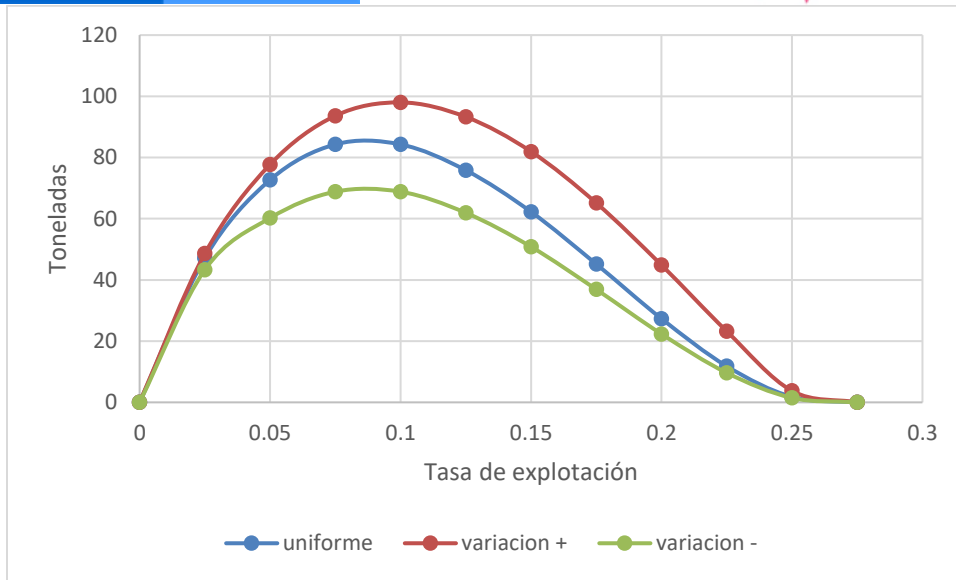


Figura 5-23. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del robalo *Centropomus undecimalis* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

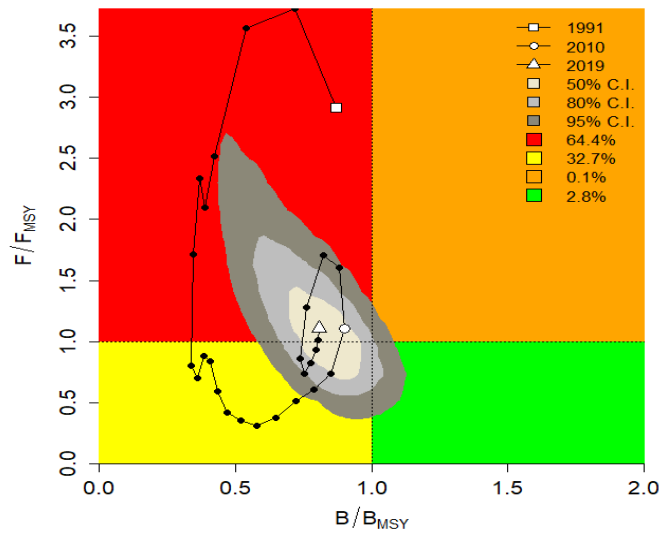


Figura 5-24. Análisis de las pesquerías del róbalo *Centropomus undecimalis* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

Tabla 5-17. 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
		0.0548	0.144	
Fmsy	0.0888	0.0548	0.144	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.0888



Parámetros	valor	Intervalo de confianza al 95%		Decisión
Fmsy	0.0888	0.0548	0.144	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 Bmsy$)
MSY	67.5	46.5	98.1	
Bmsy	761	517	1120	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	467	256	582	
B/Bmsy en el último año	0.614	0.337	0.764	
Mortalidad por pesca en el último año	0.123	0.0989	0.224	
Explotación F/Fmsy	1.42	0.857	4.29	

5.1.2.8 Conclusiones de las pesquerías del robalo *centropomus undecimalis*

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 2.31, y un porcentaje de madurez sexual de 74 %, longitud óptima Lop la biomasa relativa de 84 cm de $Lt.$, la mortalidad por pesca actual de 0.155 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0996 año^{-1} , se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $86.8 \pm (57 - 132)$ 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 5-15, Tabla 5-16). (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 5-15, Tabla 5-16) (Froese R. , Demirel, Coro, & Winkler, 2019).

A pesar de que la tasa de aprovechamiento es un valor por encima de 1 ($F/F[r/2]$), los valores estimados por *CMSY* y *BMS* está por encima, 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 ligeramente sobreexplotado.

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 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 5-18)

Tabla 5-18. 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_{∞} [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 el valor mencionado. De otra parte, la longitud asintótica [L_{∞}] y la tasa metabólica de crecimiento [k] obtenida [Tabla 5-18] está dentro de los valores estimados en otros estudios que van, para L_{∞} 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 5-18).

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 5-19)

Tabla 5-19. 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 5-20, Figura 5-25).

Tabla 5-20. 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 ²	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

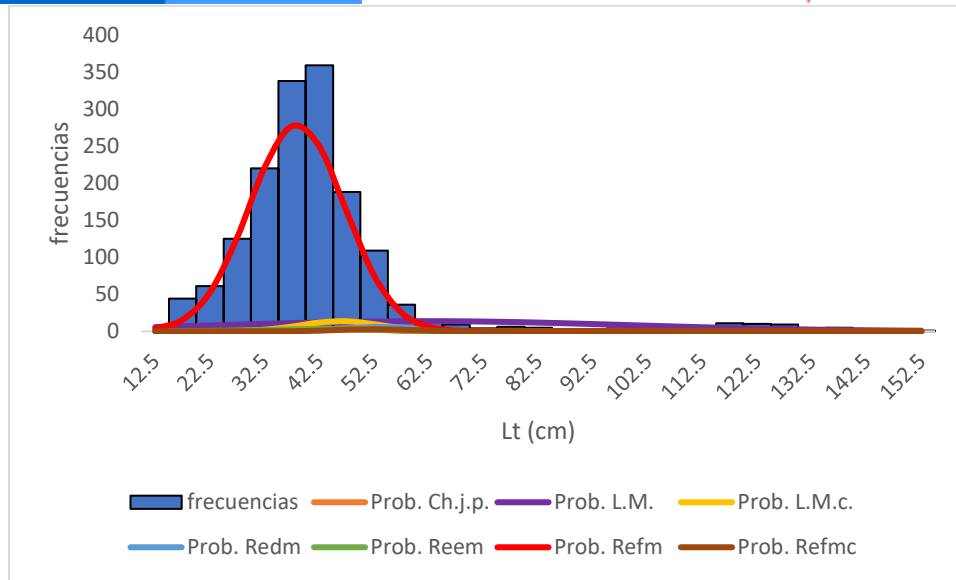


Figura 5-25. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de robalo *Scomberomorus cavalla* en el año 2020. Ch.j.p. = chinchorro de jala marino; L.M. = líneas de mano; L.M.c. = línea de mano Correteo o currican; Redm. = red de enmalle deriva mariona; 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 2020, 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 ultimo años, pues las diferencias en las estimaciones Z/K están por el orden del 73 %, por lo que para el 2020 la presión de pesca fue un poco más fuerte que 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 5-26, Tabla 5-21, Tabla 5-22, Tabla 5-23). 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 y 2019, fueron los años más favorables (Figura 5-26), que no muestran una relación con los fenómenos ambientales notables como «El Niño».

Tabla 5-21. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento de la sierra *Scomberomorus cavalla*. se muestra el visón prior de estos cálculos.

Linf prior	183	SD	1.83	cm			
Z/K prior	8.25	SD	25.2	M/K prior	1.5	SD	0.15
F/K prior	6.25	(con un rango amplio t = 4 en una distribución log-normal)					
Lc prior	39.8	SD	3.98	alfa prior =	18.4	SD	1.84

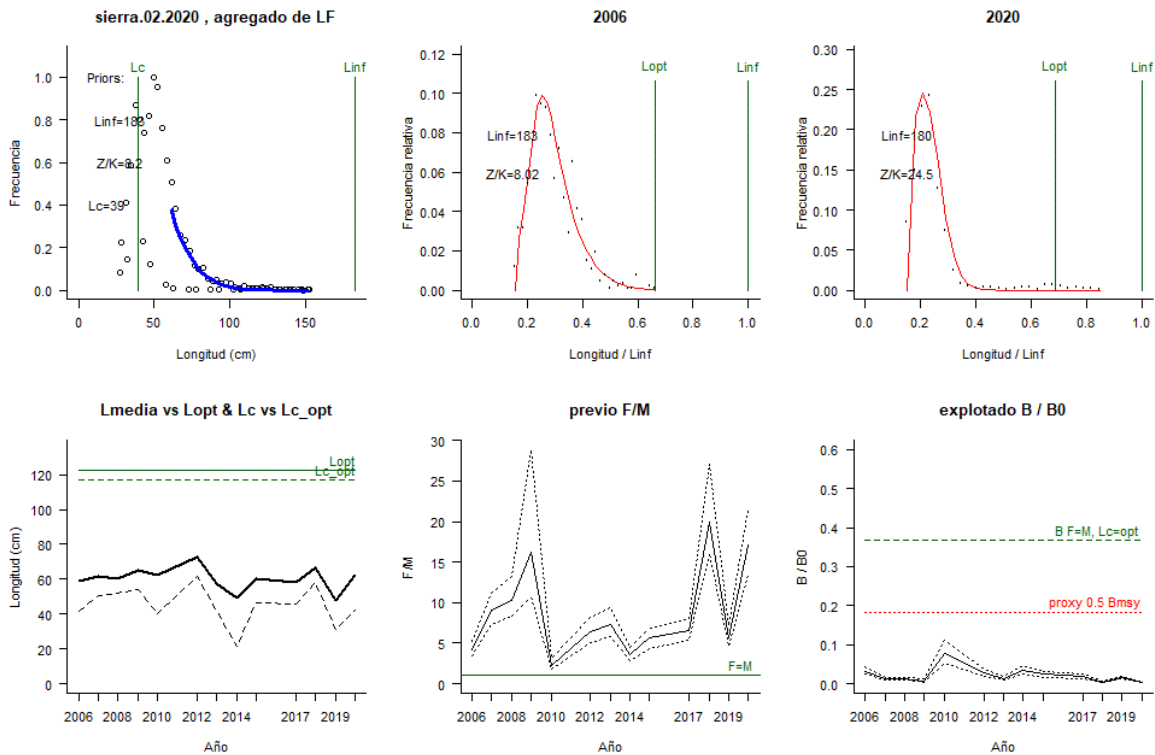


Figura 5-26. Comportamiento de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los paneles medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes 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 5-22. Estimación general de parámetros y tasas de aprovechamiento de *Scomberomorus cavalla* obtenidos de las pesquerías del Caribe colombiano.

L inf =	182	rango	178	185
Lop =	122	Lopt/Linf =	0.67	
Lc_opt =	117	Lc_opt/Linf	0.64	
M/K	1.46	rango	1.19	1.74
F/K	9.69	rango	9.04	10.3
Z/K =	11.2	rango	10.5	11.7
F/M =	6.52	rango	5.35	8.26
B/Bo F=M Lc	0.367			
B/Bo	0.0152	rango	0.0112	0.0201
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt =			0.0473	
Y/R´ =	0.000905	rango	0.000653	0.00158

Tabla 5-23. 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.

parámetro	valor	rango	
Lc =	42.5	41.6	43.4
Alfa	22.5	21.8	23.3
Lpromedio/Lopt		0.5	
Lc/Lcopt	0.36		
L95th	152	L95th/Loo	0.85
F/K	23	21.7	24.6
F/M	17	13.4	21.5
Z/K	24.5	23.1	26.1
Y/R´	0.00014	0.00009	0.00192
B/Bo	0.0035	0.00247	0.00474
B/BMSY	0.0096	0.00672	0.0129
Lm50	53.2	Madurez	9.3%

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 el 2019 se nota una ligera mejoría, esta se vio más afectada en el 2020, 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 marcas variaciones de las tasas de abundancia de biomasa están afectado su reclutamiento (Sparre & Vennema, 1997). (Tabla 5-22, Tabla 5-23).

5.1.3.5 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para la sierra *Scomberomorus cavalla*

Mostrar 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 5-27).

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 5-28).

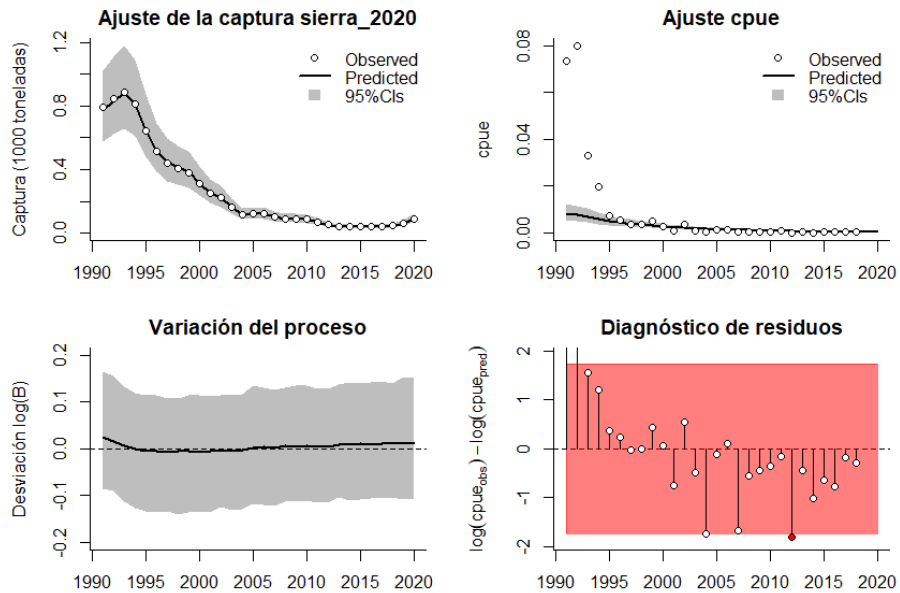


Figura 5-27. Modelación de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximado al 95 %. En el superior derecho, el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados con una aproximación al 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.

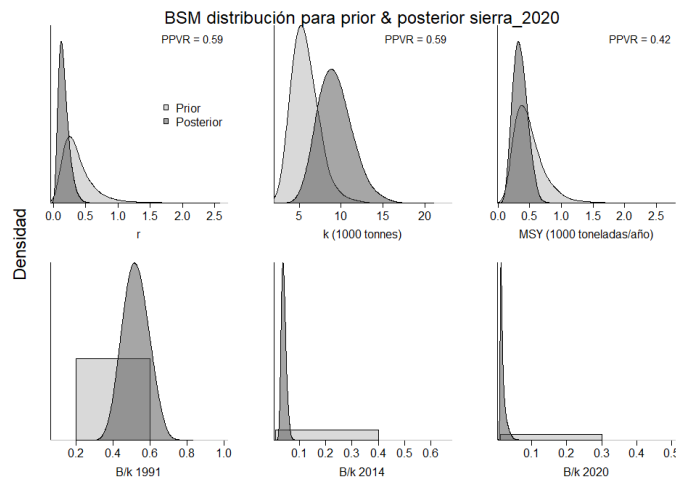


Figura 5-28. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus cavalla*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [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.

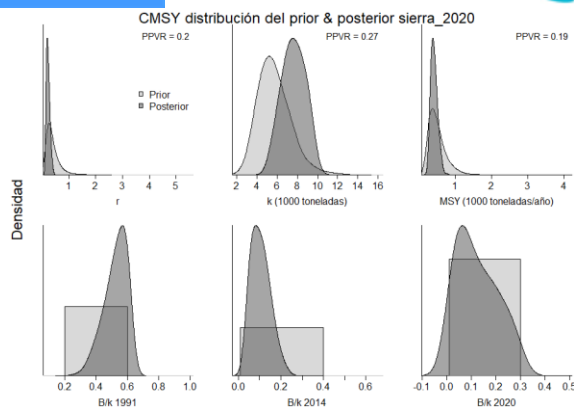


Figura 5-29. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para la sierra *Scomberomorus cavalla*, aplicando el modelo *BSMY*, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. El panel superior se refiere a los ajustes de la tasa intrínseca de crecimiento [r], la 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.

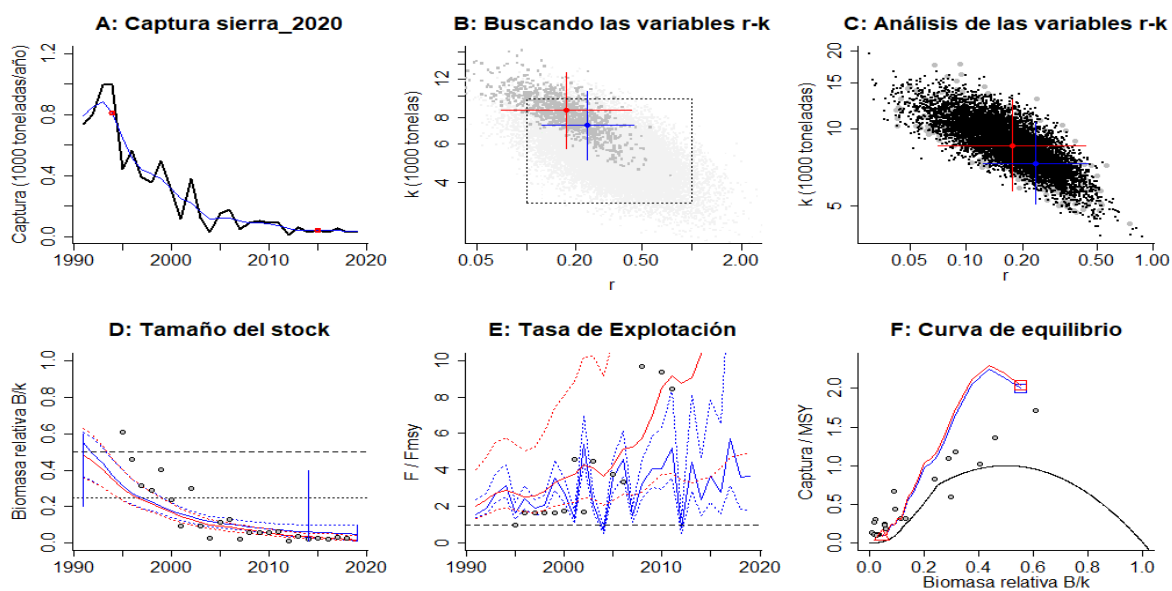


Figura 5-30. Resultados del Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos *CMSY* y *CSB*. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura 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 2020 éstos mostraron claramente que los niveles de aprovechamiento pueden llevar a colapsar las pesquerías (Figura 5-28, Figura 5-29, Tabla 5-24, Tabla 5-25).

Cuando comparamos 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 puede decir que las biomasa están severamente colapsadas (Figura 5-31).

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 [panel A de Figura 5-30].

Tabla 5-24. 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	0.234	0.13	0.438
MSY	396	279	598
K	7,130	5,200	9,790
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.106 k	0.0134	0.289
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3.73	1.37	29.6

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 biomasa 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 5-30].

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 5-30). 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 5-30).

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 5-31).

De acuerdo con los resultados de la mortalidad por pesca calculada sobre el rendimiento máximo sostenible es de 0.00733 lo que implica que comparada con la tasa de aprovechamiento para el 2020 (F/F_{msy}) es de 150 ano^{-1} que implica una valor de mortalidad por pesca de $F = 0.00433$ 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 396 toneladas (Tabla 5-26).

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 no han dejado la zona de sobre aprovechamiento y prácticamente de acuerdo con las tablas teóricas sobre la biomasa relativa el recurso se encuentra en el nivel de agotamiento muy fuerte, inclusive se nota que ya se está afectado el reclutamiento (Tabla 5-24, Tabla 5-25).

Tabla 5-25. 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	0.00178	0.00115	0.00276
Intervalo de confianza al 95%			
r	0.147	0.0561	0.383
k	9,080	5,930	13,900
MSY	333	172	641
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0148 k	0.0109	0.0419
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	150	15.1	455
correlación log (r - K)		-0.822	

Tabla 5-26. 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	0.0733	0.0281	0.191	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.00574
Fmsy	0.00433	0.00166	0.0113	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	333	172	641	
Bmsy	4,540	2,970	6.950	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	134	99.1	381	
B/Bmsy en el último año	0.0295	0.0218	0.0839	
Mortalidad por pesca en el último año	0.667	0.235	0.903	
Explotación F/F_{msy}	150	15.1	455	

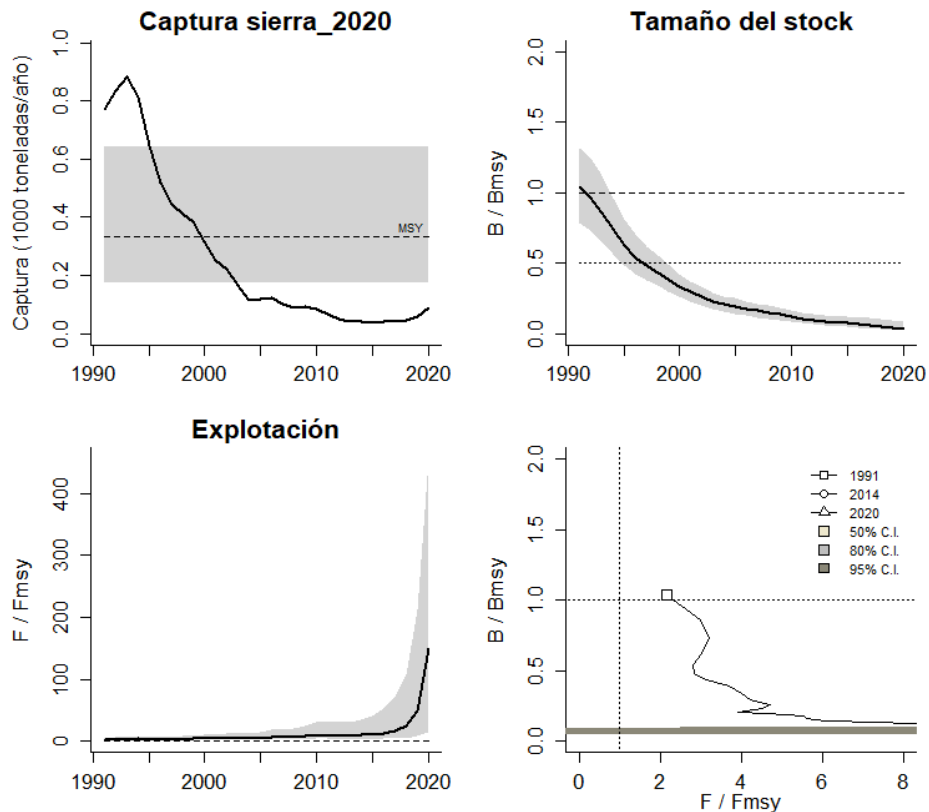


Figura 5-31. Análisis de las pesquerías de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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.

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 619 toneladas y el RME fue de 8.2 mil millones de pesos; pero lo más destacado de estos resultados es que la fotografía de lo que pasó en el 2020 pronosticaron que la situación es de sobrepesca (Tabla 5-33).

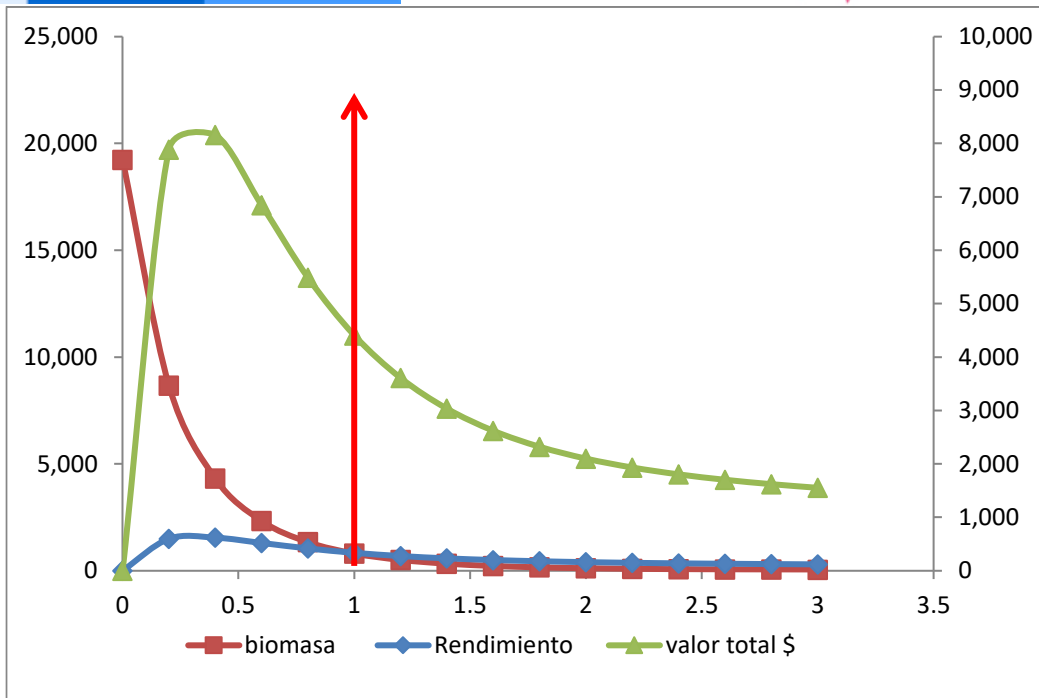


Figura 5-32. Resultados de las estimaciones de la sierra en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

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 5-33).

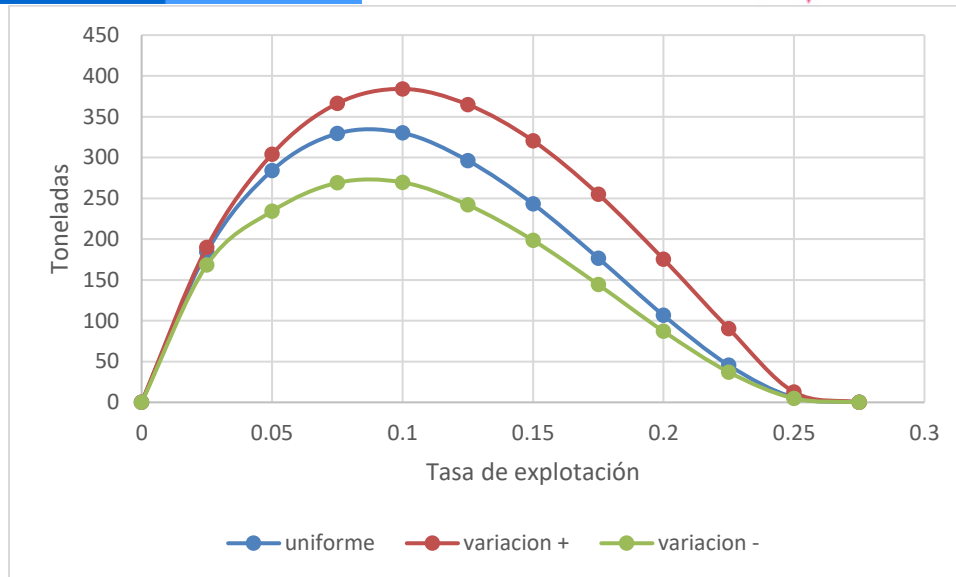


Figura 5-33. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la sierra *Scomberomorus cavalla* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

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.

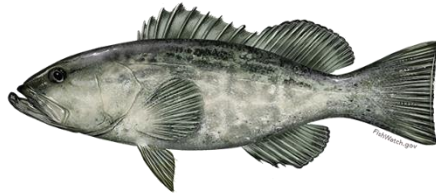
De los antecedentes sobre el uso de modelos antes de este estudio mostraron un recurso en condiciones aceptables con una tasa de explotación, aunque alta, pero con posibilidades de recuperación; sin embargo, con estos nuevos modelos, la situación es crítica con un alto contenido de afectación al equilibrio ecológico. Comparando los modelos de capturabilidad 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 aumentadas 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 0.15, biomasa relativa de 0.0295, la mortalidad por pesca actual de 0.667 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00433 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo

sostenible (MSY) para la especie en un rango de 172 a 614 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 año⁻¹, con una talla de madurez de 66.6 cm de Lt., una tasa instantánea de mortalidad total de 0.59 año⁻¹, mortalidad por pesca de 0.3 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 biomásas relativas estaba en un nivel óptimo de aprovechamiento que permitió realizar una estimación de rendimientos máximos sostenible.

Tabla 5-27. 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 óptimas

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 5-34).

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 biomasa relativa 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 2020 fue de 0.01 a 0.3. (Figura 5-35)

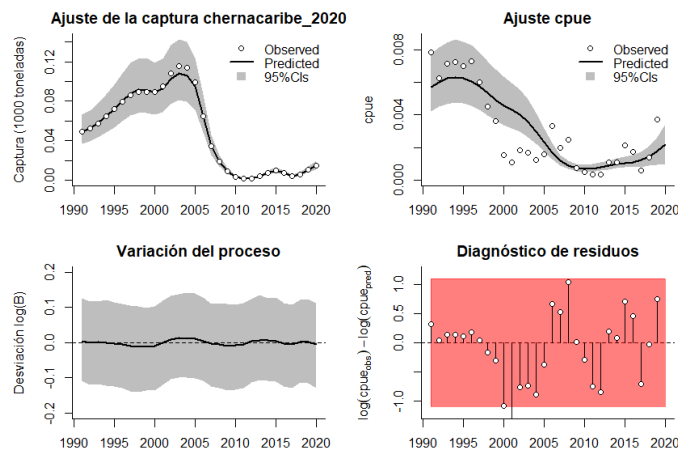


Figura 5-34. Modelación de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con una aproximación 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.

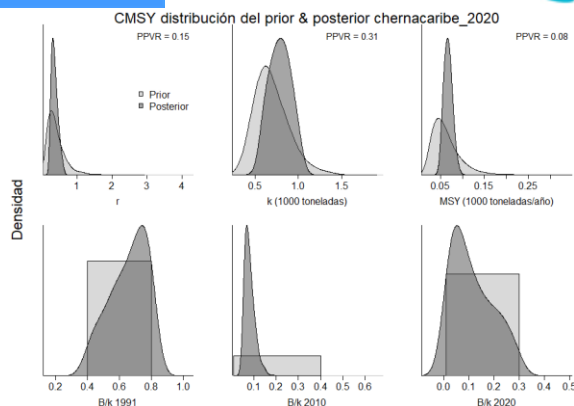


Figura 5-35. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de *Mycteroperca bonaci*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad 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 5-28, Tabla 5-29)

Tabla 5-28. 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 5-29. 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		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
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 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 5-30)

Tabla 5-30. 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 $F_{msy} = 0.5r$) 0.237
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/Bmsy 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/Fmsy	0.458	0.267	3.23	

La revisión de las series de tiempo de las capturas de esta especie, presentaron dos fases claras una se 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 5-36, 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 5-36, 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 5-36, panel F)

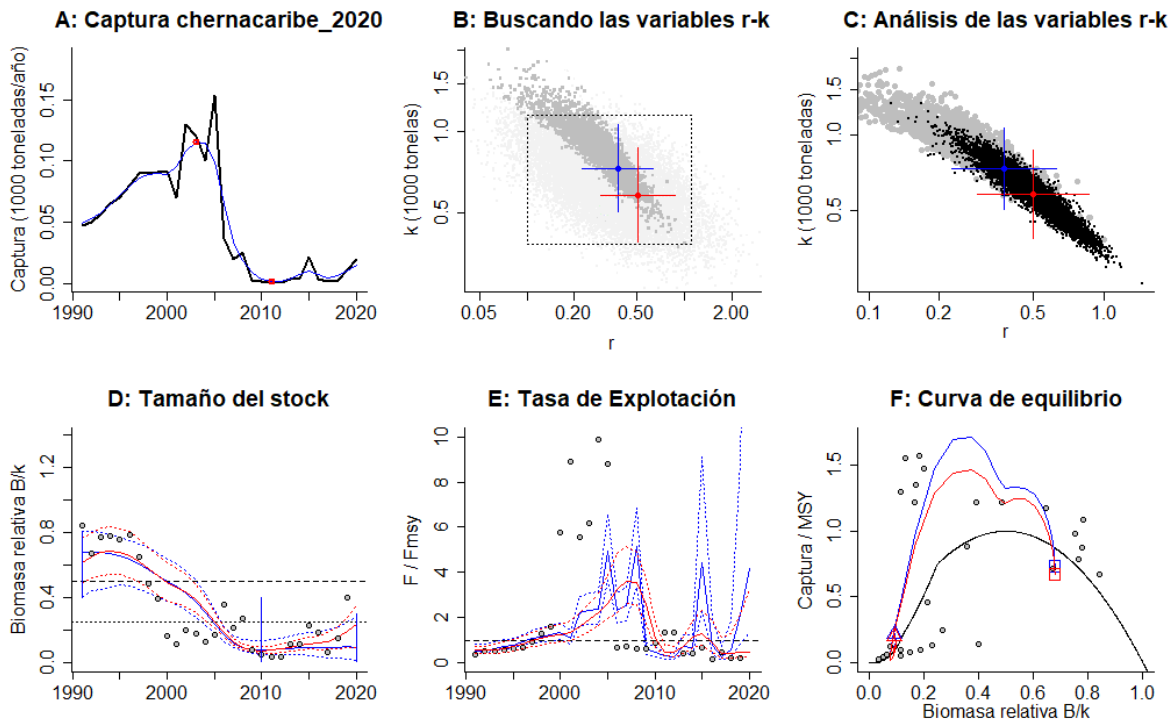


Figura 5-36. Resultados del Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y 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 $B_{msy}=0.5 k$, 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.

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 2020. (Figura 5-37)

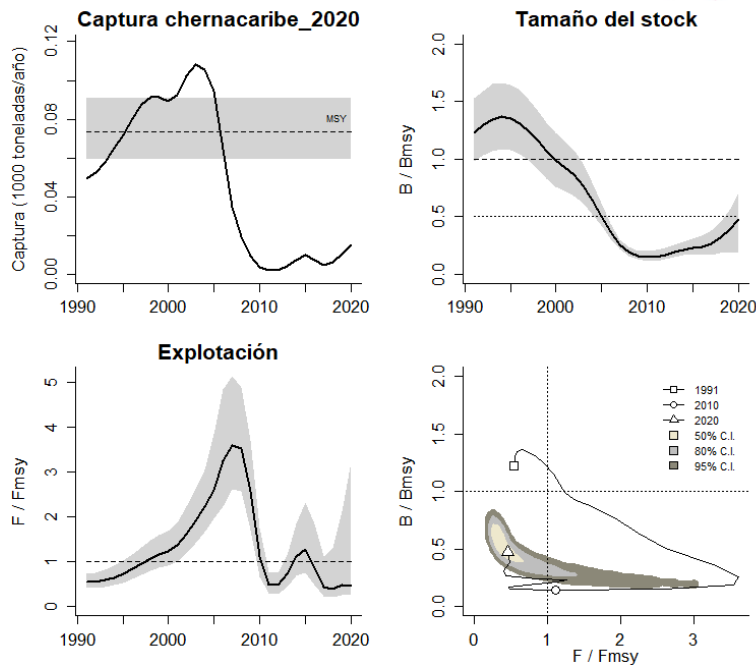


Figura 5-37. Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa 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 que mostraron años buenos luego un período crítico de captura para finalmente una fase de recuperación que muestra alguna probabilidad de estado crítico del 18.4 %, pero que la probabilidad de que efectivamente este en recuperación es del 81.6% que es halagüeño. (Figura 5-38)

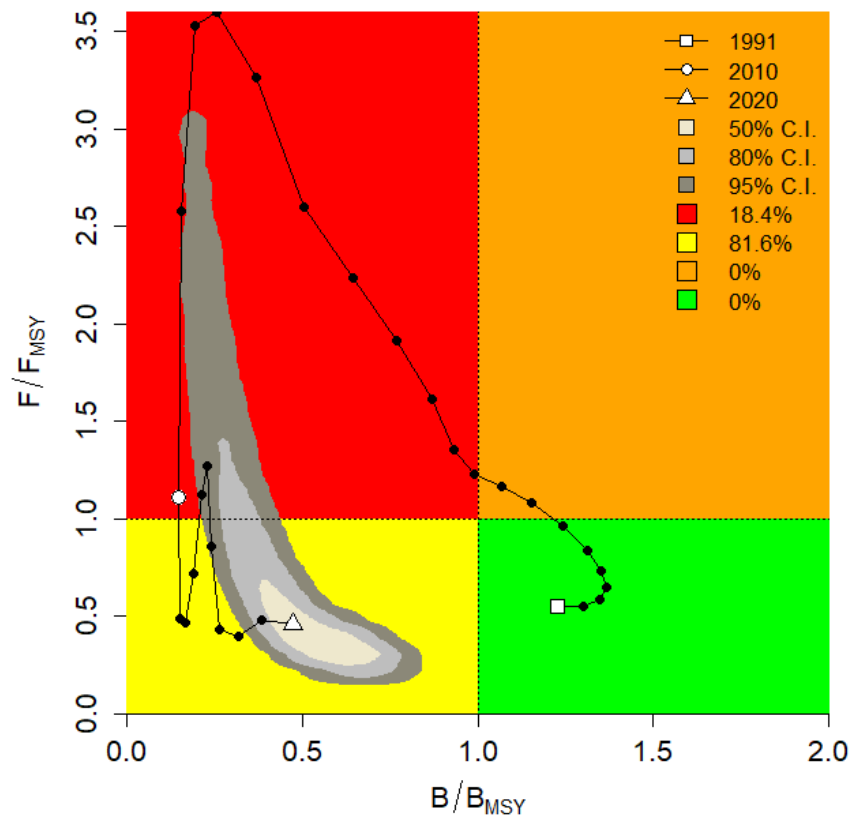


Figura 5-38. Análisis de las pesquerías de *Mycteroperca bonaci* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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 fu 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 5-39).

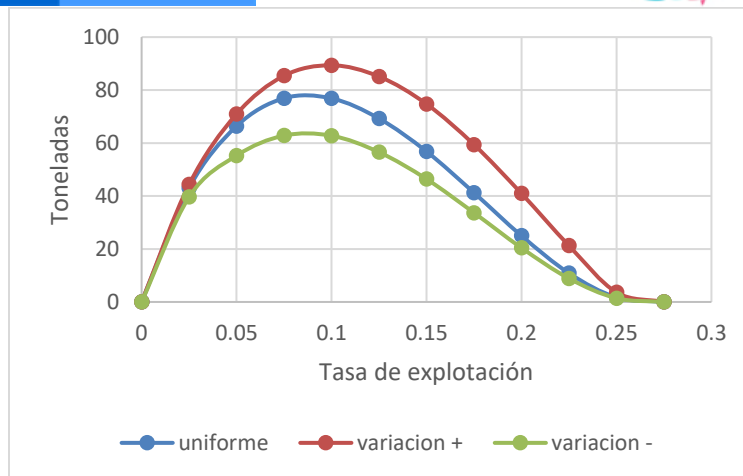


Figura 5-39. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones de la cherna *Mycteroperca bonaci* en el Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

5.1.4.5 Conclusiones de las pesquerías de la cherna *Mycteroperca bonaci* del caribe

De acuerdo con los análisis realizados este recurso presenta buenos indicios de recuperación que pueden permitir que se otorgue una cuota de pesca cercano a las 70 toneladas, que es el valor estimado recientemente o 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).

A partir de las estimaciones realizadas de la tasa de explotación de 0.458, biomasa relativa de 0.236, la mortalidad por pesca actual de 0.108 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.237 año⁻¹, 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.

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 del caribe *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⁻¹, longitud de madurez 22.4 cm de Lt. (Fishbase, 2020).

5.1.5.2 Evaluación del estado de salud del stock con la modelación LBB 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 biomasa relativa muy bajo. (Tabla 5-31)

Tabla 5-31. 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 5-32, Figura 5-40).

Tabla 5-32. 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 ²	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

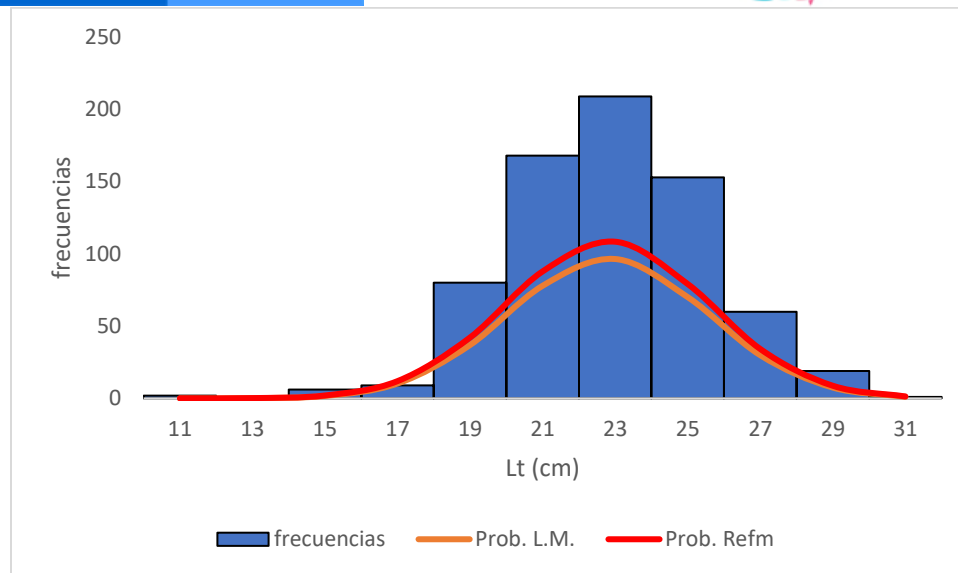


Figura 5-40. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el año 2020. L.M. = líneas de mano; Refm. = red de enmalle fija marina.

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 biomazas 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 5-41)

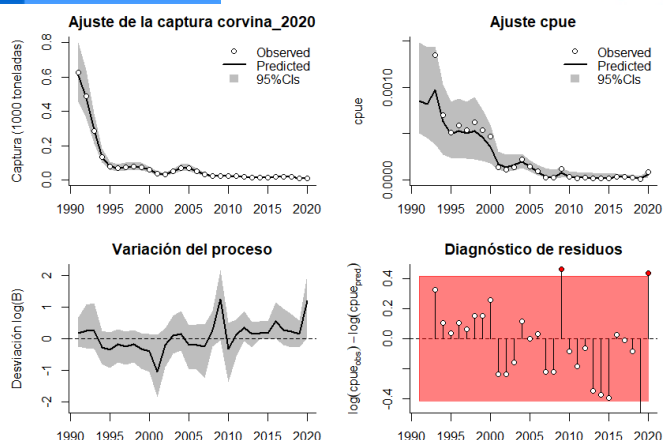


Figura 5-41. Modelación de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos y observados 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 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 5-42, Figura 5-43)

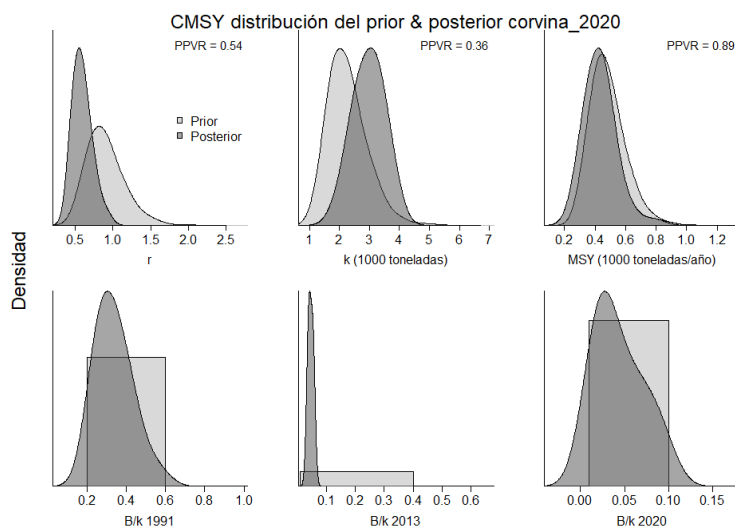


Figura 5-42. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la corvina *Cynoscion jamaicensis*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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.

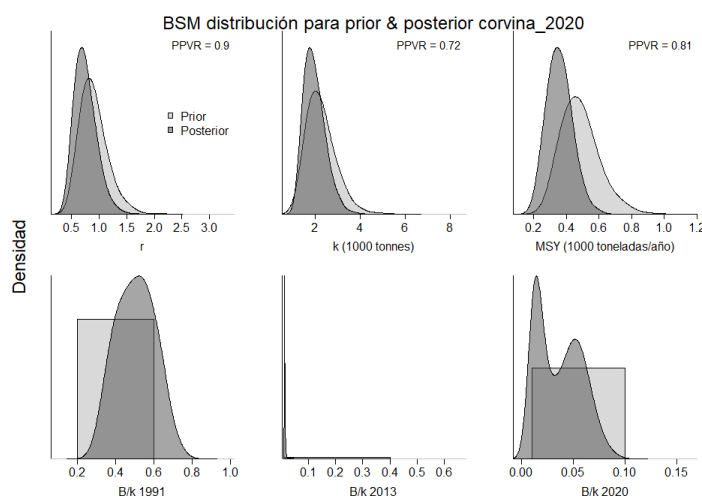


Figura 5-43. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados de la corvina *Cynoscion jamaicensis*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], 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 5-33, Tabla 5-34)

Tabla 5-33. 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	0.632	0.413	0.966
MSY	427	279	669
K	2,680	1,810	3, 970
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0351 k	0.0114	0.0972
Explotación F/(r/2) en el último año	0.608	0.219	1.88

Tabla 5-34. 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	0.000904	0.000554	0.00148
95 % CI			
r	0.724	0.43	1.22
k	1,930	1,220	3,050
MSY	349	225	542
		2.5th perc.	97.5th perc.
Biomasa relativa para el último año	0.0356 k	0.0111	0.0773
Explotación F/(r/2) en el último año	2.03	0.384	23.4
Correlación log (r - K)		-0.605	

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 5-35)

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 biomásas relativas (B/Bmsy) que solamente para el 2020 se presentó una ligera recuperación (Figura 5-44)

Tabla 5-35. 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	0.362	0.215	0.609	(si B > 1/2 Bmsy cuando Fmsy = 0.5r)	0.0515
Fmsy	0.0515	0.0306	0.0867	(r y Fmsy se reducen linealmente si B < 1/2 Bmsy)	
MSY	349	225	542		
Bmsy	965	610	1,530		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	68.7	21.3	149		
B/Bmsy en el último año	0.0712	0.0221	0.155		
Mortalidad por pesca en el último año	0.102	0.0471	0.33		
Explotación F/Fmsy	2.03	0.384	23.4		

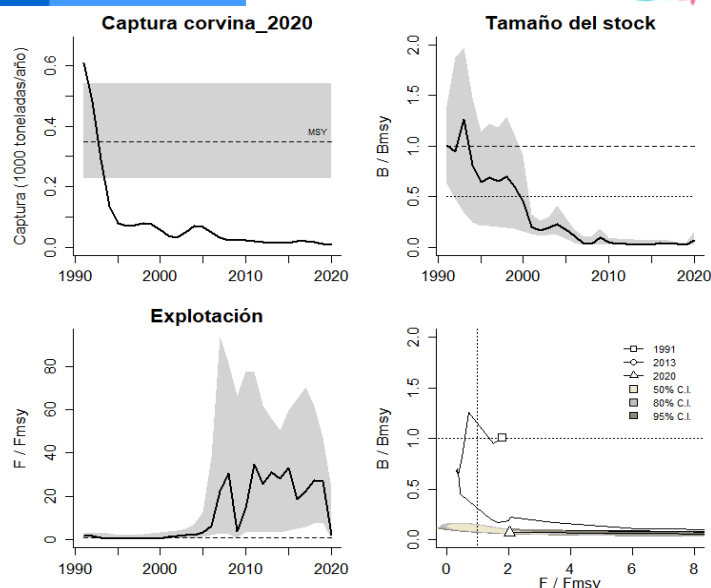


Figura 5-44. Análisis de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 biomasa 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 muestra una pesquería al borde del colapso con gran parte de los últimos años en la fase crítica, en especial para 2020 el 69.4 %, pero muestra un aspecto positivo en la probabilidad de estar recuperándose en 30.6%. (Figura 5-45)

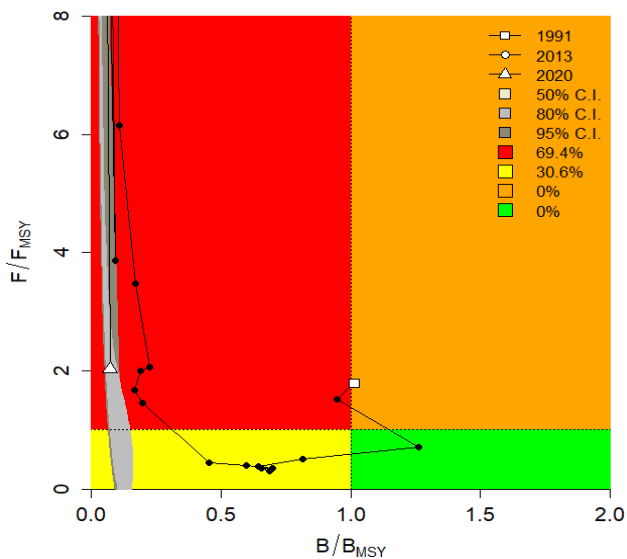


Figura 5-45. Análisis de las pesquerías de la corvina *Cynoscion jamaicensis* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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 el cual se pudo estimar un RMS de 351 toneladas como punto de referencia limite y un RME de \$ 2.1 mil millones de pesos ().

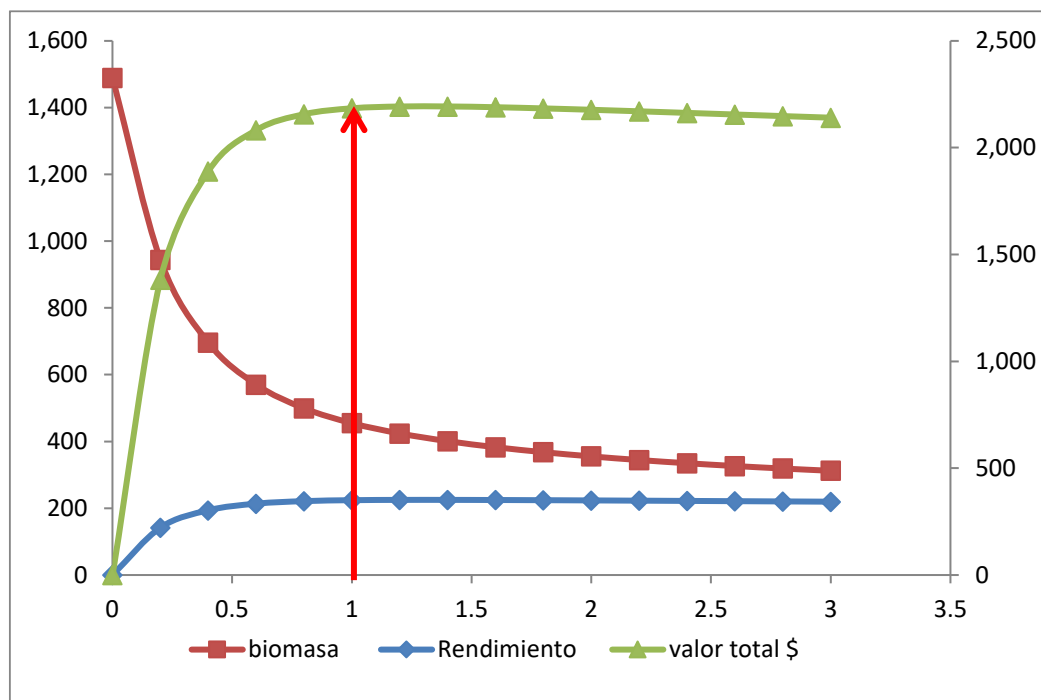


Figura 5-46. Resultados de las estimaciones de la corvina en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

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 349 toneladas, igualmente de debe controlar la mortalidad por pesca para que supere los niveles de 0.5 año⁻¹, 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 2.03, biomasa relativa de 0.0712, la mortalidad por pesca actual de 0.102 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0515 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 349 ± (225 – 542) 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*

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⁻¹, (Fishbase, 2020).

Para Brasil los parámetros de crecimiento fueron estimados como $L_{\infty} = 115$ cm una tasa de crecimiento $K = 0.091$ año⁻¹, la mortalidad natural fue estimada entre 0.25 a 0.31 año⁻¹, 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⁻¹, y por Beverton & Holt $Z = 0.66$, la mortalidad por pesca $F = 0.34$ año⁻¹, 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 5-36)

Tabla 5-36. Relación de los parámetros estimados para el pargo chino *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano.

a	b	r ²	T.M.	T.M.C.	L _∞	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 5-37)



Tabla 5-37. 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., ± 0.17 , de las cuales las líneas de mano fueron las que mayor efectividad hicieron en cantidad y tamaño de los individuos (Tabla 5-38, Figura 5-47).

Tabla 5-38. 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

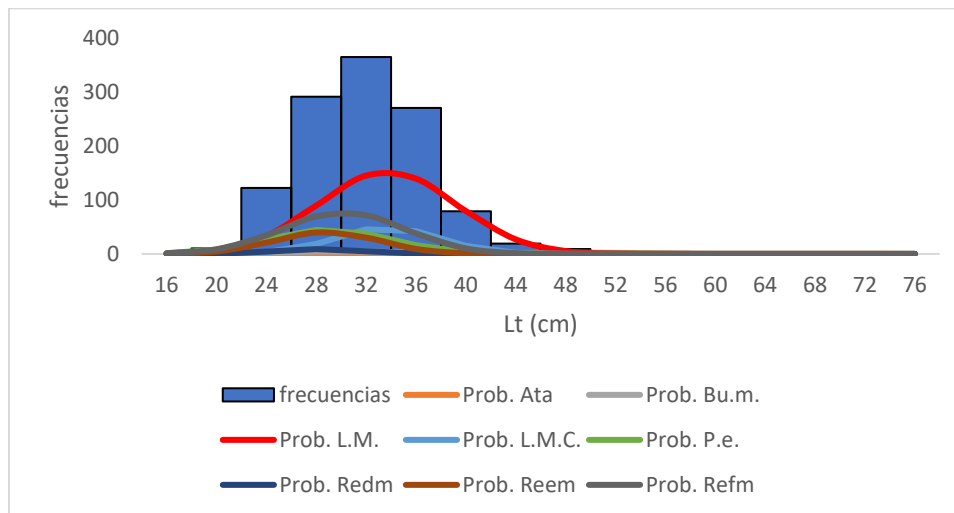


Figura 5-47. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el año 2020. Ata. = atarraya; Bu.m. = buceo marino; L.M. = línea de mano; L.M.C. = línea de mano correteo o curricán; P.e. = palangre o espinel; Redm. = 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)

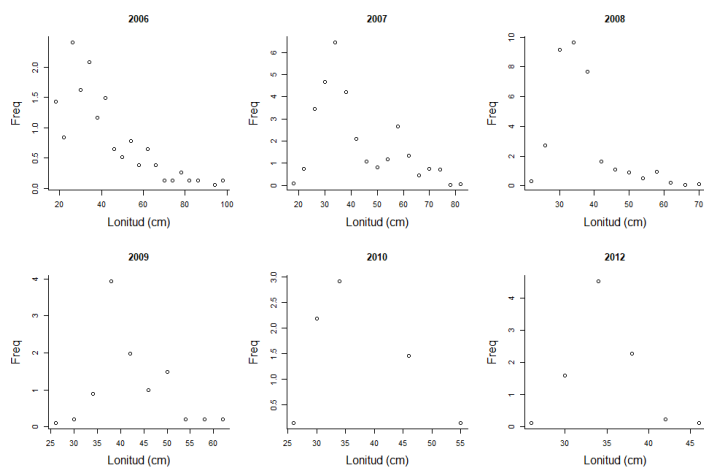


Figura 5-48. Distribución de las tallas pargo rojo *Lutjanus purpureus*. entre los años 2006 a 2012. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

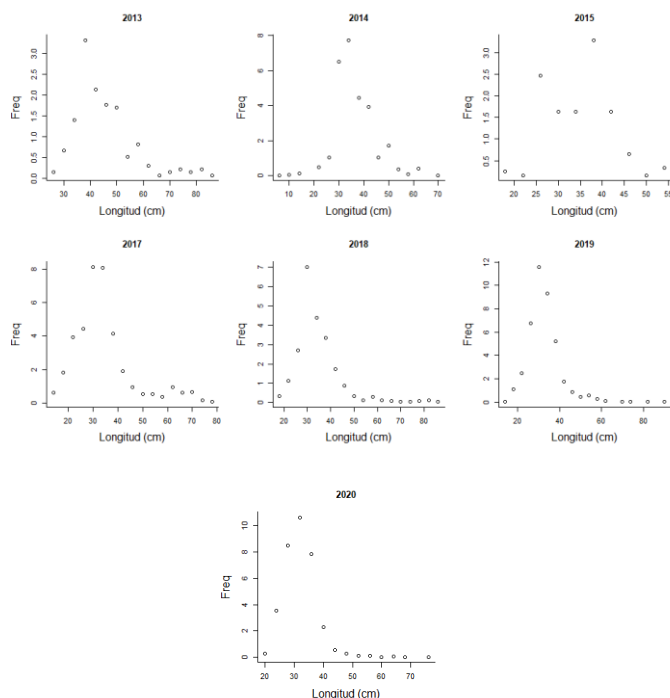


Figura 5-49. Distribución de las tallas pargo rojo *Lutjanus purpureus*. entre los años 2013 a 2019. Las tallas presentan en típico comportamiento de la estructura de selectividad.

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/BO 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 5-39)

Tabla 5-39. Resultados de las estimaciones paramétrica de las diferentes tasas de aprovechamiento pargo rojo *Lutjanus purpureus*. Se muestra el cálculo prior de estos.

parámetro	valor			
L inf	105	rango	103	107
Lop	71	Lopt/Linf	0.68	
Lc_opt	67	Lc_opt/Linf	0.64	
M/K	1.44	rango	1.17	1.69
F/K	8.03	rango	7.53	8.38
Z/K =	9.56	rango	9.14	9.88
F/M =	5.23	rango	4.02	6.6
B/Bo F=M Lc=Lc:opt		0.0369		
B/Bo	0.0283	rango	0.0208	0.0372
Y/R´ F=M Lc = Lc_opt		0.0488		
Y/R´	0.0024	rango	0.00176	0.00324

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 5-40)

Tabla 5-40. Estimaciones de las diferentes tasas y puntos de referencia obtenidos para el último año de pesquerías pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Caribe colombiano.

parámetro	valor	rango	
Lc	32.7	32.2	33
alfa	31.4	30.4	32.4
Lpromedio/Lopt	0.54		
Lc/Lcopt	0.49		
L95th	76	L95th/Loo	0.73
F/K	20	18.4	21.3
F/M	14	11.1	18
Z/K	21.3	19.8	22.5
Y/R´	0.00068	0.000494	0.000927
B/Bo	0.0089	0.00642	0.0121
B/BMSY	0.024	0.0174	0.0327
Lm50	45.2	Madurez	1.9%

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 y 2012) 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)

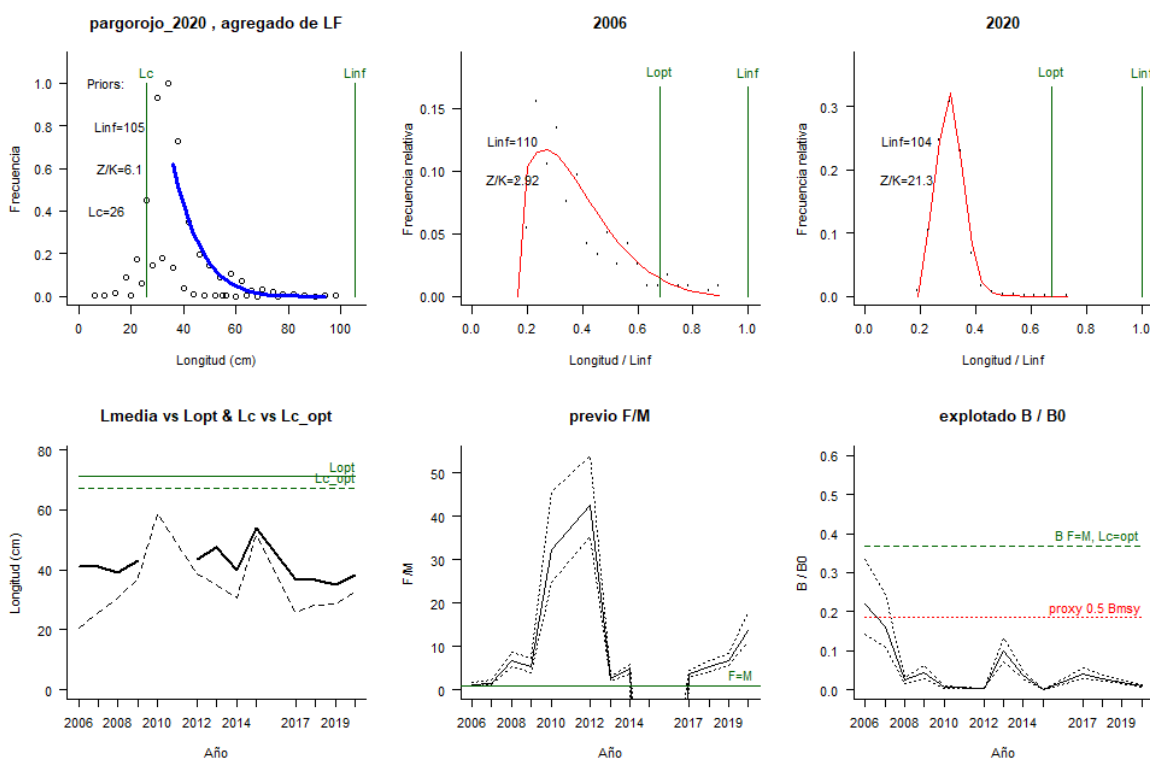


Figura 5-50. Comportamiento de las pesquerías pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra los datos frecuencias de longitudes utilizadas para estimar el pre de Lc., Loo y Z/K. Los medio y derechos superiores muestran los datos de longitudes de frecuencias 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/B0 [curva negra] con límites de confianza aproximado del 95% [curva punteada] con proxy para Bmsy [línea discontinua verde] y un proxy 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)

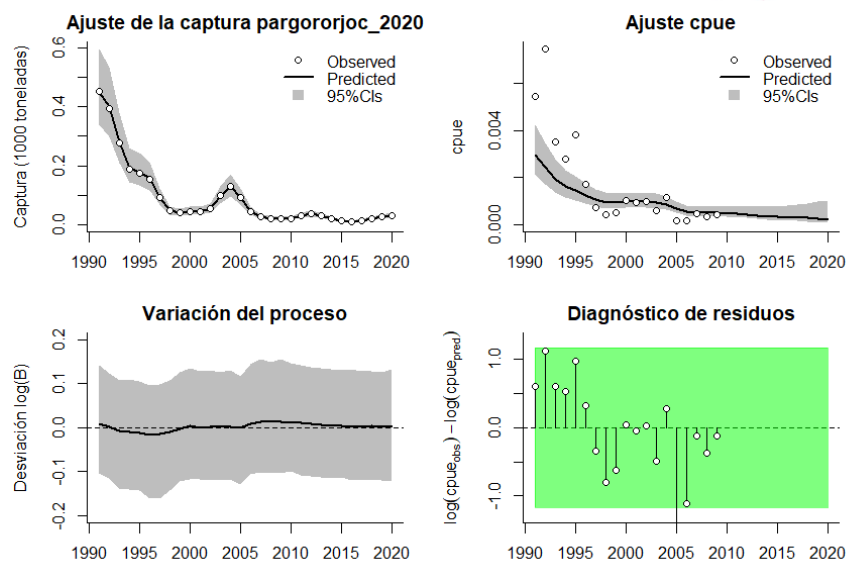


Figura 5-51. Modelación de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE estimados y observados con 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 0.01 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)

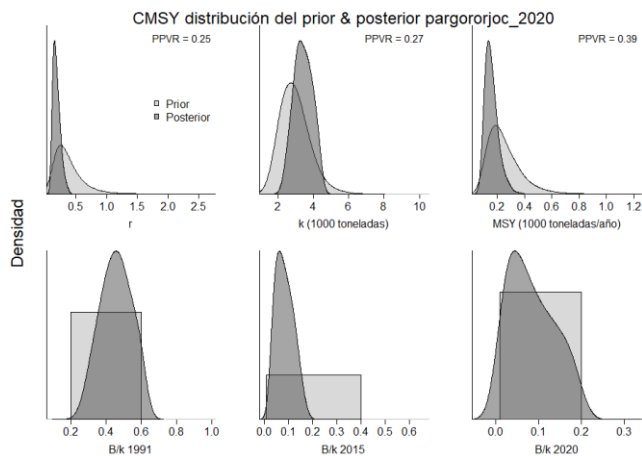


Figura 5-52. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del pargo rojo *Lutjanus purpureus*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga 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.

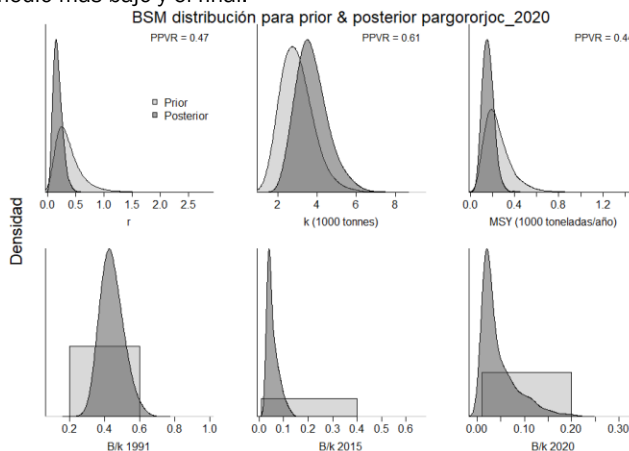


Figura 5-53. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para *Lutjanus synagris*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de crecimiento [r], la capacidad de carga 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 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 5-41, Tabla 5-42)

Tabla 5-41. Resultados del CMSY para las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.207	0.109	0.393
MSY	149	93.9	278
K	3,180	2,290	4,420
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0754 k	0.0123	0.187
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	4.84	1.95	29.7

Tabla 5-42. resultados de modelo Schaefer de tipo bayesiano [BMS] usando capturas y CPUE del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Mar Caribe colombiano.

Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
q	0.00188	0.0012	0.00295
95 % CI			
r	0.171	0.0711	0.409
k	3,650	2,390	5,570
MSY	156	81.8	296
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.0291 k	0.0112	0.151



Parámetros estimados		Límite inferior	Límite superior
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	28.4	0.843	245
correlación $\log(r - K)$	-0.718		

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 (2020), 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 ultimo años es extremadamente baja. (Tabla 5-43).

Tabla 5-43. 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	0.0853	0.0355	0.205	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$)	0.00991
Fmsy	0.00991	0.00413	0.0238	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)	
MSY	156	81.8	296		
Bmsy	1,820	1,190	2,790		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Biomasa en el último año	106	40.7	552		
B/B_{msy} en el último año	0.0581	0.0223	0.303		
Mortalidad por pesca en el último año	0.282	0.054	0.734		
Explotación F/F_{msy}	28.4	0.843	245		

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 proximal de 0.5B; así la tasa de explotación también mostro un recorrido por encima del referente de equilibrio. (Figura 5-55)

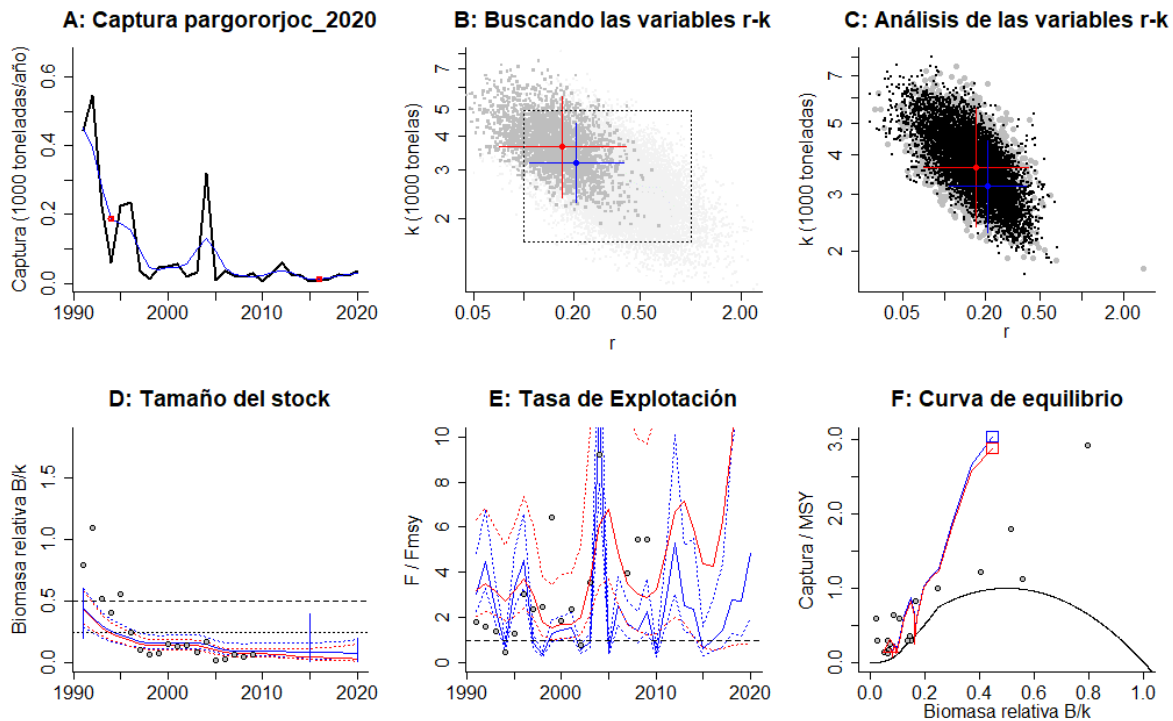


Figura 5-54. Resultados del Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura 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 2020 el porcentaje probabilístico fue de 96.6%, de tal manera que la probabilidad que el recurso este en zona de recuperación es tan solo de 3.4% que fue más baja que el efectuado para el año anterior. (Figura 5-56)

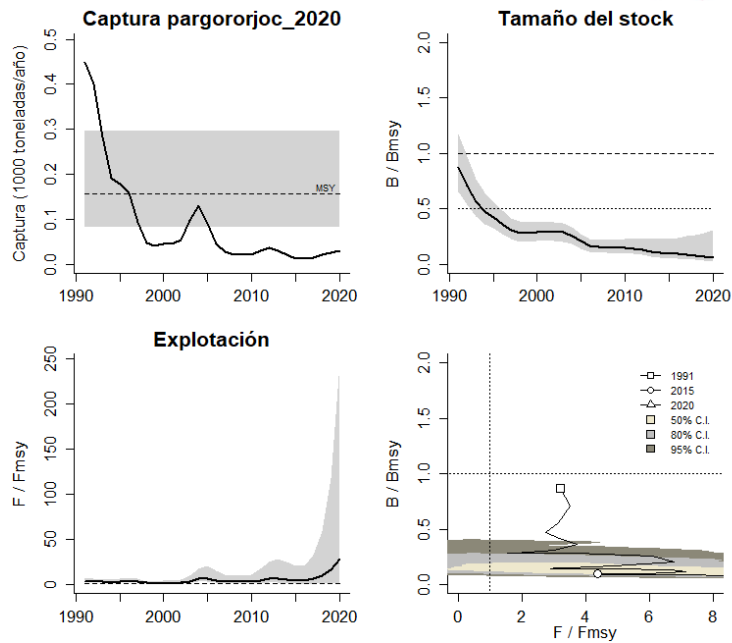


Figura 5-55. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de 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.

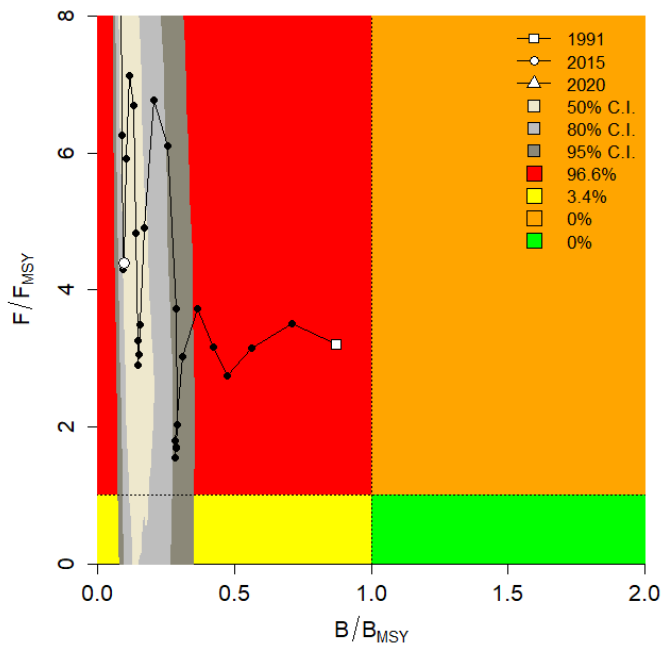


Figura 5-56. Análisis de las pesquerías del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

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 2020, 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 251 con un valor de RME \$ 3.4 mil millones de pesos (Figura 5-57).

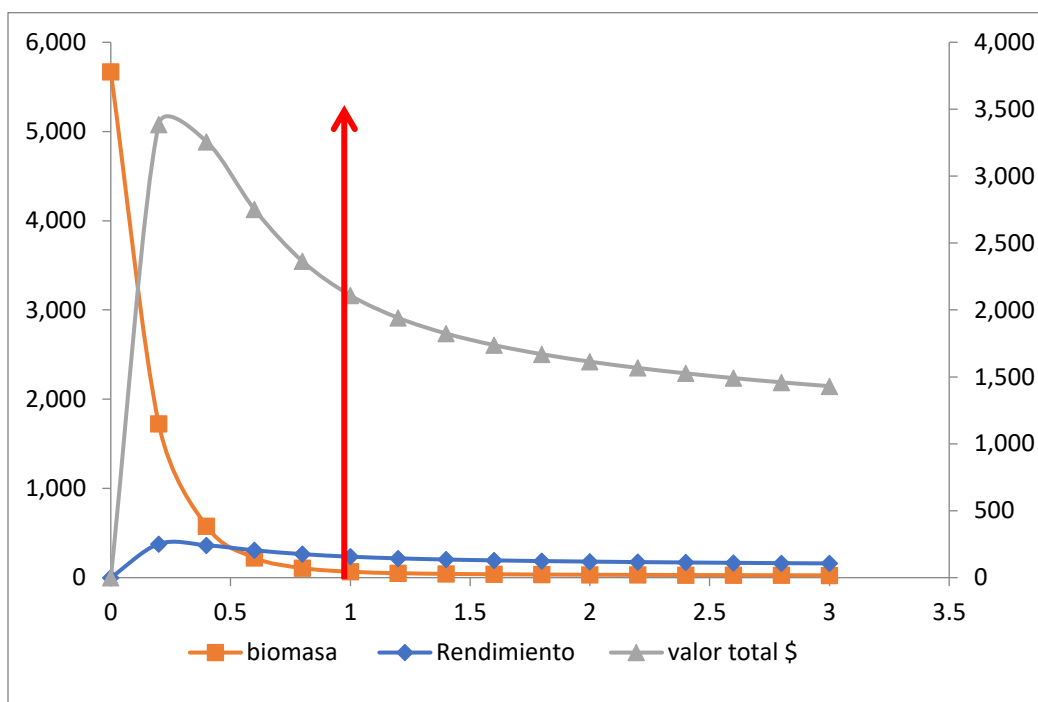


Figura 5-57. Resultados de las estimaciones del pargo rojo *Lutjanus purpureus* en el Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

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 28.4, y un porcentaje de madurez sexual de 1.9%, longitud óptima L_{op} la biomasa relativa de 71 cm de Lt., la mortalidad por pesca actual de 0.282 año^{-1} , y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.00991 año^{-1} , se

propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de $156 \pm (81.8 - 296)$.

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.

No son muchos los datos que se han podido recopilar se está especies, pero lo reportados hasta el 2009 muestra un recurso en sobre pesca con una cuota bastante alta. (Tabla 5-44)

Tabla 5-44. 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 numero y

amplitud de tallas capturó, con esta información se calculó la talla media de captura de 13 cm de Lt. \pm 0.07 (Tabla 5-45, Figura 5-58).

Tabla 5-45. 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 ²	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

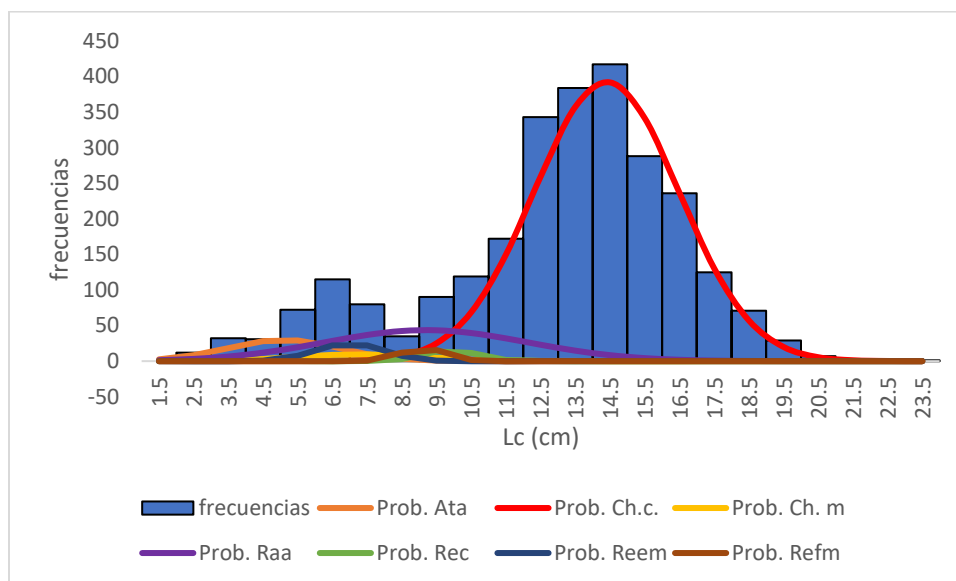


Figura 5-58. Distribución de frecuencias e impacto porcentual de las artes de pesca que actuaron para las capturas del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* en el año 2020. Ata. = atarraya; Ch.c. = chinchorro camaronero; Ch.m. = chinchorro marino; Raa = red de arrastre artesanal o changa; Rec. = red 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)

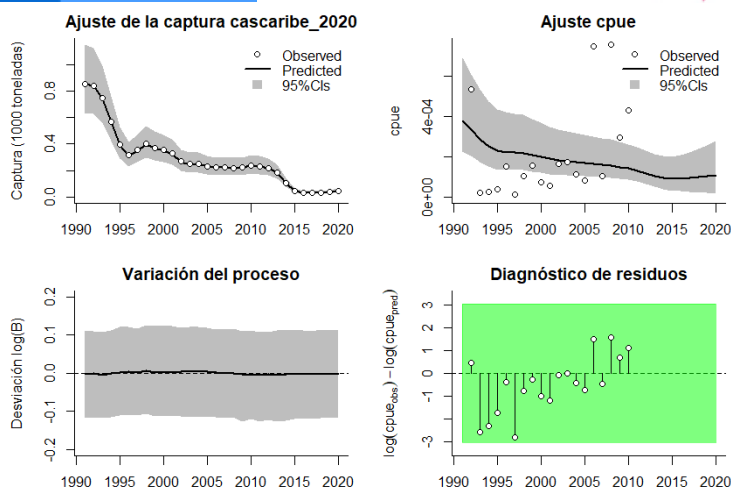


Figura 5-59. Modelación de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*. En el panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las pesquerías con límites de confianza aproximada ante del 95 %. En el panel superior derecho se muestra el ajuste de los datos de CPUE predichos 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 biomazas 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 2020 se presentó la peor densidad entre 0.001 a 0.2. (Figura 5-60, Figura 5-61)

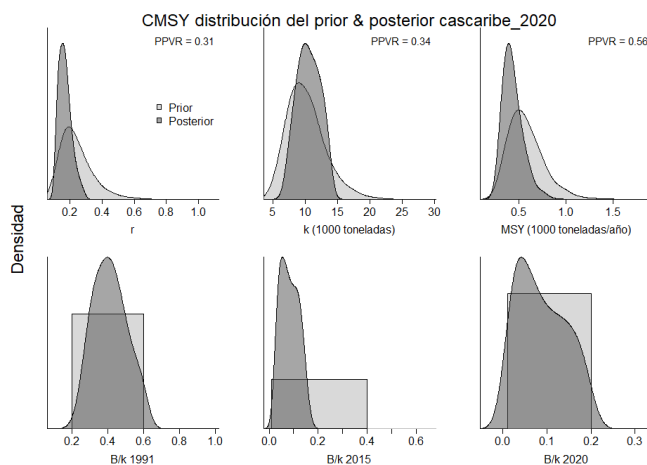


Figura 5-60. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*, aplicando el modelo CMSY, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca de 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.

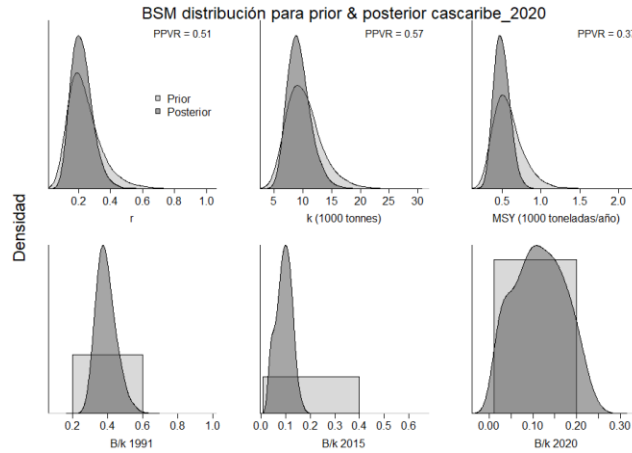


Figura 5-61. Determinación de las zonas de densidad probabilística de los análisis realizados para del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti*, aplicando el modelo BSM, pre y post de la aplicación de la teoría bayesiana. el panel superior se refiere a los ajustes en cuanto a la tasa intrínseca 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 biomazas deficiente denotaron un sistema en estado de explotación muy fuerte. (Tabla 5-46, Tabla 5-47)

Tabla 5-46. 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	0.181	0.11	0.298
MSY	421	283	711
K	9,720	6,790	13,900
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa en el último año	0.0806 k	0.0127	0.193
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	3	1.25	19.1

Tabla 5-47. 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		Límite inferior	Límite superior
q	0.000108	0.0000627	0.000186
		95 % CI	
r	0.212	0.118	0.382
k	9,150	6,070	13,800
MSY	484	325	723
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa para el último año	0.114 k	0.0175	0.221
Explotación $F/(r/2)$ en el último año	1.01	0.227	41.1
r -k log correlación		-0.735	

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 5-48)

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 biomasa relativas presentaron un recurso con trayectoria decadente.(Figura 5-62, panel F)

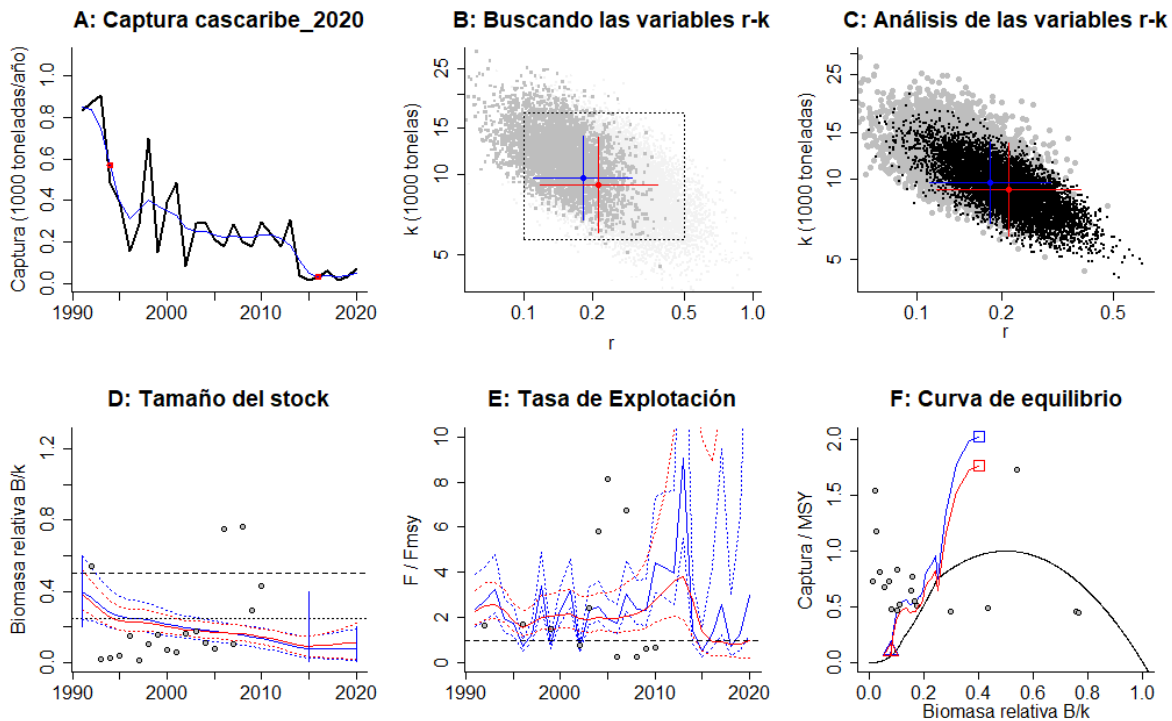


Figura 5-62. Resultados del análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* para el Caribe Colombiano utilizando los modelos CMSY y CSB. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación 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 5-48. 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	0.106	0.0588	0.191	(si $B > 1/2 B_{msy}$ cuando $F_{msy} = 0.5r$) 0.0484
Fmsy	0.0484	0.0268	0.0872	(r y Fmsy se reducen linealmente si $B < 1/2 B_{msy}$)
MSY	484	325	723	
Bmsy	4,570	3,040	6,890	
		Percentil 2.5	Percentil 97.5	
Biomasa en el último año	1,040	160	2,020	
B/Bmsy en el último año	0.228	0.035	0.442	
Mortalidad por pesca en el último año	0.0471	0.0243	0.307	
Explotación F/Fmsy	1.01	0.227	41.1	

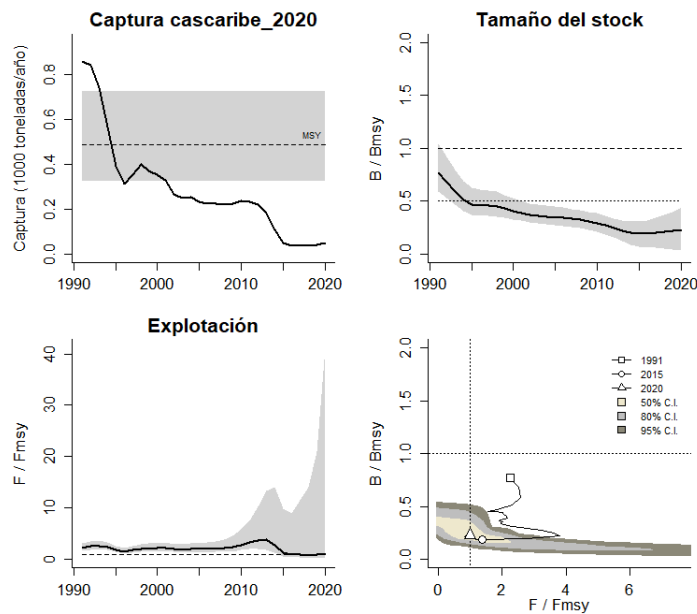


Figura 5-63. Análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Caribe colombiano. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento 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 y aunque en los últimos años parece dirigirse hacia la recuperación casi todas las capturas fueron ubicadas hacia la izquierda del grafico (zona roja) que implica un alto nivel de estrés para el recurso. Aunque para el último

año (2020) la probabilidad de que se encuentre en recuperación fue bastante alta de 49.8%. (Figura 5-64)

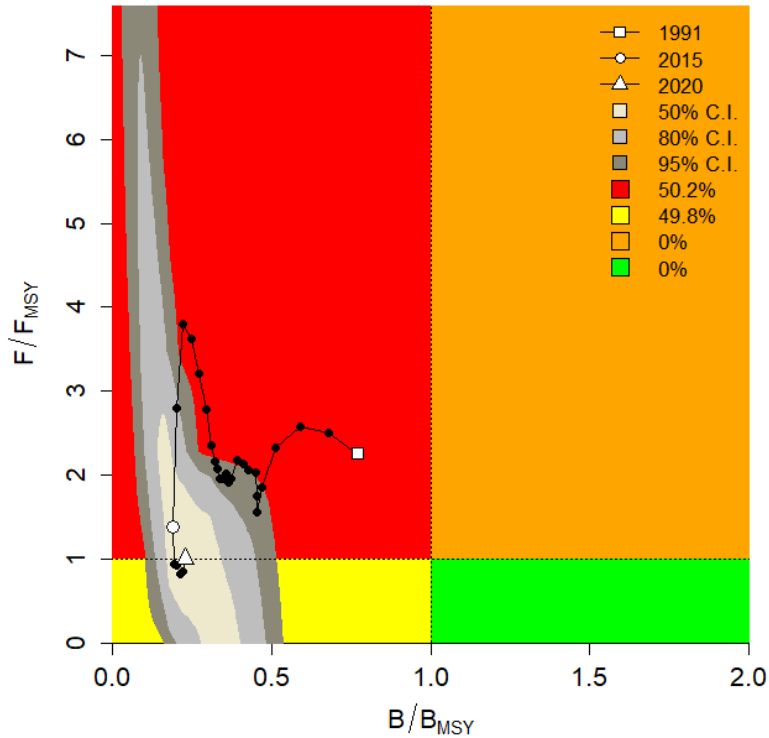


Figura 5-64. Análisis de las pesquerías del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* en el Mar Caribe colombiano, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

5.2.1.4 Modelo Thompson y Bell para las pesquerías del camarón de agua someras *Litopenaeus schmitti*.

El SEPEC suministroo la información de tallas y los precios de primera venta del 2020, con los cuales se construyó este modelo; los resultados mostraron que el RMS fue de 486 toneladas y que el TME tomó un valor de \$ 13.7 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)

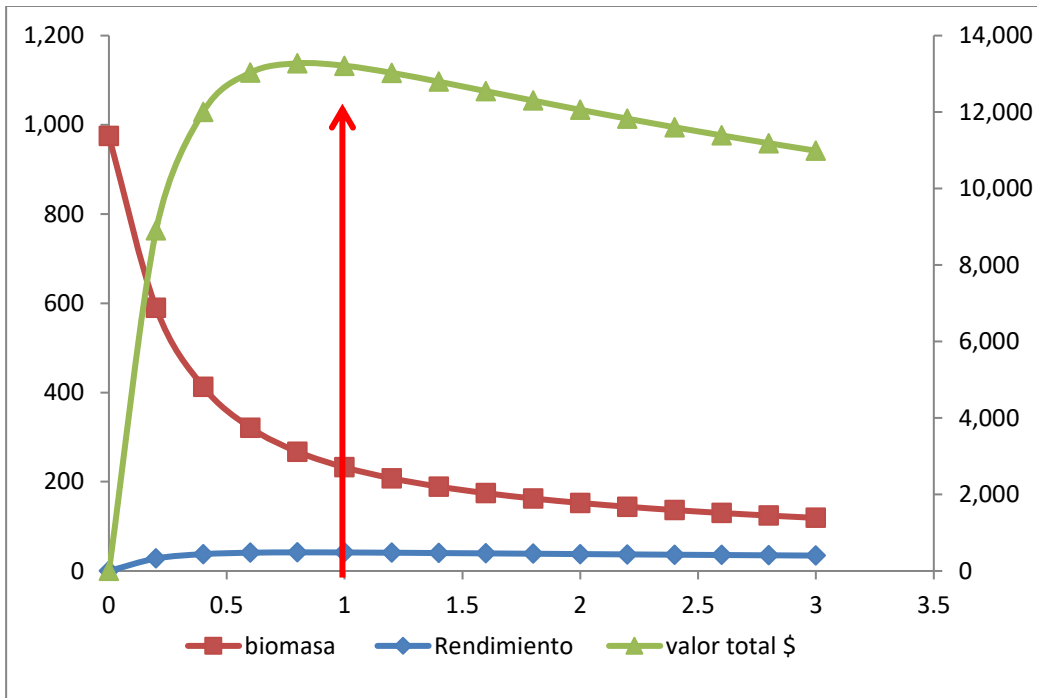


Figura 5-65. Resultados de las estimaciones del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* del Caribe colombiano utilizando el modelo de Thompson y Bell.

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)

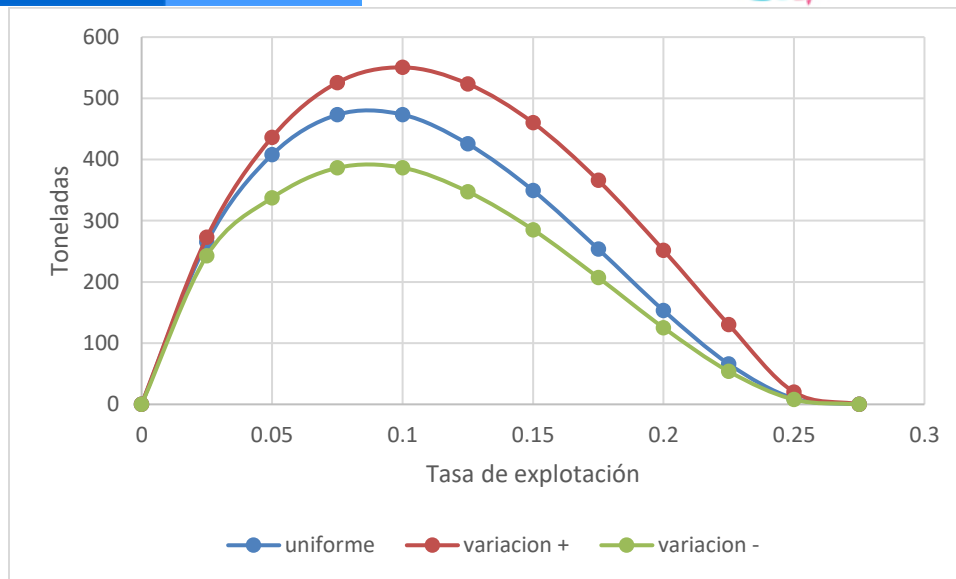


Figura 5-66. Resultados de las estimaciones de variantes ambientales para las poblaciones del camarón de aguas someras *Litopenaeus schmitti* del Caribe colombiano de variaciones ambientales bayesianas de Schaefer.

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 1.01, biomasa relativa de 0.114, la mortalidad por pesca actual de 0.0471 año⁻¹, y la mortalidad por pesca en rendimiento máximo sostenible 0.0484 año⁻¹, se propone que el rendimiento máximo sostenible (MSY) para la especie sea un valor de 484 ± (325 - 723) toneladas.

5.3 Consideraciones generales

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.



El campo
es de todos

Minagricultura



AUNAP
AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

Tabla 5-49 Resumen de los resultados obtenidos para las especies del Caribe colombiano con los modelos evaluados

Especie	Excedente bootstrap		Thompson y Bell/Schaeffer Gordon			Bayesiano 7 escenarios				MCMC			LBB			CMSY						observaciones			
	808/k	MSY	MSY (t)	rms económico (\$)	C/Cmsy	r	Bo	MSY	C/Cmsy	r	MSY	C/Cmsy	Z/k	Lop/Loo	8/Bo	Madurez %	MSY	r inicial	r final	Bmsy	F actual		Fmsy	Biom. Rel.	
Lutjanus synagris	0.99	78.2	54	722,425,418	1.870	0.157	1049	37.8	2.67	0.63	40	0.625	8.77	0.66	0.043	8%	39.3	0.25	0.157	425	0.137	0.0784	0.349	Agotamiento medio	
Lutjanus purpureus	0.04	93	251	3,384,341,012	0.144462	1.15	3529.6	136	0.27	0.19	81	0.45	9.56	0.68	0.0283	1%	156	0.207	0.171	1820	0.282	0.00991	0.0681	Explotación muy fuerte	
Mycteroperca bonaci	0.96	48				0.523	1500	54	0.37	0.5	35.5	0.85					73.3	0.726	0.523	208	0.185	0.0905	0.236	Explotación fuerte	
Cynoscion jamisensis	0.001	553	351	2192498399	0.0072218	0.724	9680	348.6	0.01	0.16	58.2	0.29					349	0.632	0.724	965	0.102	0.0515	0.0951	Explotación muy fuerte	
Coryphaena hippurus	5.2	62				2.96	1572.7	56.6	0.08	0.76	29.5	0.13220399					45.4	3.09	2.96	30.6	8.89	0.0721	0.107	Explotación fuerte	
Caranx hippos	0.76	142	1870	11893273493	0.504279	0.307	13700	491.3	1.92				8.91	0.67	0.0157	6%	497	0.186	0.307	3240	0.291	0.154	0.224	Explotación fuerte	
Epinephelus itajara	1.03	44				0.523	1500	54	0.15345505	1.44	33.8	0.11538462					54.5	0.726	0.523	208	0.185	0.0905	0.0729	Explotación muy fuerte	
Eugerres plumieri	0.004	160	149	919734258	0.103251	2.07	4400	158.4	0.09712384	0.78	40	0.0975					146	2.94	2.07	141	0.519	0.28	0.135	Explotación muy fuerte	
Centropomus undecimalis			89	1187085621	2.435538	0.199	2340	84.3	2.5713277				3.16	0.66	0.228	7%	86.8	0.153	0.199	871	0.155	0.0996	0.566	Aceptable	
Hamulon plumieri																									Aceptable
Archosargus rhomboidalis						0.95	1500	54.8	0.7830292	0.5	25	0.172													Explotación muy fuerte
Scombromorus cavalla	0.0305	156.7	619	8156367153	0.231866	0.147	9180	330.1	0.4347927				11.2	0.67	0.0152	9%	333	0.239	0.147	4540	0.667	0.00433	0.108	Explotación muy fuerte	
Sepioteuthis sepioides	0.71	265				0.288	1555	56.1	0.22710812	0.335	62	0.06204839					56.7	0.204	0.288	393	0.174	0.0215	0.0745	Explotación muy fuerte	
Callinectes sapidus			749	3742927135	0.99498	1.5	6000	729	0.94286831																Explotación fuerte
Callinectes bocourti			607	3033271828	0.925865																				Explotación fuerte
Panulirus argus (conti.)	0.69	84	57	98900000	0.77193	0.152	2910	104.7	1.67983996	0.65	195	0.65128205	13.4	0.69	0.0131	0.09%	104	0.23	0.152	1410	0.676	0.018	0.175	Explotación muy fuerte	
Panulirus argus (Archi.)																									Explotación fuerte
Litopenaeus schmitti	0.01	991	486	13274785759	0.1414	0.212	13150	473.3	0.1451941	0.72	1665	0.2996997					484	0.181	0.212	4540	0.0471	1.01	0.228	Explotación fuerte	

5.4 Cálculos complementarios sobre las especies del Caribe colombiano.

De la misma manera que con los recursos del Pacífico se procedió a revisar todas las bases de datos existentes para estos recursos y finalmente se encontró que de los registros de tallas se pudieron determinar una cantidad importante de especies que podría ser analizadas bajo el modelo bioeconómico de Thompson y Bell (Tabla 5-50).

Tabla 5-50. Resultados de la modelación de recursos pesqueros del Caribe colombiano

especie	RMS ton	RME \$
Archosargus rhomboidalis	257	771,853,926
Bagre marinus	247	667,249,770
Balistes caprisucus	58	103,977,999
Calamus calamus	8	18,966,291
Calamus penna	8	22,853,336
Caranc crysos	2398	7,192,907,172
Caranx latus	45	135,951,380
Caranx ruber	209	626,321,570
Cathorops mapale	29	72,412,975
Centropomus ensiferus	89	692,188,687
Centropomus pectinatus	12	35,766,979
Chloroscombrus chrysurus	190	475,634,802
Conodon novilis	64	159,542,272
Cynoscion leiachus	2	17,492,142
Cynoscion virescens	6	44,550,459
Diapterus auratus	19	47,212,422
Elagatis bipinnulata	47	142,340,198
Elops smithi	119	536,505,264
Elops smithi	119	536,505,264
Eugerres plumieri	20	60,501,137
Euthynus alleteratus	881	1,762,697,139



El campo
es de todos

Minagricultura



especie	RMS ton	RME \$
Haemulon plumierii	887	6,210,347,386
Haemulosn bonariense	407	2,845,634,996
Lachnolaimus maximus	30	151,458,044
Lutjanus analis	162	1,457,093,110
Lutjanus vivanus	92	829,115,264
Macrodon ancylodon	70	417,162,230
Melongenba melongena	19	299,448,127
Micropogonias furnieri	43	258,370,876
Mugil incilis	721	2,523,163,166
Mugil lisa	34	120,438,367
Ocyurus chrysurus	25	75,063,346
Oplisthonema oglinum	308	380,266,815
Rhomboplites aurorubens	25	74,695,339
Scarus coeruleus	40	72,643,967
Sciades proops	281	1,688,429,889
Scomberomorus brasiliensis	192	1,152,868,534
Selar crumenophthalmus	73	161,448,536
Sphyraena barracuda	100	600,516,295
Sphyraena guachancho	124	618,259,641

Capítulo VI

6. 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) se requiere de una serie histórica no inferior a 9 años; por lo anterior se realizó un ensayo con la información de las bases de datos disponibles del INPA, INCODER y SEPEC, y con esta información se construyó una serie con la que se pudo aproximar de alguna forma a la situación de estas pesquerías, que de por sí son las únicas que actualmente tienen cuotas en la parte continental.

De tal forma se dispuso a emplear el modelo en las especies objeto de estudio de la investigación realizada por FUNINDES en 2015 las cuales han servido de herramienta para estimar las cuotas de pesca.

6.1 Especies de peces

6.1.1 Pesquerías de la coridora (*Corydoras axelrodi* Rössel, 1962)



Foto: Armando Ortega © (FUNINDES)

Ajiaco-Martinez et al (2012) menciona la especie en el diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia, Barreto et al (2015) evaluaron la parámetros de la biología pesquera de esta especie estableciendo TMC, TMM, distribución de frecuencias de talla, relación longitud-peso, entre otros., Ortega. Lara et al (2015) describieron la dinámica de las pesquerías de peces ornamentales en los principales lugares donde estas se realizan, en los cuales se puede identificar la especie, Ortega- Lara (2015) además la incluyó en su guía visual de peces ornamentales.

6.1.1.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de las corredoras *Corydoras axelrodi*.

La estimación de las capturas de esta especie presenta una tendencia hacia la disminución, por lo que al realizar una evaluación de las tasas de **biomas** relativa presenta una año inicial 1998 con un rango entre 0.8 a 1 luego en el año de quiebre 2016 estas bajaron con un nivel entre

0.01 a 0.4 y para el 2020 se estrechó aún más entre 0.01 a 0.2, estos niveles están, desde el 2015, por debajo del límite de sostenibilidad (Figura 6-1, panel A); la **tasa de aprovechamiento** estuvo por encima hasta el 2015 allí ha tenido alguna recuperación y se ha mantenido por debajo de estos estándares (Figura 6-1, panel E). La **curva de equilibrio** mostró que casi todos los datos de las tasas de equilibrio (captura/MSY) fueron inferiores al 0.4 que es la referencia de equilibrio (Figura 6-1, panel F).

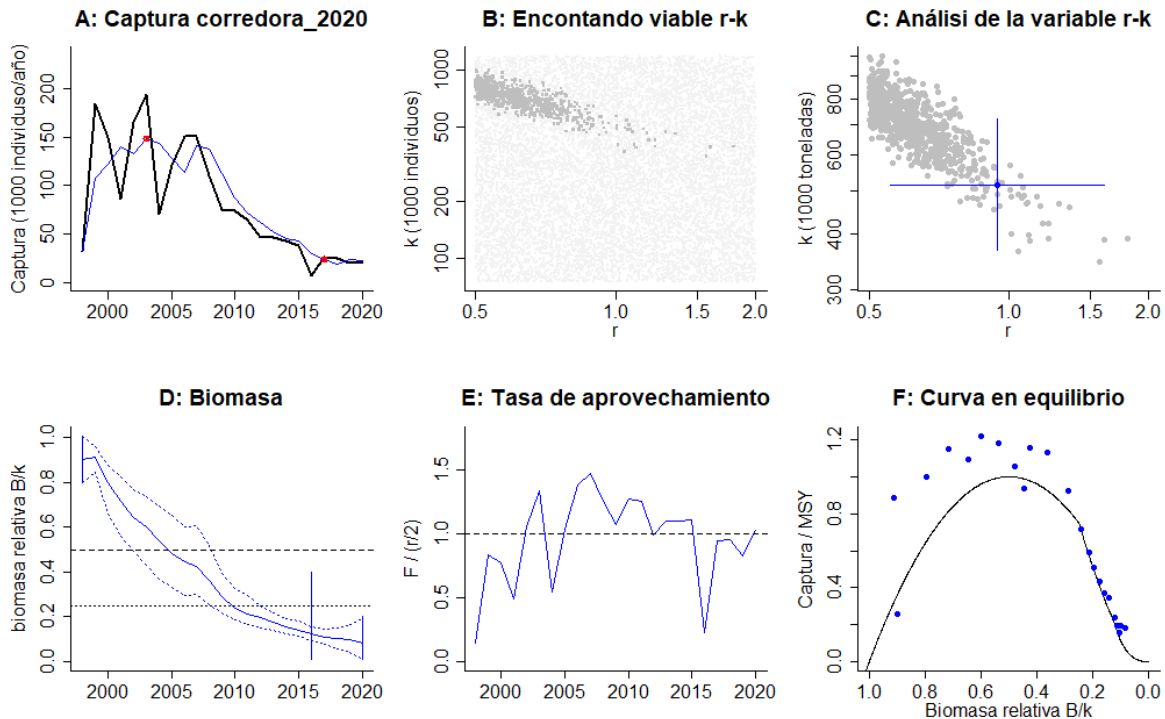


Figura 6-1. Resultados del análisis de las pesquerías del *Corydoras axelrodi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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. Los puntos azules se escalan por estimaciones de BSM.

El estudio mostró que con los resultados del coeficiente r la especie se puede catalogar como de baja resiliencia y con una tasa de biomasa relativas bajas, aunque para el último año la tasa de explotación (F/F_{msy}) estuvo bastante alta, por lo anterior como mediana de manejo es recomendable sostener una mortalidad por pesca que este en el tope de F_{msy} (0.505 año^{-1}). (Tabla 6-2)

Tabla 6-1. Resultados del CMSY para las pesquerías del *Corydoras axelrodi*.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.01	0.692	1.47
MSY	120,000	93,200	155,000
K	476,000	326,000	695,000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa relativa último año	0.0743	0.0117	0.191
F/(r/2) último año	1.19		

Tabla 6-2. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo del *Corydoras axelrodi*.

parámetro	valor	CL 95 %	
Fmsy	0.505	0.346	0.737
Fmsy	0.15	0.103	0.219
MSY	120,000	93,200	155,000
		2.5th perc	97.5th perc.
Bmsy	238,000	163,000	347,000
Biomasa último año	35,400	5,560	91,100
B/Bmsy	0.149	0.0234	0.383
Mortalidad por pesca último año	0.603	0.234	3.84
Explotación F/Fmsy	4.02	1.56	25.6

Dentro de esta evaluación se hizo una aproximación del comportamiento de las **capturas** frente a su indicador de punto de referencia MSY y se determinó que el recurso fue sostenible hasta el 2005 el recurso tubo un mayor nivel de sostenibilidad, a partir de allí tanto las capturas como las biomاسas relativas disminuyeron sensiblemente, por lo tanto, la tasa de aprovechamiento F/Fmsy se encontró por encima de los niveles de referencia, excepto para el 2016. (Figura 6-2)

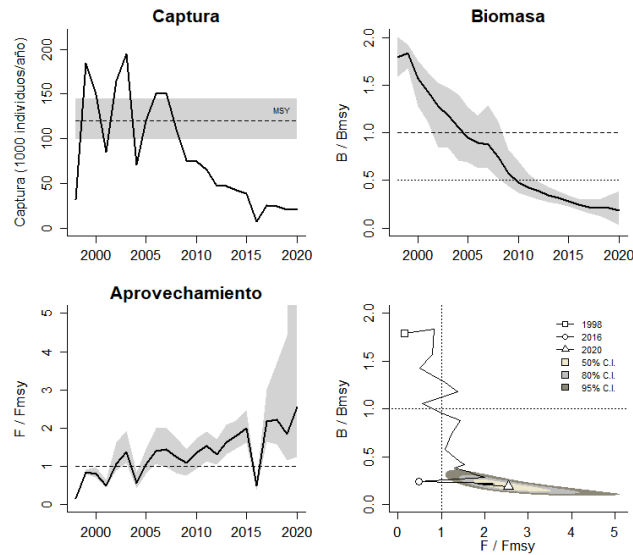


Figura 6-2. Análisis de las pesquerías de *Corydoras axelrodi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=F_{msy}$ [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, como una revisión general del estado de salud de la especie, se construyó un gráfico de probabilidad del tipo Kobe que muestra cómo se desarrolló la serie histórica de las capturas, se mostró que durante las mismas el recurso empezó con buenos niveles de aprovechamiento, pero luego fue muy presionado, solo tuvo unos años en zona de recuperación, aunque nuevamente está en nivel crítico, finalmente para el 2020 el sistema tiene el 100% de probabilidades de estar en la zona crítica. (Figura 6-3)

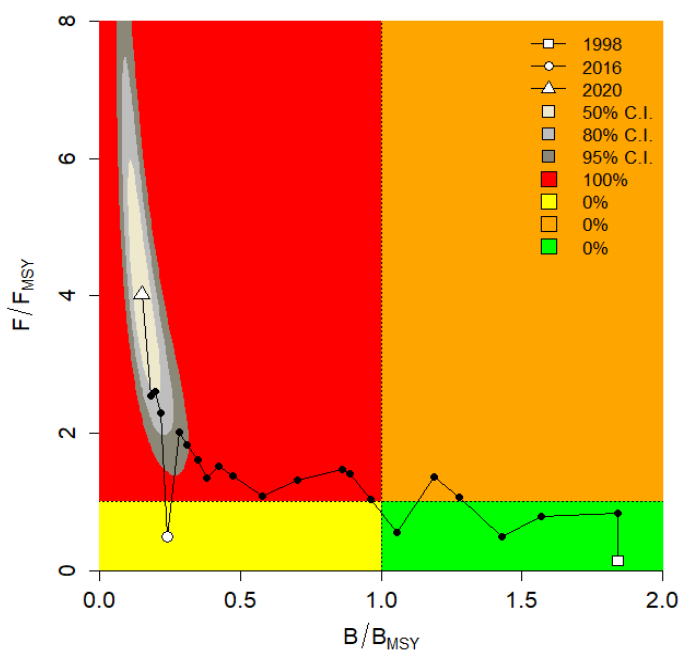


Figura 6-3. Análisis de las pesquerías de *Corydoras axelrodi*, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

6.1.1.2 Conclusiones sobre las pesquerías de coridora *Corydoras axelrodi*

De manera preliminar el recurso puede estar en fase crítica, por lo que se sugieren dos alternativas mantener la cuota establecida en la anterior vigencia o reducirla al nivel inferior del valor de la estimación de la biomasa para el último año de 35,600 individuos. Se debe tener en cuenta que estas pesquerías funcionan por la demanda comercial más que por la oferta natural, lo que puede influir en los cálculos que se realizan sobre sus capturas.

Las exportaciones de esta especie para la vigencia 2020 muestran un aprovechamiento del 81% y con corte junio del 2021 un 24%, este recurso de acuerdo con el modelo realizado se encuentra en una fase crítica como ya se mencionó, sin embargo, los registros de su aprovechamiento no superan la cuota establecida, por lo que se propone mantener la cuota para la vigencia 2021.

6.1.2 Pesquerías del cardenal (*Paracheirodon axelrodi* (Schultz, 1956)).



Foto: Armando Ortega© (FUNINDES)

Nombre en inglés: Cardinal tetra

Ajiaco-Martínez et al (2012) mencionan la especie en el diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia, Barreto et al (2015) evaluaron los parámetros de la biología pesquera de esta especie estableciendo TMC, TMM, distribución de frecuencias de talla, relación longitud-peso, entre otros., Ortega. Lara et al (2015) describieron la dinámica de las pesquerías de peces ornamentales en los principales lugares donde estas se realizan, en los cuales se puede identificar la especie, Ortega- Lara (2016) además la incluyó en su guía visual de peces ornamentales.

6.1.2.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías para el cardenal *Paracheirodon axelrodi*.

Con base en la información histórica de capturas recopilada para el periodo 1998 - 2020 se encontró que presentan un comportamiento parabólico con su nivel máximo en 2005, es decir que las biomásas relativas estuvieron bien hasta ese año, a partir de 1998 la tasas de biomasa relativa (b/k) marcaron un rango entre 0.4 a 0.8, en el año de quiebre 2011 este indicativo rango de biomasa relativa entre 0.01 a 0.4 y para el 2020 entre 0.01 a 0.21 (Figura 6-4, panel D); la **tasa de aprovechamiento** muestra como este recurso en el año 1998 presento una tasa de aprovechamiento por debajo del nivel estándar y luego pasa a niveles por encima del estándar para posteriormente en los últimos años fluctuar alrededor de este último rango, siendo el 2020 un año de clara recuperación(Figura 6-4, panel E) , la curva de **equilibrio** mostró que en su mayoría las tasas de rendimiento estuvieron por encima del MSY. (Figura 6-4, panel F)

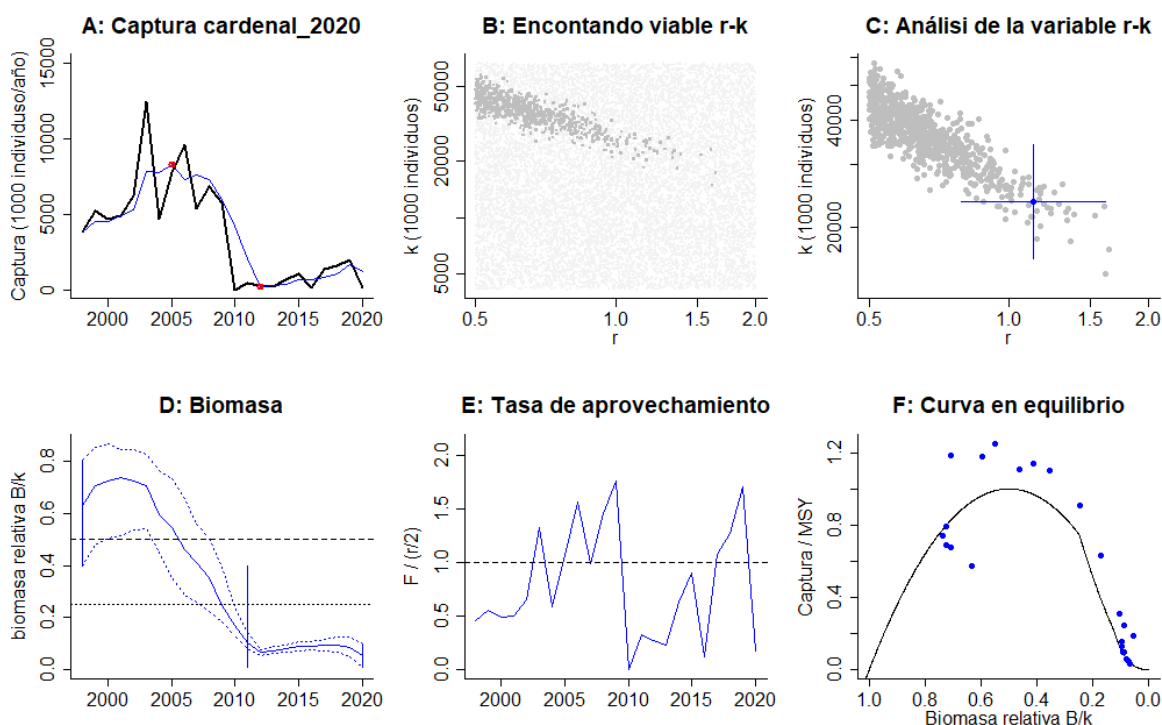


Figura 6-4. Resultados del análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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.

Los análisis efectuados con el modelo CMSY, muestran que este recurso presenta una resiliencia media, dado que el coeficiente r (1.02) se encuentra contenido en el intervalo de confianza del 95%; la tasa de biomasa relativa es baja y la mortalidad por pesca en F_{msy} está por debajo del valor referente del último año estudiado, mostrando una ligera recuperación de la pesquería. (Tabla 6-3, Tabla 6-4)

Tabla 6-3. Resultados del CMSY para las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*

parámetro		Intervalo de confianza al 95%	
r	1.02	0.593	1.786
K	18.3	9.78	34.4
MSY	6,525,000	5,273,000	8,073,000
Biomasa relativa último año	0.0485 k	0.0103	0.0985
explotación $F/(r/2)$ último año	0.195		

Tabla 6-4. Estimación de los puntos de referencia para la toma de decisiones en el manejo de *Paracheirodon axelrodi*

parámetro	Valor	Intervalo de confianza al 95%	
Fmsy	0.511	0.297	0.882
Fmsy	0.0993	0.0576	0.171
MSY	6,525,000	5,273,000	8,073,000
Bmsy	12,759,000	8,995,000	18,096,000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Biomasa último año	1,238,000	288,000	2,513,000
B/Bmsy el último año	0.0971	0.0226	0.197
Mortalidad por pesca último año	0.0999	0.0492	0.43
Explotación F/Fmsy	1.01	0.496	4.33

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 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 está en zona de manejo; esto se manifiesta en el hecho de tener una tasa de aprovechamiento en permanente descenso. (Figura 6-5).

El estudio, para esta especie, termina con la construcción de una gráfica de Kobe que muestra la interacción entre las capturas y sus planos probabilísticas; como resultado se encontró que la pesquería 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 presentó para el 2020 una probabilidad de estado crítico en 51.4% y en recuperación del 48.6%. (Figura 6-6)

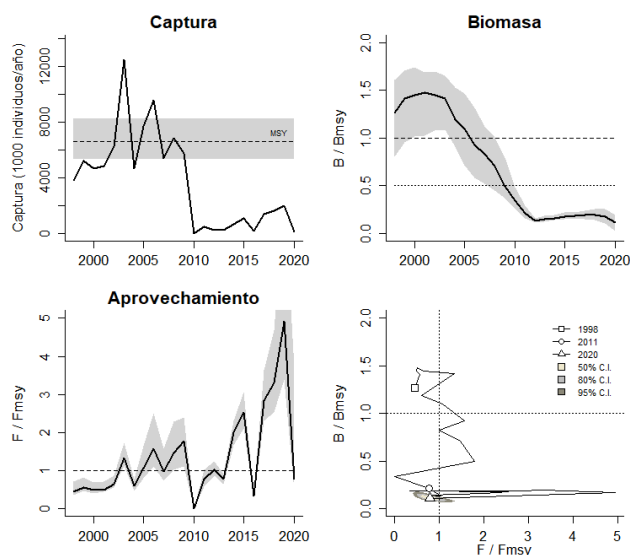


Figura 6-5. Análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=F_{msy}$ [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.

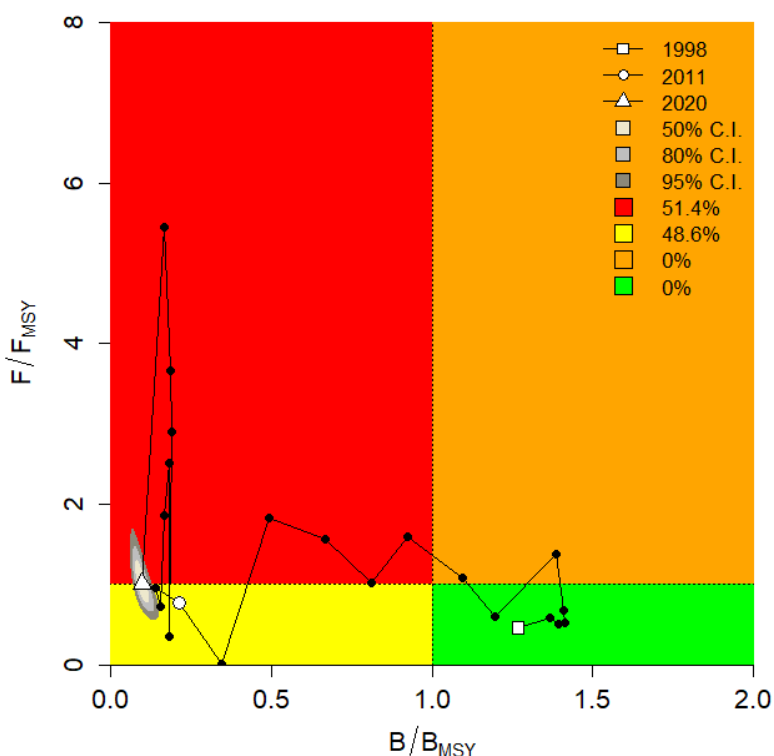


Figura 6-6. Análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

6.1.2.2 Conclusiones de las pesquerías del cardenal *Paracheirodon axelrodi*

Los resultados del análisis de la pesquería de *Paracheirodon 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 no aumentar la cuota de pesca registrada para el año 2020, debido a que ésta se encuentra dentro de los niveles de seguridad del MSY, calculado en este ejercicio. Al igual que la especie anterior se debe tener en cuenta que estas pesquerías funcionan por demanda comercial más que por oferta natural, lo que puede influir en los cálculos que se realizaron sobre sus capturas.

Las exportaciones de esta especie para la vigencia 2020 muestran un aprovechamiento del 47% y con corte junio del 2021 un 13%, aunque el recurso de acuerdo con el modelo realizado presenta presión los registros de su aprovechamiento no superan la cuota establecida, por lo que se propone mantener la cuota para la vigencia 2020 de 4,832,000 individuos.

6.1.3 Pesquerías del escalar altum (*Pterophyllum altum* Pellegrin, 1903)



Foto: Armando Ortega © (FUNINDES)

Ajiaco-Martinez et al (2012) menciona la especie en el diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia, Barreto et al (2015) evaluaron los parámetros de la biología pesquera de esta especie estableciendo TMC, TMM, distribución de frecuencias de talla, relación longitud-peso, entre otros., Ortega. Lara et al (2015) describieron la dinámica de las pesquerías de peces ornamentales en los principales lugares donde estas se realizan, en los cuales se puede identificar la especie, Ortega- Lara (2016) además la incluyó en su guía visual de peces ornamentales.

6.1.3.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías del altum *Pterophyllum altum*

A partir del análisis de los registros históricos (1998 – 2020) 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 una ligera recuperación de las capturas (Figura 6-7, línea azul panel A).

El análisis de la tasa de biomasa relativa (B/k) muestra de forma general que el escalar altum es un recurso en situación estable; sin embargo, se observa que en los últimos cuatro años la biomasa decayó, encontrando que los rangos de la biomasa relativa, para 1998 se hallaron en un rango entre 0.2 - 0.6, mientras que para el año de quiebre (2016) la biomasa relativa estuvo entre 0.01 - 0.4, manteniéndose estable para el 2020 (Figura 6-7, panel D). En tal sentido, a pesar de que la tasa de aprovechamiento vario en los últimos años (Aumento), la evaluación de esta especie se ve en buenas condiciones (Figura 6-7, panel E), dado que la curva de equilibrio presenta muchos datos agrupados en los niveles positivos. (Figura 6-7, panel F).

Finalmente, el análisis se completó con la construcción de una gráfica de fases probabilísticas de Kobe; en ella se muestra que la pesquería del escalar altum, 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 el estado ciertico 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 (Figura 6-9)

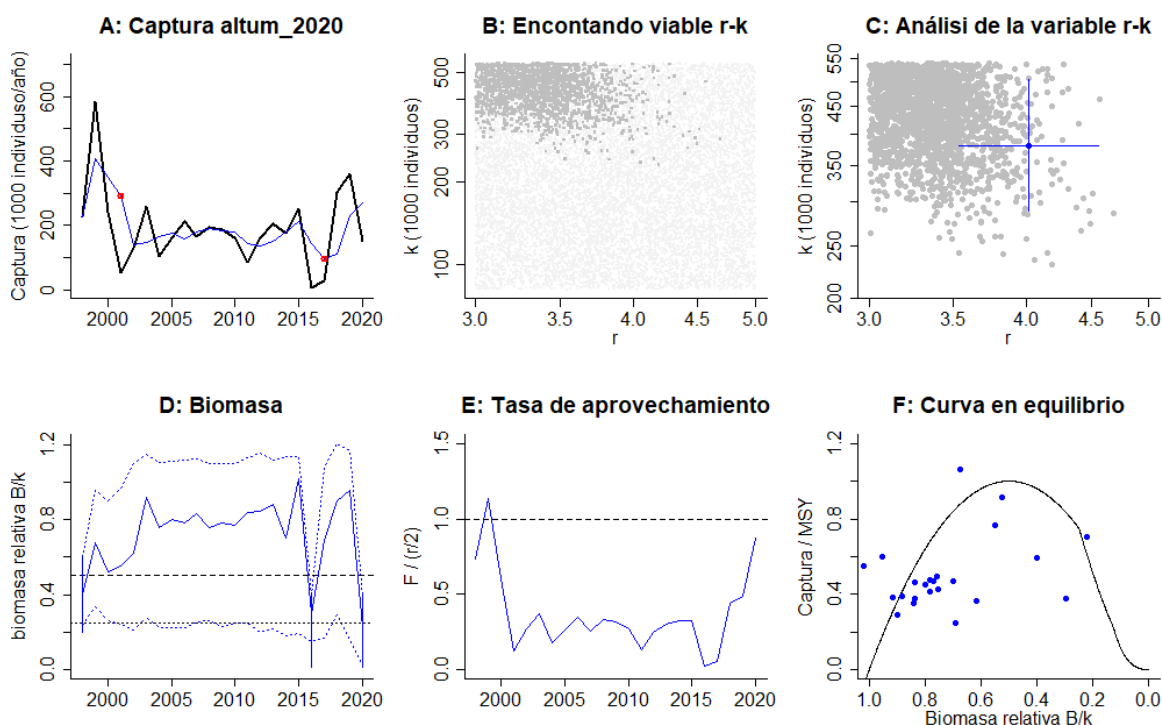


Figura 6-7. Resultados del análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /RMSY en relación con B/k, con sangría en $B/k < 0.25$ para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

La revisión de las capturas como un referente holístico de su comportamiento frente al MSY mostró que las estimaciones estuvieron, en la mayoría de los años por debajo de este punto de referencia; y con la relaciones de las tasas de biomasa relativas se encuentre bordeando, para el 2020 el límite crítico; así mismo la tasa de aprovechamiento (F/F_{msy}) está rondando su nivel de referencia por lo que se insinúa que puede deberse a un aumento en el esfuerzo de pesca o por los cambios ambientales presentes en el ecosistema. (Figura 6 8, Tabla 6-5, Tabla 6-6).

Tabla 6-5 Resultados del CMSY para las pesquerías del escalar altum *Pterophyllum altum*

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	3.97	3.52	4.49
K	385,000	295,000	503,000
MSY	383,000	271,000	542,000
biomasa relativa para el 2020	0.236	0.0265	0.396



Tabla 6-6. Resultados para el manejo de las pesquerías del escalor altum *Pterophyllum altum*

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	1.99	1.76	2.24	sí B > 0.5 Bmsy Fmsy = 0.5r	1.88
Fmsy	1.88	1.66	2.12		
MSY	383,000	271,000	542,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	193,000	147,000	252,000		
Biomasa en 2020	91,000	10,200	152,000		
B/Bmsy	0.472	0.0529	0.792		
mortalidad por pesca 2020	1.65	0.982	14.7		
Explotación F/Fmsy	0.876	0.532	7.82		

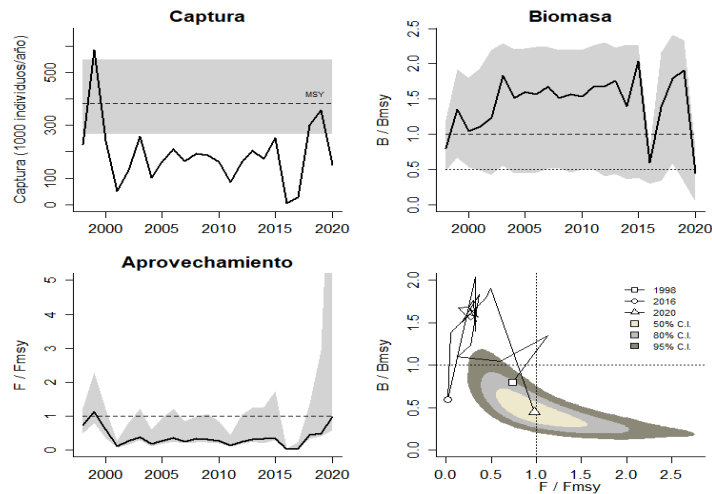


Figura 6-8. Análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior 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.

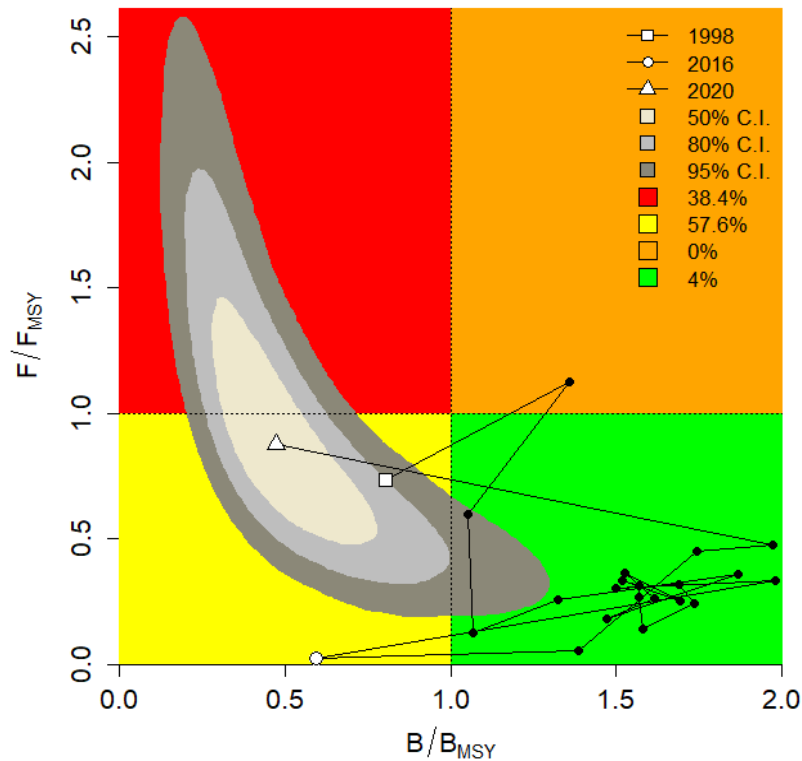


Figura 6-9. Análisis de las pesquerías de *Pterophyllum altum*, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

6.1.3.2 Conclusiones de las pesquerías del escalear altum *Pterophyllum altum*

Del ejercicio efectuado con las tres especies ésta es la que mejores condiciones presenta por lo que hay indicios de mantener la cuota establecida para la vigencia 2020. Al igual que las anteriores se debe tener en cuenta que estas pesquerías funcionan por la demanda comercial más que por la oferta natural que pueden influir en los cálculos que se realizaron sobre sus capturas.

En el caso particular de esta especie las condiciones que muestran mejora se pueden atribuir no solo a la cuota establecida sino a las medidas de manejo complementarias que se han tomado como la veda del 1 de enero al 30 de junio y el rango de talla para la comercialización medidas que se mantienen.

6.1.4 Pesquerías de cucha cúcuta *Ancistrus triradiatus* Eigenmann, 1918



Foto Galvis, G/Mojica J/Camargo M.

Es un recurso de hábitats demersales, habita la cuenca del Orinoco y el Lago de Maracaibo; es herbívoro de hábitos crepusculares y nocturnos (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

Su dieta se compone principalmente de perifiton y material vegetal, con consumo ocasional de pequeños insectos acuáticos. Presentan dimorfismo sexual, comportamiento territorial y cuidado parental en los machos (Ramírez-Duarte, Pineda-Quiroga, Martínez, & Eslava-Ochoa, 2011) (Ramírez-Gil, Ortega-Lara, Ajiaco-Martínez, & Pineda-Arguello, 2011).

Barreto-Reyes, y otros, 2015, calcularon la talla media de captura (TMC) en 53.1 mm de Ls y la talla media de madurez 35.9 (TMM) mm de Ls., en este documento se estimó que la especie tuvo un pico de madurez sexual en junio.

6.1.4.1 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 este recurso mostró el comportamiento normal de una pesquería en desarrollo; es decir capturas altas en los primeros años, luego una disminución prolongada, y después del 2015 se registra un aumento en las capturas (Figura 6-10, 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 y para el 2020 el valor del indicador baja aún más ubicándose en el rango de 0.01 - 0.25; 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 6-10, 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 6-10, 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 6-10, panel F)

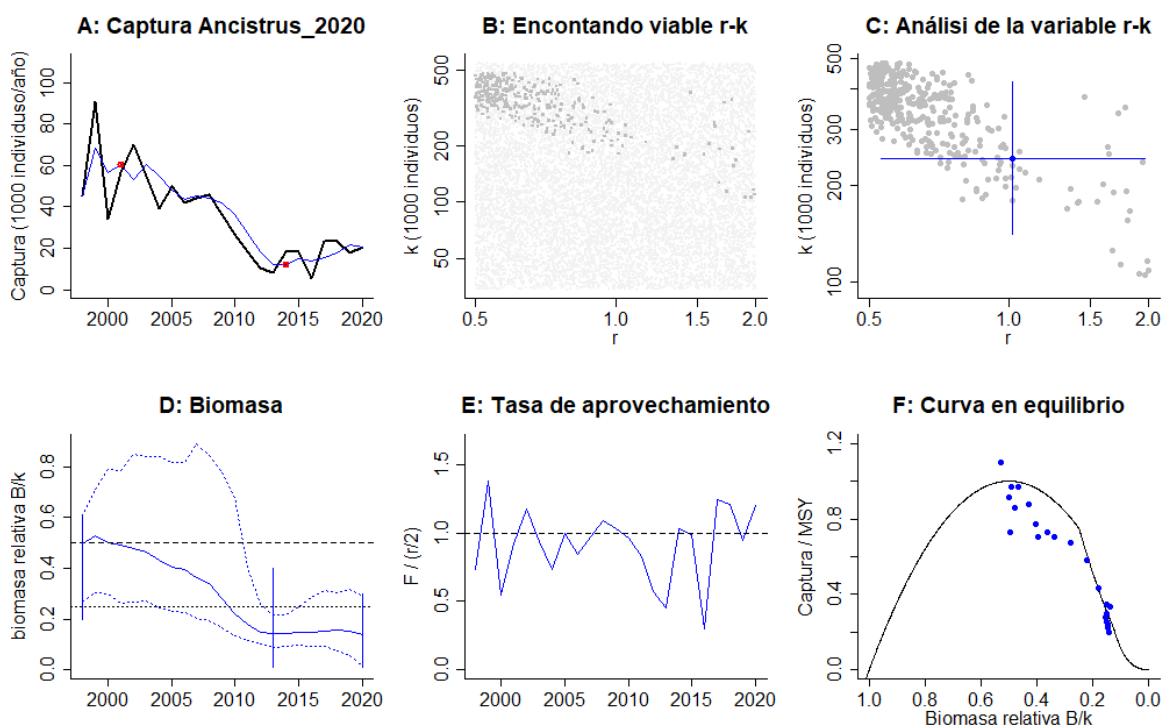


Figura 6-10. Resultados del análisis de las pesquerías de *Ancistrus triradiatus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 MSY que fue sostenible hasta el año 2009, de allí en adelante la pesquería se ha 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 6-11).

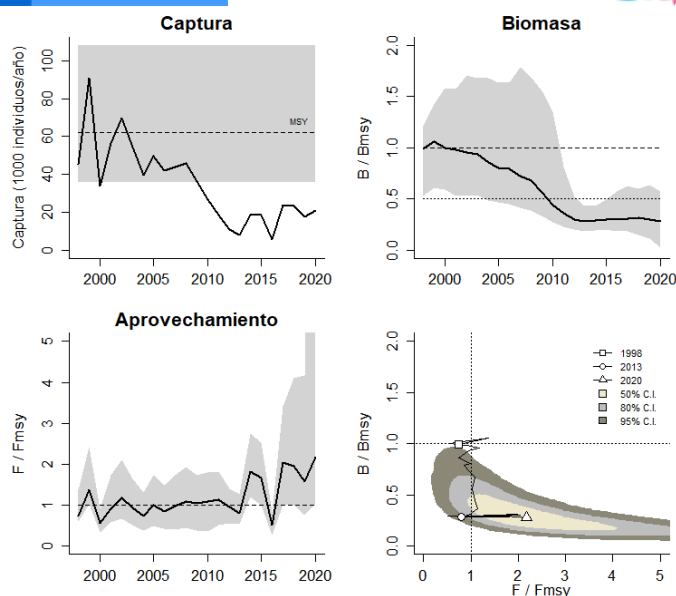


Figura 6-11. Análisis de las pesquerías de *Ancistrus triradiatus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente 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.

Los resultados más relevantes se dieron con la tasas intrínseca de crecimiento que muestro un recurso con una tasas de resiliencia alta, con una capacidad de carga (k) razonable para los niveles de capturas no muy intensa, pero los resultados del MSY no muestran que se pueda tener altos niveles de aprovechamiento, esto se detectó con los resultados del indicador de la biomazas relativas que estuvieron por debajo del 0.5 (Tabla 6-56)

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

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.01	0.563	1.79
K	244,000	148,000	401,000
MSY	61,300	39,100	96,000
biomasa relativa para el 2020	0.154	0.0189	0.292

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 el más bajo 0.309 año⁻¹, que se muestra porque la tasa de explotación F/F_{msy} es superior a 1 que es el límite de equilibrio (Tabla 6-56).

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

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Fmsy	0.503	0.281	0.897	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.309
Fmsy	0.309	0.173	0.551		
MSY	61,300	39,100	96,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	122,000	74,000	201,000		
Biomasa en 2020	37,500	4,610	71,300		
B/Bmsy	0.307	0.0378	0.585		
mortalidad por pesca 2020	0.556	0.292	4.52		
Explotación F/Fmsy	1.8	0.945	14.6		

El análisis del comportamiento histórico de la pesquería para esta especie, se proyectó sobre el gráfico probabilístico de fases de Kobe; se encontró que solo 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 de 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. En tal sentido, 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 (Figura 6-12)

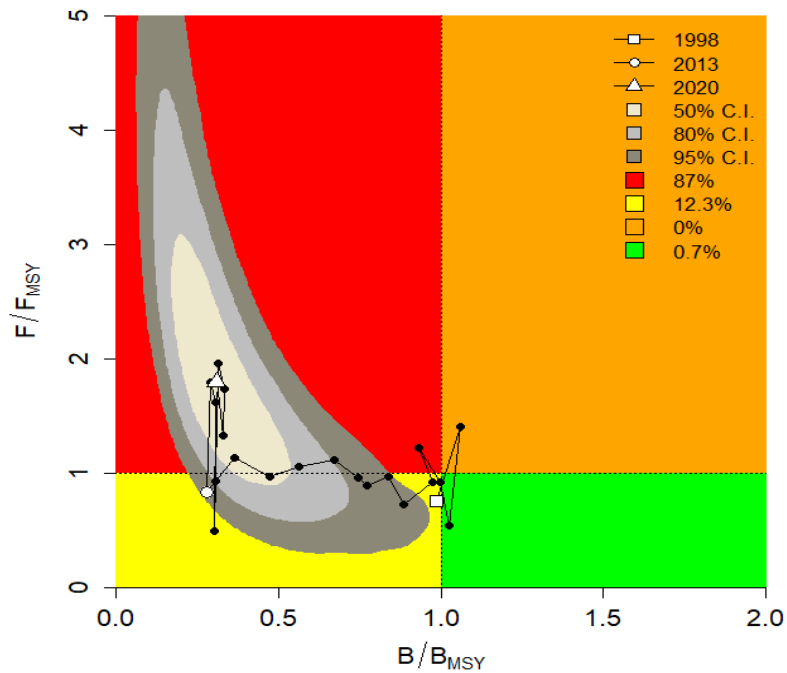


Figura 6-12. Resultados del grafico probabilístico de fases de Kobe para la cucha cúcuta *Ancistrus triradiatus* en la Orinoquia colombiana

6.1.4.2 Conclusiones de las pesquerías del cucha cúcuta *Ancistrus triradiatus*.

Teniendo en cuenta que las pesquerías no mostraron un estado saludable de rendimiento y que el resultados de la modelación mostro un MSY de 61,300 individuos (31,100 – 96,000), se recomienda utilizar una cuota relacionada con la pendiente de la tangente al 10% que dio como resultado 29,896 individuos.

6.1.5 Pesquerías del cuchillo negro *Apteronotus galvisi* Santana, Maldonado-Ocampo & Crampton, 2007



Foto Ortega, A.

Se distribuye en las cuencas de la Orinoquia y de la Amazonía, aunque no hay información directa sobre esta especie en particular, las otras del género son micro predadores de insectos que habitan en grietas y fondos arenosos (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015), estimaron las tallas medias de captura (TMC) en 103.5 mm de Ls, y la talla media de madurez sexual (TMM) 67.3 mm de Ls., y reportaron una época de madurez sexual para octubre.

6.1.5.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de cuchillo negro *Apteronotus galvisi*.

El análisis del comportamiento de las capturas en la serie histórica 1998 - 2020, es similar al que se puede presentar en cualquier pesquería, se destaca que en los tres últimos años hay un pequeño aumento en las capturas (Figura 6-13, panel A), por lo tanto el análisis de las biomazas bajo el indicativo de las biomazas relativas (B/K) presento como rangos prior, de ésta tasa que para el 1998 estuvo entre 0.4 a 0.8, para el año de quiebre 2016, el rango fluctuó entre 0.01 - 0.4, y para el 2020 éste fue de 0.01 - 0.25 (Figura 6-13, panel D), de otra parte, la tasa de aprovechamiento, medida con su indicador de $F/(r/2)$, muestra una condición positiva en los primeros años, sin embargo, la pesquería de ésta especie se ha mantenido en niveles altos, lo cual no es un buen signo en cuanto a la estabilidad de la pesquería (Figura 6-13, panel E), finalmente, la curva de equilibrio muestra que las pesquerías han tenido un 30% de sus rendimientos en niveles buenos un 10% en estado máximo del MSY, y el resto en la zona de máximo aprovechamiento (Figura 6-13, panel F)

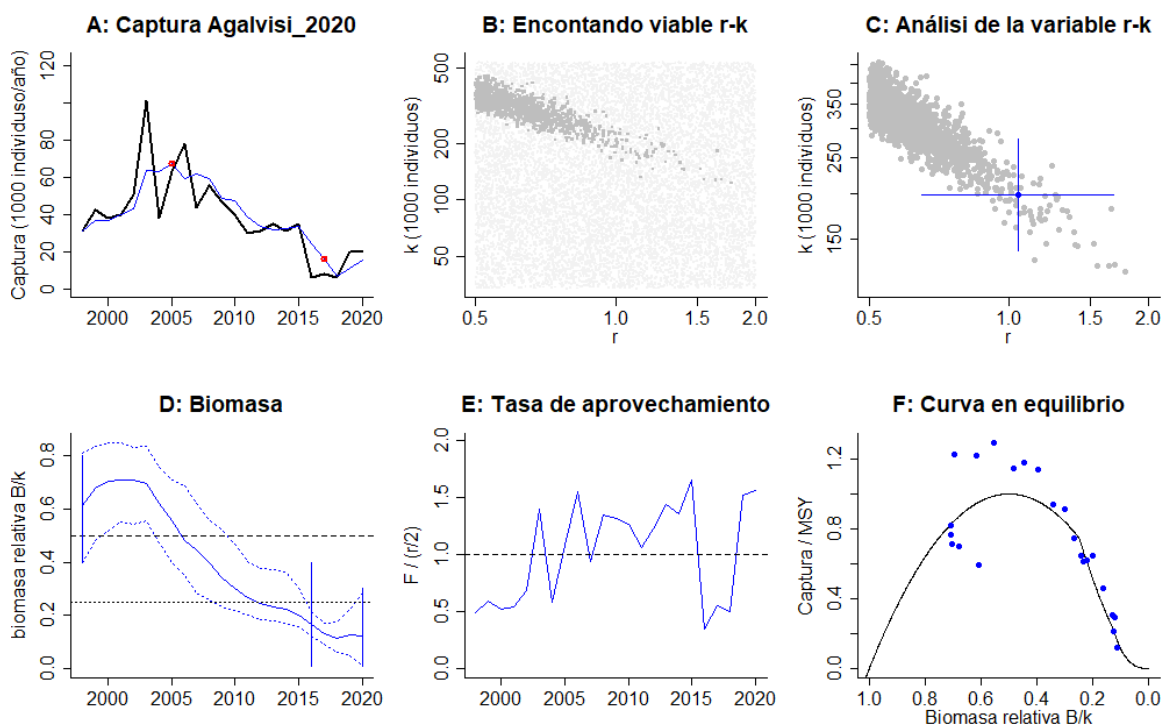


Figura 6-13. Resultados del análisis de las pesquerías de *Apteronotus galvisi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con

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. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM.

De otra parte el análisis de la comparación de las capturas frente a su punto de referencia MSY, mostro que la mitad de la serie estuvieron próximos o incluso sobre este referente, y la otra parte han estado por debajo, de esta manera las biomosas analizadas con su tasa de aprovechamiento relativo (B/B_{msy}) muestra que después del 2010 la sustentabilidad de la pesquería puede estar comprometida, teniendo en cuenta que el índice de F/F_{msy} es muy alto especialmente en los últimos años (Figura 6-14).

Con el fin de presentar una visión general del comportamiento de la pesquería de esta especie, se utilizó el grafico de fases probabilísticas de Kobe, el cual muestra que durante los primeros años el nivel de aprovechamiento de la especie fue óptimo, luego y, por dos años consecutivos, se mantuvo en la franja de pleno aprovechamiento, y posteriormente (con excepción de 2016) el comportamiento de la pesquería permaneció en la zona crítica. Para el 2020 la posibilidad estadística de que la pesquería de *Apteronotus galvisi* permanezca en la zona critica es del 99.9% (Figura 6-15)

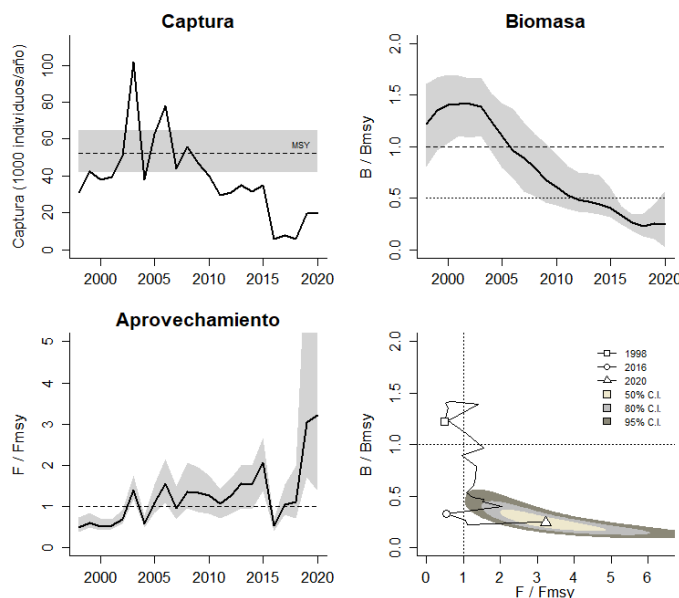


Figura 6-14. Análisis de las pesquerías de *Apteronotus galvisi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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.

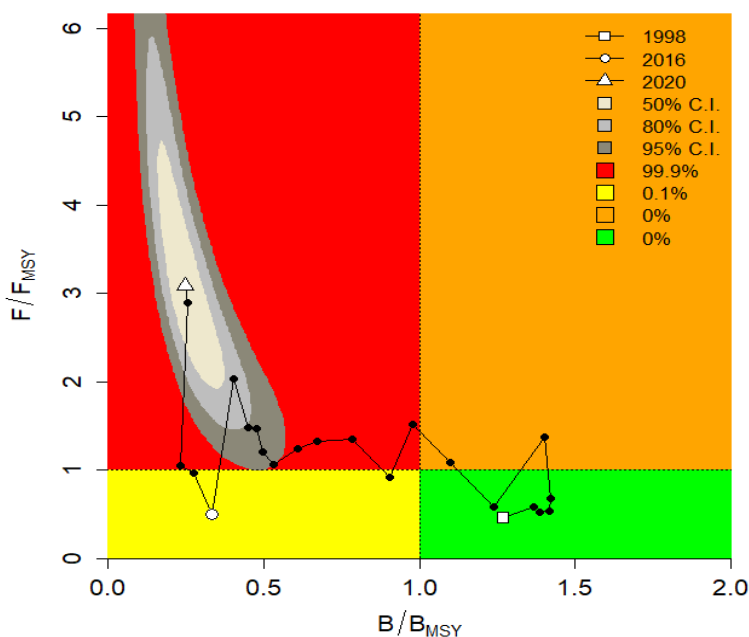


Figura 6-15. Análisis de las pesquerías de *Apteronotus galvisi*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Los resultados del análisis CMSY, muestran que este recurso con una tasa intrínseca de crecimiento (r), representa un recursos de alta resiliencia; la capacidad de carga de la especie es de regular abundancia, comparada con otras especies de la región, esto significa que el rendimiento máximo sostenible (MSY) no es muy alto y dado que la biomasa relativa es menor de 0.5, se observa que la estabilidad de esta especie presenta en una condición preocupante (Tabla 6-9)

Tabla 6-9. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el cuchillo negro cúcuta en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.04	0.609	1.78
K	202,000	144,000	284,000
MSY	52,700	42,700	65,000
biomasa relativa para el 2020	0.123	0.014	0.291

En cuanto a la mortalidad por pesca, el análisis MSY indica que la abundancia de la especie decreció más allá del límite permitido de $0.5B$ (representado por el número de individuos), igualmente se encontró que el indicador de biomasa relativa (igualmente representado por el número de individuo) es bajo lo que alerta sobre el peligro para la estabilidad del recurso; finalmente la tasa de explotación F/F_{msy} es alta (Tabla 6-10).

Tabla 6-10. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cuchillo negro *Apteronotus galvisi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.52	0.304	0.899	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.257
Fmsy	0.257	0.154	0.439		
MSY	52,000	42,700	65,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	101,000	72,100	142,000		
Biomasa en 2020	25,000	2,830	58,800		
B/Bmsy	0.247	0.0279	0.581		
mortalidad por pesca 2020	0.792	0.336	6.99		
Explotación F/Fmsy	3.08	1.31	27.2		

6.1.5.2 Conclusiones de las pesquerías del cuchillo negro *Apteronotus galvisi*.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, que en general no son favorables medidos tanto en los índices de abundancia como en los factores estimados de la mortalidad por pesca, sobre el MSY que fue de 52,000 (42.700 a 65,000) se recomienda tener en cuenta el límite inferior como posible valor para las cuotas de pesca.

6.1.6 Pesquerías de estrigata marta *Carnegiella marthae* Myers, 1927

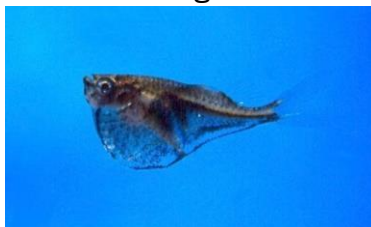


Foto Landines, M.

Se distribuye en la cuenca del Orinoco y el río Negro, se alimenta de insectos tanto terrestres como acuáticos, tiene la propiedad de saltar fuera del agua cuando es perseguida (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007), Se alimenta casi exclusivamente de insectos capturados en superficie (Ruiz-Vanegas, Ajiaco-Martinez, & Ramírez-Gil, 2001).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015), estimaron la talla media de captura (TMC) en 21.3 mm de Ls y la talla media de madurez (TMM) en 21.2 mm de Ls.

6.1.6.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la estrigata marta *Carnegiella marthae* para la cuenca de la Orinoquia.

El análisis de las series históricas (1998 – 2020) de las capturas 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 6-16, 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 - 0.25 (Figura 6-16, 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 (Figura 6-16, panel E).

Respecto a la curva en equilibrio 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 de la especie, comprometiendo su estabilidad (Figura 6-16, panel F).

El Análisis de la relación entre las capturas y su punto de referencia MSY , muestra que la pesquería de este recurso en la Orinoquia fue positiva durante los 15 primeros años del periodo de análisis, pero luego ha ido disminuyendo paulatinamente, al observar lo que ocurrió con la biomasa (calculada con base al número de individuos capturados), se repite la secuencia, 15 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 $0.5 B/B_{msy}$, condición que puede estar indicando que la especie no pueden renovar su población para sostener el MSY (Figura 6-17).

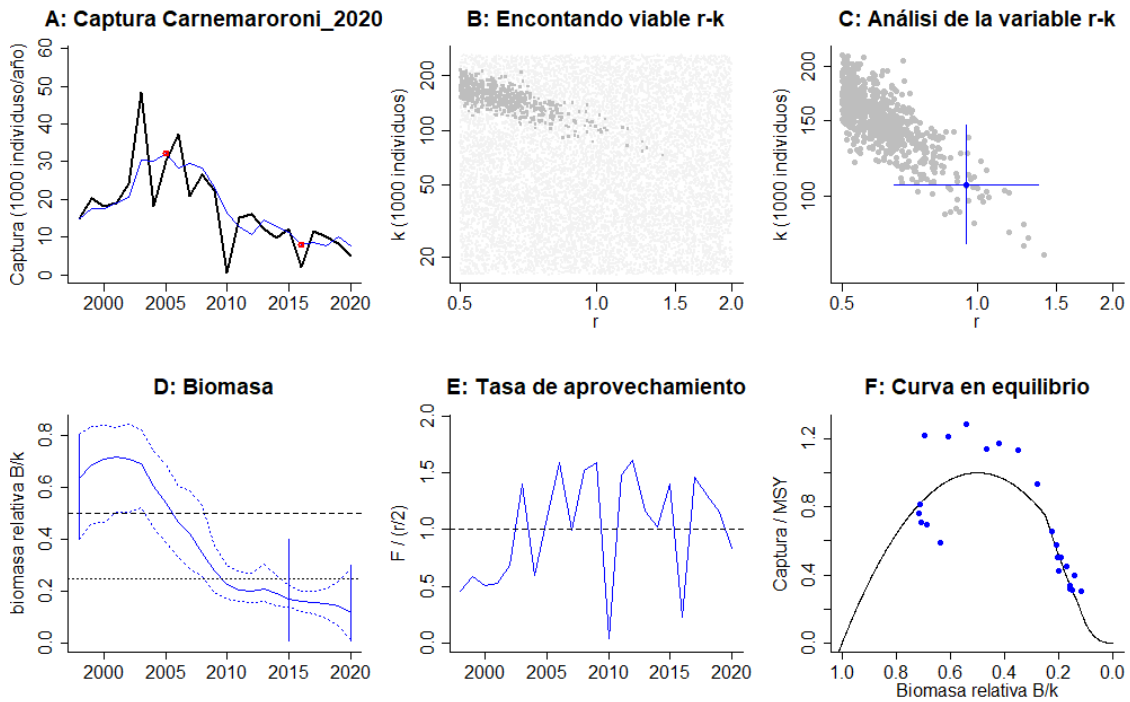


Figura 6-16. Resultados del análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae* en la Orinoquia colombiana utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, 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 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.

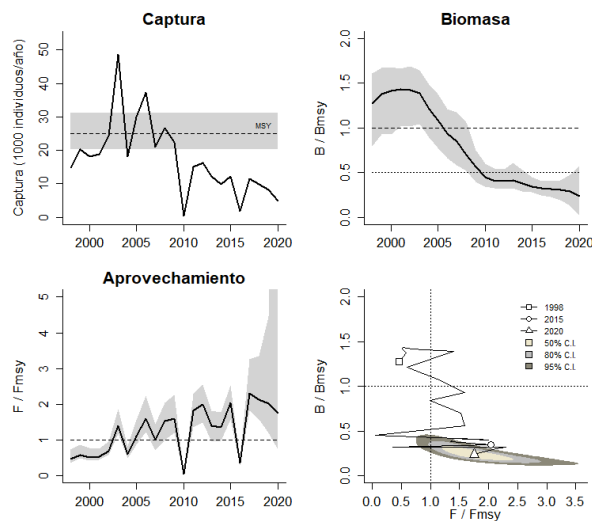


Figura 6-17. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae*, de la Orinoquia colombiana. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa 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 biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

En la Figura 6-18 se presenta un resumen de la historia de la pesquería de esta especie para la cuenca de la Orinoquía, utilizando el gráfico de fases probabilístico de Kobe; En términos generales se encuentra que, en los cinco primeros años, la pesquería se localizó en la zona de optimo 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 se encuentre en una condición crítica es del 88.8% y solamente hay un 12% de probabilidad que este en la zona de recuperación.

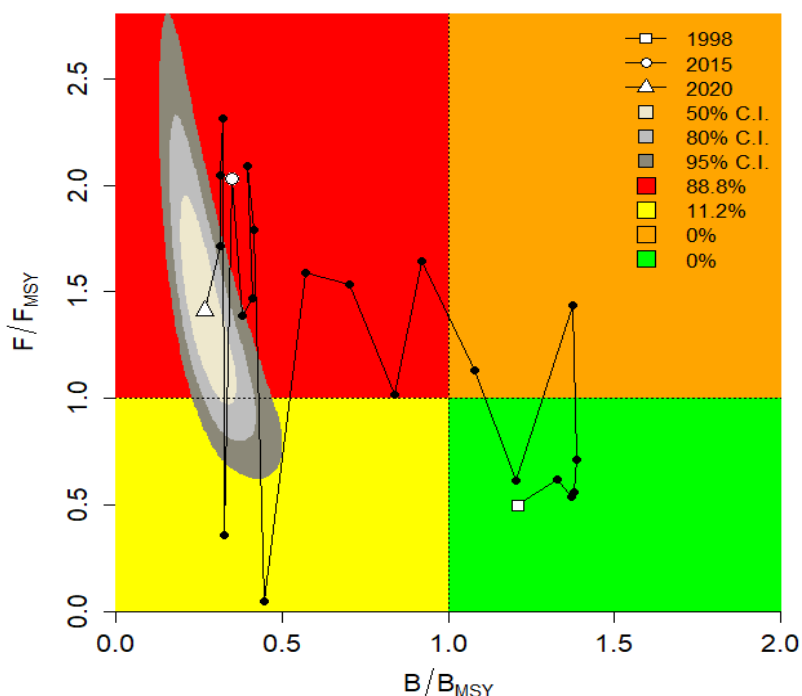


Figura 6-18. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae* en la Orinoquia, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

Los resultados del análisis CMSY, muestran que el recurso tiene una resiliencia entre una media a alta, con una densidad poblacional de capacidad mediana (K), un Rendimiento máximo sostenible (MSY) medio, en comparación los otros recursos analizados, y finalmente es importante resaltar que las tasas relativas de biomazas indican que esta especie está siendo objeto de una alta presión de pesca (Tabla 6-11).

Tabla 6-11. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la estrigata marta *Carnegiella marthae* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.863	0.615	1.21
K	114,000	84,600	154,000

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
MSY	24,600	19,300	31,400
biomasa relativa para el 2020	0.133	0.0143	0.281

Teniendo en cuenta que la estrigata marta presenta una presión de pesca superior al 0.5B 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/Bmsy son bajas, por lo que se considera que el recurso tiene una alta presión de pesca (Tabla 6-12)

Tabla 6-12. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cuchillo negro *Carnegiella marthae* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.431	0.307	0.606	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.23
Fmsy	0.23	0.164	0.322		
MSY	24,600	19,300	31,400		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	57,000	42,300	76,900		
Biomasa en 2020	15,200	1,630	32,100		
B/Bmsy	0.266	0.0286	0.526		
mortalidad por pesca 2020	0.325	0.154	3.03		
Explotación F/Fmsy	1.41	0.669	13.2		

6.1.6.2 Conclusiones de las pesquerías del estrigata marta *Carnegiella marthae* en la Orinoquia.

Revisando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que la pesquería se encuentra en niveles críticos y que el MSY tiene un valor de 24,600 unidades en un rango de (19,300 - 31,400), se aconseja tomar el imite inferior (19,300) como la cuota de pesca para la vigencia 2022.

6.1.6.3 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de la estrigata marta para la cuenca de la Amazonía.

La trayectoria histórica de esta pesquería, presenta un comportamiento estándar; es decir, tiene un comienzo en ascenso hasta que encuentra su nivel máximo el cual se dio hacia el año 2005, luego empieza a descender llegando a un mínimo en el año 2015 (línea azul Figura 6-19, panel A).

El análisis de las biomazas (registradas en número de individuos) muestra que la pesquería se mantuvo en un nivel adecuado hasta el año 2006, y a partir de 2011 pasó a un nivel crítico; Así las cosas la distribución de los valores de la biomasa relativa (B/K) estuvo en el 2018 entre 0.4 - 0.8, luego en el año de quiebre 2015 estuvo en el rango de 0.01 - 0.4 y en el 2020 el rango fue de 0.01 - 0.25 (Figura 6-19, panel D).

La tasa de aprovechamiento ha tenido un comportamiento ligeramente diferente a los resultados antes analizados, esto es, ha subido y bajado con respecto al punto de referencia; para el 2020 se observa que la tasa de aprovechamiento se mantiene por debajo del valor de referencia mostrando una ligera mejoría (Figura 6-19, panel E).

Con respecto al análisis de la curva de equilibrio, se observa que el 20% de los datos se encuentran en el lado óptimo, mientras que el 15% se encuentran en el nivel máximo y un 65% de los valores están en el área crítica (Figura 6-19).

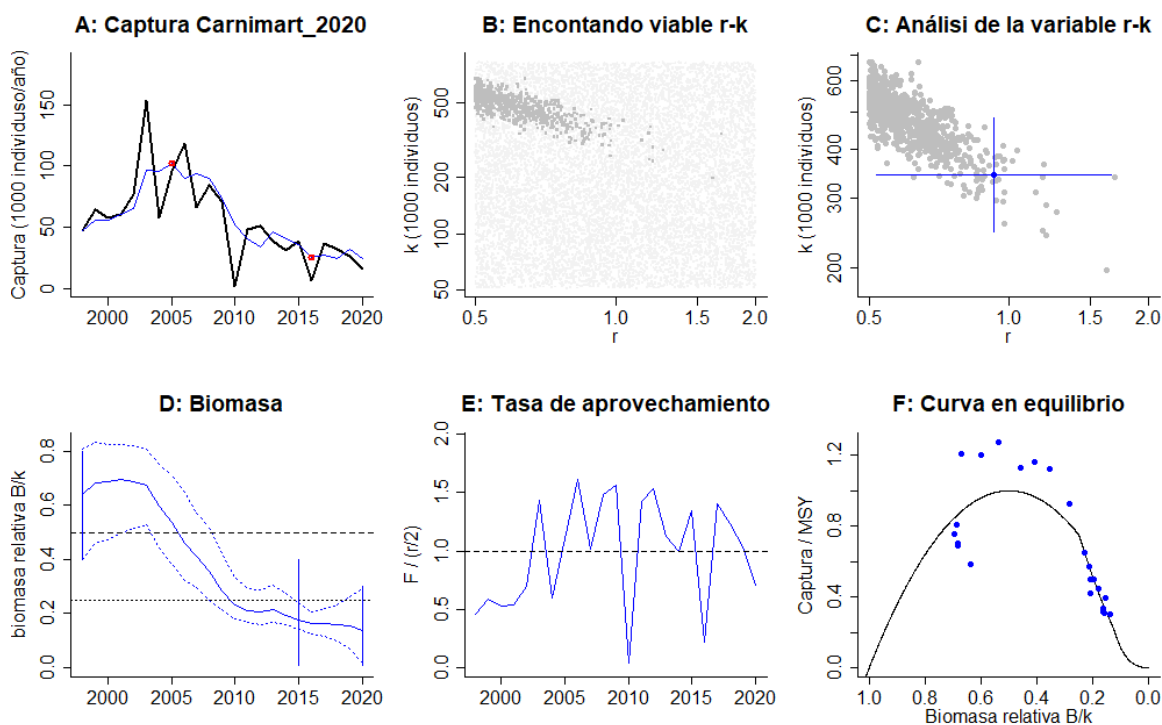


Figura 6-19. Resultados del análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae* en la Amazonia colombiana, utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, 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 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 resultados del análisis del comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY, muestran que durante los primeros 15 años la condición de la pesquería se mantuvo

estable, sin embargo a partir del año 2006 se observa un descenso continuo de la pesquería; así mismo la biomasa (calculada con base al número de individuos capturados) mostro que hasta el 2006 la biomasa se mantuvo en niveles adecuados; luego entre los años 2006 a 2009 se observa una reducción significativa llegando a un nivel de alerta, manteniéndose allí, en el año 2020. (Figura 6-20).

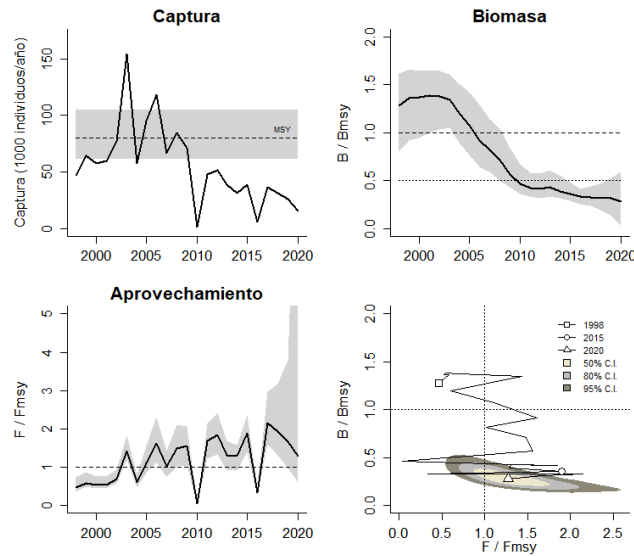
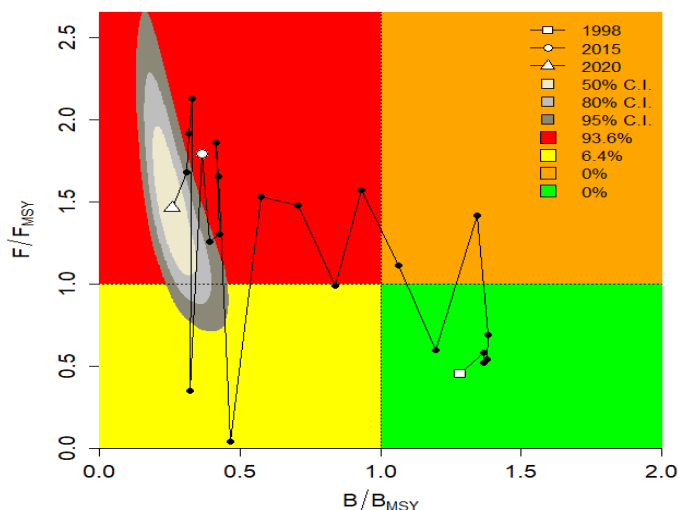


Figura 6-20. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae* en la Amazonia colombiana. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa 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.

En la Figura 6-21, se presenta el resultado del análisis del comportamiento a través del tiempo de los reportes de la abundancia de *Carnegiella marthae* en la Amazonía, utilizando el gráfico de fases probabilísticas de Kobe; se encontró que durante los primeros cinco años la pesquería estuvo bien controlada, sin embargo años después pasó a la fase de plena explotación y posteriormente se pasó a la región crítica, de tal manera que para el 2020 la probabilidad de

estar en la zona crítica es de 93.6%, mientras que la probabilidad de pasar a la zona de



recuperación solo es del 6.4%

Figura 6-21. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella marthae* en la Amazonía, utilizando el gráfico de fases de Kobe

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional mostro que el recurso es de alto nivel, y su capacidad de carga es superior al cuarto de millón de unidades, pero su punto de referencia (MSY) es relativamente bajo, ya que su indicador de biomasa relativa tiene niveles preocupantes (Tabla 6-13).

Tabla 6-13. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para *Carnegiella marthae* en la Amazonia colombiana.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	0.966	0.493	1.89
K	334,000	239,000	469,000
MSY	80,700	62,800	104,000
biomasa relativa para el 2020	0.129	0.0141	0.294

El resultado del análisis de la mortalidad por pesca en MSY, muestra que, los valores de la densidad son inferiores al valor de referencia; de igual forma se observa que la biomasa (en número) ha defendido al 50%, y los otros dos indicadores de mortalidad por pesca 2020 y la tasa de aprovechamiento F/F_{msy} son preocupantes (Tabla 6-14).

Tabla 6-14. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para *Carnegiella marthae* en la Amazonia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
		inferior	superior		
F_{msy}	0.483	0.247	0.945	sí $B > 0.5 B_{msy}$ $F_{msy} = 0.5r$	0.249
F_{msy}	0.249	0.127	0.487		

MSY	80,700	62,800	104,000
		Percentil 2.5	Percentil 97.5
Bmsy	167,000	119,000	234,000
Biomasa en 2020	43,000	4,700	98,200
B/Bmsy	0.257	0.0281	0.587
mortalidad por pesca 2020	0.363	0.159	3.33
Explotación F/Fmsy	1.46	0.641	13.4

6.1.6.4 Conclusiones de las pesquerías de *Carnegiella marthae* para la Amazonía.

La estimación del punto de referencia MSY es 80,700 individuos, con un intervalo de confianza del 95% establecido en el rango de los 62,800 a 104,000 peces; teniendo en cuenta los resultados de la dinámica poblacional de la especie *Carnegiella marthae*, se recomienda establecer la cuota de pesca en 62,800 individuos que corresponde al límite inferior de esta evaluación.

6.1.7 Pesquerías de nariz de borracho *Hemigrammus bleheri* Géry & Mahnert, 1986



Foto Hoffmann, P y M. Hoffmaann

Se distribuye en la cuenca del Orinoco, específicamente ha sido reportado para las cuencas de los ríos Negro en Brasil y el río Meta en Colombia (Behegaray, Chae, & Caccone, 2005). Los registros muestran que la especie es omnívora e incluye algas, vegetales, anélidos y pequeños crustáceos (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) determinaron la talla media de captura (TMC) en 26.5 mm de Ls., y un pico de madurez sexual para julio con su talla media de madurez (TMM) de 25.8 mm de Ls.

6.1.7.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de nariz de borracho *Hemigrammus bleheri*.

La información histórica de las capturas de *Hemigrammus bleheri*, muestra que la pesquería 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 6-22, 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 mantuvo 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 2020 se estrechó a tan solo 0.01 a 0.5 (Figura 6-22, 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 22, 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 6-22, 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 6-22, panel F).

Con este derrotero se estudió el comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY y se encontró que hasta el 2009 las pesquerías se mantuvieron en un estado óptimo, pero luego entraron en crisis y no se han recuperado, el análisis de las biomاسas frente a la tasa de referencia (B/B_{msy}) mostró que hasta el 2006 se mantuvo en un estado equilibrado, donde cruzó esta referencia y en el 2007 ya estuvo por debajo del límite del 0.5 de la tasa, que prende las alarmas, 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 ha buscado estar cerca del nivel de equilibrio (Figura 6-23)

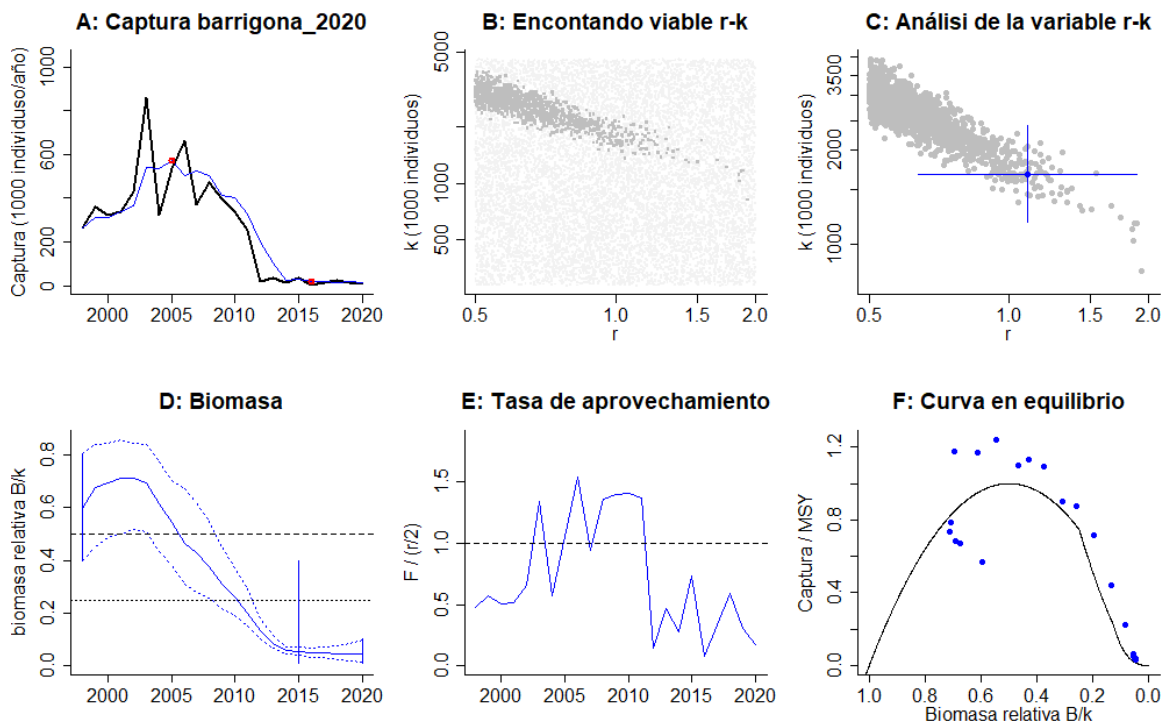


Figura 6-22. Resultados del análisis de las pesquerías de *Hemigrammus bleheri* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con



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%. 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.

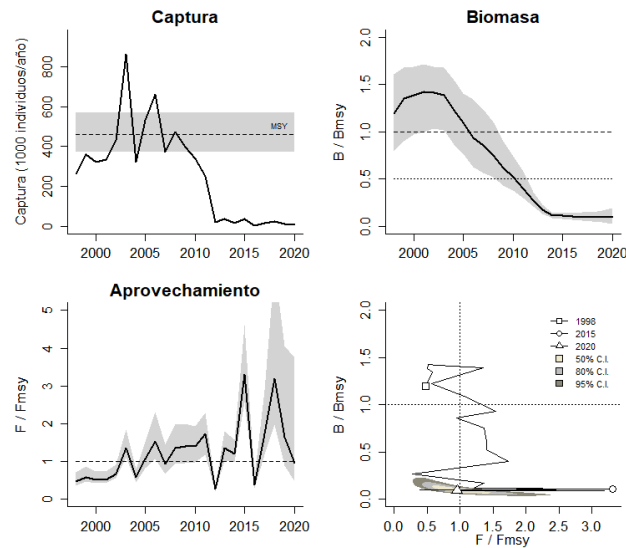


Figura 6-23. Análisis de las pesquerías de *Hemigrammus bleheri*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 6-24, muestra el estado de la pesquería de *H. bleheri*; mediante el análisis de las fases probabilísticas de Kobe, 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 permanezca en la zona de recuperación es del 43.5% mientras

que la probabilidad de entrar a la zona crítica es del 56.5% .

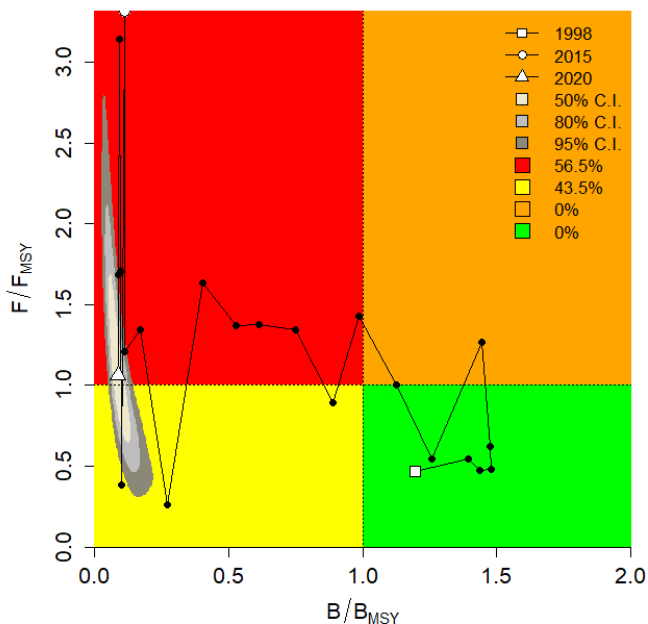


Figura 6-24. Análisis de las pesquerías de *Hemigrammus bleheri*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

La tasa intrínseca de crecimiento poblacional muestra que la especie *Hemigrammus bleheri*, tiene un alto nivel de resiliencia, con una de las más altas valoraciones de su capacidad de carga (K), e igualmente un nivel de rendimiento máximo sostenible (MSY) alto 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 6-15)

Tabla 6-15. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para nariz de borracho *Hemigrammus bleheri* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	1.21	0.8	1.83
K	1,556,000	1,048,000	2,309,000
MSY	470,000	380,000	583,000
biomasa relativa para el 2020	0.043	0.0117	0.0943

En cuanto a los valores de referencia relacionados con la mortalidad por pesca en MSY, como el modelo presenta dos alternativas, se eligió la más, 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 2020 se muestran considerablemente disminuidas, esta situación se vio ratificada por las tasas de referencia B/Bmsy y F/Fmsy que presenta niveles muy bajos (Tabla 6-16).

Tabla 6-16. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cuchillo negro *Hemigrammus bleheri* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.605	0.4	0.913	sí B >0.5	0.104
Fmsy	0.104	0.0689	0.157	Bmsy Fmsy =0.5r	
MSY	470,000	380,000	583,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	778,000	524,000	1,155,000		
Biomasa en 2020	67,000	18,200	147,000		
B/Bmsy	0.0861	0.0233	0.189		
mortalidad por pesca 2020	0.111	0.0506	0.409		
Explotación F/Fmsy	1.06	0.486	3.93		

6.1.7.2 Conclusiones de las pesquerías de *Hemigrammus bleheri*.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de los análisis de CMSY, en los cuales se calculó la cantidad de MSY en 470,000 individuos (380,000 a 583,000), se presentan dos alternativas de manejo de esta pesquería para el año 2022:

1. Generar una veda.
2. Establecer la cuota con el 10% de la tangente del modelo lo que corresponde a 200,000 individuos.

6.1.8 Pesquerías de catalina común *Bunocephalus amaurus* Eigenmann, 1972



Foto Ortega, A.

Se distribuye en la cuenca de los ríos Orinoco y Amazonas. Esta es una especie detritívora entomófaga, su reproducción es estimulada por las lluvias (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) calcularon la talla media de captura (TMMC) en 44.5 mm de Ls., una talla media de madurez sexual en 26.8 mm Ls., y un periodo de madurez sexual en junio y octubre.

6.1.8.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías de catalina común *Bunocephalus amaurus*.

Definitivamente las pesquerías de este recurso han sido totalmente atípicas, ya que tuvo un comienzo alto y luego decayó, solamente para el 2015 empieza de nuevo a mostrar niveles interesantes de pesca, es posible que en este recurso el impacto de demanda de la parte comercial han tendió efecto en este sistema (Figura 6-25, panel A)

La relación de las biomazas frente a su indicador B/K presentó un comportamiento fuera de lo esperado ya que se inició con disminución y se recuperó estuvo estable hasta el 2015 y a partir de allí se ha disminuido, las tasas de abundancia han tenido un rango inicial en 1998 entre 0.2 a 0.45, paso en el año de quiebre 2016 entre 0.5 a 0.9, para el 2020 ésta estuvo entre 0.01 a 0.21 (Figura 6-25, panel D)

La **tasa de aprovechamiento** también estuvo fuera de lo normal en la mayoría de los años estuvieron por debajo de valor de referencia, que en líneas generales es bueno solo en los últimos años ha subido (Figura 6-25, panel E), la **curva en equilibrio** presento que el 80% de los valores estuvieron en el área positiva (Figura 6-25, panel F)

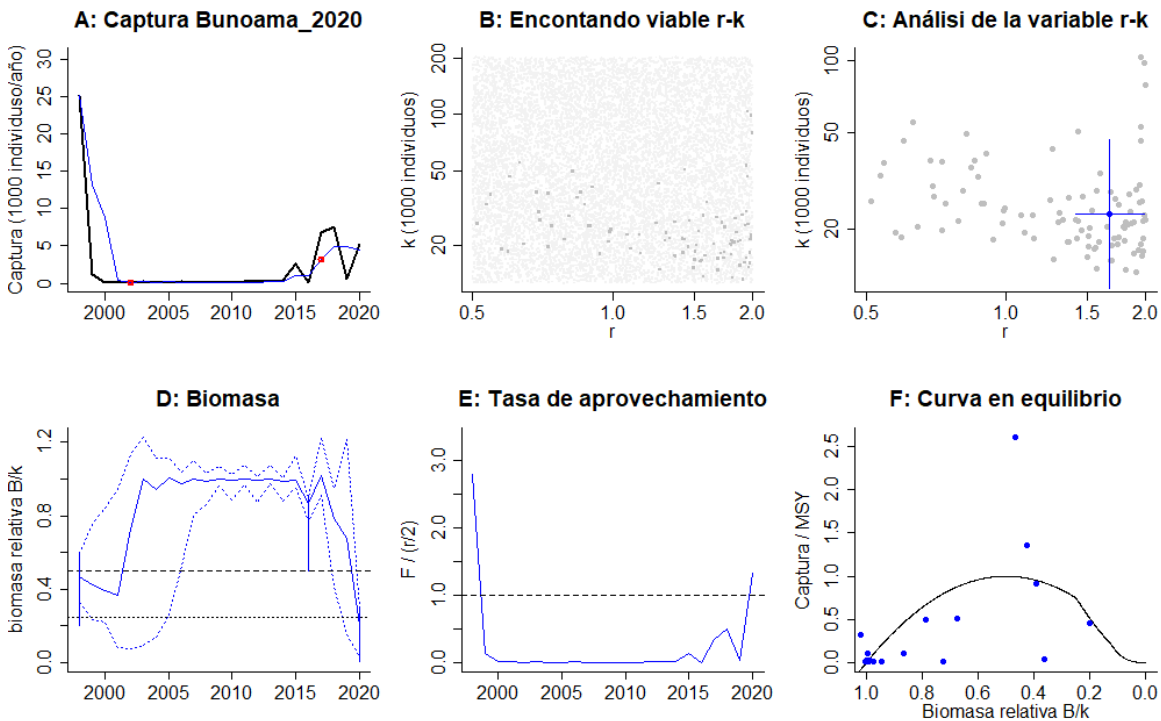


Figura 6-25. Resultados del análisis de las pesquerías de *Bunocephalus amaurus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /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 de las capturas frente a su punto de referencia mostró que se ha estado muy cerca de los límites de confianza, las **biomasas** estuvieron por encima excepto para el 2020 que disminuyó ostensiblemente, situación que es calcada en el **aprovechamiento** (Figura 6-26)

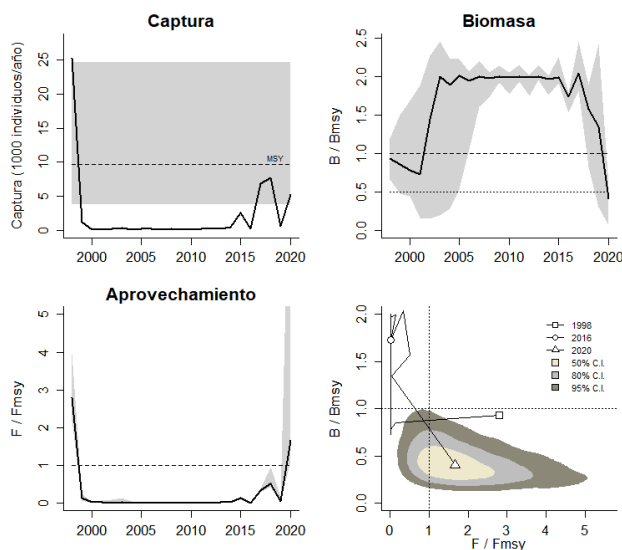


Figura 6-26. Análisis de las pesquerías de *Bunocephalus amauros*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=Fmsy$ [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.

En cuanto al diagnóstico general de la gráfica de fases probabilísticas mostró que el recurso se ha mantenido, en la mayoría de los años en la zona óptima, solamente para el 2020 se cruzó la fase crítica, por ello para este año la probabilidad de esta en la zona crítica es de 650.6%, con un 39.4% de estar en la zona de recuperación (Figura 6-27).

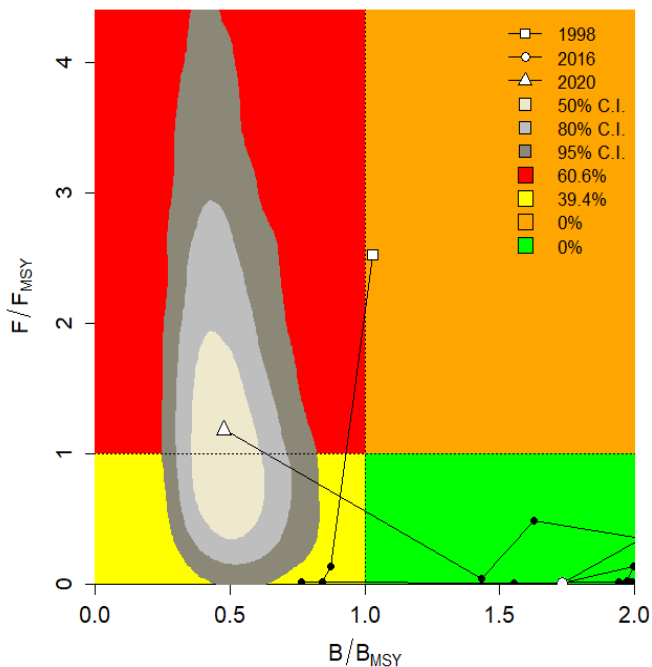


Figura 6-27. Análisis de las pesquerías de *Bunocephalus amaurus*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Los resultados del análisis CMSY, muestra que el recurso tiene una tasa de resiliencia alta, pero una baja capacidad de carga del ecosistema, así mismo el punto de referencia mostro un nivel bastante bajo, así como una biomasa relativa por debajo del esperado de 0.5 (Tabla 6-17).

Tabla 6-17. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la catalina común *Bunocephalus amaurus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.72	1.49	1.99
K	22,600	10,100	50,600
MSY	9,740	2,910	32,600
biomasa relativa para el 2020	0.238	0.0354	0.287

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 biomásas, 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 6-18)

Tabla 6-18. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la catalina común *Bunocephalus amaurus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.862	0.747	0.995	sí B >0.5	0.822
Fmsy	0.822	0.712	0.948	Bmsy Fmsy =0.5r	
MSY	9,740	2,910	32,600		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	11,300	5,040	25,300		
Biomasa en 2020	5,380	800	6,490		
B/Bmsy	0.476	0.0708	0.575		
mortalidad por pesca 2020	0.97	0.804	6.53		
Explotación F/Fmsy	1.18	0.979	7.94		

6.1.8.2 Conclusiones de las pesquerías de la catalina común *Bunocephalus amaurus*.

Analizadas las variables sobre el estado de salud de *Bunocephalus amaurus*, se concluye que, a pesar de no tener el ideal para el 2020, el recurso se ha mostrado saludable, por lo tanto, se recomienda establecer la cuota de pesca en el valor estimado de MSY de 9,740 individuos (2,910 a 32,600).

6.1.9 Pesquerías de crinicara *Dicrossus filamentosus* (Ladiges, 1958).



Foto Gordon A.

Se distribuye en la cuenca del río Amazonas, en la cuenca del río Orinoco desde Puerto Inírida a Maripa en Venezuela. Para la especie no se cuenta con más información sobre su biología y su pesquería como ornamental.

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) calcularon la talla media de captura (TMC) en 19.8 mm de Ls., una talla de madurez sexual (TMM) 26.7 mm de Ls., y se estampo una época de madurez sexual en mayo – junio.

6.1.9.1 Modelos CMSY y BSM para el análisis de las pesquerías la catalina común *Dicrossus filamentosus*.

Las pesquerías de este recurso tuvieron un proceso normal de desarrollo de estas, esto es un comienzo en crecimiento un periodo de máxima capacidad, pero a partir del 2010 decayó sorpresivamente y se ha mantenido en esos niveles (Figura 6-28, panel A).

La relación de las biomazas (calculadas como número de individuos) frente a la tasa de biomazas relativas B/K se observó una densidad esperada hasta el 2009 donde la misma entra en un deterioro peligroso, de esta manera el análisis bayesiano prior mostró un rango de densidades entre 0.4 a 0.8, en el año de quiebre 2011 esta relación fue de 0.01 a 0.4 para ser en 2020 0.01 a 0.05 (Figura 6-28, panel D).

Para el análisis de la **tasa de aprovechamiento** ha estado oscilando alrededor del punto de referencia, pero en los últimos años se ha disminuido considerablemente (Figura 6-28, panel E).

Respecto a la **curva en equilibrio** se nota que un 30% de los datos de las capturas en la zona óptima un 20% en el nivel alto y un 30% en la zona de sobreesfuerzo (Figura 6-28, panel F)

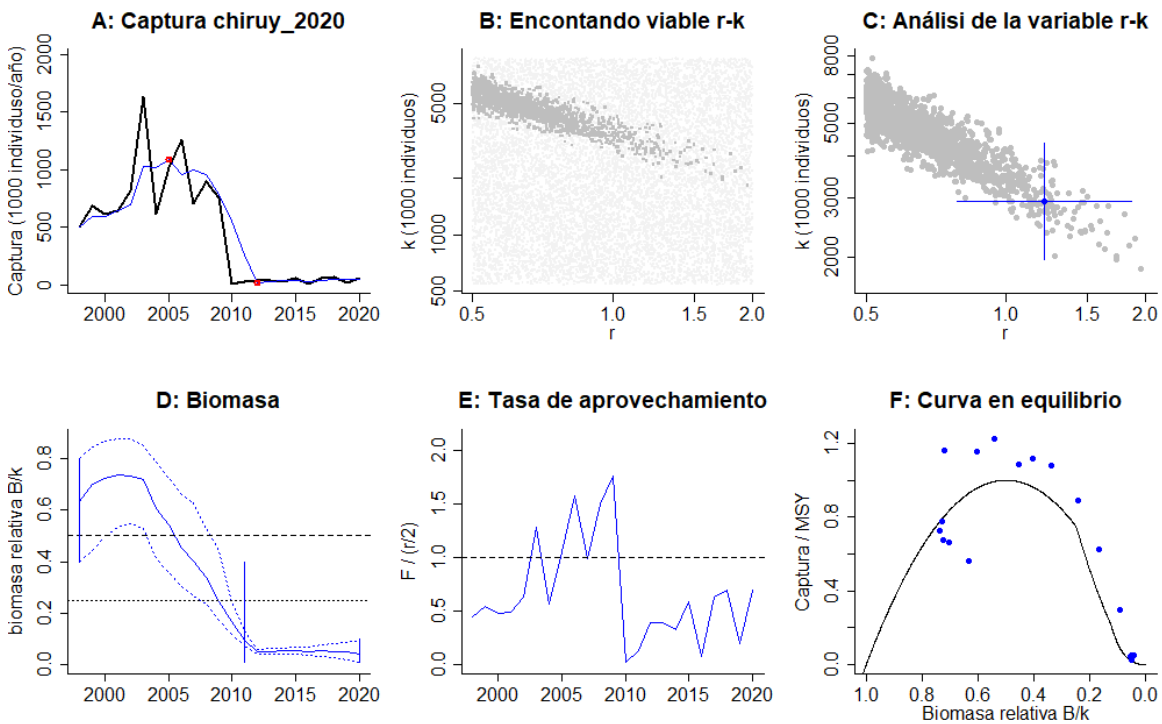


Figura 6-28. Resultados del análisis de las pesquerías de *Dicrossus filamentosus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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.

Cunado revisamos el comportamiento de las capturas frente a su punto de referencia MSY se encontró que hasta el 2010 estuvieron en los niveles deseados pero luego el sistema disminuye ostensiblemente, la biomasa presentó un recorrido similar, observando que después de 2009 se cruzó los límites mínimos para mantener la capacidad de renovación en el aporte al reclutamiento sustentable para el MSY, la situación no cambia cuando se graficó la tasa F/F_{msy} donde para los últimos años ésta ha aumentado peligrosamente (Figura 6-29).

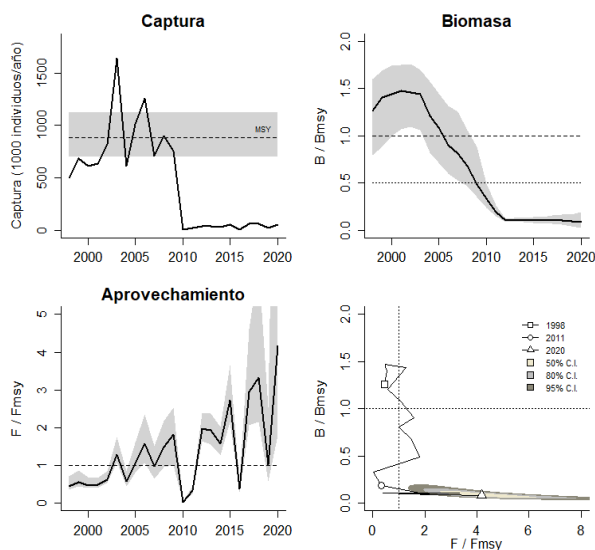


Figura 6-29. Análisis de las pesquerías de *Dicrossus filamentosus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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, se observa que solo con unos pocos años en la zona óptima, y dos en la zona de máximo aprovechamiento, la pesquería pasó rápidamente a la zona crítica, luego en los años 2010 y 2011 paso a la zona de recuperación, y para el 2020 se considera que la probabilidad la pesquería de esta especie se ubique en la fase crítica es del 100% (Figura 6-30)

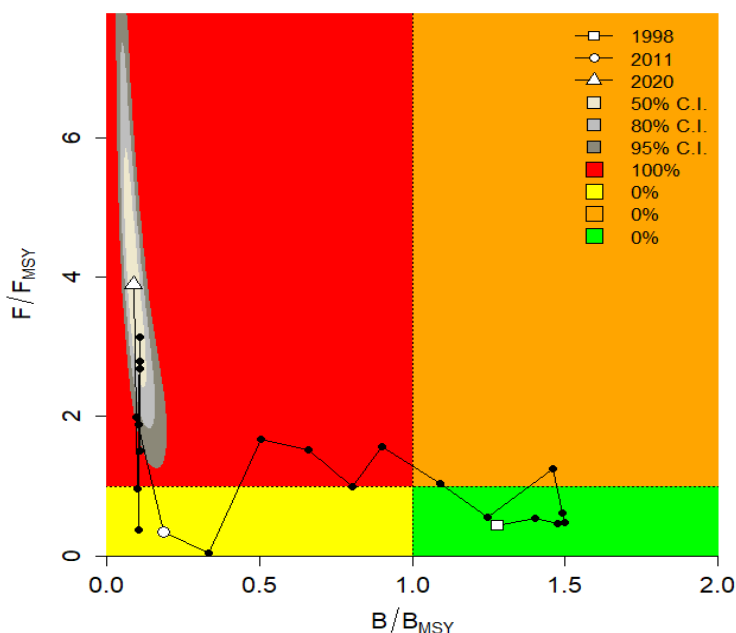


Figura 6-30. Análisis de las pesquerías de *Dicrossus filamentosus*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Dicrossus filamentosus es un recurso de alta resiliencia, con una capacidad de carga en el ecosistema bastante alta, con respecto a las especies analizadas en ese documento; el cálculo del punto de referencia MSY es alto, sin embargo, las biomazas relativas presentan una disminución preocupante (Tabla 6-19)

Tabla 6-19. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la catalina común *Dicrossus filamentosus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	1.24	0.869	1.77
K	2,880,000	1,879,000	4,413,000
MSY	893,000	689,000	1,156,000
biomasa relativa para el 2020	0.0432	0.0118	0.096

Teniendo en cuenta el análisis de los indicadores de la mortalidad por pesca en MSY de las dos propuestas y la condición crítica de los indicadores, se seleccionó la más baja; de otra parte, se indica que la biomasa en el punto de referencia se ha reducido con respecto a la capacidad de carga, el hecho los demás indicadores como B/B_{msy} F/F_{msy} y la biomasa en el 2020 son críticos (Tabla 6-20)

Tabla 6-20. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la catalina común *Dicrossus filamentosus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.62	0.435	0.884		0.107



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.107	0.0752	0.153	sí $B > 0.5$ $B_{msy} F_{msy} = 0.5r$	
MSY	893,000	689,000	1,156,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	1,440,000	940,000	2,206,000		
Biomasa en 2020	124,000	34,000	276,000		
B/Bmsy	0.0864	0.0236	0.192		
mortalidad por pesca 2020	0.418	0.188	1.53		
Explotación F/Fmsy	3.9	1.75	14.2		

6.1.9.2 Conclusiones para la catalina común *Dicrossus filamentosus*.

Teniendo en cuenta el valor de la estimación del MSY es de 1,440,000 (689,000 a 1,156,000) y considerando que *Dicrossus filamentosus* está en una crisis de producción, se recomienda para la vigencia del años 2022 se establezca una cuota de pesca del 10% de la tangente del modelo que equivale a 465,992 individuos.

6.1.10 Pesquerías de corredora meta *Corydoras metae* Eigenmann, 1914.



Foto Janiczak, B.J.

La corredora meta, es una especie tropical de tipo demersal, prefiere aguas con pH entre 6 a 8 y temperatura entre 22°C a 26°C; su distribución geográfica se ha sido reportado solamente para el río Meta (Fishbase, 2020).

6.1.10.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la corredora meta *Corydoras metae*.

El desarrollo de esta pesquería tiene la tendencia normal esperada, esto es una etapa de crecimiento otra de máximos valores y una final de decaimiento (Figura 6-31, panel A).

La composición de las biomásas (medidas con relación el número de individuos) presentó la tendencia normal de un sistema sometidos a las pesquerías la relación de la abundancia mediante la relaciones B/K mostró un rango entre 0.6 a 1, luego en el punto de quiebre fue de 0.01 a 0.4 y para el 2020 fue de 0.01 a 0.25 (Figura 6-31, panel D).

Luego la **tasa de aprovechamiento** que sobrepasó el límite de allí en adelante solamente el 2016 fue un año bueno de resto el equilibrio está en peligro (Figura 6-31, panel E)

La **curva en equilibrio** muestra que las pesquerías se han distribuido secuencialmente desde las capacidades de aprovechamiento adecuado hasta los niveles peligrosos (Figura 6-31, panel F)

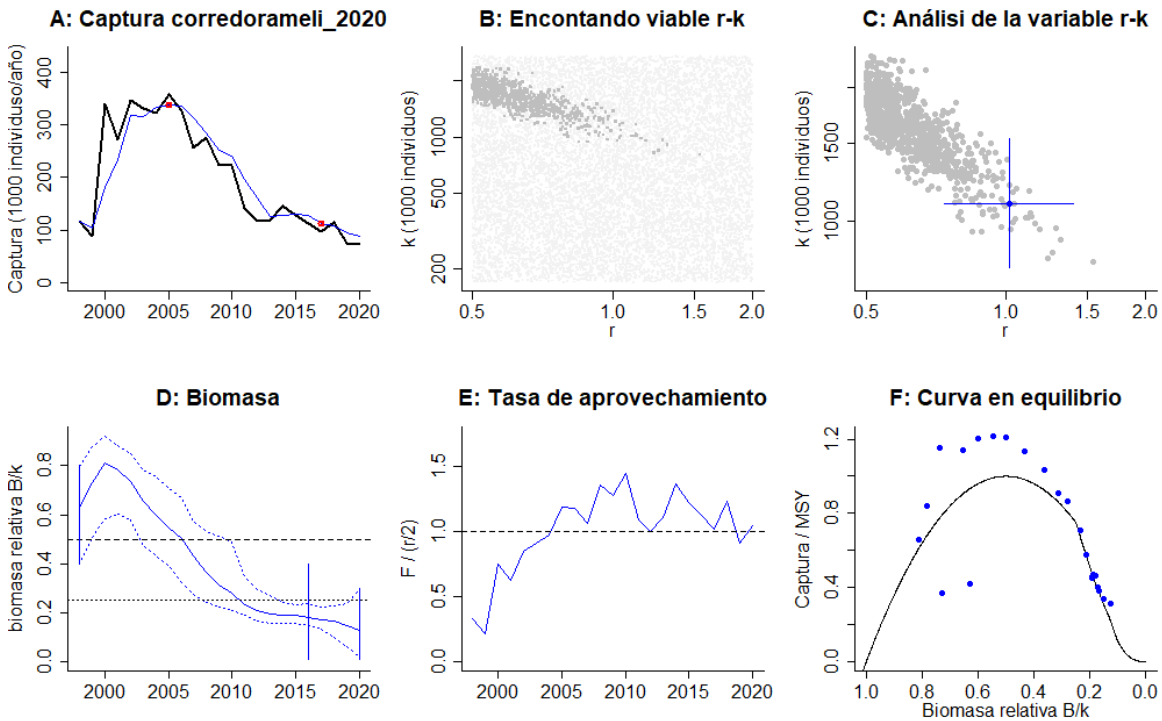


Figura 6-31. Resultados del análisis de las pesquerías de *Corydoras metae* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación de 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 referente de las captura frente al punto de referencia, mostró que hasta el 2009 los esfuerzos de captura fueron adecuados, sin embargo, a partir de 2009, los rendimientos han disminuido permanentemente; las biomasa también estuvieron en los primeros años con niveles altos, pero ha ido disminuyendo, llegando al punto de equilibrio en el 2007, sobrepasando el referente crítico en 2010 y desde entonces no ha mostrado algún tipo de recuperación, El mismo comportamiento se presenta con la tasa de aprovechamiento F/Fmsy a excepción del año 2016 siempre se mantuvo en aumento (Figura 6-32).

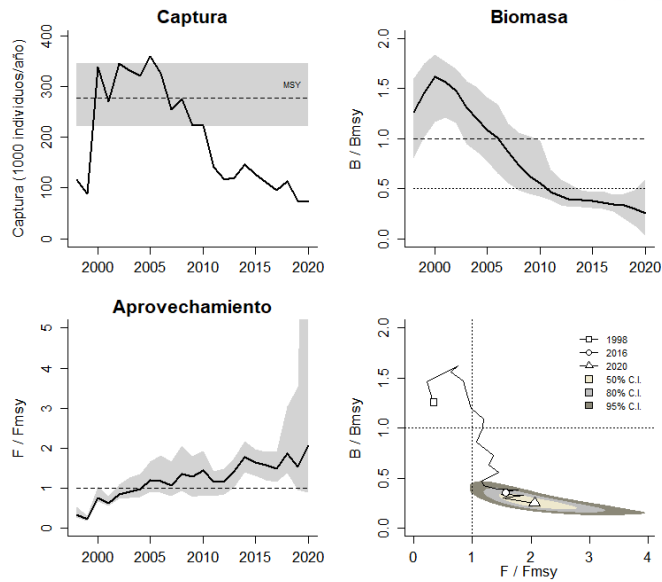


Figura 6-32. Análisis de las pesquerías de *Corydoras metae*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior 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 de la pesquería de *Corydoras metae*, la gráfica de fases probabilísticas de Kobe, muestra que al inicio de la pesquería la situación fue óptima, posteriormente se pasó a la fase de plena explotación, y rápidamente se cruzó a la fase crítica, que de por si muestra que para el 2020 la probabilidad de permanecer en la fase crítica es del 99.5 % y mientras que la probabilidad de pasar a la fase de recuperación es de tan solo el 0.5% (Figura 6-33)

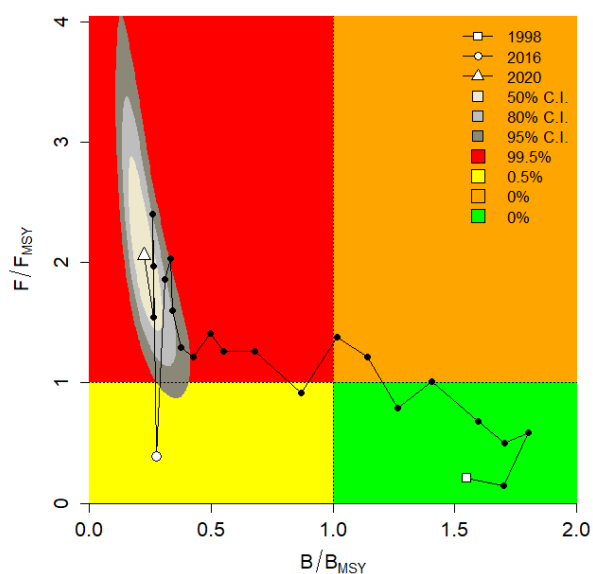


Figura 6-33. Análisis de las pesquerías de *Corydoras metae*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

La estimación de la tasa intrínseca de crecimiento de las poblaciones, indica que la corredora meta es un recurso con una alta capacidad resiliencia; igualmente su abundancia en la naturaleza (k) es de las catalogadas como altas en el sistema revisado, así como su rendimiento máximo sostenible MSY, pero sus biomazas se observan de niveles bajos (Tabla 6-21).

Tabla 6-21. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la corredora meta *Corydoras metae* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.97	0.694	1.36
K	1,142,000	821,000	1,588,000
MSY	277,000	219,000	351,000
biomasa relativa para el 2020	0.137	0.0226	0.29

Los referentes pesqueros como la mortalidad por pesca en MSY para la corredora meta, muestran que la especie está sometida a una alta presión pesquera, en virtud de lo cual se toma el valor más bajo para el establecimiento de la cuota de pesca. De igual forma los indicadores B/B_{msy} biomazas en el 2020, mortalidad por pesca y tasa de explotación F/F_{msy} corroboran la condición crítica en la que se encuentra la población de esta especie (Tabla 6-22).

Tabla 6-22. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la corredora meta *Corydoras metae* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.485	0.347	0.679	sí $B > 0.5 B_{msy}$	0.265
Fmsy	0.265	0.19	0.371	$F_{msy} = 0.5r$	



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
MSY	277,000	219,000	351,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	571,000	411,000	794,000		
Biomasa en 2020	156,000	25,900	331,000		
B/Bmsy	0.274	0.0453	0.58		
mortalidad por pesca 2020	0.469	0.221	2.83		
Explotación F/Fmsy	1.77	0.832	10.7		

6.1.10.2 Conclusiones de las pesquerías de la corredora meta *Corydoras metae* *Corydoras metae*.

Con el MSY calculado de 277,000 unidades (219,000 a 351,000), pero con los indicadores negativos que ha presentado el recurso, se proponen dos alternativas de manejo:

1. Una veda de esta pesquería.
2. Una reducción de la cuota con base el 10 de la tangente del modelo a 220,000 unidades.

6.1.11 Pesquerías de corredora concolor *Corydoras concolor* Weitzman, 1961.



Foto Landines, M.

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) estimaron la talla media de captura en 24.3 mm de Ls., y la talla media de madurez sexual en 27.8 mm de Ls., con piscos de madurez sexual entre junio y julio.

6.1.11.1 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 han presentados dos picos productivos entre los años 1998 y 2008, a partir de éste último año, se presenta una disminución continua con una ligera recuperación en el 2020 (línea azul de la Figura 6-34, panel A)

Revisado lo que ocurrió con las **biomasas** se encontró un periodo de disminución y recuperación, pero a partir de 2008 este comportamiento cambio y se entró en la zona de alto riesgo, por lo anterior el análisis bayesiano prior mostraron que para el 1998 las densidades del recurso, revisadas como la talas B/K estuvieron en un rango de 0.2 a 0.6, luego en el 2015, como el año de quiebre estuvo entre 0.01 a 0.4, la densidad para el 2020 es la más baja ya que solo tiene un rango entre 0.01 a 0.25 (Figura 6-34, panel D)

El análisis de los resultados de la tasa de aprovechamiento se encontró que en la mayoría de los años estuvo por debajo del nivel estratégico de referencia (Figura 6-34, panel E)

La **curva en equilibrio** ya muestra que las pesquerías han permanecido en la mayor parte del tiempo en los lugares de bajo rendimiento (Figura 6-34, panel F).

De otra parte 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 biomasas 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/F_{msy} , estuvo oscilando respecto a su nivel de referencia, con una tendencia hacia la sobreexplotación (Figura 6-35)

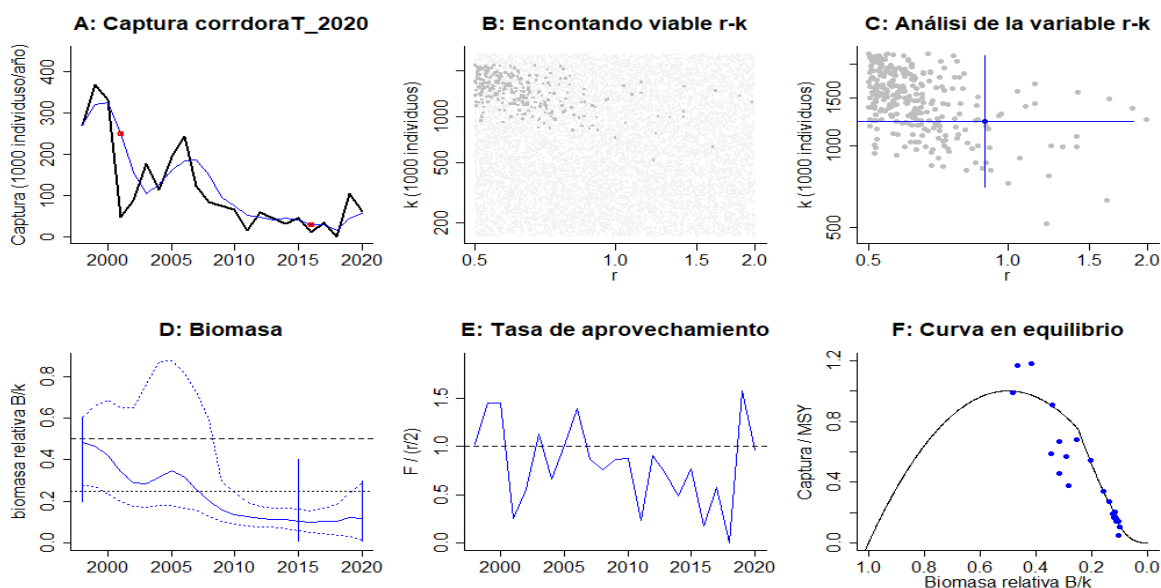


Figura 6-34. Resultados del análisis de las pesquerías de *Corydoras concolor* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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%. 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.

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 (Figura 6-36).

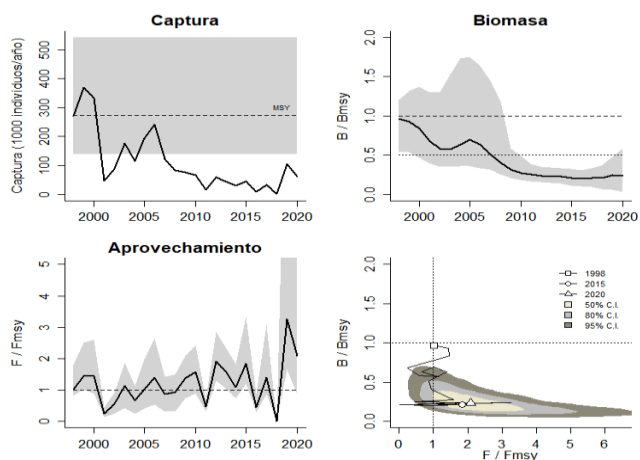


Figura 6-35. Análisis de las pesquerías de *Corydoras concolor*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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.

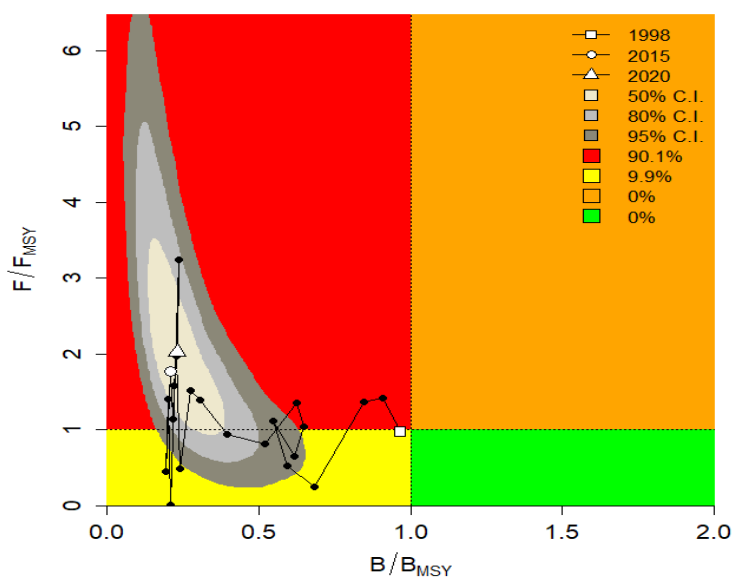


Figura 6-36. Análisis de las pesquerías de *Corydoras concolor*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

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, en comparación con las especies anteriormente analizadas, por lo tanto, la respuesta a su punto de referencia de MSY es también alto, sin embargo es preocupante el bajo valor de la biomasa relativa (Tabla 6-23)

Tabla 6-23. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para las corredora concolor *Corydoras concolor* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	0.839	0.39	1.81
K	1,366,000	862,000	2,166,000
MSY	287,000	163,000	505,000
biomasa relativa para el 2020	0.115	0.0141	0.291

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, debido a que las biomazas estuvieron por debajo del 0.5B; esta crítica situación, se constató con las biomazas en el punto de referencia para el 2020, observando que han disminuido peligrosamente, tanto las tasa relativa B/Bmsy, la mortalidad por pesca y la tasa de explotación F/Fmsy, lo que muestra que el sistema no es saludable (Tabla 6-24).

Tabla 6-24. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la corredora concolor *Corydoras concolor* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
		inferior	superior		
Fmsy	0.42	0.195	0.903	sí B > 0.5 Bmsy Fmsy = 0.5r	0.193
Fmsy	0.193	0.0896	0.415		
MSY	287,000	163,000	505,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	683,000	431,000	1,083,000		
Biomasa en 2020	157,000	19,200	398,000		
B/Bmsy	0.23	0.0281	0.582		
mortalidad por pesca 2020	0.391	0.154	3.19		
Explotación F/Fmsy	2.03	0.799	16.6		

6.1.11.2 Conclusiones de las pesquerías de la corredora concolor *Corydoras concolor*.

Con base en los cálculo de MSY, que arrojaron un resultado de 287,000 individuo (163,000 a 505,000), y observando que todos los resultados obtenidos de los indicadores de manejo de la pesquería, se encuentra que el sistema está en una condición de sobrepesca; por lo tanto se recomienda que se tome como cuota el límite inferior del MSY o sea 163,000 unidades.

6.1.12 Pesquerías de las corredora verde *Corydoras melanotaenia* Regan, 1912



Foto AquaNet

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) estimaron una talla media de captura (TMC) en 33.2 mm de Ls., y una talla media de madurez sexual (TMM) en 33.4 mm de Ls., detectaron un pico alto reproductivo en octubre.

6.1.12.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de corredora verde *Corydoras melanotaenia*.

El desarrollo de las pesquerías presento un comportamiento normal esperado en un sistema pesquero estándar esto es iniciando bajo luego va creciente llega a un máximo y decae, tal y como ocurrió con esta especie (línea azul de la Figura 6-37, panel A)

El siguiente paso fue medir la relación de la **biomasa** (medida como el número de individuos), el resultado mostró un desarrollo de la actividad con un periodo de años adecuado y luego la tendencia fue hacia la disminución; la relación de la tasa relativa B/K bajo la propuesta bayesiana prior mostro que para el año de 1998 el rango calculado fue de 0.4 a 0.8, luego en el punto de quiebre de 2016 este rango fue de 0.01 a 0.4 para terminar en el rango del 2020 en 0.01 a 0.25 (Figura 6-37, panel D).

La **tasa de aprovechamiento** fue, en toda la serie un proceso oscilatorio con una tendencia hacia los valores altos (Figura 6-37, 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 6-37, panel F).

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 6-38).

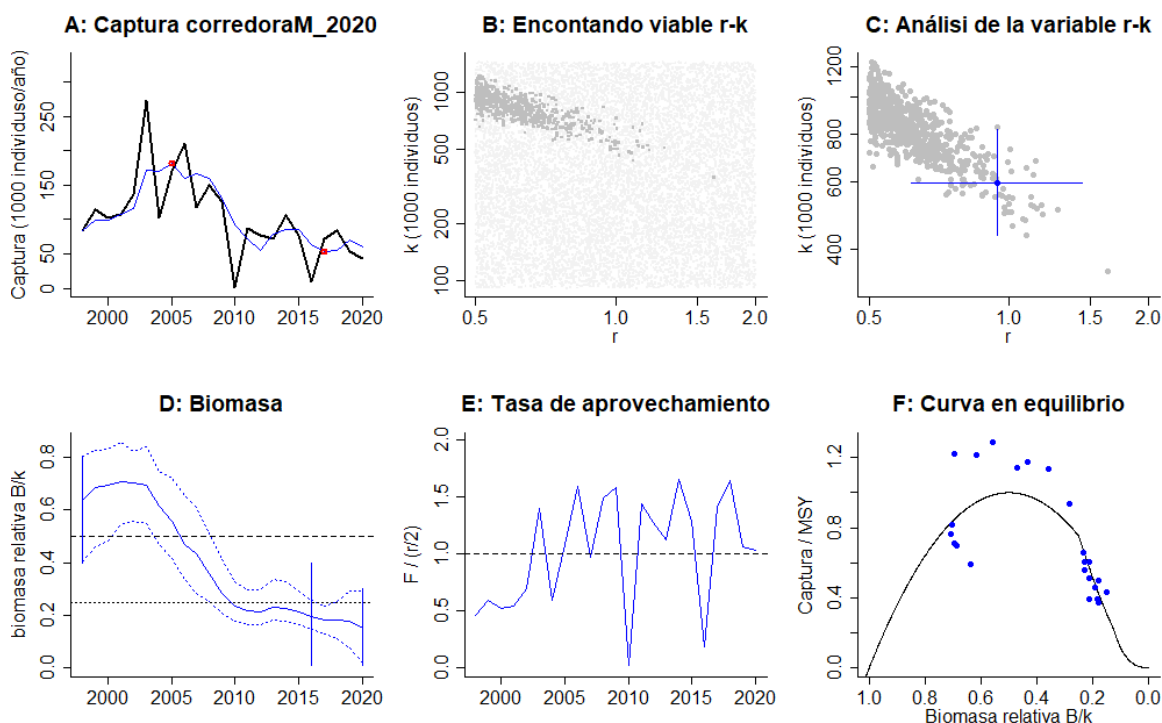


Figura 6-37. Resultados del análisis de las pesquerías de *Corydoras melanotaenia* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /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 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 (Figura 6-39).

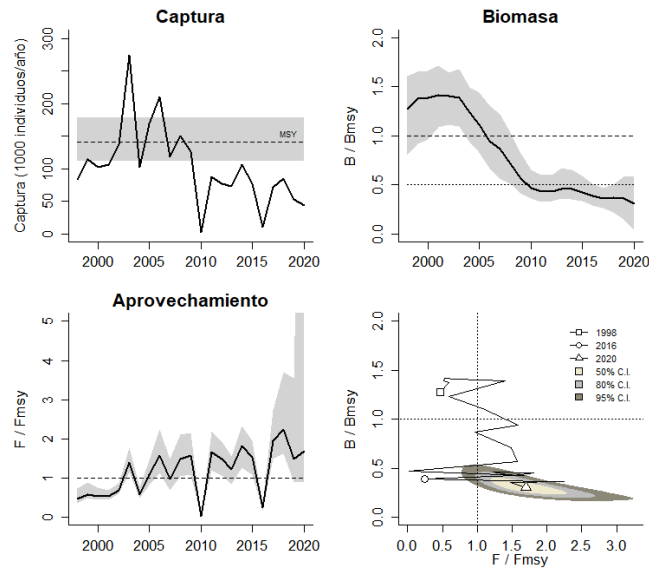


Figura 6-38. Análisis de las pesquerías de *Corydoras melanotaenia*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

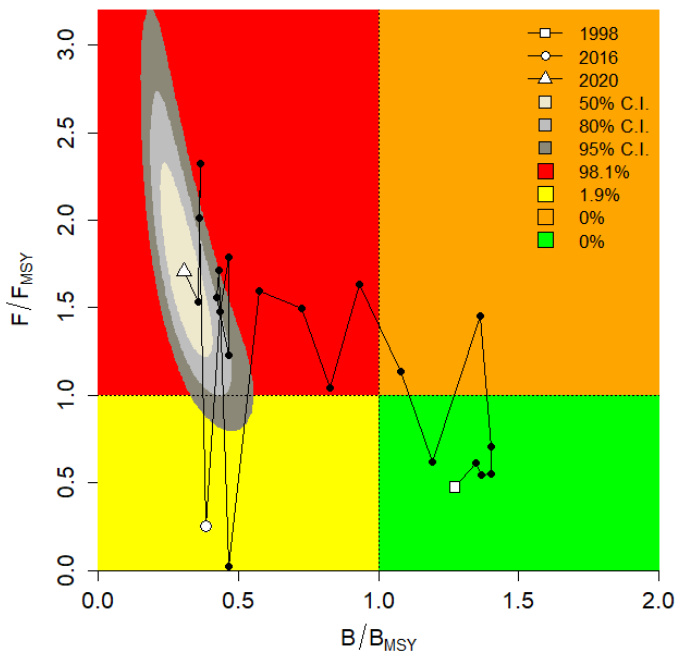


Figura 6-39. Análisis de las pesquerías de *Corydoras melanotaenia*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

El recurso presenta una buena resiliencia determinada por la tasa intrínseca de crecimiento (r) con una capacidad media de carga para el ecosistema (K), por lo tanto, el valor estimado de MSY es medio, mientras que su biomasa relativa es baja (Tabla 6-25).

Tabla 6-25. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la corredora verde *Corydoras melanotaenia* en la Orinoquia colombiana

Parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.914	0.595	1.4
K	604,000	439,000	831,000
MSY	138,000	110,000	173,000
biomasa relativa para el 2020	0.153	0.0199	0.219

El análisis de la estimación del valor de la mortalidad por pesca en MSY muestra que de las dos alternativas presentadas y teniendo en cuenta el comportamiento de las biomazas (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 6-26).

Tabla 6-26. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la corredora verde *Corydoras melanotaenia* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.457	0.297	0.702	sí $B > 0.5$ $B_{msy} F_{msy} = 0.5r$	0.279
Fmsy	0.279	0.181	0.429		
MSY	138,000	110,000	173,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	302,000	219,000	416,000		
Biomasa en 2020	92,100	12,000	176,000		
B/B_{msy}	0.305	0.0399	0.582		
mortalidad por pesca 2020	0.476	0.25	3.64		
Explotación F/F_{msy}	1.71	0.895	13.1		

6.1.12.2 Conclusiones sobre las pesquerías de la corredora verde *Corydoras melanotaenia*.

Con base en los resultados de la modelación bayesiana tales como el MSY de 138,000 individuos (110,000 a 173,000), y considerando que el diagnóstico de la pesquería no fue favorable para los rendimientos y la presión de pesca intensa se recomienda tomar como valor para la cuota el límite inferior del MSY el cual es de 110,000 individuos.

6.1.13 Pesquerías de cucha piña *Panaqolus maccus* (Schaefer & Stewart, 1993)



Foto Ott, G

Se distribuye en la cuenca del río Orinoco (Lasso, y otros, 2004), Su alimentación es herbívora – detritívora (Ramírez-Duarte, Pineda-Quiroga, Martínez, & Eslava-Ochoa, 2011), y en cuanto a su reproducción se reporta cuidado parental por parte del macho y una fertilidad de 70 huevos/hembra (Landines, Sanabria, & Daza, 2007)

(Barreto-Reyes, y otros, 2015), estimaron la talla media de captura (TMC) en 36.7 mm de Ls., y la talla media de madurez sexual en 42.5 mm de Ls., y dos periodos de madurez sexual uno en abril diciembre.

6.1.13.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de la cucha piña *Panaqolus maccus*.

El comportamiento de la pesquería de la cucha piña, se sale un poco de lo esperado, dado que, en casi toda la serie de reportes de capturas, tiene un tendencia hacia el crecimiento, sin embargo, en el periodo 2012 a 2016 los registros fueron bajos (Figura 6-40, panel A)

La relación de la tasa relativa B/K de las **biomasas** fue particularmente diferente a los otros recursos analizados pues tuvo años muy buenos una depresión súbita en 2015 a 2016, se recuperó en los siguientes años, pero volvió a decaer para en 2020, estos ensayos dentro de análisis bayesianos prior dieron como resultado una densidad para 1998 entre los rangos de 0.4 a 0.8, luego el año de quiebre 2015 el rango fue de 0.01 a 0.4 y el mismo para 2020 (Figura 6-40, panel D)

En cuanto la **tasa de aprovechamiento** estuvo por muchos años por debajo de los niveles de referencia solo hacia los últimos años estuvo sobre el límite (Figura 6-40, panel E) la **curva de equilibrio** presento más del 50% de los datos en la zona optima o sobre el nivel máximo (Figura 6-40, panel F).

La relación de las capturas frente a su punto de referencia MSY, mostro que en líneas generales el recurso 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 solo un años 2014, de la misma manera el aprovechamiento estuvo casi en todos los años por debajo del límite con pocos años por encima (Figura 6-41)

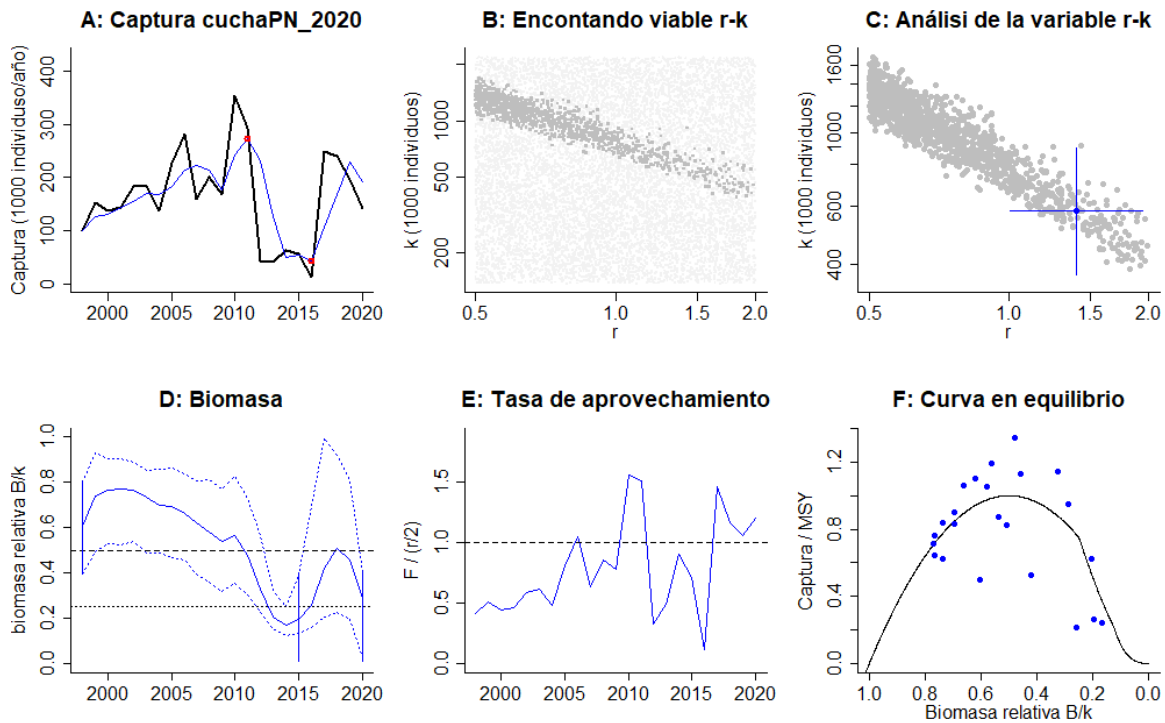


Figura 6-40. Resultados del análisis de las pesquerías de *Panaqolus macculus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 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 análisis general de la pesquería de *Panaqolus macculus*, 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 critica alternada con la zona de recuperación; de tal marea que para el año 2020 la probabilidad de encontrarse en la zona critica es de 65.4% con un 28.2% de recuperación y un 6.3 de encontrarse en la zona optima (Figura 6-42).

Con base en los resultados del análisis de CMSY se encuentra que *Panaqolus macculus*, tiene una alta resiliencia representada por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), con una abundancia en biomasa (mediadas como número de individuos); en cuento a la capacitada 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 2020 es baja (Tabla 6-27).

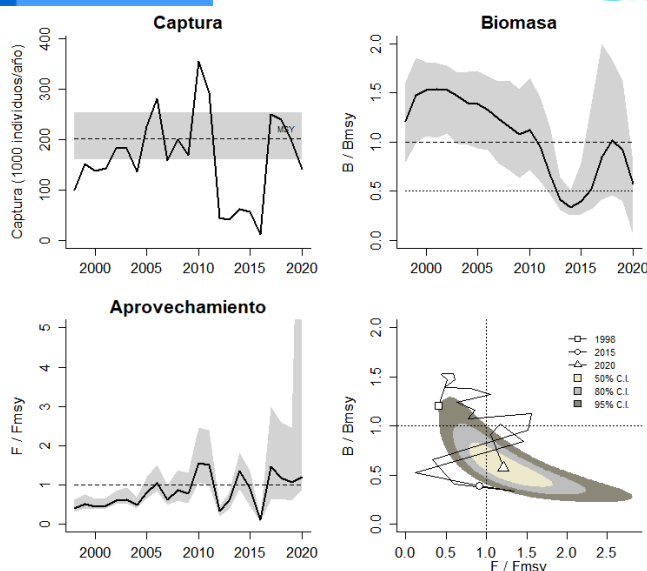


Figura 6-41. Análisis de las pesquerías de *Panaqolus maccus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior 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.

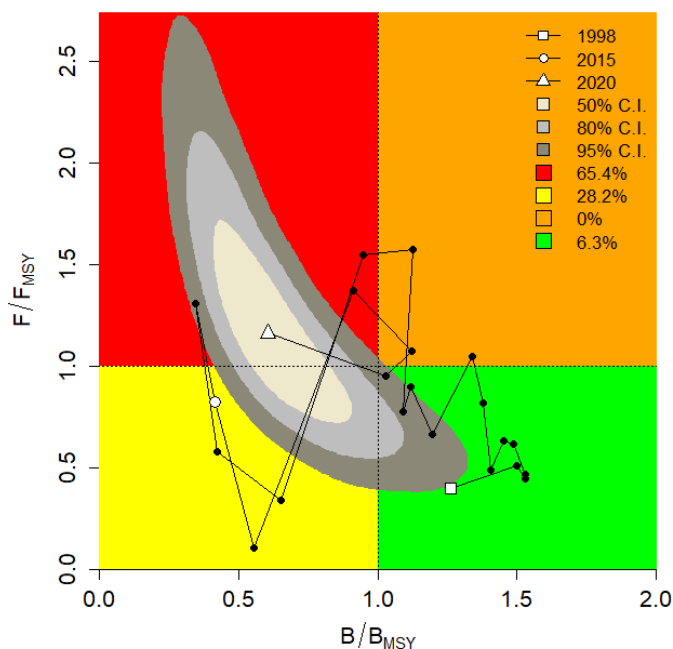


Figura 6-42. Análisis de las pesquerías de *Panaqolus maccus*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Tabla 6-27. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la cucha piña *Panaqolus maccus* en la Orinoquia colombiana

d	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.39	0.997	1.95
K	574,000	370,000	892,000
MSY	200,000	160,000	251,000
biomasa relativa para el 2020	0.302	0.0714	0.395

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 biomاسas son sostenibles lo cual es corroborado por el cálculo de Bmsy y la tasa B/Bmsy que estuvo por encima de 0.5 que de por si es alentador para diagnosticar el estado del recurso; en cuanto a la mortalidad por pesca para el 2020 y su tasa de explotación F/Fmsy se encuentran ligeramente altas (Tabla 6-28).

Tabla 6-28. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la cucha piña *Panaqolus maccus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.697	0.499	0.975	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.697
Fmsy	0.697	0.499	0.975		
MSY	200,000	160,000	251,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	287,000	185,000	446,000		
Biomasa en 2020	174,000	41,000	227,000		
B/Bmsy	0.605	0.143	0.79		
mortalidad por pesca 2020	0.81	0.62	3.43		
Explotación F/Fmsy	1.16	0.889	4.92		

6.1.13.2 Conclusiones sobre las pesquerías de la cucha piña *Panaqolus maccus*

La evaluación de la pesquería de la cucha piña *Panaqolus maccus* muestra que esta es uno de los recursos que mejores resultados ha presentado, dado que casi todos sus indicadores se encuentran en niveles razonables para resistir la pesquería; por lo tanto la propuesta de cuotas es el valor del MSY de 200,000 individuo (160,000 a 251,000).

6.1.14 Pesquerías de cuchillo transparente *Eigenmannia virescens* (Valenciennes, 1836)



Foto Galvis, G./Mojica, J.I./Camargo, M.

La especie se distribuye en la cuenca del Orinoco y el Amazonas, es de hábitos nocturnos que vive en grupos, la reproducción es estimulada por las lluvias, es un desovador parcial (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007) Su alimentación en etapa juvenil incluye crustáceos y pequeños insectos, de adultos se alimentan de insectos y oligoquetos. Los machos son territoriales y la reproducción se realiza entre machos y hembras dominantes (Ramírez-Gil, Ortega-Lara, Ajiaco-Martínez, & Pineda-Arguello, 2011).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) calcularon la talla media de captura en 99.3 mm de Ls., y la talla media de madurez sexual 82.7 mm de Ls., también estimaron un picos de madurez sexual en abril.

6.1.14.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cuchillo transparente *Eigenmannia virescens*.

La distribución de las capturas a través de la serie de tiempo presentó una distribución de acuerdo con los esperado esto es inicial en progreso y llega a una máximo hacia el 2005 y luego continúa en descenso (Figura 6-43, panel A)

Revisando el desarrollo de las **biomasas** (registradas en función del número de individuos) frente al indicador de B/K mostró un comportamiento de acuerdo con los estandartes esperados con un aumento inicial un tope y un descenso, en cuanto a las densidades se empezó en 1998 entre 0.4 a 0.8, luego en el año de quiebre se reduce a 0.01 a 0.4, y para 2020 se redujo aún más entre 0.01 a 0.2 (Figura 6-43, panel D).

La **tasa de aprovechamiento** medido con su indicador de $F/(r/2)$ mostró oscilaciones alrededor del punto de referencia, la **curva en equilibrio** se nota que la mayoría de los datos se han ubicado en la zona de sobrepesca que es una alerta sobre el sistema (Figura 6-43, panel F).

Revisado el funcionamiento de las capturas frente al punto de referencia MSY, se encontró que hasta el 2007, los registros estuvieron dentro de los niveles de seguridad, pero después las producciones bajaron apreciablemente y no muestran signos de recuperación, de la misma manera el comportamiento de las biomasas muestran un signo claro de problemas a partir de 2010, pero el registro que muestra en donde se están efectuando los máximos esfuerzos se dio en el aprovechamiento del recurso con el indicador F/F_{msy} que hacia ler final de la serie es donde el efecto es notable (Figura 6-44)

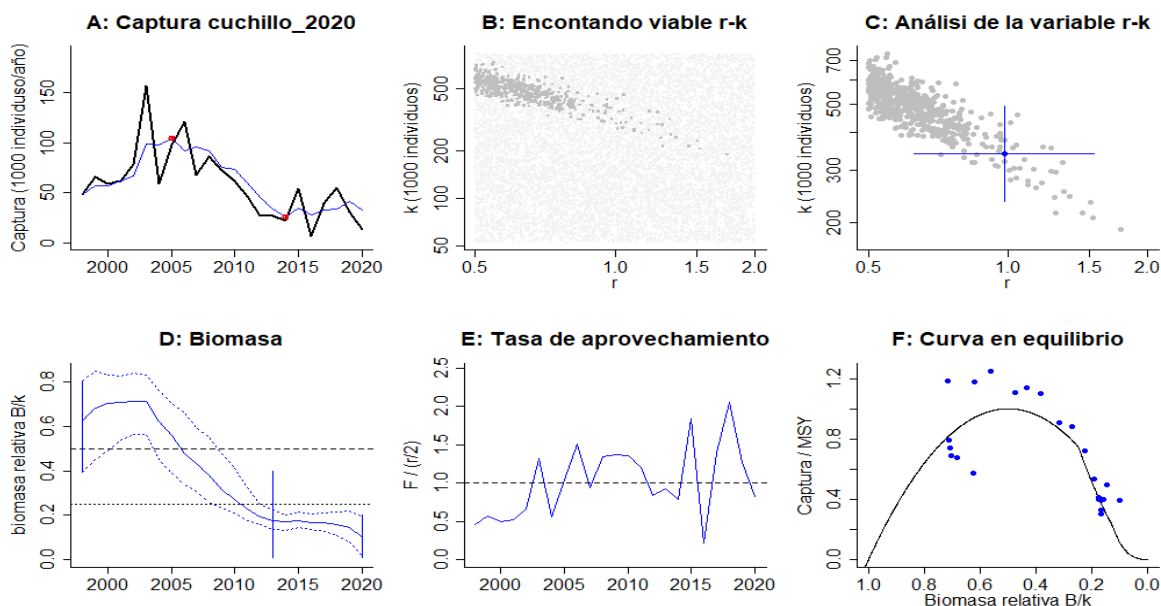


Figura 6-43. Resultados del análisis de las pesquerías de *Eigenmannia virescens* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 construcción bayesiana de las fases probabilísticas de Kobe muestra que en un principio la pesquería del cuchillo transparente tuvo un comportamiento óptimo de productividad, luego se desplazó hacia la zona crítica con un solo año de recuperación, en tal sentido, la probabilidad que la pesquería de esta especie permanezca en la zona crítica en el 2020 es del 100% (Figura 6-45).

Los resultados de los análisis CMSY, muestran que el recurso tiene una alta resiliencia de acuerdo con los resultados de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), en cuanto a la capacidad de carga de la especie al ecosistema (K) se observa que es de tipo medio, al igual que el cálculo del punto de referencia MSY, sin embargo, el indicador de las biomazas relativas es bajo (Tabla 6-29)

Tabla 6-29. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el cuchillo transparente *Eigenmannia virescens* en la Orinoquia colombiana

Parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.09	0.738	1.62
K	302,000	210,000	434,000
MSY	82,600	65,900	104,000
biomasa relativa para el 2020	0.0849	0.0166	0.194

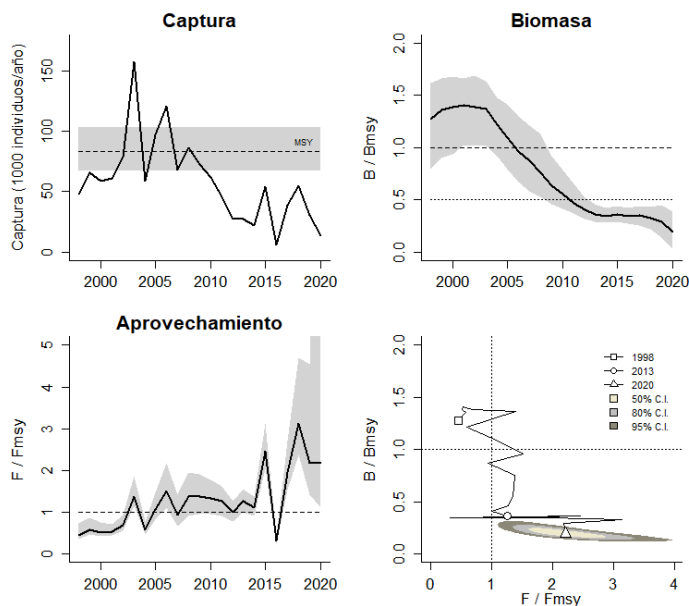


Figura 6-44. Análisis de las pesquerías de *Eigenmannia virescens*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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.

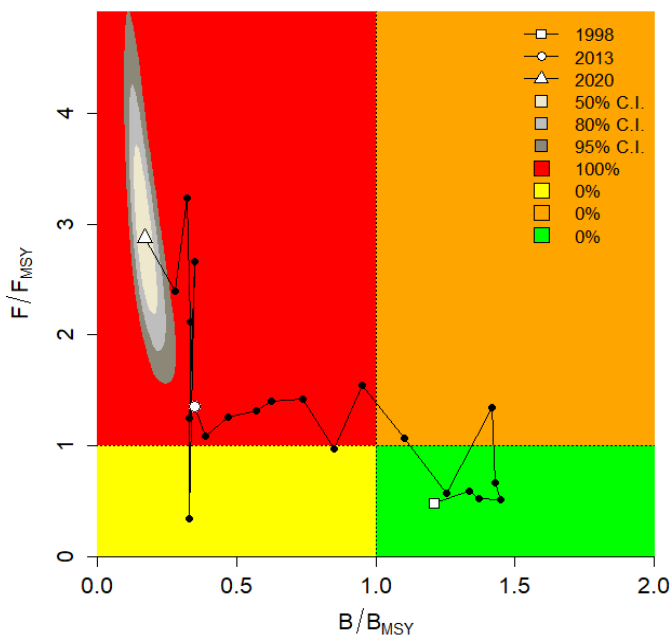


Figura 6-45. Análisis de las pesquerías de *Eigenmannia virescens*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

El otro análisis relevante fue el realizado es sobre el referente a la mortalidad por pesca en el punto de referencia Fmsy; los resultados mostraron que por el decaimiento reciente de las biomásas de los dos valores calculados se escogió el de menor valor, los otros indicadores como Bmsy, biomasa en el 2020, la mortalidad por pesca en 2020 y el F/Fmsy muestran una situación de alerta para la administración de las pesquerías (Tabla 6-30).

Tabla 6-30. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cuchillo transparente *Eigenmannia virescens* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.547	0.369	0.811	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.186
Fmsy	0.186	0.125	0.275		
MSY	82,600	65,900	104,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	151,000	105,000	217,000		
Biomasa en 2020	25,600	5,010	58,500		
B/Bmsy	0.17	0.0332	0.387		
mortalidad por pesca 2020	0.534	0.234	2.73		
Explotación F/Fmsy	2.88	1.26	14.7		

6.1.14.2 Conclusiones de las pesquerías del cuchillo transparente.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis punto de referencia del MSY es 82,600 unidades (65,900 a 104,000), y teniendo en cuenta los resultados de los indicadores estimados, se recomienda que para los fines de las cuotas de pesca se tome el valor de 65,900 unidades que corresponde al límite inferior del intervalo de confianza del 95%.

6.1.15 Pesquerías de estrigata mármol *Carnegiella strigata* (Günther, 1864)



Foto Nilsson, K

Especie de ecosistemas pelágicos prefiere pH entre 5.0 hasta 8.0 con un rango de temperatura de 24°C hasta 28°C, es típico de los ríos del Amazonas y Caquetá (Fishbase, 2020).

6.1.15.1 Modelos CMSY 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 llegando 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 un relativo equilibrio, demostrando que la pesquería se encuentra en una fase de estabilización (Figura 6-46, panel A)

De otra parte se evaluó el impacto de las **biomasas** (medidas con base al número de individuos) frente a su indicador B/K los resultados mostraron un sistema de crecimiento hasta el 2003, pero luego se disminuyó sensiblemente hasta el 2011 y entró en un periodo de estabilidad hasta el 2020, de este sistema se determinaron los rangosa de abundancia que para 1998 estuvo entre 0.4 a 0.8, en el año de quiebre 2011 este rango fue de 0.01 a 0.4 y decreció ligeramente en el 2020 de 0.01 a 0.25 (Figura 6-46, panel D)

La tasa de aprovechamiento tuvo grandes fluctuaciones respecto al nivel que sirve de limite (Figura 6-46, 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 6-46, panel F).

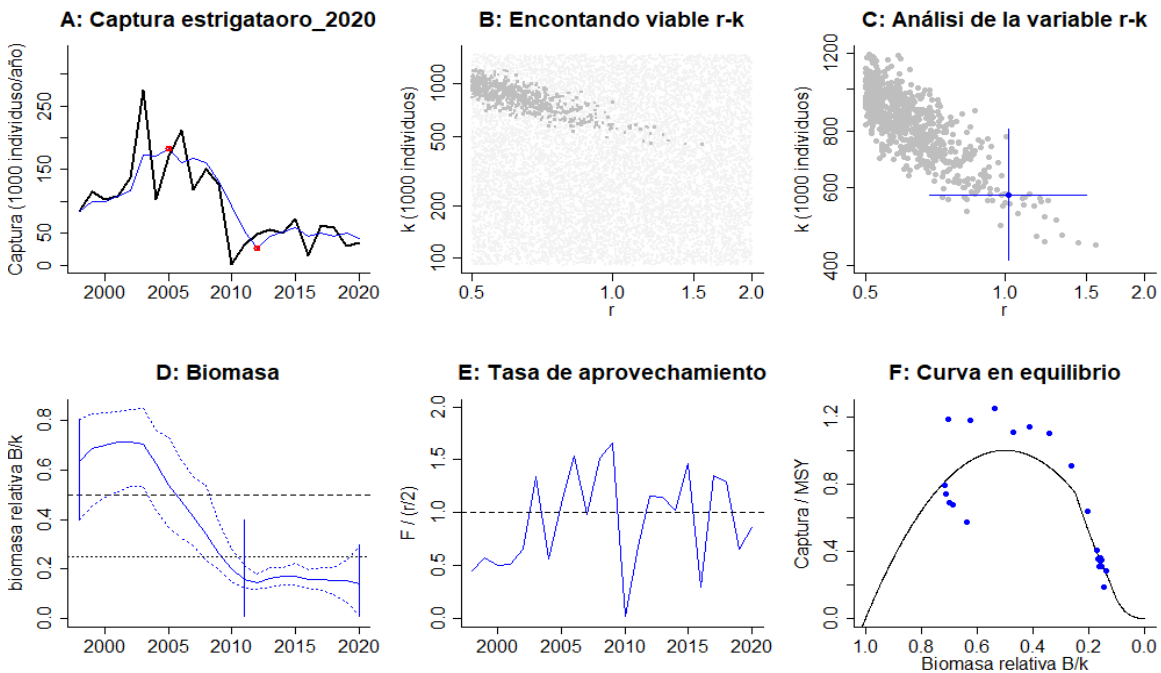


Figura 6-46. Resultados del análisis de las pesquerías de *Carnegiella strigata* para la Orinoquia colombiana utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, 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 la relación de las capturas con respecto al punto de referencia MSY, estuvo marcado por un periodo de buenas producciones donde no se afectó el sistema sin embargo a partir de 2009, el comportamiento de las capturas cambio, llegando a un nivel crítico. A partir del 2010, se observa una ligera recuperación, pero aún continúa siendo un sistema productivo bajo; la relación entre las biomazas y su indicador B/Bmsy muestra una tendencia similar a la captura, sin embargo a partir de 2009 la biomasa cruzó el límite de alerta del 0.5. En cuanto al analisis del aprovechamiento evaluado por su tasa de F/Fmsy, se observan cambios apreciables entre los años; sin embargo, la tendencia general es al aumento (Figura 6-47)

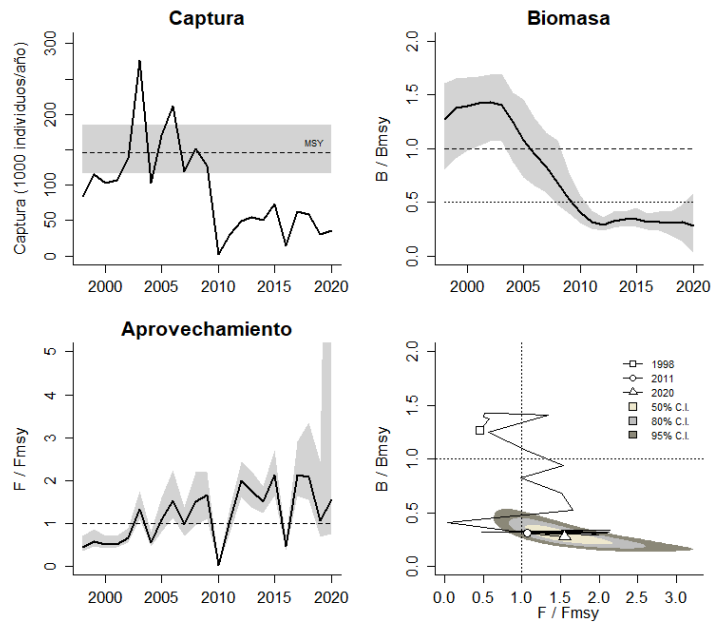


Figura 6-47. Análisis de las pesquerías de *Carnegieella strigata* para la Orinoquia colombiana. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=Fmsy$ [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 gráfico de fases probabilísticas de Kobe, utilizado para presentar los resultados del análisis de la pesquería de la estrigata mármol, muestra que la pesquería se inició con un adecuado nivel de manejo, pero después de un par de años se observa que la pesquería pasa a la fase de plena explotación y más adelante se pasó a la zona crítica con excepción de dos años que se estuvo en la fase de recuperación; en tal sentido, se puede concluir que para el 2020 la probabilidad que esta pesquería permanezca en la zona crítica es de 78.8%, y solo hay un 21.1% de que se encuentre en la zona de recuperación (Figura 6-48).

A partir de los resultados obtenidos se encuentra que la estrigata mármol tiene una resiliencia media alta determinada por el valor de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), la

capacidad de carga de la especie al ecosistema (K) es mediana, así como su punto de referencia MSY, solamente se notó que la tasa relativa de biomasa es baja (Tabla 6-31).

Tabla 6-31. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la estrigata mármol *Carnegiella strigata* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	0.985	0.736	1.32
K	587,000	434,000	796,000
MSY	145,000	121,000	172,000
biomasa relativa para el 2020	0.156	0.0225	0.293

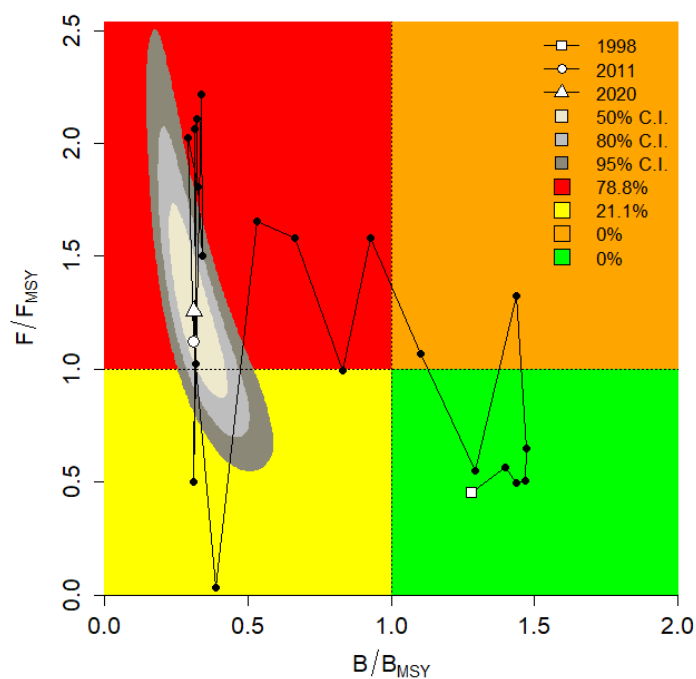


Figura 6-48. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella strigata* para la Orinoquia colombiana, utilizando el gráfico de fases de Kobe.

Los otros evaluadores que se tuvieron en cuenta en el análisis de la pesquería de la estrigata mármol, corresponden a la relación que existe entre la mortalidad por pesca en MSY, en tal sentido, la decisión se centró en que las biomasa detectadas son inferiores a su capacidad de recuperación, al 0.5, por lo tanto se toma el valor más bajos calculados en las dos propuestas encontradas, así mismo se encontró que los indicadores referentes como B/B_{msy} , mortalidad por pesca y tasa de explotación F/F_{msy} dieron resultados que prenden las alarmas del sistema (Tabla 6-32).

Tabla 6-32. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la estrigata mármol *Carnegiella strigata* en la Orinoquia colombiana

parámetro	Valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.493	0.368	0.659	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.306
Fmsy	0.306	0.229	0.41		
MSY	145,000	121,000	172,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	294,000	217,000	398,000		
Biomasa en 2020	91,400	13,200	172,000		
B/Bmsy	0.311	0.045	0.586		
mortalidad por pesca 2020	0.385	0.204	2.66		
Explotación F/Fmsy	1.26	0.667	8.69		

6.1.15.2 Conclusiones para las pesquerías de la estrigata mármol *Carnegiella strigata*.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar un punto de referencia como el MSY se encontró que este tuvo un valor de 145,000 unidades (121,000 a 172,000), pero teniendo en cuenta el diagnóstico realizado sobre estas pesquerías se recomienda que para la asignación de cuotas se tome el límite inferior de este cálculo de 121,000 unidades.

6.1.15.3 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de estrigata mármol *Carnegiella strigata* para la amazonia.

Anteriormente el análisis de la pesquería de esta especie en la cuenca del Orinoco y Amazonas estaban unificada, no obstante con la implementación del SEPEC, se conoce el origen de los registros de las capturas, lo que permite estudiar por separado estas dos cuencas. Se hizo una estimación de las series históricas de esta pesquería la cual mostro un comportamiento generalizado donde los primeros años fueron de aumento hasta alcanzar un nivel tope, posteriormente fue disminuyendo (Figura 6-49, panel A)

Luego se revisó las estimaciones sobre el comportamiento de la biomasa con la tasas B/K, que tuvo un comportamiento previsto sobre los movimientos de cualquier pesquería, para ello se determinó la abundancia para el 1998 que estuvo entre 0.4 a 0.8, luego para el año de quiebre de 2011 estuvo entre 0.01 a 0.4 y para 2020 el registro fue entre 0.01 a 0.23 (Figura 6-49, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** medida mediante su indicador de $F/(r/2)$ se vio un comportamiento oscilatorio, pero con un aliciente que fue que para el 2020 se estuvo cerca del equilibrio (Figura 6-49, panel E)

Sin embargo, los resultados de la curva en equilibrio se encuentra un alta concentración de valores hacia el lado derecho mostrando que el recurso se encuentra en condición de sobreexplotación (Figura 6-49, panel F)

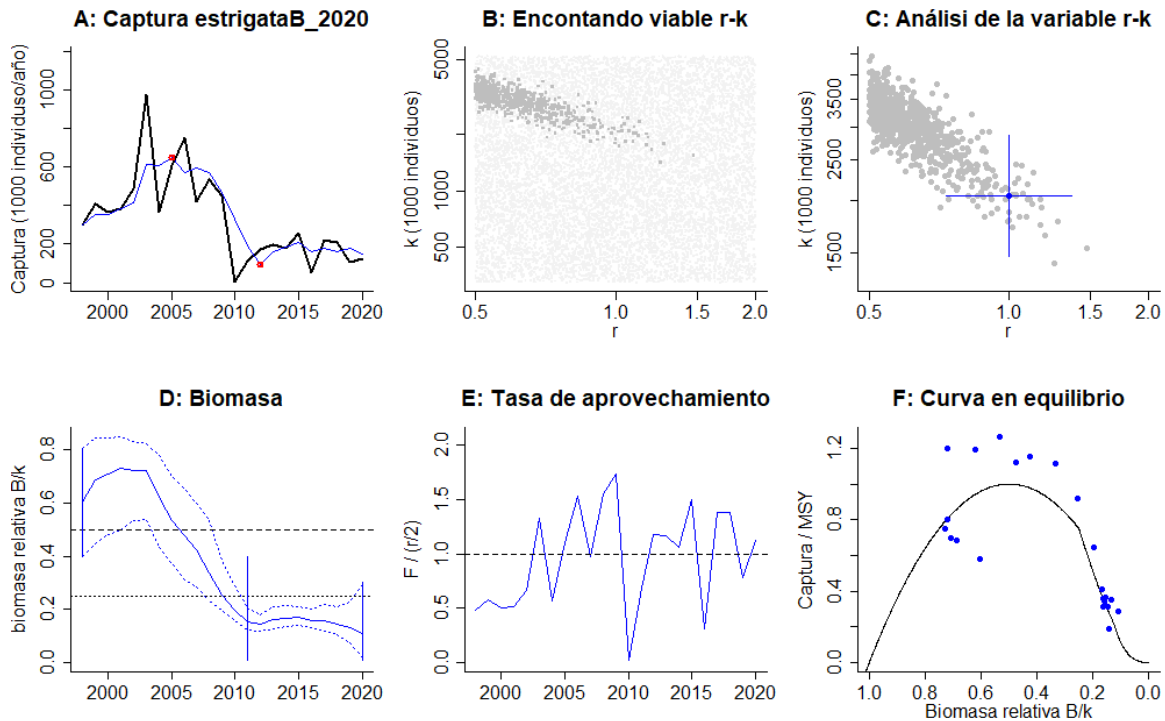


Figura 6-49. Resultados del análisis de las pesquerías de *Carnegiella strigata* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /RMSY en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

De otra parte, se estudió la relación existente entre la captura y su punto de referencia MSY; se encontró unos primeros años buenos, pero a partir del 2009, la pesquería decayó, es así como en la evaluación de las biomazas y a partir del 2009 el recurso entro en la zona de alarma, lo cual se constató con el análisis del aprovechamiento y su indicador de F/F_{msy} , cuya tendencia es la de sobrepasar los límites estratégicos (Figura 6-50).

Para este recurso también se estudió el comportamiento bayesiano, para ello se utilizó el grafico de fases probabilísticas de Kobe; Se encontró que los primeros años de esta actividad fueron positivos, luego se pasó a la fase de plena explotación y en poco tiempo llego a la zona critica,

con tres años en la zona de recuperación; por lo anterior se estimó que para el 2020 la probabilidad de estar en la zona crítica fue de 97.3% con un 2.7% de estar en recuperación (Figura 6-51)

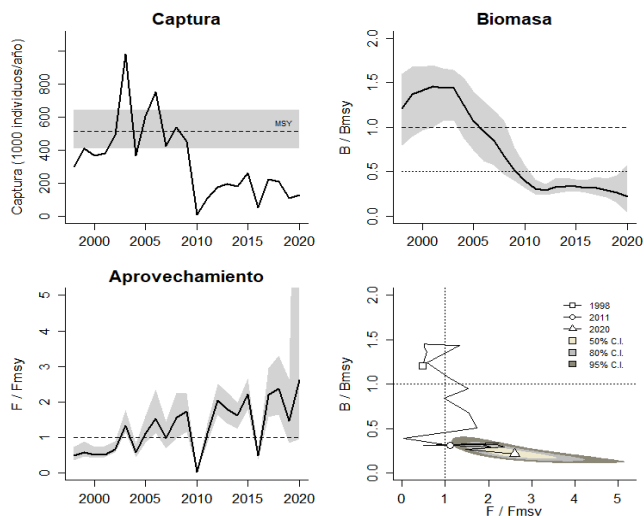


Figura 6-50. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella strigata* del Amazonas. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al 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.

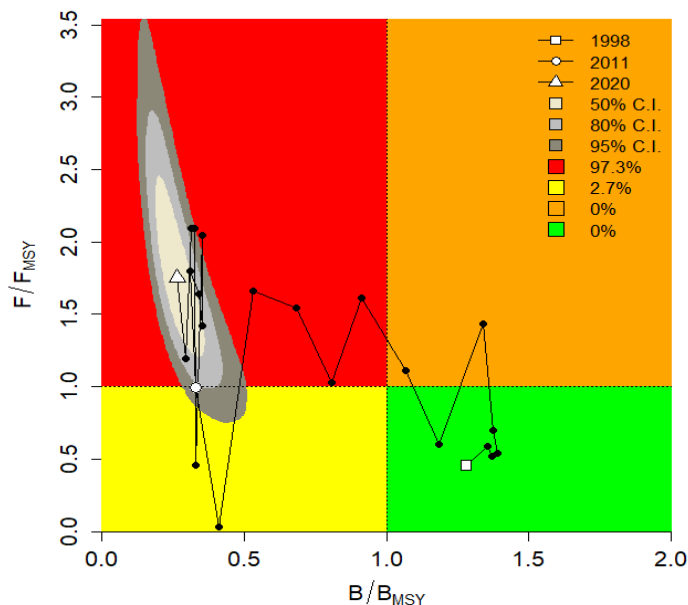


Figura 6-51. Análisis de las pesquerías de *Carnegiella strigata* para el Amazonas, utilizando el gráfico de fases de Kobe

En la cuenca del Amazonas, esta especie presentó una capacidad de resiliencia alta, determinada por la tasa intrínseca de crecimiento (r), y una capacidad de carga en el ecosistema de carácter alto, comparada con los recursos analizados en este trabajo; por lo anterior su estimación de MSY es también alta, sin embargo es necesario prestar mucha atención a la biomasa relativa encontrada que es muy baja (Tabla 6-33)

Tabla 6-33. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la estrigata mármol *Carnegiella strigata* en la Amazonia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.919	0.514	1.64
K	2,223,000	1,617,000	3,054,000
MSY	510,000	405,000	643,000
biomasa relativa para el 2020	0.132	0.0164	0.293

De otra parte, se estudió el impacto que ocasiona la mortalidad por pesca en el MSY, de las dos propuestas encontradas, se decidió tomar el valor más bajo dado que la especie se encuentra en condición crítica en la que se debe tener en cuenta cuando las biomásas son inferiores al valor de 0.5 de las tasas relativas; de la misma manera los indicadores de B/B_{msy} , mortalidad por pesca 2020 y la tasa de explotación F/F_{msy} mostraron un recurso con problemas de sostenibilidad (Tabla 6-34)

Tabla 6-34. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la estrigata mármol *Carnegiella strigata* en la Amazonia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
F _{msy}	0.459	0.257	0.82	si $B > 0.5 B_{msy}$ $F_{msy} = 0.5r$	0.242
F _{msy}	0.242	0.136	0.433		
MSY	510,000	405,000	643,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
B _{msy}	1,111,000	809,000	1,527,000		
Biomasa en 2020	293,000	36,500	651,000		
B/B _{msy}	0.264	0.0328	0.586		
mortalidad por pesca 2020	0.425	0.191	3.42		
Explotación F/F _{msy}	1.76	0.79	14.1		

6.1.15.4 Conclusiones sobre las pesquerías de la estrigata mármol *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 para la cuotas de pesca asignar el valor del límite inferior de del rango que es 405,000 individuos.

6.1.16 Pesquerías del pencil cola roja *Nannostomus eques* Stendachner, 1876



Foto Appleby

Es un pez tropical de hábitos bentopelágicos prefiere un rango de pH entre 5.0 y 6.0 y un rango de temperatura entre 23°C a 28°C (Fishbase, 2020).

6.1.16.1 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 6-52, 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 2020 este rango fue de 0.2 a 0.6 (Figura 6-52, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** se tuvieron casi todos los años por debajo de valor limite que es bueno para el recurso (Figura 6-52, 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 6-52, panel F).

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/Fmsy siempre estuvo por debajo de valor de referencia, estos dos indicadores muestran el buen estado de salud de esta pesquería (Figura 6-53).

El ejercicio complementario que se desarrolló para la evaluación de estas especie, fue someterla al sistema de fases probabilísticas de Kobe; como resultado se encontró que prácticamente todos los años la pesquería de esta especie ha estado en la fase óptima, Sin embargo para el 2020 se estableció que existe un 34.4% de probabilidad 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 6-54)

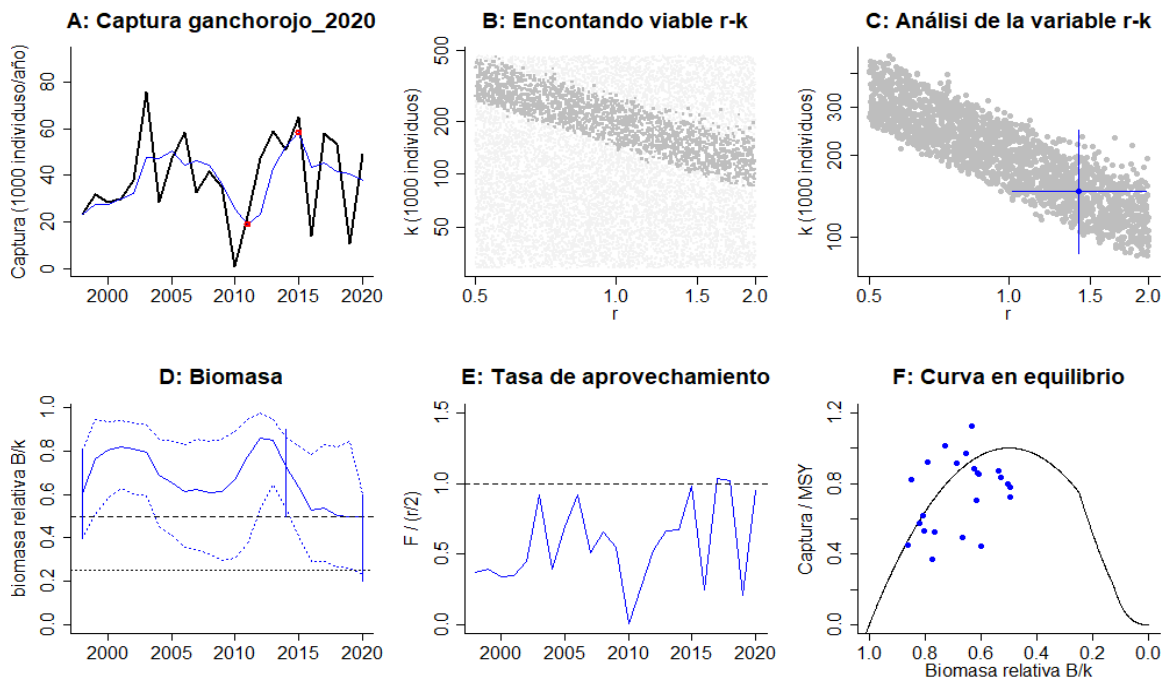


Figura 6-52. Resultados del análisis de las pesquerías de *Nannostomus eques* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 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.

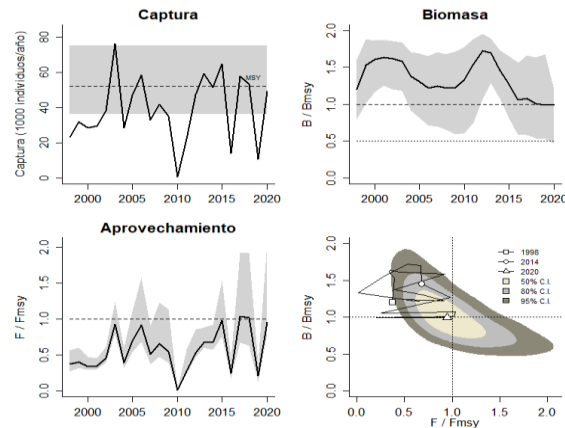


Figura 6-53. Análisis de las pesquerías de *Nannostomus eques*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente 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.

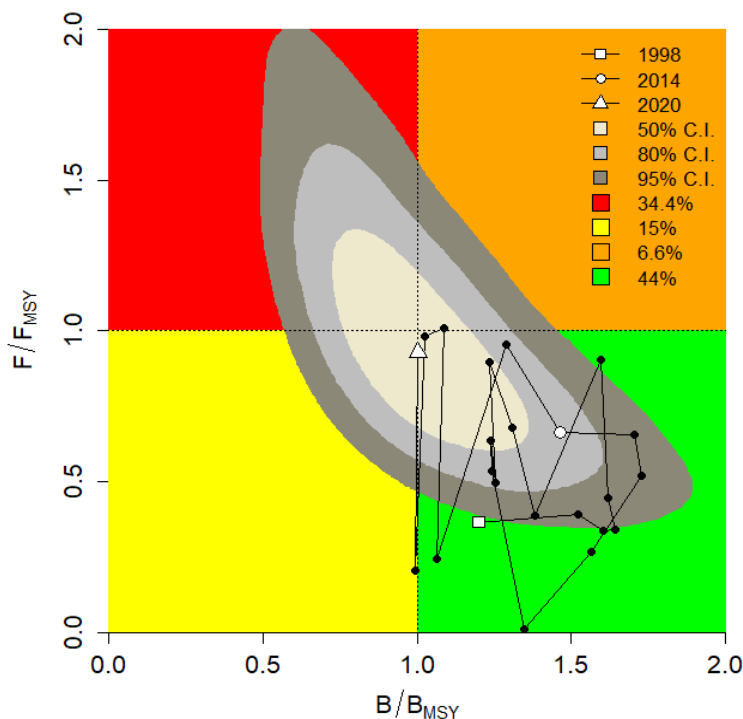


Figura 6-54. Análisis de las pesquerías de *Nannostomus eques*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

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 media, considerando los demás recursos evaluados, igualmente su punto de referencia estimado es medio, mientras que su biomasa relativa está por encima del referente 0.5 (Tabla 6-35).

Tabla 6-35. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el pencil cola roja *Nannostomus eques* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	1.42	1.02	1.97
K	149,000	88,900	251,000
MSY	52,900	36,500	76,500
biomasa relativa para el 2020	0.501	0.241	0.596

Se evaluó el impacto de las mortalidades por pesca en MSY y por el comportamiento de la biomasa no se encontró que el cálculo significa alguna diferencia, por ello las estimaciones

dieron exactamente igual, 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 6-36)

Tabla 6-36. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el pencil cola roja *Nannostomus eques* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.708	0.509	0.985	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.708
Fmsy	0.708	0.509	0.985		
MSY	52,900	36,500	76,500		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	74,700	44,500	125,000		
Biomasa en 2020	74,900	36,000	89,100		
B/Bmsy	1.2	0.482	1.19		
mortalidad por pesca 2020	0.685	0.553	1.37		
Explotación F/Fmsy	0.929	0.785	1.93		

6.1.16.2 Conclusiones sobre la pesquería del pencil cola roja *Nannostomus eques*.

Los resultados de la evaluación de esta pesquería, mostro que todos los indicadores estimados fueron positivos para la sostenibilidad de la especie, en tal sentido se recomienda que la cuota de pesca para esta especie esté relacionada con el MSY y su limites (36,500 a 76,500), estableciendo la cuota en 52,900 individuos.

6.1.17 Pesquerías de la cucha roja *Hemiancistrus guahiborum* Werneke, Armbruster, Lujan & Tarphon, 2005



Foto Sabaj Pérez, H.M.

Es una especie recientemente descrita en el 2005; sus aspectos biológicos son relativamente desconocidos, sin embargo, por su importancia en la pesca ornamental Ajiaco et al. (2012) desarrollaron que presenta su biología reproductiva y los aspectos pesqueros asociados a su explotación en un pedregal del Río Bitá (Puerto Carreño- Colombia). Como información importante de su biología se puede resaltar el cuidado parental, su fecundidad absoluta

establecida en 48 ± 19 ovocitos y una fecundidad relativa en 53 ± 03 ovocitos/g, en el 2015 Cruz et al. (2015) reportan una fecundidad absoluta mayor de 60 ± 29 ovocitos.

6.1.17.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cucha roja *Hemiancistrus guahiborum*.

El análisis de la distribución de las series históricas de las capturas muestra que las pesquerías de este recurso han tenido un comportamiento normal; esto es un periodo de crecimiento, uno de capturas máximas y el periodo de agotamiento (Figura 6-55, panel A)

El análisis de las **biomasas** evaluadas sobre la tasa B/K mostro un recurso que entre 1998 y 2003 creció y luego entró en una disminución paulatina, paralelamente se estudió los referentes bayesianos prior que marcaron una abundancia inicial entre 0.4 a 0.8, luego en el años de quiebre 2011 esta densidad disminuyó al rango entre 0.01 a 0.4 y para el 2020 este indicador se redujo a 0.01 hasta 0.25 (Figura 6-55, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** fue una situación oscilante alrededor del punto referente pero con un componente más definitorio sobre esta referencia (Figura 6-55, panel E), la curva en equilibrio mostro un 25% de valores en la parte óptima un 40% sobre el punto de referencia MSY y 15% en la zona de sobrepesca (Figura 6-55, panel F).

De otra parte, el referente de las capturas frente a su punto de referencia MSY, como un medio de evaluación del sistema encontramos que hasta el 2010 los valores, de manera general, estuvieron dentro de la franja de seguridad de MSY, las biomasas fueron evaluadas bajo la dinámica de las tasas B/Bmsy y se encontró que a partir del 2009, la situación paso a ser alarmante ya que cursó el indicador 0.5B/Bmsy, así mismo el indicador de aprovechamiento tuvo un tendencia creciente sobrepasando el indicador de referencia (Figura 6-56)

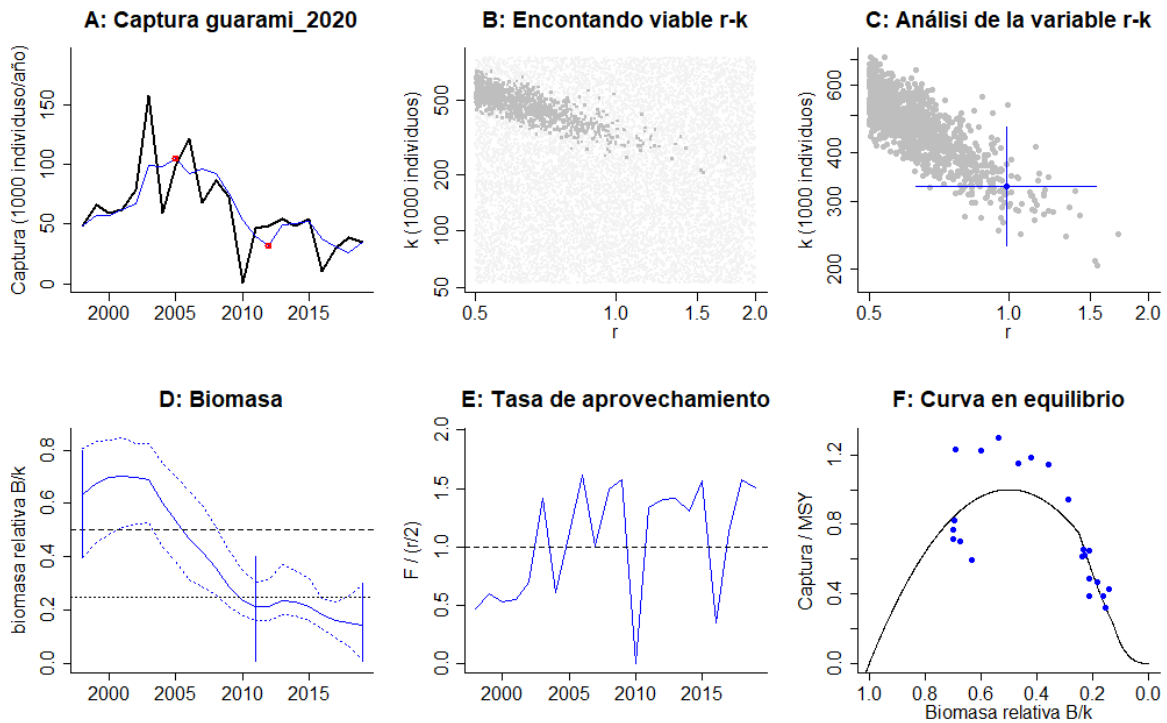


Figura 6-55. Resultados del análisis de las pesquerías de *Hemiancistrus guahiborum* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /MSY en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

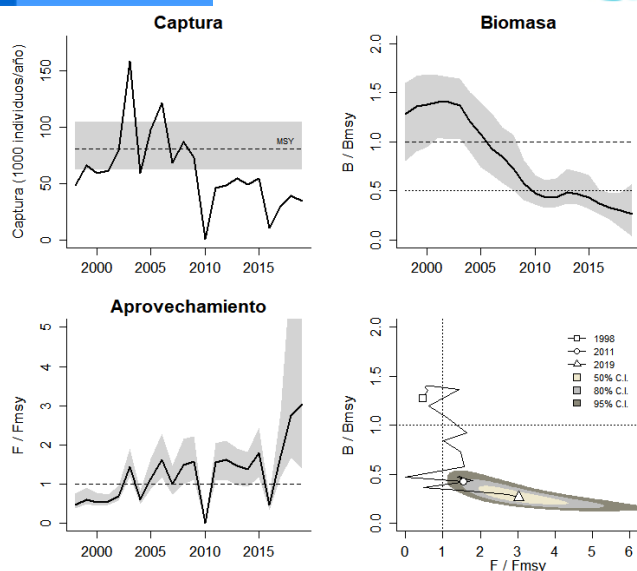


Figura 6-56. Análisis de las pesquerías de *Hemiancistrus guahiborum*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El 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.

Analizando como se comportó las pesquerías utilizando la gráfica de fases probabilísticos de Kobe, se encontró que al principio la pesquería estuvo ejercida de manera positiva, rápidamente se pasó a la zona de plena explotación solo el 2004 y 2006, de allí en adelante casi todos los años están en la zona crítica, bajo este esquema para el 2020 el 99.7% de probabilidades está en la parte crítica, con un 0.3% en la zona de recuperación (Figura 6-57).

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% (Tabla 6-37).

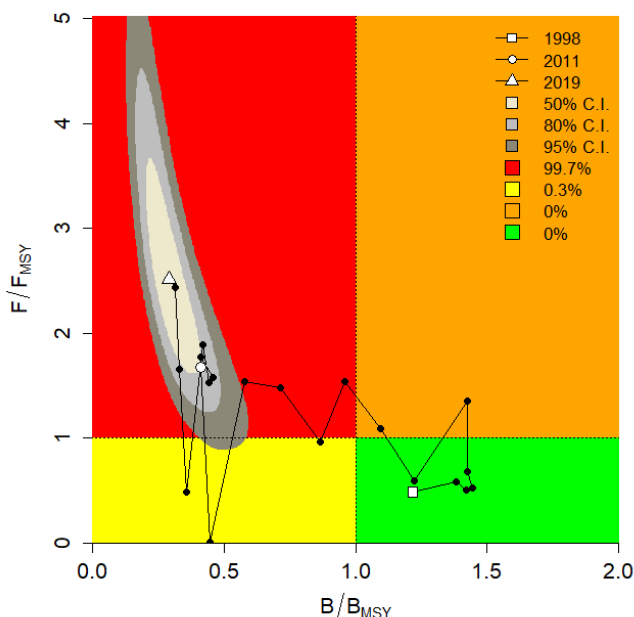


Figura 6-57. Análisis de las pesquerías de Hemiancistrus guahiborum, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Tabla 6-37. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el cucha roja Hemiancistrus guahiborum en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
r	1.08	0.76	1.53
K	305,000	212,000	439,000
MSY	82,200	64,800	104,000
biomasa relativa para el 2020	0.145	0.02	0.293

La evaluación de los referentes de la mortalidad por pesca en MSY, muestra que por los decaimientos de las biomاسas es necesario tomar el valor más bajo, adicionalmente los indicadores de B/Bmsy mortalidad por pesca del 2020 y la tasa de explotación F/Fmsy, muestran resultados que debe prender las alarmas (Tabla 6-38).

Tabla 6-38. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cucha roja Hemiancistrus guahiborum en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.539	0.38	0.764	sí B > 0.5 Bmsy Fmsy = 0.5r	0.312
Fmsy	0.312	0.22	0.443		
MSY	82,200	64,800	104,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	153,000	106,000	220,000		



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Biomasa en 2020	44,200	6,120	89,500		
B/Bmsy	0.289	0.0401	0.587		
mortalidad por pesca 2020	0.784	0.387	5.66		
Explotación F/Fmsy	2.51	1.24	18.1		

6.1.17.2 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 82,200 unidades (64,800 a 104,000); teniendo en cuenta que las evaluaciones sobre el recurso no fueron favorables se recomienda utilizar el límite inferior como cuota de pesca 64,000 individuos.

6.1.18 Pesquerías del lapicero dos hileras *Farlowella vittata* Myers, 1942



Foto JJ Photo

Distribuido en la cuenca del Orinoco, depredadora de microbianos; por este tipo de dietas carnívoras hacen que su intestino se más corto que los otros loricáridos. (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007) Recientemente ha sido estudiada su biología reproductiva y alimentaria por García-Alzate et al. (2012) (citado en Barreto-Reyes, y otros, 2015), encontrando que la especie muestra variación estacional en su dieta además de una variación entre machos y hembras. Reportan su temporada reproductiva durante aguas altas, fecundidad de las hembras entre 1 y 819 ovocitos con diámetro promedio de 1.4mm; la especie se considera vulnerable por presión pesca en época reproductiva debido al cuidado parental, advirtiendo peligro de sobreexplotación.

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) determinaron la talla media de captura en 83 mm de Ls., y la talla de madurez sexual en 91.8 mm de Ls., así mismo reportaron un pico de reproducción en mayo.

6.1.18.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de lapiceros dos hileras *Farlowella vittata*.

La estructura de las capturas mostró una distribución de las series de datos históricos de la misma manera que cualquier recurso sometido a explotación, por ello las pesquerías comenzaron con aumentos secuenciales hasta un tope y luego decayeron hasta un mínimo hacia 2014, en los últimos años ha mostrado un ligero nivel de recuperación (Figura 6-58, panel

A); las **biomasas** (medidas a partir de número de individuos), evaluadas por la tasa B/K mostraron un crecimiento inicial para decaer inclusive por debajo del límite mínimo de referencia, por lo que las abundancias relativas tuvieron para 1998 un rango entre 0.4 a 0.8, y en el año de quiebre 2013 este rango fue de 0.01 a 0.4 y para 2020 se presentó el rango más bajo entre 0.01 a 0.22 (Figura 6-58, panel A); la **tasa de aprovechamiento** estuvo oscilado alrededor de el referente (Figura 6-58, panel E), pero en la **curva en equilibrio** mostraron que la mayoría de los valores están en la franja de sobreexplotación (Figura 6-58, panel F).

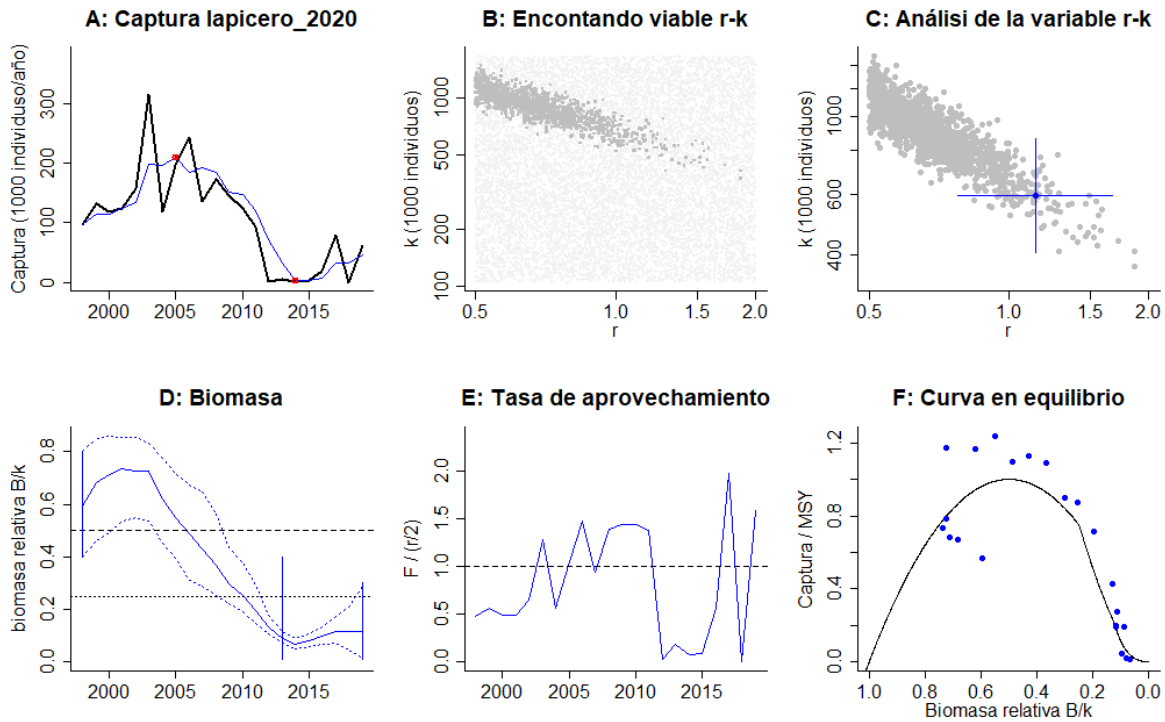


Figura 6-58. Resultados del análisis de las pesquerías de *Farlowella vittata* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 revisión de los datos de capturas frente a su punto de referencia MSY, presentó una actividad pesquera en dos etapas: una cercana a este y una segunda de bajos niveles. De igual forma se ve como las biomasas que fueron decayendo, y en 2010 cruzaron los límites mínimos de seguridad de la estabilidad poblacional, en cuanto a la tasa de aprovechamiento F/F_{msy} se observa que el sistema tuvo una tendencia a sobrepasar el referente de equilibrio (Figura 6-59).

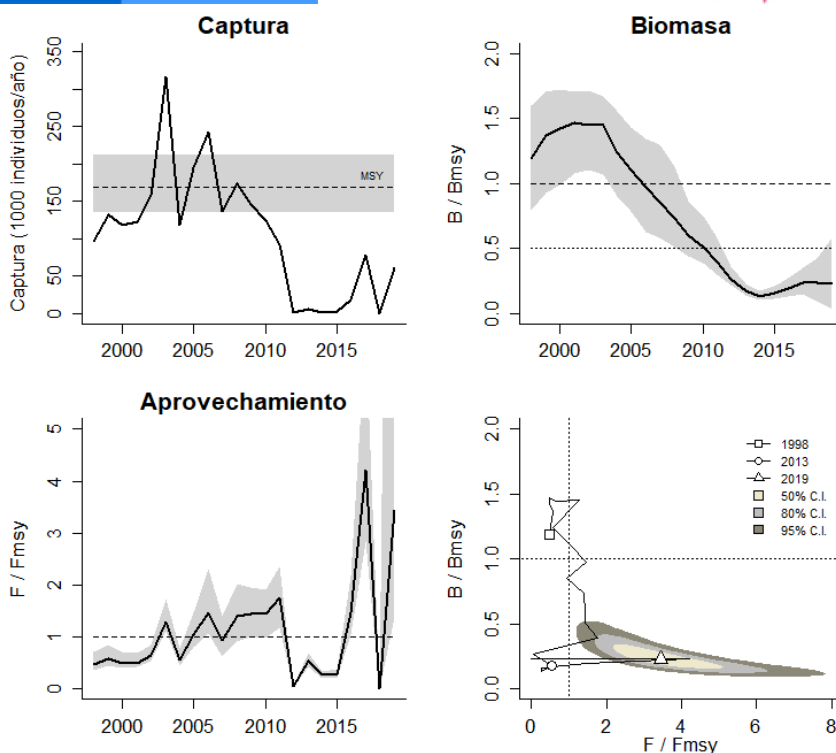


Figura 6-59. Análisis de las pesquerías de *Farlowella vittata*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 probabilísticas de Kobe, muestra que la pesquería inicio con un nivel de aprovechamiento en la región de equilibrio, pero rápidamente se pasó a la zona de plena explotación hasta llegar a la zona crítica, sin embargo, se tuvo varios años en la zona de recuperación. Para el 2020 la probabilidad de estar en crisis es del 100% (Figura 6-60).

Mediante el cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento (r) se pudo determinar que la especie es de alta resiliencia, con una capacidad de carga al ecosistema media; de la misma manera se catalogó el punto de referencia MSY, encontrando que la biomasa relativa fue baja indicando la crítica condición de la especie (Tabla 6-39).

De otra parte, la evaluación de la mortalidad por pesca en MSY, presento dos resultados, pero teniendo en cuenta los cambios críticos en las biomasa que estuvieron por debajo del referente 0.5, se escogió el menor valor. Estos referentes se ven reflejados en los indicadores de B/B_{msy} , mortalidad por pesca en el 2020 y la tasa de explotación de F/F_{msy} (Tabla 6-40)

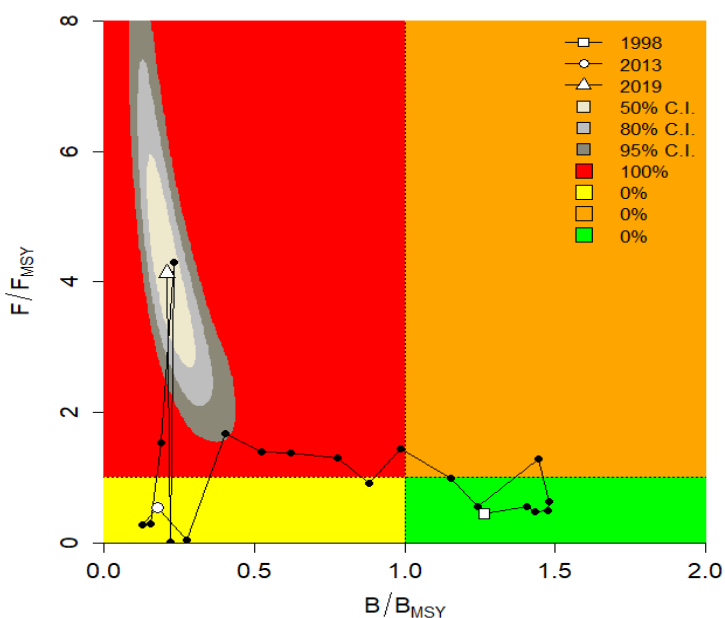


Figura 6-60. Análisis de las pesquerías de *Farlowella vittata*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Tabla 6-39. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el lapicero de dos hileras *Farlowella vittata* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.23	0.835	1.81
K	555,000	369,000	835,000
MSY	171,000	136,000	214,000
biomasa relativa para el 2020	0.104	0.0131	0.285

Tabla 6-40. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el lapicero de dos hileras *Farlowella vittata* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.615	0.418	0.907	sí B > 0.5 Bmsy Fmsy = 0.5r	0.257
Fmsy	0.257	0.174	0.379		
MSY	171,000	136,000	214,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	278,000	185,000	417,000		
Biomasa en 2020	57,900	7,280	158,000		
B/Bmsy	0.209	0.0262	0.57		
mortalidad por pesca 2020	1.06	0.389	8.44		
Explotación F/Fmsy	4.13	1.51	32.9		

6.1.18.2 Conclusiones de las pesquerías del lapicero de dos hileras *Farlowella vittata*.

De acuerdo con los cálculos efectuados los resultados arrojan como punto de referencia el MSY en 171,000 individuos (136,000 a 214,000), pero debido a que existen complicaciones en el estado de salud de la pesquería, se recomienda que la cuota sea el 10% de la pendiente del modelo que estaría en 100,300 unidades.

6.1.19 Pesquerías de pacamú enano *Microglanis iheringi* Gomes, 1946



Foto JJPhoto

Es una especie de hábitos demersales, que prefiere un rango de pH entre 6.0 a 8.0, así mismo prefiere temperaturas entre 24°C a 28°C, tropical de Sur América (Fishbase, 2020).

6.1.19.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de lapicero de dos hileras *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 6-61, 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 2020 este rango se estrecha un poco más en 0.01 a 0.22 (Figura 6-61, 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 6-61, 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 6-61, panel F).

La otra cara de la evaluación estuvo en la comparación de las capturas frente a su punto de referencia MSY, se notó solo dos procesos uno positivo en los primeros años y luego uno negativo desde 2010 hasta 2020, las biomasas 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 6-62)

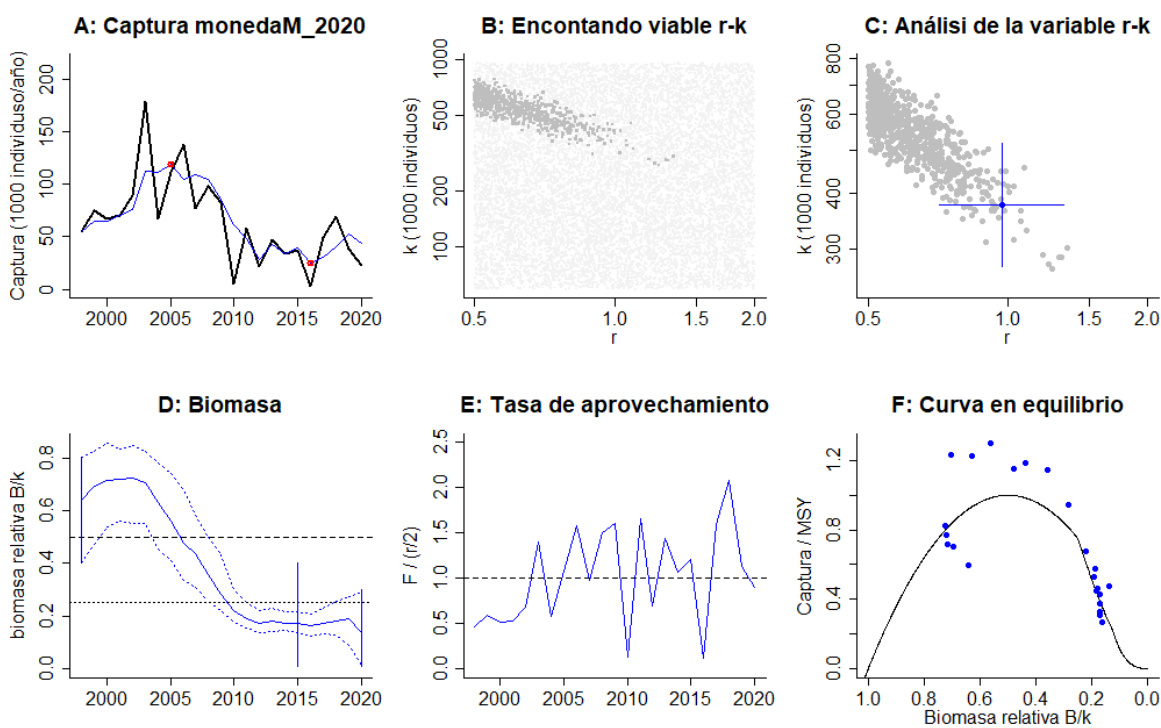


Figura 6-61. Resultados del análisis de las pesquerías de *Microglanis iheringi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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.

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 2020 la probabilidad de estar en el área crítica es del 91.3%, mientras que la probabilidad de estar en la zona de recuperación es del 8.6% (Figura 6-63).

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, comparada con las otras especies analizadas, el primer determinante que muestra un sistema de alarma fue la biomasa relativa con un valor muy bajo (Tabla 6-41)

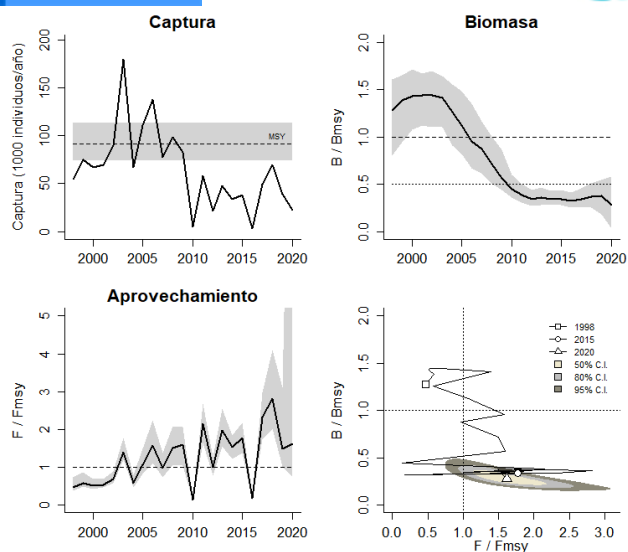


Figura 6-62. Análisis de las pesquerías de *Microglanis iheringi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

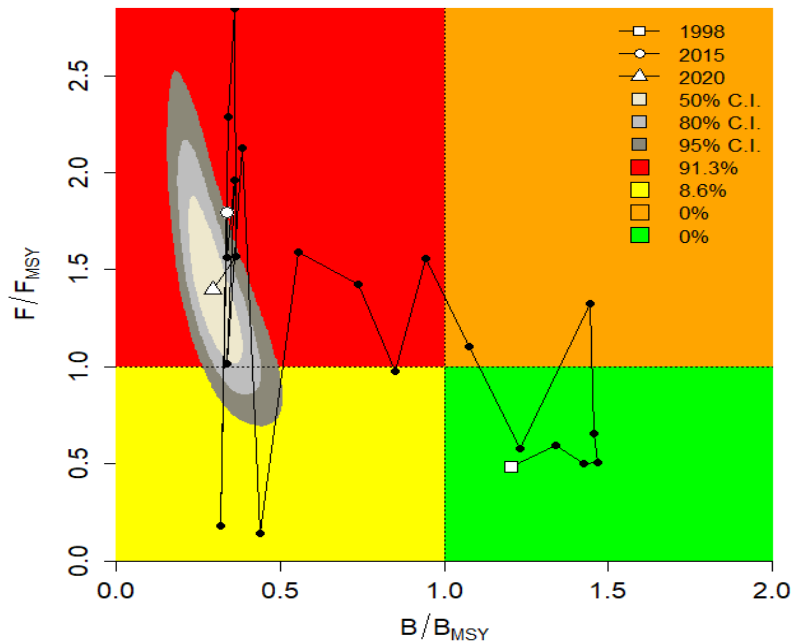


Figura 6-63. Análisis de las pesquerías de *Microglanis iheringi*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Tabla 6-41. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el pacamú *Microglanis iheringi* enano en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.04	0.738	1.47
K	359,000	246,000	524,000
MSY	93,500	74,000	118,000
biomasa relativa para el 2020	0.147	0.0167	0.28

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 biomásas 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 pesa en 2020, indicaron que el sistema está en dificultades indicando que la especie debe ser vigilada (Tabla 6-42).

Tabla 6-42. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el pacamú enano *Microglanis iheringi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.52	0.369	0.734	si B >0.5	0.306
Fmsy	0.306	0.217	0.431	Bmsy Fmsy =0.5r	
MSY	93,500	74,000	118,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	180,000	123,000	262,000		
Biomasa en 2020	52,800	6,020	101,000		
B/Bmsy	0.294	0.0335	0.561		
mortalidad por pesca 2020	0.427	0.224	3.75		
Explotación F/Fmsy	1.4	0.732	12.3		

6.1.19.2 Conclusiones de las pesquerías de pacamú enano *Microglanis iheringi*

De acuerdo con los resultados obtenidos para el punto de referencia MSY de 93,500 individuos (74,000 a 118,000), se recomienda que para la cuota de pesca se tome el valor del límite inferior de MSY qu corresponde a 74,000 individuos.

6.1.20 Pesquerías de leporino rayado *Leporinus fasciatus* (Bloch, 1794)



Foto Museum-Aquarium de Nancy/B. Aleno

Se distribuye en la cuenca del Amazonas, pero se registran en la Orinoquia; ampliamente distribuido en Suramérica desde el río Orinoco hasta el río de la Plata; se alimenta de material vegetal, insectos y se consideran omnívora; la especie puede reproducirse en la épocas de lluvias (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

6.1.20.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de leporino rayado *Leporinus fasciatus*.

El análisis de las series de tiempo de las capturas estimadas no mostró una tendencia clara, los datos presentaron variaciones apreciables (Figura 6-64, panel A)

El estudio de las **biomasas** (registradas a partir del número de individuos) a través de la tasa relativa B/K mostró cantidades iniciales en un ligero incremento, luego disminuye paulatinamente hasta el 2010 pero luego tiene una ligera recuperación y casi que se estabiliza hasta el final, 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, la marca de quiebre en 2016 registro un rango entre 0.01 a 0.4 que fue el mismo dado para 2020 (Figura 6-64, panel D)

La **tasa de aprovechamiento** registró años el alta y baja casi de manera alternativa, no se mostró una tendencia marcada (Figura 6-64, panel E); la **curva en equilibrio** presento un 15% de los datos en el área óptima un 35% sobre el MSY y 60% de los valores se anidaron en la zona de sobreexplotación (Figura 6-64, panel F).

El siguiente análisis que se dio fue el de la relación que se dio entre las capturas y su 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 sobre este o por debajo; así mismo las biomasas presentaron dos fases claras que son la inicial de incremento hasta el 2003 luego una de decrecimiento hasta 2010 de allí hasta el 2020 se estabiliza sin traspasar el nivel mínimo del referente B/B_{msy} , al estudiar lo que ocurrió con la tasa de aprovechamiento F/F_{msy} se trató de un sistema que estuvo bordeando el indicador referente (Figura 6-65).

Los resultados pudieron ser definidos de una manera más visual utilizando la gráfica de Kobe de fases probabilísticas, en ella se determinó 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 2020 los datos estuvieron alternativamente entre la franja crítica y la de recuperación, por lo que finalmente se encontró que para el 2020

la probabilidad de estar en la parte crítica fue del 77.9%, con un 19.7% de estar en recuperación con un 2.4% de que las pesquerías de ese año este en la zona óptima (Figura 6-66)

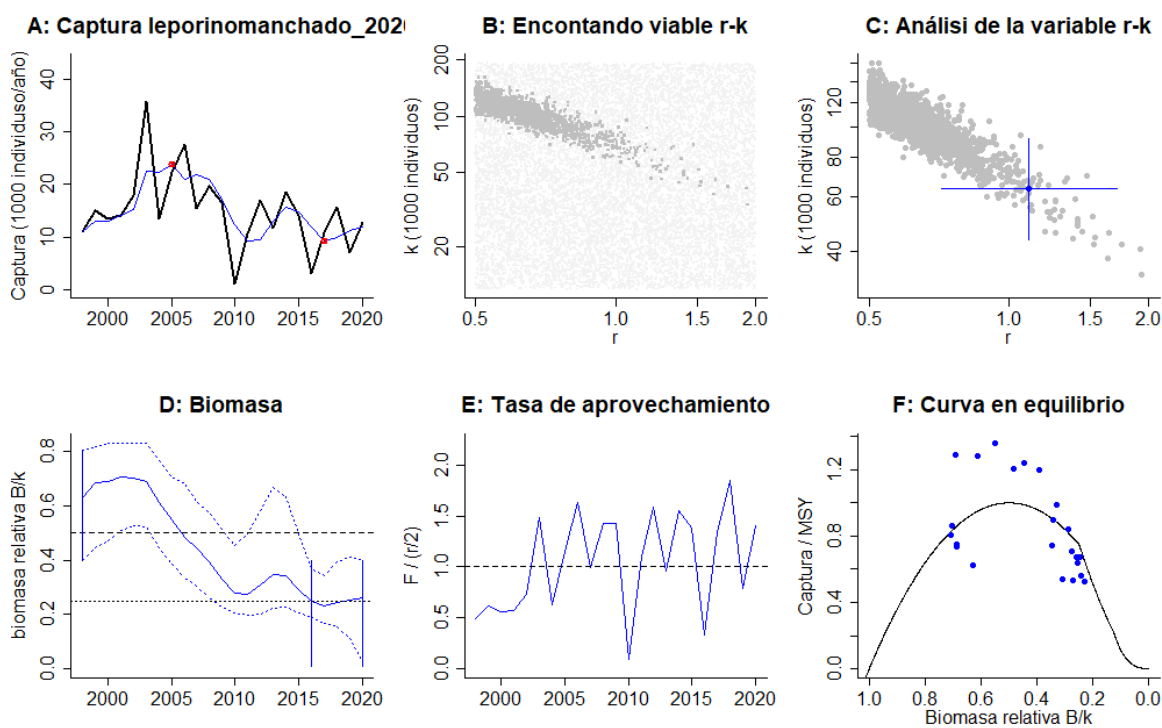


Figura 6-64. Resultados del análisis de las pesquerías de *Leporinus fasciatus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 análisis de la estrategia bayesiana utilizando el gráfico de fases probabilística de Kobe, muestra que durante los primeros años los registros de esta pesquería estuvieron ubicados dentro de la franja óptima; posteriormente como se esperaba, pasó a la franja de plena explotación, luego entre 2005 a 2020 los datos se ubicaron de manera alternada entre la franja crítica y la de recuperación; De igual forma, se encontró que para el 2020, la probabilidad que la pesquería se ubique en la zona crítica fue del 77.9%, mientras que la probabilidad de estar en la zona de recuperación es del 19.7% y de estar en la zona óptima es de 2.4% (Tabla 6-43).

Tabla 6-43. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el Leporino rayado *Leporinus fasciatus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.12	0.676	1.86
K	62,000	43,400	88,700



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
		inferior	superior
MSY	17,400	14,300	21,200
biomasa relativa para el 2020	0.291	0.0319	0.397

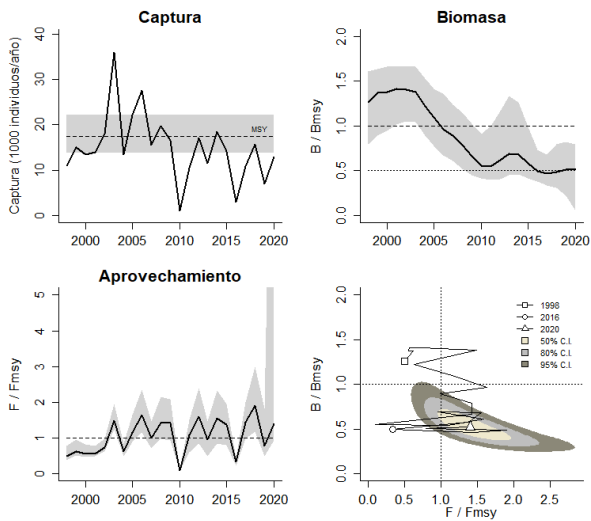


Figura 6-65. Análisis de las pesquerías de *Leporinus fasciatus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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.

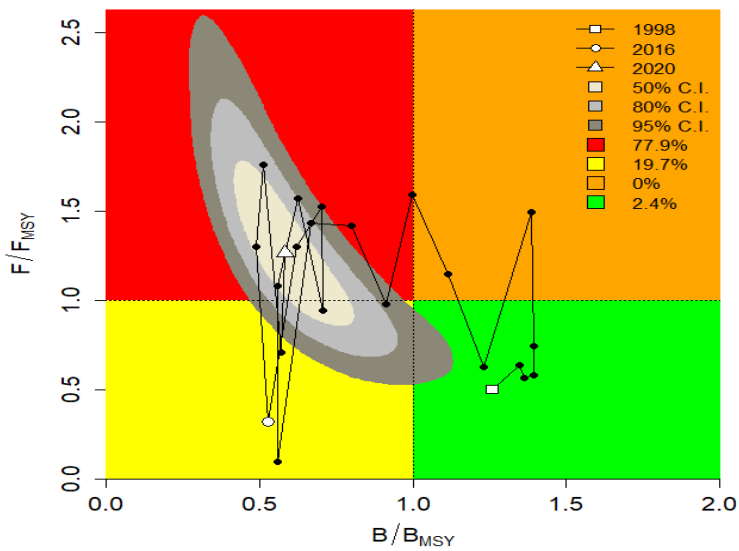


Figura 6-66. Análisis de las pesquerías de *Leporinus fasciatus*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Como punto final de esta metodología, se comparó la tasa de mortalidad por pesca en MSY de tal manera que de acuerdo con las evaluaciones realizadas no se notó un decremento de las densidades de biomazas por debajo del estándar, por ello no hubo diferencias entre estos dos resultados; lo anterior se corroboró con el resultado de la tasa B/Bmsy que fue superior al indicativo de 0.5; la mortalidad por pesca y la tasa de explotación estuvieron un ligeramente más altas con relación a los estándares establecidos (Tabla 6-44).

Tabla 6-44. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el leporino rayado *Leporinus fasciatus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.561	0.338	0.931	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.561
Fmsy	0.561	0.338	0.931		
MSY	17,400	14,300	21,200		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	31,000	21,700	44,300		
Biomasa en 2020	18,100	1,980	24,600		
B/Bmsy	0.582	0.0639	0.794		
mortalidad por pesca 2020	0.71	0.52	6.47		
Explotación F/Fmsy	1.26	0.927	11.5		

6.1.20.2 Conclusiones de las pesquerías del leporino rayado *Leporinus fasciatus*.

Los resultados de los cálculos efectuados para determinar el punto de referencia MSY mostraron una capacidad de 17,400 unidades (14,300 a 21,200); teniendo en cuenta que los resultados son aceptables se propone que la cuota de pesca concuerde con el MSY.

6.1.21 Pesquerías de otocinelo colarayada *Otocinclus vittatus* Regan, 1904



Foto Prins, E.

Normalmente se ha registrado para Colombia en la cuenca del Orinoco, sin embargo, es probable que no corresponda con la especie descrita teniendo en cuenta su distribución en la cuenca Paraguay/Paraná. Se reporta como especie herbívora y de hábitos diurnos, asociados a plantas acuáticas, troncos y raíces sumergidas (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) determinaron una talla media de captura en 22.7 mm de Ls., y una talla de madurez sexual en 18.48 mm de Ls., así mismo determinaron un pico de madurez para mayo.

6.1.21.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de otocinclo colarayada *Otocinclus vittatus*.

Al estudiar las series históricas de las estimaciones de las capturas, se presentó una situación fuera de lo común, esto teniendo en cuenta que hasta 2013 el desarrollo fue el normal de una pesquería cualquiera, pero a partir de esta fecha en recurso estuvo casi en cero, se tiene como primera opción que no se registró oferta de recurso, pero luego las pesquerías vuelven a tener valores altos (Figura 6-67, panel A)

Se revisaron los resultados de las **biomasa** (tomados a partir de número de individuos), estructuradas con el uso de la tasa de biomas relativa B/K que presentó tres fases una inicial entre 1998 hasta 2005 de crecimiento que indicó un valor tope, luego una segunda marcada entre 2006 a 2014 de disminución apreciable inclusive sobrepasando los niveles mínimos recomendados, pero luego una tercera, en el que el sistema se recupera aunque no alcanza los niveles óptimos (Figura 6-67, panel A)

La **tasa de aprovechamiento**, enmarcada en la tasa $F/(r/2)$ no tuvo una tendencia marcada que defina una situación particular destacable, sin tener en cuenta que 2014 a 2016 el sistema fue nulo (Figura 6-67, panel E), pero el mejor descriptor de la situación se enmarca en la **curva en equilibrio**, donde se denota un sistema que cubrió casi todo el marca desde valores muy bajos hasta valores positivos para el sistema biológico (Figura 6-67, panel F).

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 biomasa 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 6-68).

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, pero se tuvo dos años que se establecieron en la franja de plena explotación luego se pasó al alfase crítica con algunos años alrededor de 2014 que estuvieron en el área de recuperación, sin embargo para el 2020, la probabilidad de estar en la zona crítica tuvo una probabilidad de 95.9%, con un 4% de encontrarse en la zona de recuperación, pero con una pequeña probabilidad de estar en la zona óptima con una probabilidad de 0.1% (Figura 6-69).

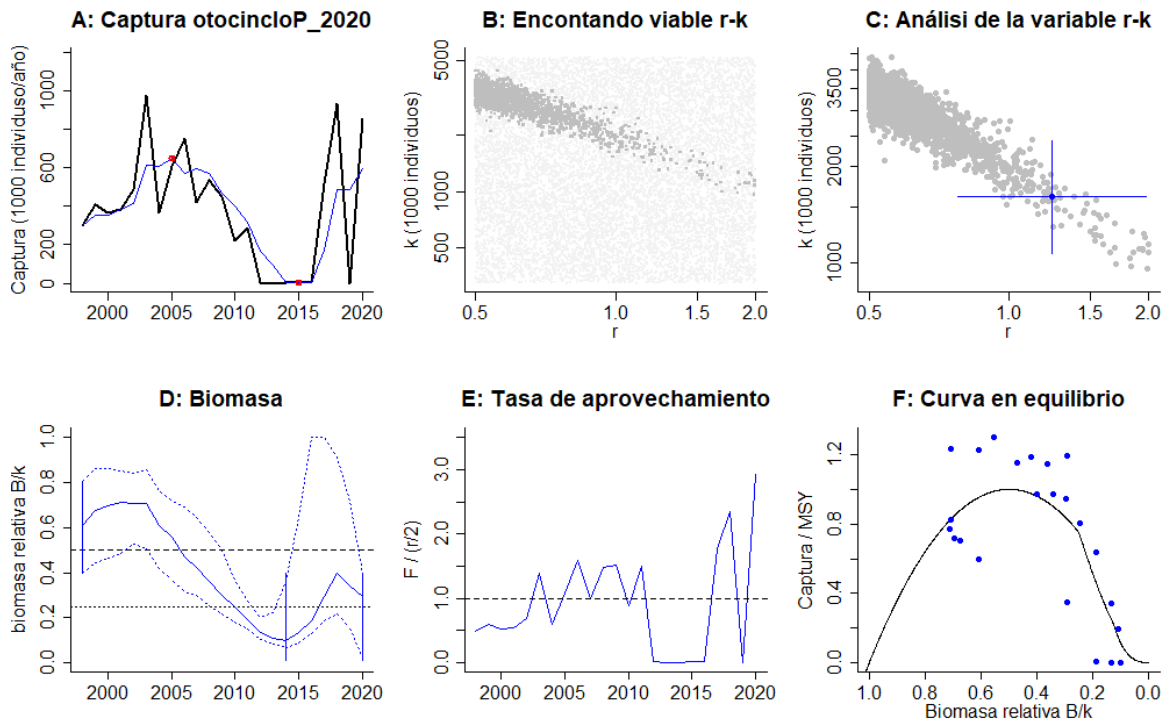


Figura 6-67. Resultados del análisis de las pesquerías de *Otocinclus vittatus* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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.

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 recurso estudiado en este documento, sin embargo, los resultados de la biomasa relativa no fue el ideal (Tabla 6-45).

Tabla 6-45. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el otocinco colaraya *Otocinclus vittatus* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.22	0.77	1.92
K	1,684,000	1,112,000	250,000
MSY	512,000	405,000	646,000
biomasa relativa para el 2020	0.279	0.0121	0.399

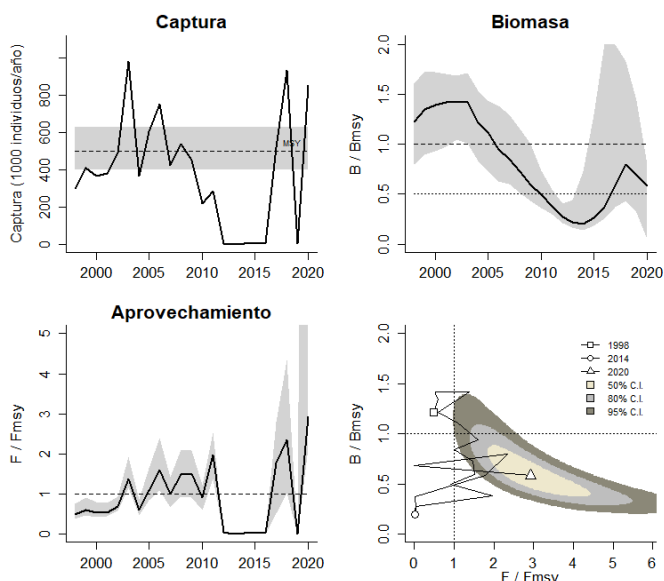


Figura 6-68. Análisis de las pesquerías de *Otocinclus vittatus*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 biomasa y las tasas relativas de esfuerzo.

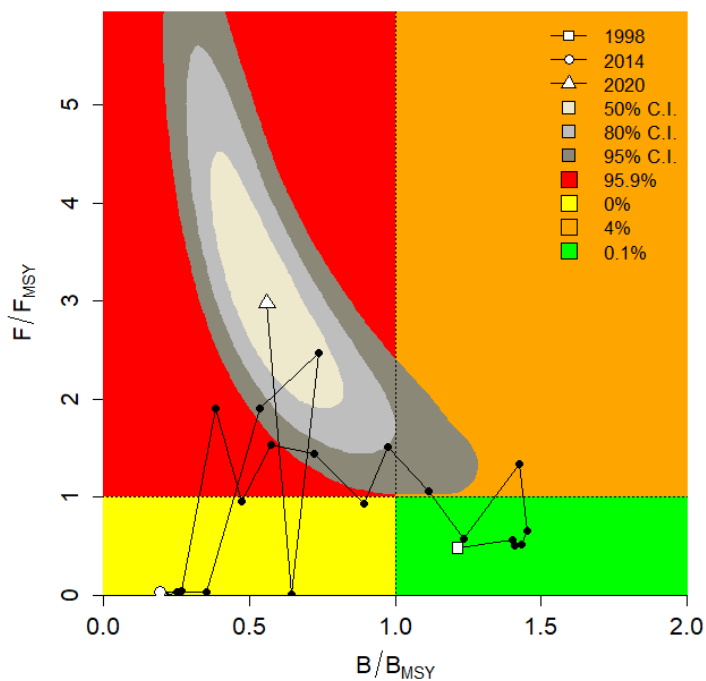


Figura 6-69. Análisis de las pesquerías de *Otocinclus vittatus*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

6.1.21.2 Conclusiones de las pesquerías del otocinco colarayada *Otocinclus vittatus*.

Después de haber determinado los valores de punto de referencia MSY en 512,000 individuos (405,000 a 646,000), y analizado que los análisis de las principales indicadores no fueron contundentes se propone dos alternativas para las cuotas de pesca, por un lado, tomar el límite inferior de 405,00 individuos o utilizar el 10% de la tangente del modelo con un valor de 2712.238 individuos.

6.1.22 Pesquerías de la albina lisa punto de oro *Chaetostoma dorsale* Eigenmann, 1922



Foto NN

Se distribuye en la cuenca del río Orinoco y es una especie de hábitos herbívoros (Galvis, y otros, 2007). La presencia constante de juveniles ha permitido sugerir que se reproduce durante todo el año (Ramírez-Gil, Ortega-Lara, Ajiaco-Martínez, & Pineda-Arguello, 2011).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) estimaron la talla media de captura en 42.7 mm de Ls., con una talladle madurez de 40.1 mm de Ls., igualmente reportaron un pico de madurez sexual en octubre.

6.1.22.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de albina lisa punto de oro *Chaetostoma dorsale*.

Con la información recolectada se estimó una serie de tiempo de las capturas las cuales presentaron dos fase una entre 1998 a 2010 con bajos niveles de producción luego una segunda parte entre 2015 a 2020 donde se dio el ciclo de pesquerías en desarrollo (Figura 6-70, panel A)

Con la información disponible y armando una relación de la tasa B/K de las **biomasas** (medidas como el número de individuos) se construyó un sistema que mostro el comportamiento de las mismas en la seri temporal se notaron dos tipos de comportamiento el primero de valores estables hasta 2013, luego una desequilibrada 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 año de quiebre 2014 esta distribución estuvo entre 0.5 a 0.9, ya para el 2020 se marcó una abrupta diferencia con un rango entre 0.010.19 (Figura 6-70, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** determinada por $F/(r/2)$ se vio un primer proceso conservador pero después de 20202 se incrementó fuertemente (Figura 6-70, panel E); finalmente la **curva de equilibrio** mostro un sistema que en un 60% estuvo en niveles óptimos (Figura 6-70, panel F)

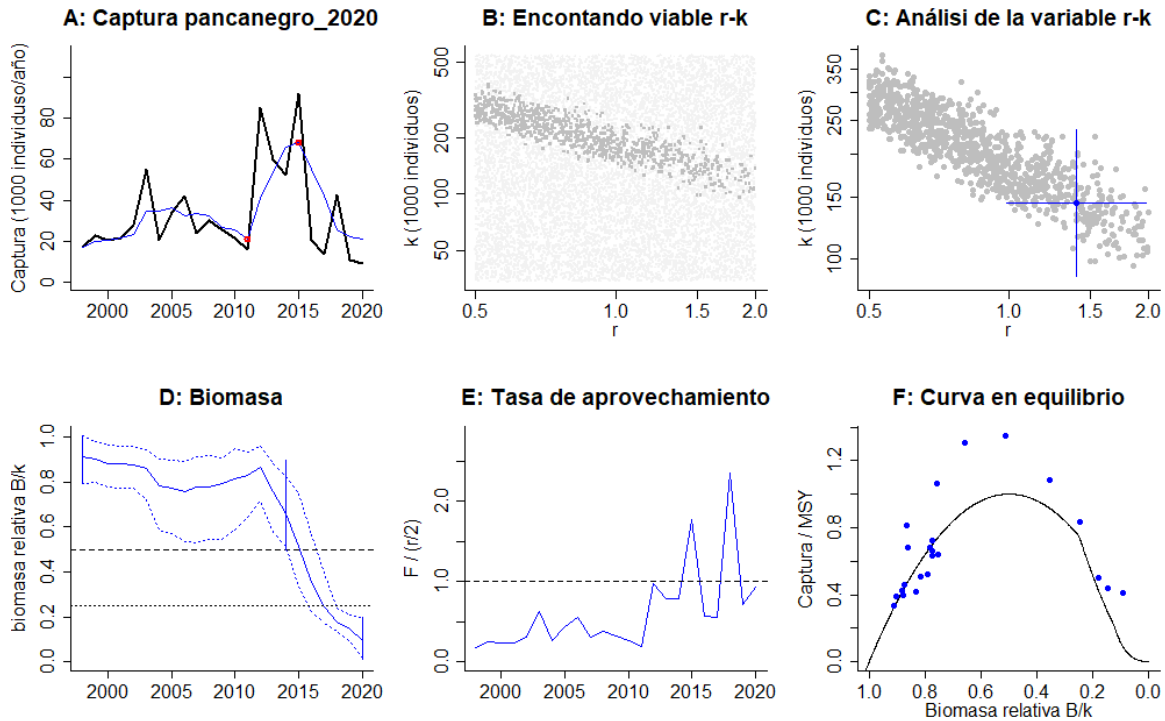


Figura 6-70. Resultados del análisis de las pesquerías de *Chaetostoma dorsale* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /RMSY 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 estuvo en una relación equitativa entre los años dentro del sistema y los que quedaron por fuera de la franja de seguridad, las biomas medidas con su tasa B/B_{msy} fueron positivos hasta el 2014 luego cayeron abruptamente 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 en los últimos años (Figura 6-71).

El análisis de la estrategia bayesiana utilizando el gráfico de fases probabilística de Kobe, se encontró que la mayoría de los años estuvo en la fase óptima y solo en los más recientes se tuvo un manejo de la zona crítica, por lo que se cree que con un buen manejo esta se puede recuperar rápidamente, por ello para el 2020 la probabilidad de encontrarse en la fase crítica fue de 99.4% con un 0.6% de entrar en recuperación (Figura 6-72)

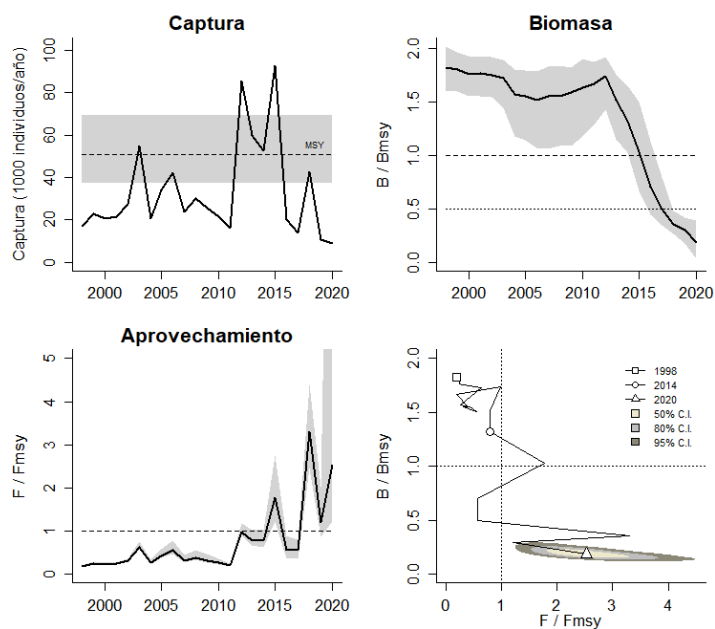


Figura 6-71. Análisis de las pesquerías de Chaetostoma dorsale. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior 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.

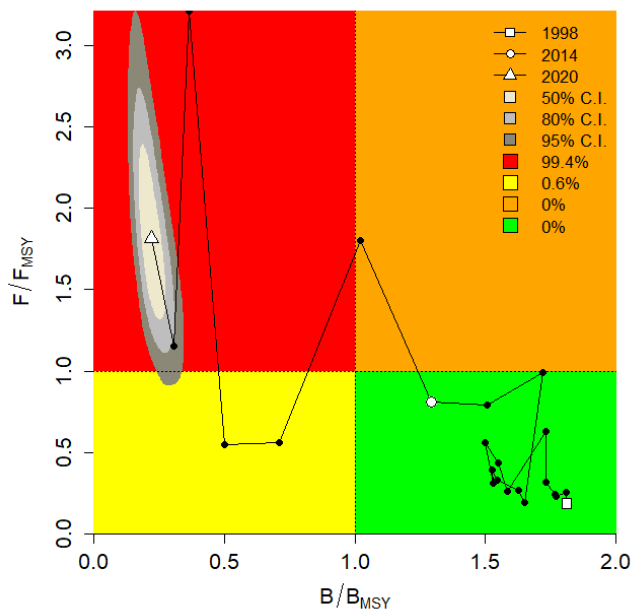


Figura 6-72. Análisis de las pesquerías de Chaetostoma dorsale, utilizando el gráfico de fases de Kobe

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), 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, queda en vigilancia la biomasa detectada para el 2020 que fue muy baja (Tabla 6-46).

Tabla 6-46. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la albina lisa punto de oro *Chaetostoma dorsale* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.39	0.987	1.97
K	145,000	89,200	234,000
MSY	50,400	37,000	68,600
biomasa relativa para el 2020	0.11	0.0139	0.196

La otra mirada de este análisis fue la de revisar si la mortalidad por pesca en MSY estaba en niveles altos o bajos, ya se había determinado que las biomasa había disminuido ostensiblemente por lo que la elección final de este índice se tomó como el valor más bajo, los otros indicadores como B/B_{msy} mortalidad por pesca y tasa de explotación F/F_{msy} mostraron signos de alarma (Tabla 6-47)

Tabla 6-47. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cuchillo negro *Chaetostoma dorsale* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.679	0.494	0.985	sí $B > 0.5 B_{msy}$ $F_{msy} = 0.5r$	0.306
Fmsy	0.306	0.217	0.432		
MSY	50,400	37,000	68,600		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	72,300	44,600	117,000		
Biomasa en 2020	15,900	2,010	28,300		
B/B_{msy}	0.219	0.0278	0.391		
mortalidad por pesca 2020	0.556	0.312	4.38		
Explotación F/F_{msy}	1.82	1.02	14.3		

6.1.22.2 Conclusiones de las pesquerías de albina lisa punto de oro *Chaetostoma dorsale*.

De acuerdo con los resultados obtenidos de MSY con un dato de 50,400 unidades (37,000 a 68,600), y con los resultados de alarma se recomienda utilizar el valor del límite inferior esto es 37,000 unidades.

6.1.23 Pesquerías de albina lisa punto verde *Chaetostoma formosae* Ballen, 2011



Foto Ng. H.H.

Se distribuye en el piedemonte occidental de la parte alta del río Meta y en cuencas del Guaviare; se considera una especie omnívora que puede comer algas (Ballen, 2011).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) estimaron la talla media de captura 41.1 mm de Ls., y la talla de madurez en 40.9 mm de Ls., y se determinó un pico de madurez sexual entre abril – mayo.

6.1.23.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de 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 una declinación (Figura 6-73, panel A).

El estudiando el comportamiento de la **biomasa** (mediad como número de individuos), se 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 repito para 2020 (Figura 6-73, panel D).

Las **tasa de aprovechamiento** del indicador $F/(r/2)$ presentaron un movimiento oscilatorio alrededor de su marcador de referencia (Figura 6-73, panel E), para la **curva en equilibrio** se notó que más del 50% de los datos están anidados en la franja de sobreexplotación (Figura 6-73, panel F).

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 los cantidades estuvieron por debajo de éste; De igual forma, las biomas también tuvieron un óptimo desarrollo hasta 2006, luego un intermedio hasta 2010 y de allí en adelante disminuyeron peligrosamente, por lo tanto, la tasa de aprovechamiento F/F_{msy} presento una tendencia hacia el aumento (Figura 6-74)

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 2020 la probabilidad que la pesquería de ésta especie se ubique en la zona crítica es del 95.5% y un 3.1% de estar en la zona de recuperación (Figura 6-75).

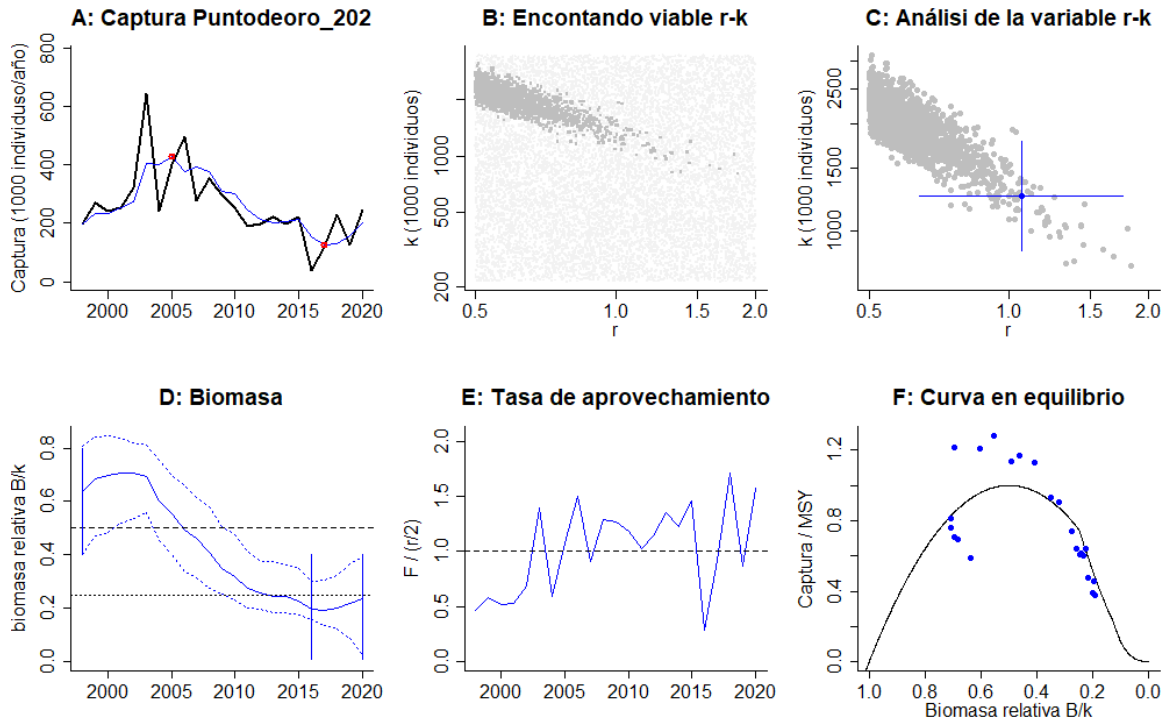


Figura 6-73. Resultados del análisis de las pesquerías de *Chaetostoma formosae* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 /RMS en relación con B/k, con sangría en B/k < 0.25 para explicar el reclutamiento reducido en tamaños de stock bajos.

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, la biomasa relativa de 2020 da una alerta sobre la estabilidad de la especie (Tabla 6-48)

Tabla 6-48. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la albina lisa verde *Chaetostoma formosae* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.09	0.712	1.66
K	1,204,000	839,000	1,730,000



parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
MSY	328,000	262,000	411,000
biomasa relativa para el 2020	0.225	0.0182	0.393

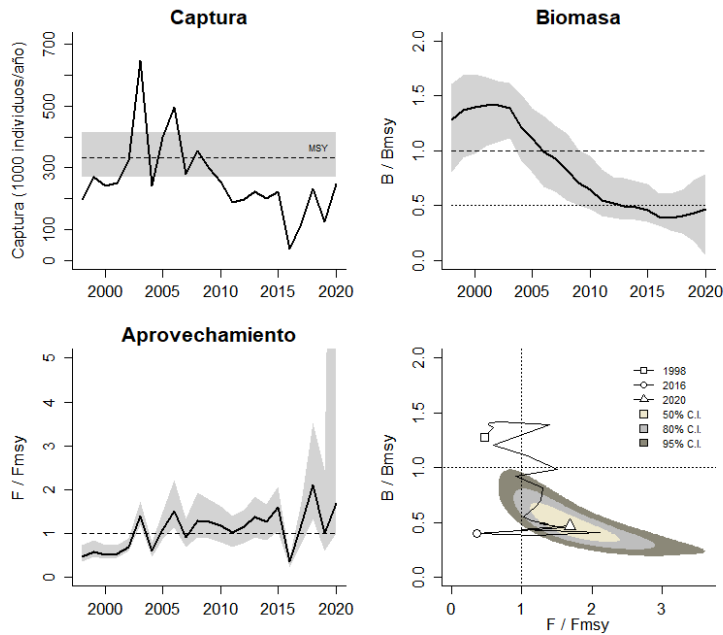


Figura 6-74. Análisis de las pesquerías de *Chaetostoma formosae*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel 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 biomazas y las tasas relativas de esfuerzo.

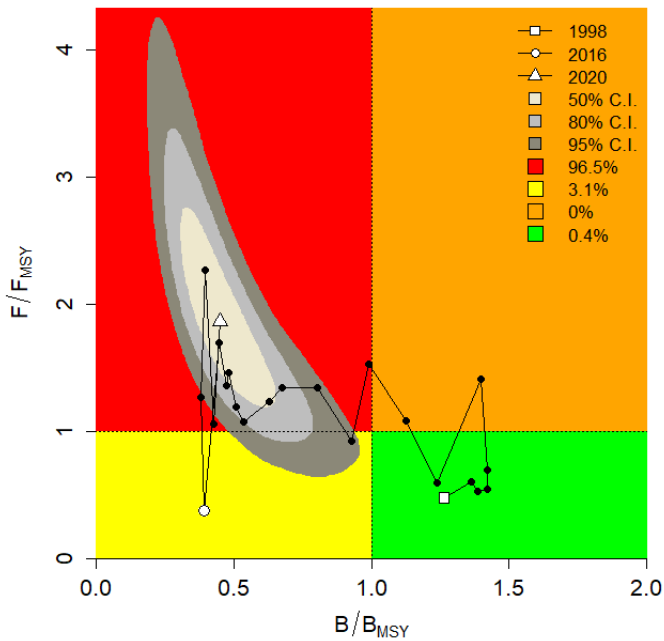


Figura 6-75. Análisis de las pesquerías de Chaetostoma formosae, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Teniendo con base los resultados expuestos sobre las biomasa se determinó que después de haber calculado la mortalidad por pesca en MSY se escogió el valor más bajo, los indicadores de B/B_{msy} y la tasa de explotación F/F_{msy} indicaron que se está saturando el sistema (Tabla 6-49).

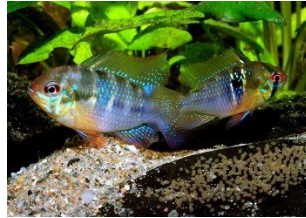
Tabla 6-49. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la albina punto verde Chaetostoma formosae en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Fmsy	0.544	0.356	0.832	sí $B > 0.5 B_{msy}$ $F_{msy} = 0.5r$	0.489
Fmsy	0.489	0.32	0.747		
MSY	328,000	262,000	411,000		
Bmsy	602,000	419,000	865,000		
Biomasa en 2020	270,000	21,900	474,000		
B/B_{msy}	0.449	0.0364	0.787		
mortalidad por pesca 2020	0.911	0.52	11.2		
Explotación F/F_{msy}	1.86	1.06	23		

6.1.23.2 Conclusiones de las pesquerías de la albina punto verde *Chaetostoma formosae*.

Con los resultados obtenidos sobre el punto de referencia de MSY es 328,000 unidades (262,000 a 411,000), y teniendo en cuenta que el diagnóstico en general fue crítico se propone como cuota de pesca el límite inferior del registro esto es 262.000 unidades.

6.1.24 Pesquerías de *ramirezi* *Mikrogeophagus ramirezi* (Myers & Harry, 1948)



Es una especie endémica de la cuenca de la Orinoquia, se alimenta de insectos acuáticos, zooplancton y material vegetal, muestra madurez continua o determinada por el periodo de lluvias (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007) La especie presenta dimorfismo sexual, se reproduce continuamente en cuerpos de aguas permanentes. Cuando hay fluctuación del nivel del agua la reproducción depende del inicio de las lluvias; se reporta una talla de primera madurez sexual a los 2.6 cm de Ls, tienen cuidado parental en el que los machos cuidan los huevos (Ramírez-Gil, Ortega-Lara, Ajiaco-Martínez, & Pineda-Arguello, 2011).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) determinaron la talla media de captura en 28.6 mm de Ls., y la talla media de madurez sexual en 24.6 mm de Ls., igualmente determinaron que la madurez sexual fue asincrónica.

6.1.24.1 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 es un periodo de crecimiento entre 1998 a 2004 y luego el máximo de capturas y finalmente un decaimiento de la producción (Figura 6-76, panel A)

Cuando se analizó la estructura de las biomasa (medidas como número de individuos) observado 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 un estabilidad en éstas, bajo este esquema las densidades marcadas bajo el esquema bayesiano prior fue para 1998 entre 0.4 a 0.8, en 2011 como año de quiebre el marcador fue entre 0.01 a 0.4 y en el 2020 estuvo entre 0.01 a 0.25 (Figura 6-76, panel D)

Las tasas de aprovechamiento medidas con la tasa $F/(r/2)$ presentó valores oscilantes frente al referente de equilibrio (Figura 6-76, Panel E); la curva en equilibrio mostró que el 15% de los datos

estuvieron en el área óptima un 40% sobre el MSY y un 45% en el área de sobreexplotación (Figura 6-76, panel F).

Seguidamente se estudió la relación que se dio frente a su punto de referencia MSY, los resultados visualizaron dos procesos uno entre 1998 a 2009 que fue bueno ya que estuvo alrededor del referente, luego la producción se disminuyó saliendo de los límites de seguridad, en cuanto a las biomásas, después del crecimiento esta distribución se disminuyó inclusive para 2012 cruzando los niveles mínimos, una situación parecida se mostró una tendencia ascendente (Figura 6-77).

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%, con un 15% que este en recuperación (Figura 6-78).

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 pudo catalogar como media, de acuerdo con los otros recursos estudiados, el primer indicador de alerta los presentó la biomasa relativa del 2020 que fue bajo (Tabla 6-50).

Tabla 6-50. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el ramirezi *Mikrogeophagus ramirezi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	0.919	0.567	1.49
K	750,000	533,000	1,057,000
MSY	172,000	136,000	219,000
biomasa relativa para el 2020	0.153	0.0143	0.291

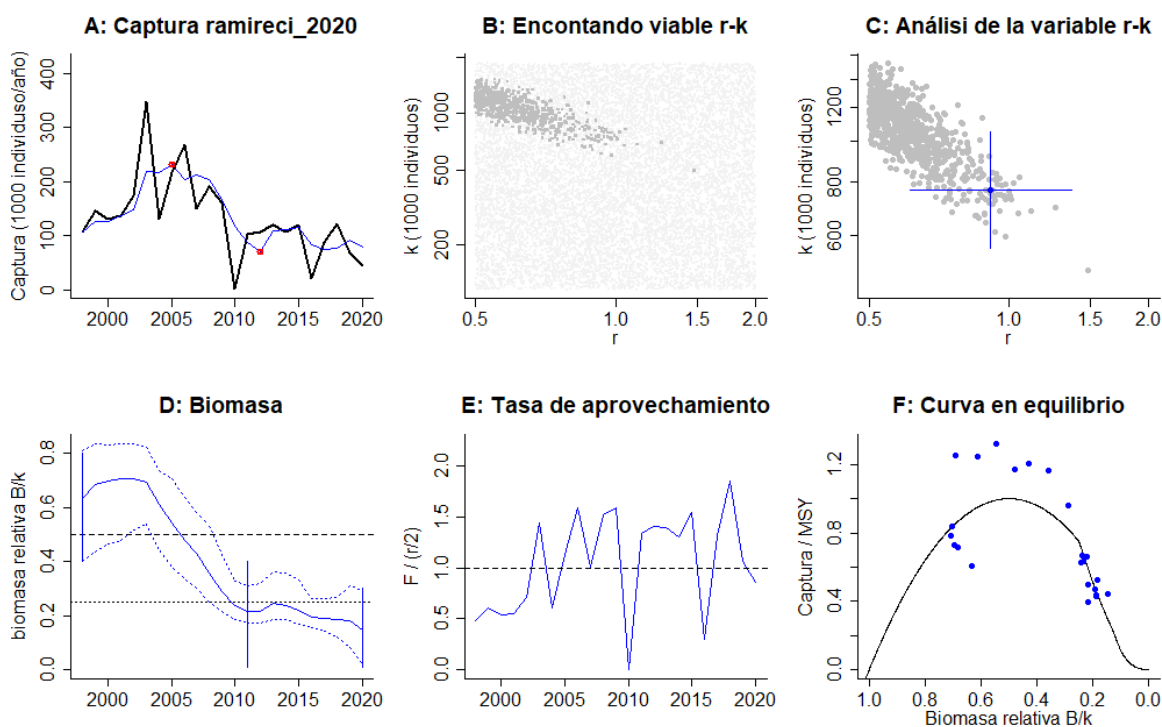


Figura 6-76. Resultados del análisis de las pesquerías de *Mikrogeophagus ramirezi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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. 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.

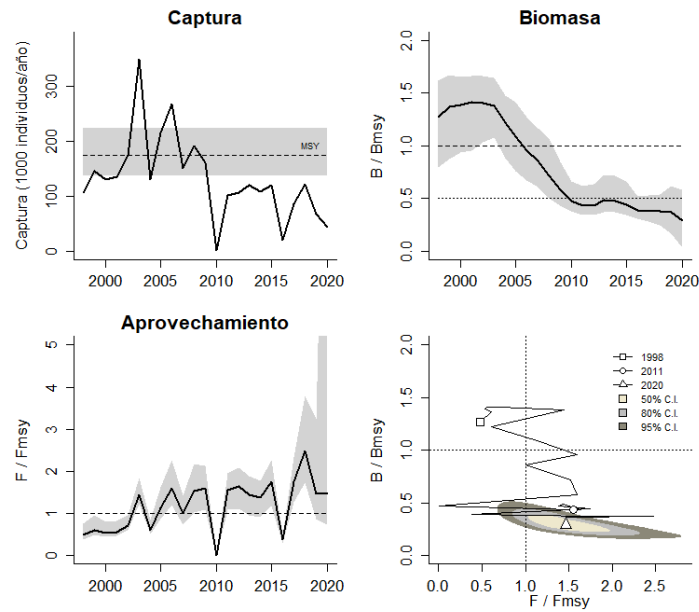


Figura 6-77. Análisis de las pesquerías de Mikrogeophagus ramirezi. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=F_{msy}$ [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.

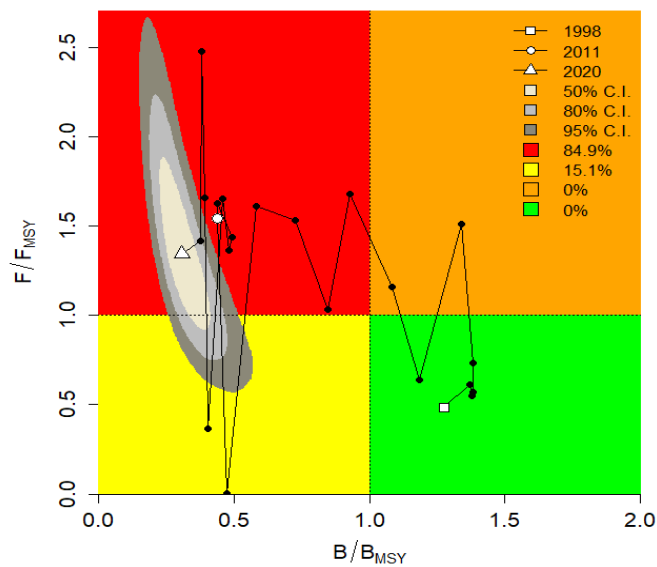


Figura 6-78. Análisis de las pesquerías de Mikrogeophagus ramirezi, utilizando el gráfico de fases de Kobe

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 mostraron niveles que hace pensar en un seguimiento a sus actividad (Tabla 6-51)

Tabla 6-51. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el ramirezi *Mikrogeophagus ramirezi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.459	0.283	0.744	sí B >0.5	0.282
Fmsy	0.282	0.174	0.457	Bmsy Fmsy =0.5r	
MSY	172,000	136,000	219,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	375,000	266,000	528,000		
Biomasa en 2020	115,000	10,700	219		
B/Bmsy	0.307	0.0285	0.583		
mortalidad por pesca 2020	0.379	0.2	4.08		
Explotación F/Fmsy	1.35	0.709	14.5		

6.1.24.2 Conclusiones de las pesquerías de ramirezi *Mikrogeophagus ramirezi*.

Como resultado sobresaliente se estimó el punto de referencia MSY en 172,000 unidades (136,000 a 219,000), pero debido a los resultados sobre el diagnóstico de las pesquerías se recomienda utilizar el límite inferior de éste, esto es un valor de 136,000, como propuesta de cuotas para 2022.

6.1.25 Pesquerías de lubricaria común *Rineloricaria eigenmanni* (Pellegrin, 1908)



Foto JJPhoto

Se encuentra en la cuenca del Orinoco, su alimentación es de tipo detritívoro, de hábitos diurnos y nocturnos (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007). Esta especie se reproduce durante todo el año y tiene cuidado parental (Landines, Sanabria, & Daza, 2007).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015), estimaron la talla media de captura en 48.2 mm de Ls., y la talla de madurez sexual en 56.75 mm de Ls., con un pico de madurez sexual entre abril y mayo.

6.1.25.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de *lubricaria* común *Rineloricaria eigenmanni*.

Con los datos de las estimaciones de las series de tiempo de las capturas, se detectó dos periodos de la actividad, el primero entre 1998 hasta 2012 donde las pesquerías se han comportado de manera normal, pero luego se reduce totalmente, lo que puede ser debido a que el recurso no fue demandado, sin embargo, a finales se volvió a registrar actividad más demandante (Figura 6-79, panel A)

El estudiando la estructura de las **biomasas** (registradas como el número de individuos) con la tasa de aprovechamiento se notó que entre 1998 y 2003 este producto subió pero luego decayó hasta llega a niveles muy bajos en el 2014, de allí en adelante se estabilizó, luego con los indicadores bayesianos prior se estableció que la abundancia para 1998 tuvo un rango entre 0.4 a 0.8, para el año de quiebre el rango estuvo entre 0.010.4 y decreció ostensiblemente para 2020 con apenas un rango entre 0.01 a 0.015 (Figura 6-79, panel D)

Para la **tasa de aprovechamiento** utilizando su indicador de $F/(r/2)$, si exceptuamos los años críticos, el sistema ha tenido una tendencia hacia el incremento (Figura 6-79, penal E), luego en la curva en equilibrio se encontró que los puntos estuvieron bordeando la respuesta del modelo con años bueno y años críticos (Figura 6-79, panel F).

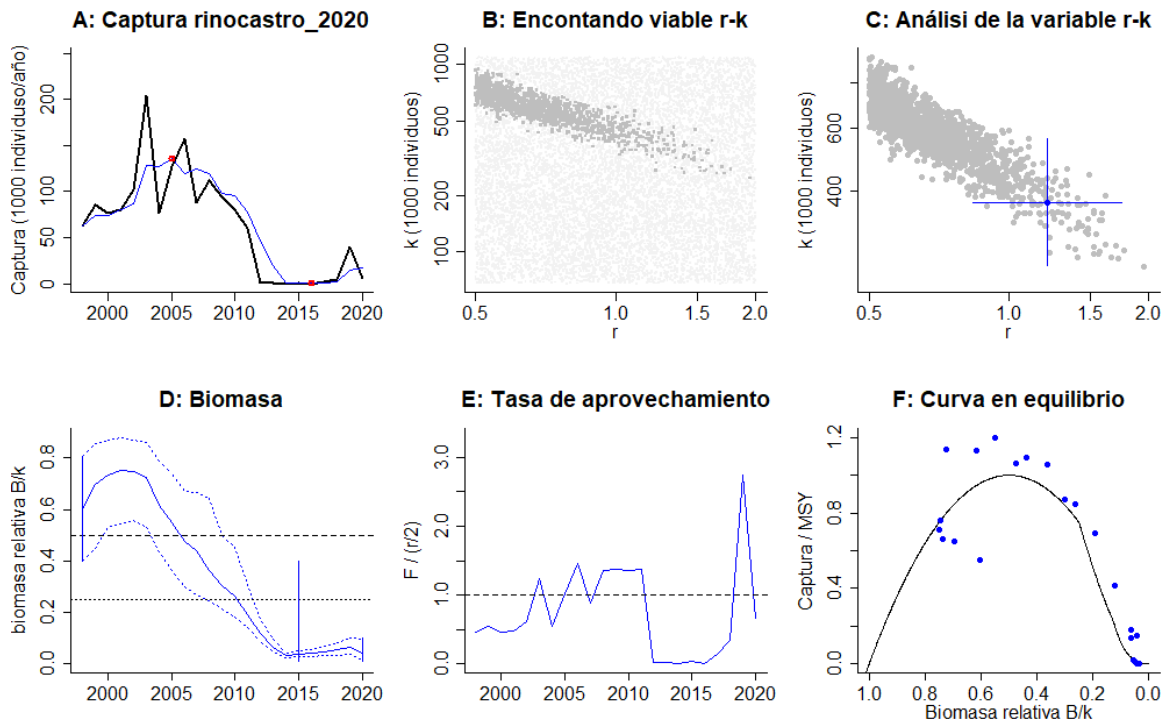


Figura 6-79. Resultados del análisis de las pesquerías de *Rineloricaria eigenmanni* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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 año, las pesquerías pasaron por dos etapas que comprendieron inicialmente a los años 1998 a 2008, de buenas producciones alrededor del MSY y la segunda entre 210 hasta 2020 donde el sistema entró en crisis, las biomasa presentaron una situación similar anotando que a partir de 2010 se cruzó el límite del referente 0.5 que puede incidir directamente en el reclutamiento que sustenta el MSY, la tasa de aprovechamiento, restando los años de baja producción tuvo una tendencia hacia el crecimiento (Figura 6-80).

En análisis que se realizó para tener una visión holística de sus pesquerías consistió en utilizar el grafico de Kobe de fases probabilísticas, el resultado determinó que solo los 54 primeros años estuvieron en la zona óptima, se pasó a la zona de máximo aprovechamiento se cruzó a la región de recuperación, pero en los últimos años se anido en la zona crítica, por ello el resultado para el 2020 muestra que el 100% de la situación de aprovechamiento estuvo en la fase crítica (Figura 6-81)

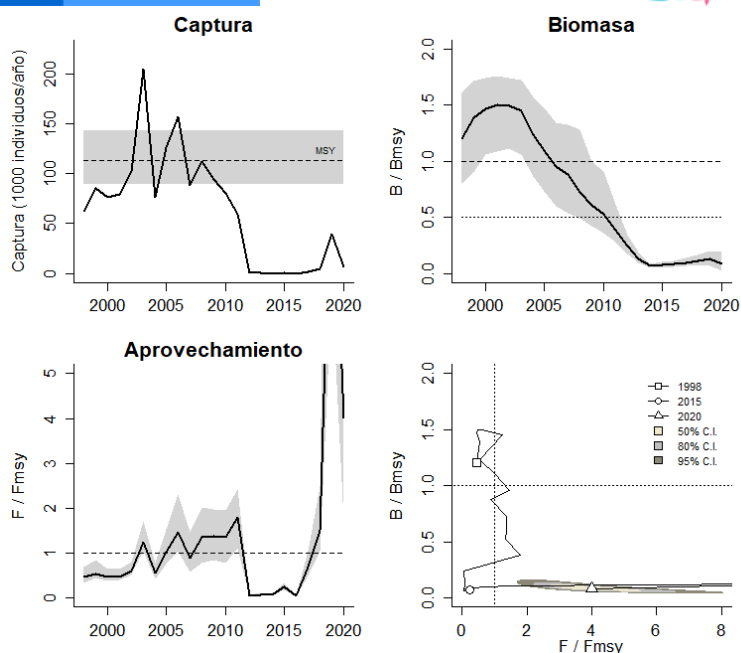


Figura 6-80. Análisis de las pesquerías de *Rinoloricaria eigenmanni*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El 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.

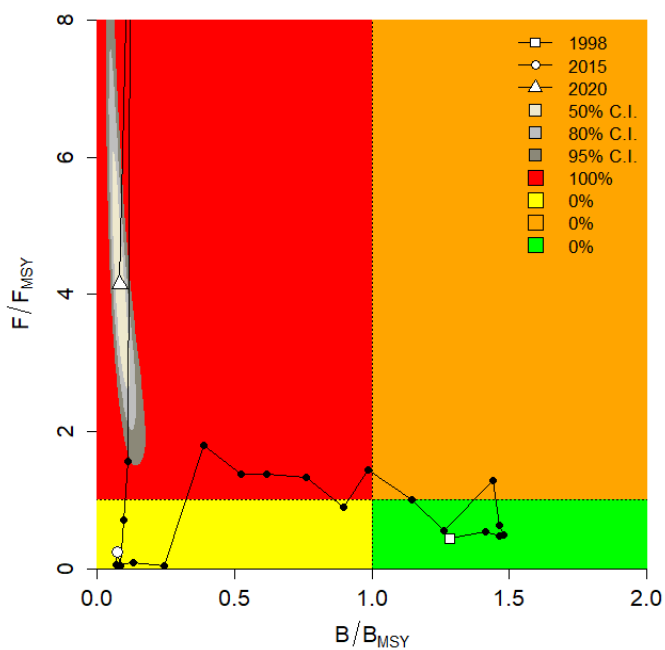


Figura 6-81. Análisis de las pesquerías de *Rinoloricaria eigenmanni*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Revisado los resultados de las estimaciones realizada sobre la tasa in de crecimiento se pudo determinar que la especie tuvo una resiliencia alta una capacidad de carga de la especie al ecosistema baja, respecto a las especies analizadas en este estudio, pero la primera llanada de atención lo presentó la biomasa relativa para el 2020 que fue muy baja (Tabla 6-52).

Tabla 6-52. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para la lubricaria común *Rineloricaria eigenmanni* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.2	0.773	1.86
K	369,000	249,000	546,000
MSY	111,000	88,400	138,000
biomasa relativa para el 2020	0.0406	0.0121	0.0964

El siguiente paso en esta evaluación se realizó con las estimaciones de las mortalidad por pesca en MSY, se obtuvieron dos resultados, pero la elección de acuerdo con los aspectos condicionantes del modelo, por los resultados de las biomasa se eligió en valor más pequeño, los indicadores como B/Bmsy y F/Fmsy indican que el sistema un nivel crítico (Tabla 6-53).

Tabla 6-53. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para la lubricaria común *Rineloricaria eigenmanni* en la Orinoquia colombiana.

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.6	0.387	0.931	sí B > 0.5	0.0975
Fmsy	0.0975	0.0628	0.151	Bmsy Fmsy = 0.5r	
MSY	111,000	88,400	138,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	184,000	12,000	273,000		
Biomasa en 2020	15,000	4,460	35,500		
B/Bmsy	0.0812	0.0242	0.193		
mortalidad por pesca 2020	0.405	0.17	1.36		
Explotación F/Fmsy	4.15	1.75	13.9		

6.1.25.2 Conclusiones de las pesquerías de la lubricaria común *Rineloricaria eigenmanni*.

El aspecto más sobresaliente de los análisis realizados fue la determinación del punto d referencia MSY que con sus 111,000 unidades (88,400 a 138,000) reportaron una base en la toma de decisiones, pero bajo las circunstancias del estado de salud del recurso se recomienda que para la cuota de pesca se seleccione el límite inferior esto es 88,400 unidades.

6.1.26 Pesquerías de cardenal *Paracheirodon axelrodi* (Schultz, 1956)



Foto Hoffmann, P. y M. Hoffmann

Se encuentra en la parte alta del río Orinoco y el río negro, se alimenta de detritos, algas, semillas, rotíferos, cladóceros e insectos (Sanabria-Ochoa, Victoria, & Beltrán, 2007). A pesar de ser una especie muy estudiada, los aspectos que tienen que ver con su biología pesquera no han sido evaluados. Dentro de los estudios que se han realizado para la especie se cuentan los dirigidos a análisis genéticos y moleculares (Behergaray, Möller, Schwartz, Chao, & Caccone, 2004).

(Barreto-Reyes, y otros, 2015) estimaron la talla media de captura en 20 mm de Ls., y una talla de madurez sexual en 16 mm de Ls., determinaron picos de madurez sexual en junio y noviembre.

6.1.26.1 Modelos CMSY para el análisis de las pesquerías de cardenal *Paracheirodon axelrodi*.

Las estimaciones que se hicieron con las series de tiempo mostraron un sistema que cumple con los estándares de una pesquería norma, de esta manera se tuvieron los primeros años (1998 a 2007) de progresión en las capturas, luego se llegó a un nivel máximo en el 2009 y lentamente empezó a decrecer hasta que se llegó a un mínimo en 2016 luego se vio una ligera recuperación (Figura 6-82, panel A)

La evaluación de las **biomasas** (tomadas como el número de individuos) fueron evaluadas mediante la tasa relativa de B/K, se mostró una fase de incremento que llegó a su máximo en 2004, luego decayó paulatinamente tanto que en el 2012 se cruzó el límite mínimo de seguridad por lo que se entró en una zona de riesgo, aunque en los siguientes años ha mostrado una relativa estabilidad, con esta estructura y utilizando la propuesta de marcas bayesianas prior se identificó la densidad, de tal manera que para 1998 esta tuvo un rango entre 0.4 a 0.8, luego el sistema marco un descenso en el rango entre 0.01 a 0.4, el cual se estrechó en el 2020 a 0.010 a 0.21 (Figura 6-82, panel D)

La tasa de aprovechamiento $F/(r/2)$ empezó con un crecimiento aceptable hasta que en el 2008 se cruzó el referente óptimo (Figura 6-82, panel E), mientras que la **curva en equilibrio**

presento un sistema con datos de capturas tanto en la zona izquierda de óptimo manejo como en la derecha de sobreexplotación (Figura 6-82, panel F).

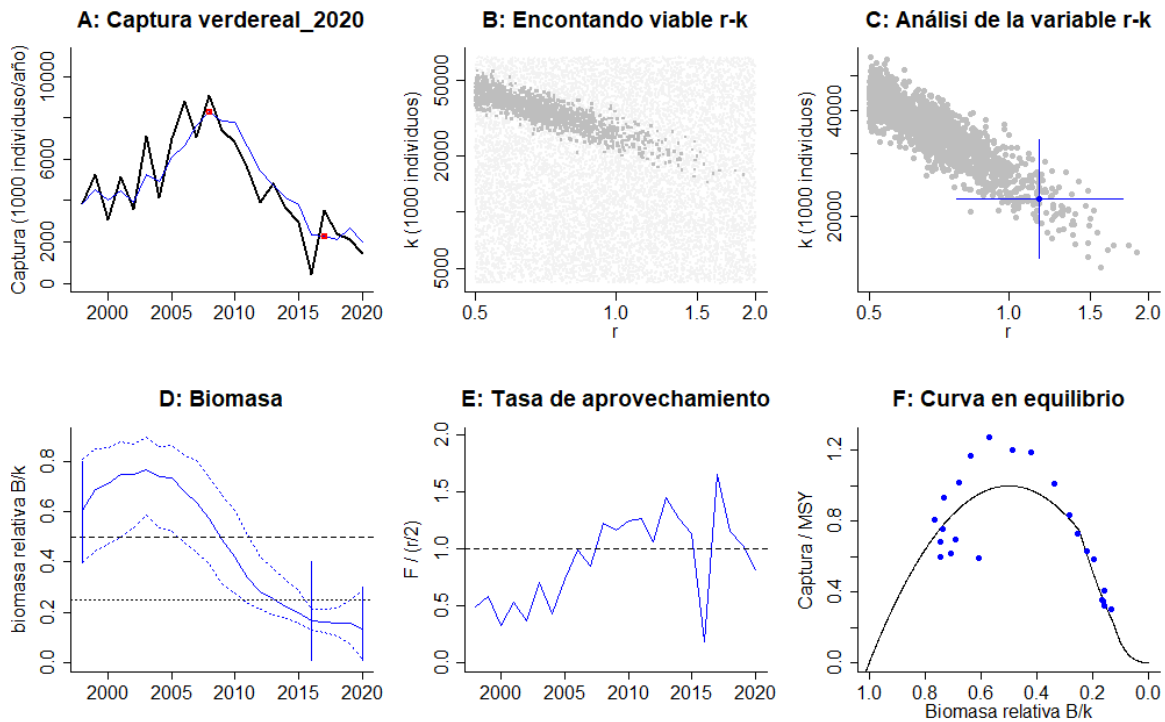


Figura 6-82. Resultados del análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi* utilizando los modelos CMSY. El panel superior izquierdo muestra en negro las series temporales de capturas y en azul el promedio móvil de tres años con indicación de la captura más alta y baja, como se usa en la estimación 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. Los puntos rojos se escalan por estimaciones de BSM.

Otra parte importante del análisis fue la de comparar las capturas estimadas frente a su punto de referencia MSY, los resultados muestran que los primeros 5 años fueron de crecimiento seguidos de 6 años que se estuvo alrededor del referente pero luego este tipo de productividad fue disminuyendo secuencialmente, aunque después del 2016 se tuvo una ligera recuperación, de la misma manera las biomásas tuvieron un crecimiento para los primeros años llegando al pico productivo en 2005 y luego decayeron pero hacia el año 2012 pasaron el límite mínimo de referencia, la tasa F/F_{msy} del aprovechamiento muestra una trayectoria ascendente que hacia el 2008 cruzó el referente de equilibrio (Figura 6-83).

De otras parte y para tener un mejor panorama se utilizó la gráfica de fases probabilísticas de Kobe, los resultados mostraron que los 10 primeros años fueron de nivel óptimo un solo año se estuvo en la fase de plena explotación y los siguientes, excepto el 2016 estuvieron en la fase crítica, con esta base se determinó que para el 2020 se tuvo que el 89.6 % de probabilidades se estuvo en la zona crítica, un 10% en la zona de recuperación (Figura 6-84)

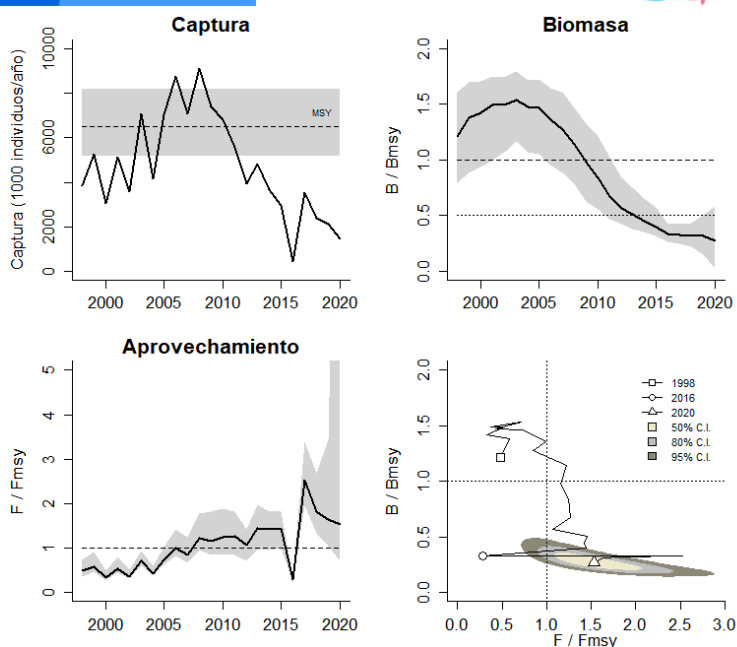


Figura 6-83. Análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*. El panel superior izquierdo muestra el comportamiento de las capturas [curva negra] y la zona gris muestra el nivel de seguridad al 95%. El panel superior derecho muestra la tasa de aprovechamiento de la biomasa frente al RMS. El panel inferior izquierdo muestra la tasa de aprovechamiento frente a al estándar donde $F=F_{msy}$ [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.

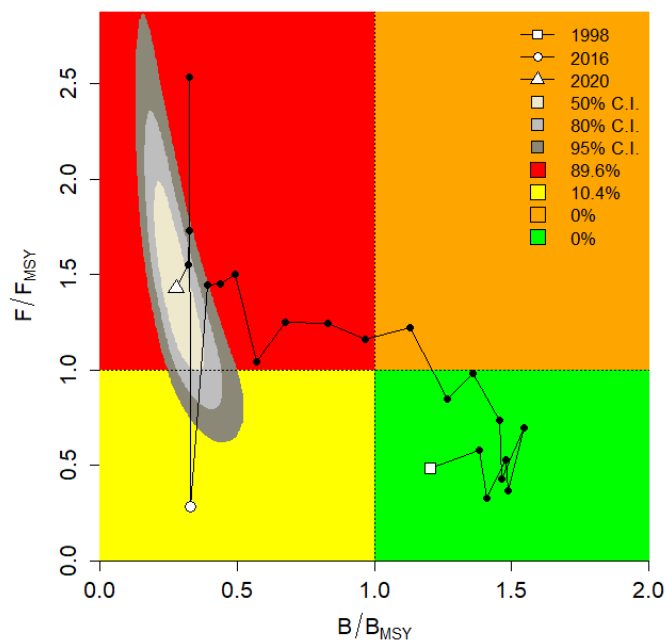


Figura 6-84. Análisis de las pesquerías de *Paracheirodon axelrodi*, utilizando el gráfico de fases de Kobe

Los resultados numéricos mostraron un recurso con un resiliencia alta, este factor determinado por la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), en cuanto a la capacidad de carga de la especie al ecosistema (K) se encontró que esta es la más alta registrada para todas las especies revisadas, por lo tanto, su punto de referencia MSY fue también el más alto, solamente preocupa que la tasa de biomasa relativa si estuvo por debajo del referente 0.5 (Tabla 6-54)

Tabla 6-54. Resultados de los análisis CMSY, calculados con base en número de individuos para el cardenal *Paracheirodon axelrodi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%	
r	1.14	0.716	1.81
K	23,075,000	15,759,000	33,787,000
MSY	6,570,000	5,192,000	8,313,000
biomasa relativa para el 2020	0.143	0.0138	0.292

Otro aspecto que se consideró importante para el diagnóstico de estado de salud del recurso fue el determinado por la mortalidad por pesca en MSY, los resultados mostraron dos alternativas y por los diagnósticos anteriores de las biomasas se eligió el menor valor, así mismos las tasas de B/B_{msy} y de explotación F/F_{msy} estuvieron fuera de los referentes establecidos, de igualo manera la mortalidad por pesca para el 2020 mostro ser peligroso para la estabilidad del recurso (Tabla 6-55)

Tabla 6-55. Resultados para el manejo de las pesquerías con base en el análisis CMSY para el cardenal *Paracheirodon axelrodi* en la Orinoquia colombiana

parámetro	valor	Intervalo de confianza al 95%		condición	decisión
Fmsy	0.569	0.358	0.905	sí B >0.5 Bmsy Fmsy =0.5r	0.325
Fmsy	0.325	0.204	0.516		
MSY	6,570,000	5,192,000	8,313,000		
		Percentil 2.5	Percentil 97.5		
Bmsy	11,537,000	7,879,000	16,894,000		
Biomasa en 2020	3,289,000	319,000	6,727,000		
B/Bmsy	0.285	0.0276	0.583		
mortalidad por pesca 2020	0.438	0.214	4.51		
Explotación F/Fmsy	1.35	0.659	13.9		

6.1.26.2 Conclusiones de la pesquería del cardenal *Paracheirodon axelrodi*.

Para este tipo de diagnóstico que contribuyen a la administración de las pesquerías, el resultado más relevante se considera que es el de la determinación del punto de referencia MSY, el encontrado aquí fue de 6,570,000 unidades (5,192,000 a 8,313,000), pero teniendo en cuenta que todos los resultados de los principales indicadores muestran que la condición de recurso no es la mejor por lo tanto se recomienda que para niveles administrativos se considere el límite inferior como asignación de la cuota de pesca esto es de 5,192,000 individuos.

A continuación, se presenta en el consolidado del aprovechamiento de la cuota global de peces ornamentales para la vigencia 2021 ejercicio que se realiza a partir de los informes mensuales entregados por los exportadores a la AUNAP.

Para conocimiento e información general, a continuación, se presenta la Tabla 6-56 con el seguimiento a corte de 30 de junio de las cuotas globales para los recursos ornamentales en la vigencia 2020.

Tabla 6-56 Consolidado de las exportaciones de peces ornamentales vigencia 2020

ESPECIES / GRUPO	CUOTA ASIGNADA (Unidades)	TOTAL, EXPORTADO (Unidades)	% APROVECHAMIENTO
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	700.000	84.699	12
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	4.832.000	622.031	13
<i>Corydoras axelrodi</i>	40.000	9.708	24
<i>Corydoras metae</i>	150.000	29.933	20
<i>Otocinclus vittatus</i>	1.772.000	116.420	7
<i>Chaetostoma dorsale</i>	63.000	2.961	5
<i>Hemiancistrus guahiborum</i>	14.000	4.017	29
<i>Panaqolus maccus</i>	93.000	73.289	79
<i>Panaque nigrolineatus</i>	180.000	13.621	17
<i>Panaque sp.</i>		3.500	
<i>Panaque titan</i>		14.267	
<i>Pterophyllum altum</i>	263.000	128	
<i>Paratrygon aiereba</i>	11.000		17
<i>Potamotrygon motoro</i>		64	
<i>Potamotrygon orbignyi</i>		-	
<i>Potamotrygon schroederi</i>		212	
<i>Potamotrygon magdalenae</i>	9.000	92	1
Otras especies	22.234.600	3.750.948	17
Total	30.361.600	4.725.890	15

Capítulo VII

7. Comparación de los resultados entre análisis realizados 2020 a 2010.

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*, *Litopenaeus occidentalis*, *Farfantepenaeus 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, *Polydattilus 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 realizando 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)



El campo es de todos

Minagricultura



Tabla 7-1 Comparacion entre las evaluaciones realizadas entre 2019 y 2020, para el Pacifico

Especie	Indicador	Evaluación 2020			Evaluación 2021			Comparación		
		Límite de confianza al 95%			Límite de confianza al 95%			MSY	Bio.rel	F/Fmsy
		evaluado	Límite inferior	Límite superior	evaluado	Límite inferior	Límite superior			
Bagre pinnimaculatus	msy	172	120	345	329	205	526	→	→	→
	Bio. Rel	0.574	0.356	0.836	0.664	0.438	0.892			
	F/Fmsy	0.994	0.406	2.23	1.03	0.617	1.66			
Sciades dowii	msy	62.5	17.3	226	108	81.80	154	→	↑	→
	Bio. Rel	0.115	0.0187	0.43	0.733	0.0299	0.396			
	F/Fmsy	6.46	0.64	558	1.99	1.3	19.1			
Polydactylus opercularis	msy	155	135	179	121	102	143	↓	→	→
	Bio. Rel	0.0749	0.011	0.222	0.0673	0.0294	0.147			
	F/Fmsy	1.86	0.212	88.3	4.67	1	24.5			
Bagre panamensis	msy	152	89.2	259	128	0.109	0.155	→	→	→
	Bio. Rel	0.286	0.131	0.458	0.422	0.0369	0.396			
	F/Fmsy	1.87	0.835	8.13	2.37	1.34	4.76			
Trachinotus rhodopus	msy	6.91	4.46	11	6.78	4.31	10.7	→	→	→
	Bio. Rel	0.0148	0.0109	0.299	0.0189	0.0109	0.209			
	F/Fmsy	73.5	0.235	188	31.5	0.285	133			
Lobotes pacificus	msy	98.4	85.3	114	114	88.9	152	→	→	→
	Bio. Rel	0.377	0.176	0.498	0.377	0.0398	0.395			
	F/Fmsy	2.53	1.11	5.16	2.53	1.79	4.46			
Lutjanus peru	msy	726	542	972	893	635	1260	→	→	→
	Bio. Rel	0.116	0.0274	0.318	0.103	0.0345	0.263			
	F/Fmsy	1.03	0.167	17.9	2.43	0.536	5.7			
Litopenaeus occidentalis	msy	676	498	919	676	485	969	→	→	→
	Bio. Rel	0.12	0.0806	0.18	0.167	0.103	0.265			
	F/Fmsy	2.06	0.894	4.58	2.06	0.818	5.34			
anadara tuberculosa	msy	270	171	425						
	Bio. Rel	0.194	0.133	0.311						
	F/Fmsy	1.18	0.651	2.34						
Cetengraulis mysticetus	msy	24700	22100	27500				no hay pesqueris		
	Bio. Rel	0.418	0.293	0.514						
	F/Fmsy	0.997	0.783	1.43						
Centropomus viridis	msy	16	10	26	23	15.4	34.3	→	→	→
	Bio. Rel	0.574	0.365	0.877	0.712	0.979	1.67			
	F/Fmsy	1.06	0.512	2.04	0.927	0.538	1.9			
Coryphaena hippurus	msy	716	613	837	697	588	827	→	↓	↓
	Bio. Rel	0.417	0.255	0.537	0.185	0.119	0.243			
	F/Fmsy	1.32	963	2.21	2.32	1.31	5.63			
Solenocera agassizii	msy	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			
Farfantepenaeus brevivirostris	msy	413	268	635	390	325	475	→	↑	↑
	Bio. Rel	0.105	0.0251	0.225	0.0833	0.0137	0.193			
	F/Fmsy	3.99	0.791	79.8	0.632	0.404	1.76			
Farfantepenaeus californiensis	msy	278	172	447	381	287	504	→	→	→
	Bio. Rel	0.0444	0.0126	0.112	0.0674	0.013	0.209			
	F/Fmsy	0.22	0.0312	3.02	2.15	0.217	59			
Cynoscion phoxocephalus	msy	287	191	431	273	178	418	→	→	→
	Bio. Rel	0.322	0.154	0.469	0.428	0.316	0.529			
	F/Fmsy	1.08	0.587	3.72	2.1	1.11	3.19			
Centropomus armatus	msy	191	146	250	224	159	317	→	→	→
	Bio. Rel	0.615	0.397	0.815	0.697	0.43	0.856			
	F/Fmsy	0.816	0.494	1.56	0.575	0.326	1.17			
Lolliguncula diomedae	msy	62.7	35.4	111	985	639	1520	↑	→	→
	Bio. Rel	0.0655	0.0118	0.217	0.0655	0.0118	0.217			
	F/Fmsy	4.99	0.414	166	4.99	0.414	166			
Menticirrhus panamensis	msy	14.7	7.76	27	14.7	7.67	27.4	→	→	→
	Bio. Rel	0.0241	0.0112	0.0927	0.025	0.0112	0.0955			
	F/Fmsy	14.2	0.768	86	17	0.969	117			
Mycteroperca xenarcha	msy	205	172	243	210	179	245	→	→	→
	Bio. Rel	0.0387	0.0114	0.108	0.0436	0.0116	0.106			
	F/Fmsy	6.1	0.767	69.4	2.12	0.355	29.7			
Seriola peruana	msy	40	34	47	47	34.2	46.3	→	→	→
	Bio. Rel	0.408	0.191	0.656	0.466	0.216	0.685			
	F/Fmsy	1.03	0.564	3.01	0.992	0.604	2.59			
Selene peruviana	msy	74	57	95	101	71.7	143	↑	→	↓
	Bio. Rel	0.665	0.55	0.773	0.605	0.46	0.76			
	F/Fmsy	0.871	0.627	1.28	1.58	0.945	2.7			
Centropomus medius	msy	70.7	50.1	99.6	162	115	227	↑	→	→
	Bio. Rel	0.523	0.354	0.765	0.675	0.533	0.817			
	F/Fmsy	1.25	0.616	2.31	1.07	0.642	1.74			
Epinephelus quinquefasciatus	msy	6	2	22	4.87	1.65	14.4	→	→	→
	Bio. Rel	0.161	0.0131	0.435	0.165	0.0408	0.389			
	F/Fmsy	4.81	0.599	1368	47.3	6.41	1195			
Cynoponticus coniceps	msy	93	85	102	95.1	84.3	11.2	→	→	→
	Bio. Rel	0.37	0.181	0.488	0.299	0.0332	0.397			
	F/Fmsy	1.42	1.04	4.02	1.44	1.03	4.04			
Elegatis bipinnulata	msy	8	4	20	9.3	3.92	22.1	→	→	→
	Bio. Rel	0.0122	0.0109	0.0901	0.0131	0.0109	0.252			
	F/Fmsy	456	7.22	1400	321	0.755	1212			
Brotula clarkae	msy	539	227	368	539	362	801	↑	→	→
	Bio. Rel	0.702	0.407	0.826	0.789	0.627	0.896			
	F/Fmsy	0.746	0.462	1.38	0.531	0.327	0.953			
Scomberomorus sierra	msy	617	558	681	617	558	681	→	↑	→
	Bio. Rel	0.476	0.299	0.498	0.951	0.812	1.1			
	F/Fmsy	1.95	1.62	2.36	1.95	1.62	2.36			
Caranx caballus	msy	157	58.3	425	196	152	254	→	→	→
	Bio. Rel	0.25	0.0568	0.463	0.378	0.185	0.494			
	F/Fmsy	1.16	0.44	36.8	1.33	0.927	3.63			
Caranx caninus	msy	119	88.5	161	103	70.5	151	→	→	→
	Bio. Rel	0.341	0.0616	0.483	0.232	0.0713	0.451			
	F/Fmsy	1.32	0.815	29.1	3.84	1.51	39.5			
Xiphopenaeus kroyeri	msy	1940	1520	2480	1710	1420	2140	→	→	→
	Bio. Rel	0.206	0.027	0.358	0.119	0.0167	0.282			
	F/Fmsy	0.678	0.306	36.4	1.37	0.46	31.6			
Sphyræna ensis	msy	104	54.9	195	204	103	376	↑	→	→
	Bio. Rel	0.578	0.384	0.827	0.709	0.445	0.796			
	F/Fmsy	1.94	0.755	4.53	2.12	0.904	4.6			
Caulatilus affinis	msy	42.2	29.5	60	114	77.8	168	↑	→	↑
	Bio. Rel	0.518	0.375	0.724	0.617	0.422	0.79			
	F/Fmsy	3.26	1.56	5.49	1.02	0.535	1.95			
Seriola lalandi	msy	64.2	50.3	82	75.9	67	86	→	→	→
	Bio. Rel	0.181	0.0163	0.348	0.0571	0.0112	0.114			
	F/Fmsy	1.96	0.679	243	9.22	2.29	239			

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 presentamos 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 biomasa relativa, si se cumplen estas estimaciones, este resultado comparativo es prometedor para la recuperación del recurso, se podría esperar que en los próximos eventos los indicadores administrativos y pesqueros sean también positivos (Tabla 7-2).

Para la especie *Cynoscion jamaicensis*, 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 presentó un 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 puede 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 *Haemulon 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 desfavorables, lo que puede ser un contrasentido es que la intensidad de pesca fue menor; de manera que se puede 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*, presentó 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.reI	F/Fmsy
			Limite inferior	Limite superior		Limite inferior	Limite superior			
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	484	325	723	⇒	↑	⇒
	Bio. Rel	0.0556	0.012	0.113	0.114	0.035	0.442			
	F/Fmsy	2.18	0.51	46.8	1.01	0.227	41.1			
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	349	225	542	⇒	↑	↑
	Bio. Rel	0.012	0.0109	0.0173	0.0351	0.0221	0.155			
	F/Fmsy	31.5	14.3	55.6	2.03	0.384	23.4			
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				NA	NA	NA
	Bio. Rel	0.168	0.0173	0.375						
	F/Fmsy	7.13	3.19	69.1						
Callinectes sapidus	msy	756	508	1124				NA	NA	NA
	Bio. Rel	0.172	0.0162	0.377						
	F/Fmsy	6.33	2.89	67.5						
Caranx hippos	msy	156	114	196	497	310	799	↑	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.225	0.0706	0.445	0.224	0.211	0.944			
	F/Fmsy	3.88	1.54	45.6	2	1.06	12.6			
Panulirus argus	msy	95.6	47.7	192	104	53.3	216	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0191	0.011	0.26	0.175	0.0246	0.734			
	F/Fmsy	128	0.549	588	37	1.09	1039			
Epinephelus itajara	msy	54.4	45.6	65	54.5	46.5	63.7	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0946	0.0134	0.219	0.0729	0.0253	0.444			
	F/Fmsy	1.29	0.235	59.6	2.02	0.306	96.6			
Eugerres plumieri	msy	136	90.2	204	146	93.3	229	⇒	↑	⇒
	Bio. Rel	0.0469	0.0112	0.111	0.135	0.0224	0.433			
	F/Fmsy	1.54	0.252	29.5	1.86	0.164	76.2			
Lutjanus synagris	msy	31.1	19.8	49	39.3	21.4	51.8	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.266	0.041	0.463	0.349	0.342	0.966			
	F/Fmsy	2.8	1.13	127	1.76	0.951	6.51			
Lutjanus purpureus	msy	154	81	292	156	81.8	296	⇒	⇒	⇒
	Bio. Rel	0.0366	0.0114	0.184	0.0219	0.0233	0.303			
	F/Fmsy	13.7	0.47	169	28.4	0.843	245			
Centropomus undecimalis	msy	67.5	46.5	98	85.3	57	132	⇒	↑	⇒
	Bio. Rel	0.307	0.168	0.382	0.566	0.511	1.42			
	F/Fmsy	1.42	0.857	4.29	1.42	0.843	4.49			
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	333	172	641	⇒	⇒	↓
	Bio. Rel	0.0164	0.011	0.0417	0.0148	0.0109	0.0419			
	F/Fmsy	39.5	4.93	121	150	15.1	455			

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 FUNIDNES 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	msy	227,559	155,457	333,003	383,000	271,000	542,000	↑	⇒	↑
	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	msy	5,698,689	4,616,660	7,021,170	6,525,000	5,273,000	8,073,000	⇒	⇒	↑
	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	msy	71,012	36,010	139,922	120,000	93,200	155,000	⇒	⇒	⇒
	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, los cuales fueron incluidos como parte integral de las actas de las mesas técnicas interinstitucionales de Caribe, Pacífico y Ornamentales (anexos A, B, C).

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 2021, teniendo en cuenta todos los insumos disponibles, así:

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 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.

Esta pesquería está soportada principalmente por el camarón blanco 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 y los resultados obtenidos 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 $676 \text{ t} \pm (498 - 919)$, con un nivel de seguridad del 95%.

Según la información suministrada por INVEMAR durante la Mesa Técnica Interinstitucional del Pacífico, soportada con el concepto técnico CPT-VAR-009-20_VF remitido a MINAMBIENTE (incorporado en el anexo B), el CAS ha pasado por todas las etapas de una pesquería, y se ha mantenido en los últimos años en la categoría de agotamiento, sin mostrar signos de recuperación en 2019 (INVEMAR, 2020). El análisis de la pesca secuencial mostró una mayor presión por flota artesanal.

El análisis del impacto de la pesquería sobre la biodiversidad de la relación de la fauna acompañante y la fauna objetivo, determinó su alto impacto al obtener $FA/FO = 24.7$ con una gran presencia de captura incidental y descartes.

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 estimada fue de 674 t con un esfuerzo de 41 barcos que pueden realizar hasta 6 faenas para extraer este recurso.

Adicionalmente, WWF en el marco de la MTI – Pacífico presentó los resultados del monitoreo realizado a la pesca artesanal (incorporado en el anexo B). En donde se evaluaron 192 lances, entre mayo del 2016 y marzo del 2017, encontrando que la Captura Incidental (CI) es muy poco significativa $< 1\%$, Captura Objetivo (CO) aporta el 58 % de la captura y el Descarte (C) aporta el 42% restante.

La mitad de las capturas registradas correspondieron a camarón titi, seguido de camarón pomada y camarón tigre. Se muestra la situación las especies registradas a partir de esta pesquería así:

Camarón tigre: no se tienen registros de la TMM, pero la TMC estimada fue de 13.5 cm.

Camarón pomadilla: la $TMM = 7.6$ y la $TMC = 8.42$ evidenciando que la captura está permitiendo la reproducción y por ende el reclutamiento.

Camarón titi: se muestra una situación contraria al pomadilla en donde la mayoría de las capturas se centran en individuos por debajo de la TMM; las tallas utilizadas para la comparación en este estudio fueron: $TMM = 12.18$ cm y $TMC = 9.4$ cm, evidenciando una posible afectación de sobre pesca de los estados juveniles que pone en riesgo su estructura poblacional.

El análisis realizado para esta pesquería en años anteriores ha puesto en evidencia la fuerte interacción de la pesca artesanal e industrial, siendo esta última la más documentada para la estimación de las cuotas; no obstante, los desembarcos de la pesca artesanal son importantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone mantener la cuota del año anterior con un valor de 1470 t distribuidas así: pesca industrial (Camarón blanco = 670; camarón titi= 200); pesca artesanal = 600 t (camarón blanco, tití, pomadilla y tigre).

CAP

La estimación del RMS realizada por la AUNAP a partir del modelo CMSY para las especies que conforman esta pesquería fue así: Coliflor $315 \pm (207 - 480)$; Pink $413 \pm (268 - 635)$ y Café $278 \pm (172 - 447)$ con un intervalo de seguridad del 95%.

Según la información entregada por INVEMAR durante la Mesa Técnica Interinstitucional del Pacífico, soportada con el concepto técnico CPT-VAR-009-20_VF remitido a MINAMBIENTE (incorporado en el anexo B), la pesquería del CAP muestra que el recurso después de una etapa de plena explotación llegando a una fase de explotación moderada 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 TMC ligeramente menor o igual a la TMM.

La relación $FA/CO = 1,2$ permite sugerir que afirmar que es una pesquería de bajo impacto para la biodiversidad.

La cuota de pesca permisible sugerida se estimó en 757 t con un esfuerzo de 19 barcos que pueden realizar hasta 5 faenas para extraer este recurso.

Dada las condiciones de la pesquería descritas anteriormente, se propone mantener la cuota de **800 t** para la vigencia 2021.

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.

como parte final del proyecto se pretende obtener los lineamientos técnicos para un prototipo de red de arrastre que genere capturas mucho más limpias para la pesquería de CAP.

Piangua

Es un recurso de extracción netamente artesanal y de gran importancia para las mujeres del pacífico colombiano, que tiene un consumo local y de exportación exclusiva para Ecuador. La demanda del vecino país promueve la presión de las comunidades sobre este recurso en cuanto al número de individuos y la talla requerida para ese mercado.

Es un recurso que se encuentra bajo una explotación fuerte que requiere un control permanente de la talla mínima y la implementación de otras medidas como los descansos de raizales, la implementación de vedas espacio temporales y fortalecimiento de acuerdos binacionales con Ecuador.

La información presentada por WWF durante la MTI – Pacífico corrobora la sobreexplotación de este recurso, evidenciando la disminución de su densidad documentada por diversos autores a lo largo del tiempo. Como parte de esta presentación también se señala la importancia del control de tallas, los acuerdos binacionales y regulación de la comercialización.

Teniendo en cuenta que los análisis realizados en este trabajo corresponden a los caladeros de pesca de Nariño; y que la información generalizada prevé que se disminuya la cuota. Por lo anterior, se propone una cuota de captura de 1000 t que equivale a 356.719 individuos.

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.

Teniendo en cuenta que los análisis los resultados obtenidos de la modelación empleada en la presente vigencia mediante el modelo CMSY 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 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.

Como parte de esta revisión se exponen a continuación algunas consideraciones importantes sobre este recurso presentadas por WWF así:

- Ausencia de monitoreos biológico-pesqueros en los últimos años, y carencia de información que permita conocer la dinámica poblacional actual de la especie y tomar las medidas necesarias para su ordenamiento.
- Es necesario evaluar el estado actual de la pesquería de pequeños pelágicos para asegurar la sostenibilidad del recurso en el Pacífico y fortalecer la industria pesquera colombiana”
- Existen lecciones aprendidas a partir de la época de extracción de esta especie las cuales se mantienen vigentes en la actualidad y contribuirán a su sostenibilidad (escala temporal de las investigaciones no puede ser reducida, los trabajos deben enfocarse en especies de importancia comercial, así su ausencia/presencia permite ver el impacto económico/cultural en las comunidades, los trabajos deben abordarse con enfoque ecosistémico, el establecimiento alianzas de trabajo con actores estratégicos es fundamental).

Por lo anterior, se sugiere mantener 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 2020 de 1.000 t.

Atún

A partir del análisis realizado a las bases de datos de registro CIAT de este recurso se obtuvieron resultados para las especies atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, barriete *Katsuwonus pelamis* y patudo *Thunnus obesus*. Se pudo determinar que los dos primeros están en niveles aceptables de aprovechamiento, pero para el patudo si se registraron problemas especialmente en las pesquerías de los últimos años

Para el recurso Atún, en el años anterior se había registrado una cuota de 25.000 toneladas para el Pacífico y 4000 para el Caribe, como se observó en los numerales 4.4.1 a 4.4.3. de este documento los resultados de las pesquerías señalan de dos de tres recursos están en niveles óptimos y como medida precautoria se decidió escoger en límite inferior de las estimaciones del MSY y aun dar un colchón de seguridad inferior que completar un aprovechamiento de 35.000 toneladas; como no se contó con información relevante para ejecutar modelos para las pesquerías del Caribe se recomienda continuar con la cuota de 4.000 toneladas.

PECES ÓSEOS

Tal como se ha hecho en años anteriores se propone este grupo para abarcar los recursos de peces demersales y pelágicos (exceptuando atún y tiburones) 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.

Los modelos fueron alimentados con la información disponible que para efectos de estos recursos tuvieron una representatividad del 21,25% 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 las cuotas de 27 especies que representarían una muestra general del estado de todos los recursos pesqueros.

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 una especie con aprovechamiento óptimo (*Brotula clarkae*) y cercanos a la sobrexplotación. Si bien el panorama es alentador para algunas especies, no se puede dejar de lado el hecho de que existen otras especies que requieren de mayor seguimiento por mantenerse en un estado explotación fuerte. Adicionalmente, la información analizada sobre la presión de la biomasa con respecto a las tallas (Capítulo III; 3.1.1 Pacífico) muestra de manera evidente que en la actualidad se está registrando una mayor presión sobre las tallas más pequeñas, dando lugar a una sobrepesca por tallas que pone en riesgo la estructura poblacional de las especies analizadas (futuro reclutamiento). Los resultados obtenidos por la AUNAP para *Brotula* coinciden con lo presentado por INVEMAR en el marco de la MTI – Pacífico manifestando que esta especie se encuentra en valores cercanos a su RMS y tiene un potencial importante. Adicionalmente, se destaca hace dos años ya se había hecho un trabajo como este con Conservación Internacional mostrando que este recurso estaba bien, entonces es recurrente el estado saludable de este recurso durante los últimos 4 años. Se reitera que este recurso se encuentra en máximo rendimiento sostenible y hay que seguir trabajando sobre el para no descuidarse.

Como parte del desarrollo de la MTI – Pacífico WWF mostró la fuerte presión de pesca de juveniles a la que son sometidos los serránidos pertenecientes a este grupo, documentando la importancia de realizar acciones de manejo con las comunidades que contribuyan a su sostenibilidad.

Los resultados del seguimiento biológico al recurso chernas y mero que se realiza en buenaventura hasta el 2018, representados así: Cherna=54%, mero grande=11%, mero mediano=32% y mero pequeño=1%.

El análisis de la situación de una de estas especies (Cherna rosada) registra rangos de talla hasta el metro con una TMM=68.9 cm y se registró una TMC=58.3 cm evidenciando que solo un 9.3% de las capturas están por encima de la TMM, siendo una situación bastante crítica.

Hace varios años se propuso trabajar sobre el mero e incluso en un año se llevó la cuota a cero pero en la realidad se continuó con su extracción, luego se bajaron rangos de cuotas pero se recomienda trabajar con sensibilización en la cadena de comercialización sobre todo con restaurantes y consumidor final ya que por temas de gastronomía el mero grande no es apetecido por que se considera que su carne no es tan blanda y pierde atractivo, hay que revisar las medidas a implementar sobre este recurso porque colocar tallas mínimas de comercialización tendría un choque con la parte comercial.

La experiencia del especialista mundial sobre este recurso y análisis de su estado en el país dio lugar a las siguientes conclusiones:

- Los **stocks de meros y su pesquería** en el Pacífico colombiano **son únicos en todo el Pacífico Oriental tropical** – en otros países la especie ha desaparecido, resaltando que en otros países donde se encuentran individuos de gran tamaño de este recurso se ha implementado el turismo de avistamiento, como alternativa a sus capturas.
- Los tamaños reducidos de captura incentivados por el mercado son una alerta temprana para diseñar medidas de manejo para la especie
- Las condiciones ambientales (extensos manglares) y sociales (baja densidad poblacional) en el Pacífico colombiano han permitido el mantenimiento de las poblaciones de meros
- Los desarrollos de infraestructura planeados para el Pacífico podrían afectar negativamente a las poblaciones de meros y otros recursos pesqueros de importancia

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone mantener la cuota del año anterior equivalente a **3.700 t.** asociada al grupo denominado pesces 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 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.



ÁREA	Estado del proceso/acto administrativo
Zepa	implementación / Resolución AUNAP 2724 de 2017
DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes	Implementación / Auto de Apertura 001 de 2017. resolución AUNAP 2111 de 2017
DNMI Encanto de Manglares del Bajo Baudó	formulación / Auto de Apertura 002 de 2019.
Sub region Sanquianga - Gorgona	Diagnóstico, iniciando Formulación
DNMI Cabo Manglares - Bajo Mira y Frontera	Diagnóstico, iniciando Formulación / Auto de Apertura 004 de 2018
DNMI Yuruparí - Malpelo	Diagnóstico, iniciando Formulación / Auto de Apertura 003 de 2018

Resumen propuesta de cuotas Pacífico colombiano

RECURSO	CUOTA SUGERIDA (t)
CAS	
Camarón blanco	670
Camarón titi	200
CAP (camarón café, Pink, Coliflor)	800
Atún	35.000
Jaibas	1.000
Piangua Carne o Piangua cientos de individuos	1.000 ó 356.719 individuos
Carduma*	25.000
Peces óseos**	3.700

*para aprovechamiento potencial sujeto a permisos de pesca exploratoria que permitan obtener información para una evaluación del estado actual del recurso.

** Solo para pesca artesanal, aplica para individuos enteros con aletas adheridas

***Agrupa los recursos pesqueros asociados a los permisos de pesca blanca autorizados por la AUNAP, exceptuando el valor asignado para el recurso tiburón.

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 2019 únicamente registraron actividad sobre este recurso tres embarcaciones una con puerto en Cartagena la cual realizó solo una faena de pesca y dos embarcaciones con puerto en Tolú.

El análisis realizado por AUNAP, corroboran que el recurso se encuentra en estado de sobreexplotado, 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 498 t.

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, 2020); los datos analizados para el 2019 obedecieron únicamente a la flota con puerto en Tolú y se logró determinar su bajo impacto al analizar la relación FA/FO= 3.0; situación que está soportada por las condiciones ambientales de esta zona (baja productividad con respecto al norte del Caribe y descarga de ríos). Adicionalmente, esta institución mencionó que durante el último crucero de prospección realizado en cooperación con AUNAP muchas zonas consideradas como fondos arrastrables en el norte del Caribe colombiano han sido desplazadas ecológicamente por esponjas y otros organismos. El RMS calculado fue de 940 t, pero se sugiere una cuota del 70% de este valor dado su bajo aprovechamiento (<500 t).

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone mantener la cuota del año anterior con un valor de **364 t**.

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.

Para el análisis de este recurso en la vigencia 2020 se utilizó el modelo de CMSY de manera separada para cada una de las especies susceptibles de aprovechamiento jaiba azul *Callinectes sapidus* y jaiba roja *C. bocourti*. Los resultados obtenidos mostraron que ambas especies están bajo una explotación fuerte, requiriendo de otras medidas de manejo complementarias que

contribuyan a la recuperación de sus poblaciones. El cálculo del RMS para la jaiba azul = 756 t \pm (508 - 1124). y la jaiba roja= 534 t \pm (352 - 812), con un nivel de seguridad del 95%.

La información analizada sobre la presión de la biomasa con respecto a las tallas (Capítulo III; 3.1.2 Caribe) muestra de manera evidente que en la actualidad se está registrando una mayor presión sobre las tallas más pequeñas, dando lugar a una sobrepesca por tallas que pone en riesgo la estructura poblacional de las especies analizadas (futuro reclutamiento).

Durante el desarrollo de la mesa técnica interinstitucional del Caribe se recibieron aportes del INVEMAR 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, 2020).
- A través del análisis temporal de la estructura de tamaños se determinó que para la jaiba roja *Callinectes bocourti* se registró una TMM= 8.6 cm, con un 58% de los individuos capturados por debajo de la TMM; mientras que para jaiba azul *C. sapidus* la TMM= 9.5 cm con un 27% de los individuos capturados por debajo de la TMM; estos resultados indican que la jaiba azul se encuentra en un estado de aprovechamiento aceptable con respecto a tallas, mientras que la jaiba roja requiere de seguimiento y acciones de manejo frente a los resultados obtenidos (INVEMAR, 2020).
- Los resultados de los modelos utilizados para determinar el RMS sustentan la recomendación de una cuota permisible para la vigencia 2021 de 869 t/ año para las dos especies (INVEMAR, 2020).

En el marco de la MTI-Caribe también se resaltó la importancia de hacer un seguimiento más directo a las capturas de este recurso, para controlar la posible extracción al interior del vía parque Isla Salamanca.

Adicionalmente, se señala la importancia de conocer el flujo de este recurso en el mercado local, donde se presume la comercialización la jaiba de tallas pequeñas que no aceptada en las plantas de procesamiento.

Por lo anterior, se propone mantener la cuota de **1329 t** para todo el Caribe, que incluye la CGSM y el resto del Caribe continental.

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. Adicionalmente, se han adelantado acciones de sensibilización con las

comunidades para concertar la implementación de una veda de cuatro meses (1 de marzo a 30 de junio).

Para efectos de esta vigencia este recurso se analizó mediante el modelo CMSY diferenciando el stock del Caribe continental del stock asociado al archipiélago de San Andrés providencia y Santa Catalina, mostrando que ambos stocks se encuentran bajo una fuerte explotación que requiere de medidas de administración adicionales que contribuyan a su recuperación. El RMS estimado para el Caribe continental fue de 95,6 t \pm (47,7 - 192) con un nivel de seguridad del 95%; mientras que para el archipiélago fue de 576 t en ambos casos este valor corresponde a individuos enteros.

Por lo anterior, se propone mantener la cuota de **80 t** para Caribe continental bajo un enfoque precautorio, toda vez que este valor es inferior al RMS estimado y puede contribuir a la recuperación del recurso dada la presión por tallas evidenciada en años anteriores y la fuerte explotación observada. Adicionalmente, se continuarán con las acciones de control de tallas de comercialización y sensibilización con las comunidades para la implementación de la veda en los términos mencionados.

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.

Igualmente, se recalca que, a pesar de no contar con una flota amplia para el aprovechamiento de este recurso en el Caribe, se propone continuar con la cuota que se tiene actualmente de **4.000 t**. Esta decisión se basó en los resultados de las prospecciones realizadas en 2014 a través del convenio AUNAP – INVEMAR, en donde se estimó una biomasa aprovechable de atún aleta amarilla de 9.200 t para el Caribe colombiano. Es necesario señalar que el escaso uso que se le ha dado a esta cuota durante los últimos años no constituye un factor para disminuir la cuota, en tanto el recurso se encuentre en un estado óptimo y se tengan estudios que soporten su potencial aprovechable.

PECES ÓSEOS

Tal como se ha hecho en años anteriores se propone este grupo para abarcar los recursos de peces demersales y pelágicos (exceptuando atún y tiburones) susceptibles de aprovechamiento. Esta idea se sustenta en la dinámica multispecífica 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.

Durante el análisis realizados con los modelos CMSY y LBB se determinó que estos recursos en su mayoría se encuentran en un estado de explotación fuerte. Adicionalmente, la información analizada sobre la presión de la biomasa con respecto a las tallas (Capítulo III; 3.1.2 Caribe) muestra de manera evidente que en la actualidad se está registrando una mayor presión sobre las tallas más pequeñas, dando lugar a una sobrepesca por tallas que pone en riesgo la estructura poblacional de las especies analizadas (futuro reclutamiento).

Teniendo en cuenta 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 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.

En términos de administración de los recursos pesqueros, es importante destacar que en el Caribe colombiano se vienen adelantando diferentes procesos de ordenación pesquera tal como se señala a continuación:

Área	Estado del proceso/acto administrativo
Golfo de Urabá (Cuenta con Auto de Apertura 002 de 13 de marzo de 2018)	Diagnóstico y formulación; Acandí. Se está con el apoyo de la ONG alemana GIZ, Codechocó, PNN y Minambiente con DAMCRA y para ser considerada dentro de las UACS y POMIUACS



	Diagnóstico, Necoclí; Se recibe una carta por parte de la alcaldía de Necoclí para validar los acuerdos de pesca de la Ensenada de Rio Negro.
Ciénaga La Caimanera	Formulacion / Acta de acuerdo de pesca
Bahía Cispata	Formulacion / Acta de acuerdo de pesca
PNN TAYRONA	Formulacion / Auto de Apertura 001 de 2019.
Ordenación pesquera para Bahía Portete, Bahía Honda y Hondita	(Sin establecer figura) con auto de apertura 002 de 4 de junio 2020)

Resumen propuesta de cuotas Caribe colombiano

RECURSOS	PROPUESTA DE CUOTAS (T)
CAS (<i>Litopenaeus Schmitt</i>)	364
LANGOSTA*	80
JAIBA	1329
PECES ÓSEOS**	2650
ATÚN	4000

*Aplica para individuos enteros

**Agrupa los recursos pesqueros asociados a los permisos de pesca blanca autorizados por la AUNAP, exceptuando el valor asignado para el recurso tiburón.

**Solo para pesca artesanal, aplica para individuos enteros con aletas adheridas

Ornamentales

Para el caso de los recursos ornamentales tal como se evidenció en el capítulo VI únicamente se contó con información disponible para el análisis de las cuotas bajo los modelos de LBB y CMSY propuestos en esta vigencia.

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.

En el marco de la MTI – Ornamentales se recibieron insumos por parte de la FUNINDES acerca de **Peces ornamentales de Colombia Lista Actualizada** y el Instituto Alexander Von Humboldt sobre las **rayas de agua dulce (potamotrygonidae) de la amazonia colombiana: i. composición e información bioecológica**. Es preciso señalar que estos insumos no se utilizaron de manera directa en la estimación de las cuotas, pero constituyen un aporte significativo al conocimiento

de los recursos ornamentales, además de suministrar insumos técnicos para la generación de propuestas de manejo y conservación a futuro.

Tal como se discutió en la MTI – Ornamentales una estrategia indispensable es la articulación interinstitucional que contribuya a la optimización de recursos y generación de información en pro de la sostenibilidad y aprovechamiento responsable.

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

Por lo anterior se propone mantener las cuotas de la vigencia anterior así:

Resumen propuesta de cuotas recursos ornamentales

Código *	Grupo / Especie	Nombre común	Propuesta de Cuota 2021 (N individuos)
	Rayas		
1	<i>Paratrygon aiereba</i>	Raya manzana	11.000
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	
	Subtotal rayas		20.000
11	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Arawana plateada	700.000
91	<i>Paracheirodon axelrodi</i>	Cardenal	4.832.000
207	<i>Corydoras axelrodi</i>	Corredora decker	40.000
223	<i>Corydoras metae</i>	Corredora meta	150.000
248	<i>Otocinclus vittatus</i>	Otocinelo cola rayada	1.772.000
305	<i>Chaetostoma dorsale</i>	Cucha albina lisa punto de oro	63.000
317	<i>Hemiancistrus guahiborum</i>	Cucha roja	14.000
334	<i>Panaqolus maccus</i>	Cucha piña	93.000
335	<i>Panaque nigrolineatus</i>	Real de línea	180.000
336	<i>Panaque</i> sp	Real de punto	
337	<i>Panaque titan</i>	Real verde, Real royal	
500	<i>Pterophyllum altum</i>	Escalar altum	263.000
	Otras especies **		14.107.600
	Total		22.254.600.

* Código de cada una de la especies según resolución 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

Recomendaciones generales para los recursos continentales

Pese a que desde el año 2008 No se asignan cuotas para los recursos continentales. En la presente vigencia se incluyó en el capítulo III se incluyó un análisis de 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 parte de los resultados obtenidos en este capítulo se identificó el comportamiento de las pesquerías para las cuencas continentales del país (Amazonas, Orinoquía, Atrato y Magdalena), evidenciaron que los recurso pesqueros por lo general tiende a sustentarse en tallas pequeñas lo que deriva en la ejecución de proyectos encaminados a determinar la influencia de los megadesovadores, de las áreas de crianza y de la selectividad de artes y métodos de pesca

Estos resultados se sustentan en el análisis del impacto de la pesca como una actividad incidente en la biodiversidad, pero la realidad de los ecosistemas está condicionada a todos los factores que interactúan con el aprovechamiento de los recursos (económicas, pesqueras, ambientales y sociales). En este sentido, es imperativo definir acciones de manejo integral que ayuden a garantizar la sostenibilidad de los recursos en el tiempo.

En términos de administración de los recursos pesqueros en la actualidad se vienen adelantando diversos procesos de ordenación, los cuales se detallan a continuación:

Área	Estado del proceso/acto administrativo
Lagos Tarapoto	Implementación / Resolución AUNAP 1225 de 2017
Complejo Lagunar Yahuaraca	Implementación /Resolución AUNAP 1784 de 2016
Embalse Prado	Formulación
Embalses de San Lorenzo, Punchina y Playas	Formulación
Embalses Peñol - Guatape	Formulación
Embalse Topocoro (Hidrosogamoso)	Formulación/ medidas de manejo actuales sobre el liso condicionadas a pronunciamiento sobre invasión de Pavon



Cuenca baja río Sogamoso aguas abajo del embalse Topocoro (Hidrosogamoso)	Formulación Producto Convenio Humedales 2019
Bagre rayado (<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>)	Formulación
Embalses Miraflores - Troneras	Formulación
Embalse Calima	Implementación / resolución 284 de 2020
Embalse Sara Brut	Formulación / acuerdos previos suscritos por la comunidad
Proyecto Hidroelectrico Palagua	Diagnostico / con resultados de permisos de investigación de la AUNAP
Laguna de La Cocha	Formulación
Laguna de Sonso	formulación / acuerdos previos suscritos por la comunidad
Cuenca baja del río La Miel	Implementación/ Resolución AUNAP 410 de 2013
Embalse Amaní	Implementación/ Resolución AUNAP 408 de 2013
Embalse Tominé	Implementación/Resolución AUNAP 681 de 2013
Embalse Betania	Implementación/Acuerdo INCODER 030 de 2005 y Acuerdo INCODER 049 de 2006
Embalse Porce II	Implementación/Resolución AUNAP 970 de 2015
Embalse Porce III	Implementación/Resolución AUNAP 970 de 2015



Region Noroccidental de la Isla de Mompox	Implementación/ Resoluciones AUNAP 409 y 596 de 2013
Ciénagas en área de influencia de San Rafael de Chucurí y Bocas del Carare	Implementación/ Resolución AUNAP 2221 de 2017
Embalse Urra	Implementación/ Resolución AUNAP 720 de 2013
Afectaciones por Hidroituango rio Cauca	Diagnóstico, formulación, implementación. Con Auto de Apertura 728 de 21 de abril 2020 y borrador de resolución para la zona de descarga del embalse
Rio Arauca (Tramo Angelito-Puerto Colombia)	Construcción Diagnóstico/Auto de apertura 004 de 26 de junio de 2020
DNMI CINARUCO	Fase de Diagnóstico/ cubre el área protegida
Rio Bitá	En proceso de elaboración acto administrativo. área de la bocana del rio Bitá hacia adentro hasta el puente Paso Ganado. (en este tramo se encuentran las siguientes zonas de pesca: Cocomono, Barranco blando, Ripialito, la Estancada, Tres bocas, el Arizal, Tres iglesias, la Pizonera
Estrella fluvial Inírida	En proceso de elaboración acto administrativo. La estrella fluvial es un polígono que abarca Rio Atabapo, Rio Guaviare cuenca del Rio Inírida (incluye las comunidades: Almidón, Caño Raya, Caranocoa, Carrizal, La Ceiba, Laguna Negra, Paloma, Paujil, Playa Blanca. Porvenir)

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 calamanr dardo *Lolliguncula diomedea*. *Cuadernos de Investigación UNED Vol.7(1)*, 79-87.
- Allen, R. L. (1971). *Relation between produccction 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 Zoología*, 51(26): 383-398.
- Barreto, C. G., & Borda, C. A. (2008). *Evaluación de Recursos Pesqueros Colombianos*. Bogota: 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., & PQuentes-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 assess 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 growth and survival of the Pacific red snapper *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.
- 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-Urbe, 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/>
- 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.
- Froese, 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.
- Gallardo-Cabello, M., Sanabria-Medez, M., Espino-Barr, E., & Anislado-Tolentino. (2010). Biological aspects of *Lutjanus peru* in Bufadero Bay, Michoacán, 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 pesuwrías 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.
- 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 Balize 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.



- Invenmar. (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 Ciências do Mar*, 39:61-65.
- 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* (Pives: 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 programable calculators*. Manila Filipinas: ICLARM Stud. Rev. (8): 325.
- Perea-Garcia, 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 REPRODUTVIA 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., & Hilbor, 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-Aroyave, 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 evalautaiion of analitical and resampling procedures. *Fis. Bull.* 97, 570 - 580.
- Rocha-Olivares. (1997). Age, groth, mortality, and popuation charactristic of the Pacific red snapper, *Lutjanus peru*, off the southeast costal of Baja California, Mexico. *Fisheries Bulletin* 96, 562 - 574.
- Ruiz-Vanegas, J., Ajiaco-Martinez, R., & Ramírez-Gil, H. (2001). *Carnegiuela estrigata Gunther, 1864en: una visión integral Ramirez-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). *Dinamica populacional do pargo, Lutjanus purpureus Poey, 1875 (Pisces: Lutjanidae) na plataforma norte do Brasil*. Belém: Tsis de maestria 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.
- 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.