

TUNAS, BILLFISHES AND OTHER PELAGIC SPECIES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN IN 2016

A.	The fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean	3
B.	Yellowfin tuna.....	65
C.	Skipjack tuna.....	76
D.	Bigeye tuna.....	79
E.	Pacific bluefin tuna	90
F.	Albacore tuna	97
G.	Swordfish	106
H.	Blue marlin.....	110
I.	Striped marlin.....	112
J.	Sailfish	116
K.	Updated stock status indicators for silky sharks in the eastern Pacific Ocean (1994-2016).....	121
L.	Ecosystem considerations	124

INTRODUCTION

This report provides a summary of the fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO), summary assessments of the major stocks of tunas and billfishes that are exploited in the fishery, updated stock status indicators for silky sharks, and an evaluation of the pelagic ecosystem in the EPO, in 2016.

The report is based on data available to the IATTC staff in March 2017. As a result, some of the data tables for 2016 are incomplete, and all data for 2015 and 2016 should be considered preliminary.

All weights of catches and discards are in metric tons (t). In the tables, 0 means no effort, or a catch of less than 0.5 t; - means no data collected; * means data missing or not available. The following acronyms are used:

Species:		TUN	Unidentified tunas
		YFT	Yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>)
Fishing gears:			
ALB	Albacore tuna (<i>Thunnus alalunga</i>)	FPN	Trap
BET	Bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)	GN	Gillnet
BIL	Unidentified istiophorid billfishes	HAR	Harpoon
BKJ	Black skipjack (<i>Euthynnus lineatus</i>)	LL	Longline
BLM	Black marlin (<i>Makaira indica</i>)	LP	Pole and line
BUM	Blue marlin (<i>Makaira nigricans</i>)	LTL	Troll
BZX	Bonito (<i>Sarda</i> spp.)	LX	Hook and line
CAR	Chondrichthyes, cartilaginous fishes nei ¹	OTR	Other ²
CGX	Carangids (Carangidae)	NK	Unknown
DOX	Dorado (<i>Coryphaena</i> spp.)	PS	Purse seine
MLS	Striped marlin (<i>Kajikia audax</i>)	RG	Recreational
MZZ	Osteichthyes, marine fishes nei	TX	Trawl
PBF	Pacific bluefin tuna (<i>Thunnus orientalis</i>)	Ocean areas:	
SFA	Indo-Pacific sailfish (<i>Istiophorus platypterus</i>)	EPO	Eastern Pacific Ocean
SKJ	Skipjack tuna (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	WCPO	Western and Central Pacific Ocean
SKX	Unidentified elasmobranchs	Set types:	
SSP	Shortbill spearfish (<i>Tetrapurus angustirostris</i>)	DEL	Dolphin
SWO	Swordfish (<i>Xiphias gladius</i>)		

¹ not elsewhere included

² Used to group known gear types

NOA	Unassociated school	<i>S</i>	Index of spawning biomass
OBJ	Floating object	SBR	Spawning biomass ratio
LOG:	Flotsam	SSB	Spawning stock biomass
FAD:	Fish-aggregating device		

Flags:

IATTC Members & cooperating non-Members

BLZ	Belize
BOL	Bolivia
CAN	Canada
CHN	China
COL	Colombia
CRI	Costa Rica
ECU	Ecuador
EU	European Union
EU (CYP)	Cyprus
EU (ESP)	Spain
EU (PRT)	Portugal
FRA	France
GTM	Guatemala
HND	Honduras
IDN	Indonesia
JPN	Japan
KIR	Kiribati
KOR	Republic of Korea
LBR	Liberia
MEX	Mexico
NIC	Nicaragua
PAN	Panama
PER	Peru
SLV	El Salvador
TWN	Chinese Taipei
USA	United States of America
VEN	Venezuela
VUT	Vanuatu

Other flags

CHL	Chile
COK	Cook Islands
CYM	Cayman Islands
NZL	New Zealand
RUS	Russia
VCT	St. Vincent and the Grenadines
UNK	Unknown

Stock assessment:

<i>B</i>	Biomass
<i>C</i>	Catch
CPUE	Catch per unit of effort
<i>F</i>	Rate of fishing mortality
MSY	Maximum sustainable yield

A. THE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN

1.	Catches and landings of tunas, billfishes, and associated species	3
1.1.	Catches by species.....	4
1.2.	Distributions of the catches of tunas	7
1.3.	Size compositions of the catches of tunas.....	7
1.4.	Catches of tunas and bonitos, by flag and gear	9
2.	Fishing effort.....	10
2.1.	Purse seine.....	10
2.2.	Longline	10
3.	The fleets.....	10
3.1.	Purse-seine and pole-and-line fleets.....	10
3.2.	Other fleets of the EPO	12

This document summarizes the fisheries for species covered by the IATTC Convention (tunas and other fishes caught by tuna-fishing vessels) in the eastern Pacific Ocean (EPO). The most important of these are the scombrids (Family Scombridae), which include tunas, bonitos, seerfishes, and mackerels. The principal species of tunas caught are yellowfin, skipjack, bigeye, and albacore, with lesser catches of Pacific bluefin, black skipjack, and frigate and bullet tunas; other scombrids, such as bonitos and wahoo, are also caught.

This document also covers other species caught by tuna-fishing vessels in the EPO: billfishes (swordfish, marlins, shortbill spearfish, and sailfish) carangids (yellowtail, rainbow runner, and jack mackerel), dorado, elasmobranchs (sharks, rays, and skates), and other fishes.

Most of the catches are made by the purse-seine and longline fleets; the pole-and-line fleet and various artisanal and recreational fisheries account for a small percentage of the total catches.

Detailed data are available for the purse-seine and pole-and-line fisheries; the data for the longline, artisanal, and recreational fisheries are incomplete.

The IATTC [Regional Vessel Register](#) contains details of vessels authorized to fish for tunas in the EPO. The IATTC has detailed records of most of the purse-seine and pole-and-line vessels that fish for yellowfin, skipjack, bigeye, and/or Pacific bluefin tuna in the EPO. The Register is incomplete for small vessels. It contains records for most large (overall length >24 m) longline vessels that fish in the EPO and in other areas.

The data in this report are derived from various sources, including vessel logbooks, observer data, unloading records provided by canners and other processors, export and import records, reports from governments and other entities, and estimates derived from the species and size composition sampling program.

1. CATCHES AND LANDINGS OF TUNAS, BILLFISHES, AND ASSOCIATED SPECIES

Estimating the total catch of a species of fish is difficult, for various reasons. Some fish are discarded at sea, and the data for some gear types are incomplete. Data for fish discarded at sea by purse-seine vessels with carrying capacities greater than 363 metric tons (t) have been collected by observers since 1993, which allows for better estimation of the total amounts of fish caught by the purse-seine fleet. Estimates of the total amount of the catch that is landed (hereafter referred to as the retained catch) are based principally on data from unloadings. Beginning with Fishery Status Report 3, which reports on the fishery in 2004, the unloading data for purse-seine and pole-and-line vessels have been adjusted, based on the species composition estimates for yellowfin, skipjack, and bigeye tunas. The current species composition sampling program, described in [Section 1.3.1](#), began in 2000, so the catch data for 2000-2016 are adjusted, based on estimates by flag for each year. The catch data for the previous years were adjusted by applying the average ratio by species from the 2000-2004 estimates, by flag, and summing over all flags. This has tended to increase the estimated catches of bigeye and decrease those of yellowfin and/or skipjack. These adjustments are all preliminary, and may be improved in the future. All of the purse-seine and pole-and-line data for

are all preliminary, and may be improved in the future. All of the purse-seine and pole-and-line data for 2015 and 2016 are preliminary.

Data on the retained catches of most of the larger longline vessels are obtained from the governments of the nations that fish for tunas in the EPO. Longline vessels, particularly the larger ones, direct their effort primarily at bigeye, yellowfin, albacore, or swordfish. Data from smaller longliners, artisanal vessels, and other vessels that fish for tunas, billfishes, dorado, and sharks in the EPO were gathered either directly from the governments, from logbooks, or from reports published by the governments. Data for the western and central Pacific Ocean (WCPO) were provided by the Ocean Fisheries Programme of the Secretariat of the Pacific Community (SPC). All data for catches in the EPO by longlines and other gears for 2014, 2015 and 2016 are preliminary.

The data from all of the above sources are compiled in a database by the IATTC staff and summarized in this report. In recent years, the IATTC staff has increased its effort toward compiling data on the catches of tunas, billfishes, and other species caught by other gear types, such as trollers, harpooners, gillnetters, and recreational vessels. The estimated total catches from all sources mentioned above of yellowfin, skipjack, and bigeye in the entire Pacific Ocean are shown in [Table A-1](#), and are discussed further in the sections below.

Estimates of the annual retained and discarded catches of tunas and other species taken by tuna-fishing vessels in the EPO during 1987-2016 are shown in [Tables A-2a-c](#). The catches of yellowfin, skipjack, and bigeye tunas by flag, during 1987-2016, are shown in [Tables A-3a-e](#), and the purse-seine and pole-and-line catches and landings of tunas and bonitos during 2015-2016 are summarized by flag in [Table A-4a-b](#). The data for yellowfin, skipjack, and bigeye tunas in Table A-4b have not been adjusted to the species composition estimates, and are preliminary. There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during 1988-1997, but the catches of most species have been affected by restrictions on fishing during some or all of the last six months of 1998-2016. Furthermore, regulations placed on purse-seine vessels directing their effort at tunas associated with dolphins have affected the way these vessels operate, especially since the late 1980s, as discussed in [Section 3](#).

The catches have also been affected by climate perturbations, such as the major El Niño events that occurred during 1982-1983 and 1997-1998. These events made the fish less vulnerable to capture by purse seiners due to the greater depth of the thermocline, but had no apparent effect on the longline catches. Yellowfin recruitment tends to be greater after an El Niño event.

1.1. Catches by species

1.1.1. Yellowfin tuna

The annual catches of yellowfin during 1987-2016 are shown in [Table A-1](#). The EPO totals for 1993-2016 include discards from purse-seine vessels with carrying capacities greater than 363 t. The El Niño event of 1982-1983 led to a reduction in the catches in those years, whereas the catches in the WCPO were apparently not affected. Although the El Niño episode of 1997-1998 was greater in scope, it did not have the same effect on the yellowfin catches in the EPO. In the EPO, catches increased steadily to a high of 443 thousand t in 2002; they decreased substantially in 2004, reaching their lowest level during 2006-2008, at only 44% of the highest catches of the 2001-2003 period. The 2016 catch of 242 thousand t is greater than the average for the previous 5-year period (230 thousand t). In the WCPO, the catches of yellowfin reached a new high of 603 thousand t in 2012, surpassing the previous record of 600 thousand t in 2008.

The annual retained catches of yellowfin in the EPO by purse-seine and pole-and-line vessels during 1987-2016 are shown in [Table A-2a](#). The average annual retained catch during 2001-2015 was 256 thousand t (range: 167 to 413 thousand t). The preliminary estimate of the retained catch in 2016, 240 thousand t, was 2% smaller than that of 2015, and 6% less than the average for 2001-2015. The average amount of yellowfin discarded at sea during 2001-2015 was about 1% of the total purse-seine catch (retained catch plus discards) of yellowfin (range: 0.1 to 1.8%) (Table A-2a).

The annual retained catches of yellowfin in the EPO by longliners during 1987-2016 are shown in Table A-2a. During 1990-2003 catches averaged about 23 thousand t (range: 12 to 35 thousand t), or about 8% of the total retained catches of yellowfin. Longline catches declined sharply beginning in 2005, averaging 10 thousand t per year (range: 8 to 13 thousand t), or about 4% of the total retained catches, through 2015. Yellowfin are also caught by recreational vessels, as incidental catch in gillnets, and by artisanal fisheries. Estimates of these catches are shown in [Table A-2a](#), under “Other gears” (OTR); during 2001-2015 they averaged about 1 thousand t.

1.1.2. Skipjack tuna

The annual catches of skipjack during 1987-2016 are shown in [Table A-1](#). Most of the skipjack catch in the Pacific Ocean is taken in the WCPO. Prior to 1999, WCPO skipjack catches averaged about 900 thousand t. Beginning in 1999, catches increased steadily from 1.1 million t to an all-time high of 2 million t in 2014. In the EPO, the greatest yearly catches occurred between 2003 and 2016, ranging from 153 to 342 thousand t, the record catch in 2016.

The annual retained catches of skipjack in the EPO by purse-seine and pole-and-line vessels during 1987-2016 are shown in Table A-2a. During 2001-2015 the annual retained catch averaged 242 thousand t (range 144 to 329 thousand t). The preliminary estimate of the retained catch in 2016, 337 thousand t, is 39% greater than the average for 2001-2015, and 3% higher than the record-high retained catch of 2015. Discards of skipjack at sea decreased each year during the period, from 8% in 2001 to a low of less than 1% in 2013. During the period about 4% of the total catch of the species was discarded at sea ([Table A-2a](#)).

Small amounts of EPO skipjack are caught with longlines and other gears (Table A-2a).

1.1.3. Bigeye tuna

The annual catches of bigeye during 1987-2016 are shown in [Table A-1](#). Overall, the catches in both the EPO and WCPO have increased, but with considerable fluctuations. In the EPO, the average catch for the period was 104 thousand t, with a low of 73 thousand t in 1989 and a high of 149 thousand t in 2000. In the WCPO the catches of bigeye increased to more than 77 thousand t during the late 1970s, decreased during the early 1980s, and then increased steadily to 111 thousand t in 1996. In 1997 the total jumped to 153 thousand t, and reached a high of 178 thousand t in 2004. Since 2004 the catch has fluctuated between 128 and 154 thousand t.

The annual retained catches of bigeye in the EPO by purse-seine and pole-and-line vessels during 1987-2016 are shown in Table A-2a. During 1993-1994 the use of fish-aggregating devices (FADs), placed in the water by fishermen to aggregate tunas, nearly doubled, and continued to increase in the following years. This resulted in greater catches of bigeye by purse-seine vessels. Before this increase, the annual retained catch of bigeye taken by purse-seine vessels in the EPO was about 5 thousand t ([Table A-2a](#)). As a result of the development of the FAD fishery, bigeye catches increased from 10 thousand t in 1993 to 35 thousand t in 1994, and further increased to between 44 and 95 thousand t during 1995-2015. The preliminary estimate of the retained catch in the EPO in 2016 is 56 thousand t.

During 2001-2015 the purse-seine catch of the species discarded at sea has steadily decreased, from 5% in 2000 to less than 1% in 2014, for an average discard rate of about 1.6%. No bigeye catch has been reported by pole-and-line vessels in recent years.

From 1985 to 1993, before the increase in the use of FADs, longliners caught an average of 95% of the bigeye in the EPO (average 86 thousand t; range: 66 to 104 thousand t). During 2001-2015 this average dropped to 39%, with a low of 25% in 2008 (average: 42 thousand t; range: 26 to 74 thousand t) (Table A-2a). The preliminary estimate of the longline catch in the EPO in 2016 is 35 thousand t ([Table A-2a](#)).

Small amounts of bigeye are caught in the EPO by other gears, as shown in Table A-2a.

1.1.4. Bluefin tuna

The catches of Pacific bluefin in the EPO during 1987-2016, by gear, are shown in Table A-2a. Purse-seine

and pole-and-line vessels accounted for over 94% of the total EPO retained catch during 2001-2015. During this period the annual retained catch of bluefin in the EPO by purse-seine vessels averaged 4.7 thousand t (range 1.2 to 9.9 thousand t). The preliminary estimate of the retained purse-seine catch of bluefin in 2016, 3.2 thousand t, is less than the average for 2001-2015 ([Table A-2a](#)).

The catches of Pacific bluefin in the entire Pacific Ocean, by flag and gear, are shown in Table A-5a. The data, which were obtained from the International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean (ISC), are reported by fishing nation or entity, regardless of the area of the Pacific Ocean in which the fish were caught.

Catches of Pacific bluefin by recreational gear in the EPO are reported in numbers of individual tuna caught, whereas all other gears report catch in weight (metric tons). These numbers are then converted to metric tons for inclusion in the EPO catch totals for all gears. The original catch data for 1987-2016, in numbers of fish, are presented in Table A-5b.

1.1.5. Albacore tuna

The catches of albacore in the EPO, by gear and area (north and south of the equator) are shown in Tables A-6. The catches of albacore in the EPO, by gear, are shown in Table A-2a. A significant portion of the albacore catch is taken by troll gear, included under “Other gears” (OTR) in Table A-2a.

1.1.6. Other tunas and tuna-like species

While yellowfin, skipjack, and bigeye tunas comprise the most significant portion of the retained catches of the purse-seine and pole-and-line fleets in the EPO, other tunas and tuna-like species, such as black skipjack, bonito, wahoo, and frigate and bullet tunas, contribute to the overall harvest in this area. The estimated annual retained and discarded catches of these species during 1987-2016 are presented in Table A-2a. The catches reported in the “unidentified tunas” category (TUN) in [Table A-2a](#) contain some catches reported by species (frigate or bullet tunas) along with the unidentified tunas. The total retained catch of these other species by these fisheries was 10.4 thousand t in 2016, which is greater than the 2001-2015 average retained catch of 7 thousand t (range: 500 to 19 thousand t).

Black skipjack are also caught by other gears in the EPO, mostly by coastal artisanal fisheries. Bonitos are also caught by artisanal fisheries, and have been reported as catch by longline vessels in some years.

1.1.7. Billfishes

Catch data for billfishes (swordfish, blue marlin, black marlin, striped marlin, shortbill spearfish, and sailfish) are shown in [Table A-2b](#).

In general, dolphins, sea turtles, whale sharks, and small fish are the only animals captured in the purse-seine fishery that are released alive. In previous versions of this report, all billfishes caught in that fishery were classified as discarded dead. When most of the individuals of species caught incidentally are discarded, the difference between catches and discards is not significant for those species, but as the rate of retention of species formerly discarded increases, part of the bycatch becomes catch, and the distinction becomes important. As a result of a review in 2010, this has been clarified in Table A-2b with the addition of a column for retained catch next to the column for discards.

Swordfish are caught in the EPO with large-scale and artisanal longline gear, gillnets, harpoons, and occasionally with recreational gear. During 1999-2008 the longline catch of swordfish averaged 12 thousand t, but during 2013-2015 the average almost doubled to over 22 thousand t. It is not clear whether this is due to increased abundance of swordfish or increased effort directed toward that species.

Other billfishes are caught with large-scale and artisanal longline gear and recreational gear. The average annual longline catches of blue marlin and striped marlin during 2001-2015 were about 3.2 thousand and 1.9 thousand t, respectively. Smaller amounts of other billfishes are taken by longline.

Unfortunately, little information is available on the recreational catches of billfishes, but they are believed

to be substantially less than the commercial catches for all species.

Small amounts of billfishes are caught by purse seiners, some are retained, and others are considered to be discarded although some may be landed but not reported. These data are also included in [Table A-2b](#). During 2001-2015 purse seiners accounted about 1% of the total catch of billfishes in the EPO.

1.1.8. Other species

Data on the catches and discards of carangids (yellowtail, rainbow runner, and jack mackerel), dorado, elasmobranchs (sharks, rays, and skates), and other fishes caught in the EPO are shown in [Table A-2c](#).

Bycatches in the purse-seine fishery are reported in [Table A-2c](#) as either retained or discarded. A revision was made to the allocation of catches into those categories as a result of a review in 2010.

Dorado are unloaded mainly in ports in Central and South America. Although the reported catches have been as high as 71 thousand t in recent years, the fishing gears used are often not reported.

1.2. Distributions of the catches of tunas

1.2.1. Purse-seine catches

The average annual distributions of the purse-seine catches of yellowfin, skipjack, and bigeye, by set type, in the EPO during 2011-2015, are shown in [Figures A-1a](#), [A-2a](#), and [A-3a](#), and preliminary estimates for 2016 are shown in [Figures A-1b](#), [A-2b](#), and [A-3b](#).

The majority of the yellowfin catches in 2016 were taken near the coast of the Americas in sets associated with dolphins, and to a lesser extent in unassociated sets. These sets occurred in two main areas; a northern area off the coast of Baja California, Mexico, and a southern area east of 95°W and north of 5°S. Lesser amounts of yellowfin were taken in offshore sets primarily associated with floating objects and dolphins.

The majority of the 2016 skipjack catch was taken in sets associated with floating objects, with lesser amounts taken in unassociated sets near the coast of Peru and far offshore between 140° and 150°W. Skipjack catches were more northerly than the previous 5-year average, with significant catches throughout the EPO between the equator and 10°N.

Bigeye are not often caught north of about 7°N, and the catches of bigeye have decreased in the inshore areas off South America for several years. With the development of the fishery for tunas associated with FADs, the relative importance of the inshore areas has decreased, while that of the offshore areas has increased. Most of the 2016 bigeye catches were taken in sets on FADs between 5°N and 5°S.

1.2.2. Longline catches

Data on the spatial and temporal distributions of the catches in the EPO by the distant-water longline fleets of China, French Polynesia, Japan, the Republic of Korea, Spain, Chinese Taipei, the United States, and Vanuatu are maintained in databases of the IATTC. Bigeye and yellowfin tunas make up the majority of the catches by most of these vessels. The distributions of the catches of bigeye and yellowfin tunas in the Pacific Ocean by Chinese, Japanese, Korean, and Chinese Taipei longline vessels during 2011-2015 are shown in [Figure A-4](#). Data for the Japanese longline fishery in the EPO during 1956-2007 are available in IATTC Bulletins describing that fishery.

1.3. Size compositions of the catches of tunas

1.3.1. Purse-seine, pole-and-line, and recreational fisheries

Length-frequency samples are the basic source of data used for estimating the size and age compositions of the various species of fish in the landings. This information is necessary to obtain age-structured estimates of the populations for various purposes, including the integrated modeling that the staff has employed during the last several years. The results of such studies have been described in several IATTC Bulletins, in its Annual Reports for 1954-2002, and in its Stock Assessment Reports.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, Pacific bluefin, and, occasionally, black skipjack from the catches of purse-seine, pole-and-line, and recreational vessels in the EPO are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, the USA, and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, bluefin in 1973, and bigeye in 1975. Sampling has continued to the present.

The methods for sampling the catches of tunas are described in the [IATTC Annual Report for 2000](#) and in [IATTC Stock Assessment Reports 2](#) and [4](#). Briefly, the fish in a well of a purse-seine or pole-and-line vessel are selected for sampling only if all the fish in the well were caught during the same calendar month, in the same type of set (floating-object, unassociated school, or dolphin), and in the same sampling area. These data are then categorized by fishery ([Figure A-5](#)), based on the staff's most recent stock assessments.

Data for fish caught during the 2011-2016 period are presented in this report. Two sets of length-frequency histograms are presented for each species, except bluefin and black skipjack; the first shows the data by stratum (gear type, set type, and area) for 2016, and the second shows the combined data for each year of the 2011-2016 period. For bluefin, the histograms show the 2007-2012 catches by commercial and recreational gear combined. For black skipjack, the histograms show the 2011-2016 catches by commercial gear. Only a small amount of catch was taken by pole-and-line vessels in 2013, 2014, and 2015, and no samples were obtained from these vessels.

For stock assessments of yellowfin, nine purse-seine fisheries (four associated with floating objects, three associated with dolphins, and two unassociated) and one pole-and-line fishery are defined ([Figure A-5](#)). The last fishery includes all 13 sampling areas. Of the 946 wells sampled during 2016, 774 contained yellowfin. The estimated size compositions of the fish caught are shown in [Figure A-6a](#). The majority of the yellowfin catch was taken in sets associated with dolphins in the Northern and Inshore dolphin fisheries primarily in the second and third quarters, and in the Southern dolphin fishery in the second quarter. These fisheries also produced most of the larger (>100 cm) yellowfin. Smaller yellowfin (<60 cm) were caught primarily in the Equatorial and Inshore floating-object fisheries during the second and third quarters.

The estimated size compositions of the yellowfin caught by all fisheries combined during 2011-2016 are shown in [Figure A-6b](#). The average weight of the yellowfin continued the declining trend, to 6.2 kg in 2016. This was the lowest average for the 6-year period, dropping from the previous low of 9.0 kg in 2015 and much less than the high of 13.3 kg in 2012.

For stock assessments of skipjack, seven purse-seine fisheries (four associated with floating objects, two unassociated, one associated with dolphins) and one pole-and-line fishery are defined ([Figure A-5](#)). The last two fisheries include all 13 sampling areas. Of the 946 wells sampled, 631 contained skipjack. The estimated size compositions of the fish caught during 2016 are shown in [Figure A-7a](#). In 2016, most of the skipjack catch was taken in the Northern floating-object fishery in the third and fourth quarters, in the Southern floating-object fishery in all four quarters, and in the Southern unassociated fishery in the first quarter. The smallest skipjack, in the 30- to 50-cm size range, were caught in the Northern and Southern floating-object fisheries.

The estimated size compositions of the skipjack caught by all fisheries combined during 2011-2016 are shown in [Figure A-7b](#). The average weight of skipjack in 2016 (1.8 kg) was the lowest for the 6-year period; it ranged as high as 2.5 kg in 2013.

For stock assessments of bigeye, six purse-seine fisheries (four associated with floating objects, one unassociated, one associated with dolphins) and one pole-and-line fishery are defined ([Figure A-5](#)). The last three fisheries include all 13 sampling areas. Of the 946 wells sampled, 246 contained bigeye. The estimated size compositions of the fish caught during 2016 are shown in [Figure A-8a](#). In 2016 almost all of the bigeye was caught in the Northern floating-object fishery during the second, third and fourth quarters, and in the Southern floating-object fishery in all four quarters. The largest bigeye (>100 cm) was caught primarily in the Northern and Southern floating-object fisheries in the fourth quarter.

The estimated size compositions of bigeye caught by all fisheries combined during 2011-2016 are shown in [Figure A-8b](#). The average weight of bigeye in 2016 (5.0 kg) was the second-lowest of the 6-year period, slightly higher than the period low of 4.7 kg in 2015.

Pacific bluefin are caught by purse-seine and recreational gear off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch being taken during May through October. During 2012 bluefin were caught between 28°N and 32°N from June through August. The majority of the catches of bluefin by both commercial and recreational vessels were taken during July and August. Prior to 2004, the sizes of the fish in the commercial and recreational catches have been reported separately. During 2004-2012, however, small sample sizes made it infeasible to estimate the size compositions separately. Therefore, the sizes of the fish in the commercial and recreational catches of bluefin were combined for each year of the 2004-2012 period. The average weight of the fish caught during 2012 (14.2 kg) was less than that of 2011 (15.4 kg), but very close to the average weights in 2009 and 2010. The estimated size compositions are shown in [Figure A-9](#). Prior to 2013, IATTC staff collected length-frequency samples from recreational vessels with landings in San Diego and from purse seiners. Beginning in 2013, sampling of recreational vessels was taken over by the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). Very few samples were collected from commercial purse-seiners 2013-2016. The size composition estimates for bluefin will be updated after development of a methodology that will incorporate the changes in sampling.

Black skipjack are caught incidentally by fishermen who direct their effort toward yellowfin, skipjack, and bigeye tuna. The demand for this species is low, so most of the catches are discarded at sea, but small amounts, mixed with the more desirable species, are sometimes retained. The estimated size compositions for each year of the 2011-2016 period are shown in [Figure A-10](#).

1.3.2. Longline fishery

The estimated size compositions of the catches of yellowfin and bigeye by the Japanese longline fishery in the EPO during 2011-2015 are shown in [Figures A-11](#) and [A-12](#). The average weight of yellowfin in 2015 (62.0 kg) was greater than the previous 4 years (44.7 to 60.5 kg), as was that of bigeye (80.7 kg; 47.4 kg to 59.7 kg). Information on the size compositions of fish caught by the Japanese longline fishery in the EPO during 1958-2008 is available in IATTC Bulletins describing that fishery.

1.4. Catches of tunas and bonitos, by flag and gear

The annual retained catches of tunas and bonitos in the EPO during 1987-2016 by flag and gear, are shown in [Tables A-3a-e](#). These tables include all of the known catches of tunas and bonitos compiled from various sources, including vessel logbooks, observer data, unloading records provided by canners and other processors, export and import records, estimates derived from the species and size composition sampling program, reports from governments and other entities, and estimates derived from the species- and size-composition sampling program. Similar information on tunas and bonitos prior to 2001, and historical data for tunas, billfishes, sharks, carangids, dorado, and miscellaneous fishes are available on the [IATTC](#)

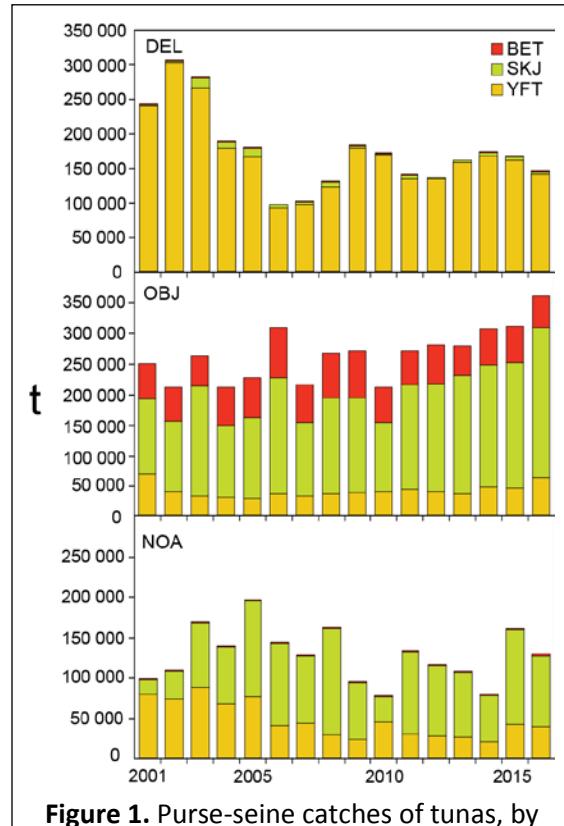


Figure 1. Purse-seine catches of tunas, by species and set type, 2001-2016

[website](#). The purse-seine catches of tunas and bonitos in 2015 and 2016, by flag, are summarized in Table A-4a. Of the 647 thousand t of tunas and bonitos caught in 2016, 45% were caught by Ecuadorian vessels, and 18% by Mexican vessels. Other countries with significant catches of tunas and bonitos in the EPO included Panama (10%), Colombia (7%), United States (7%) and Venezuela (5%). The purse-seine landings of tunas and bonitos in 2015 and 2016, by flag, are summarized in Table A-4b. Of the 652 thousand t of tunas and bonitos landed in 2016, 62% were landed by Ecuadorian vessels, and 21% by Mexican vessels. Other countries with significant landings of tunas and bonitos in the EPO included Peru (4%) and Colombia (1%).

2. FISHING EFFORT

2.1. Purse seine

Estimates of the numbers of purse-seine sets of each type (associated with dolphins, associated with floating objects, and unassociated) in the EPO during the 2001-2016 period, and the retained catches of these sets, are shown in [Table A-7](#) and in [Figure 1](#). The estimates for vessels ≤ 363 t carrying capacity were calculated from logbook data in the IATTC statistical data base, and those for vessels > 363 t carrying capacity were calculated from the observer data bases of the IATTC, Colombia, Ecuador, the European Union, Mexico, Nicaragua, Panama, the United States, and Venezuela. The greatest numbers of sets associated with floating objects and unassociated sets were made from the mid-1970s to the early 1980s. Despite opposition to fishing for tunas associated with dolphins and the refusal of U.S. canners to accept tunas caught during trips during which sets were made on dolphin-associated fish, the numbers of sets associated with dolphins decreased only moderately during the mid-1990s, and in 2003 were the greatest recorded.

There are two types of floating objects, flotsam and fish-aggregating devices (FADs). The occurrence of the former is unplanned from the point of view of the fishermen, whereas the latter are constructed by fishermen specifically for the purpose of attracting fish. The use of FADs increased sharply in 1994, with the percentage of FADs almost doubling from the previous year, to almost 69% of all floating-object sets. Their relative importance has continued to increase since then, reaching 97% of all floating-object sets by vessels with > 363 t carrying capacity in recent years, as shown in [Table A-8](#).

2.2. Longline

The reported nominal fishing effort (in thousands of hooks) by longline vessels in the EPO, and their catches of the predominant tuna species, are shown in [Table A-9](#).

3. THE FLEETS

3.1. Purse-seine and pole-and-line fleets

The IATTC staff maintains detailed records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels that fish with purse-seine or pole-and-line gear for yellowfin, skipjack, bigeye, and/or Pacific bluefin tuna in the EPO. The fleet described here includes purse-seine and pole-and-line vessels that have fished all or part of the year in the EPO for any of these four species.

Historically, the owner's or builder's estimates of carrying capacities of individual vessels, in tons of fish, were used until landing records indicated that revision of these estimates was required.

Since 2000, the IATTC has used well volume, in cubic meters (m^3), instead of weight, in metric tons (t), to measure the carrying capacities of the vessels. Since a well can be loaded with different densities of fish, measuring carrying capacity in weight is subjective, as a load of fish packed into a well at a higher density weighs more than a load of fish packed at a lower density. Using volume as a measure of capacity eliminates this problem.

The IATTC staff began collecting capacity data by volume in 1999, but has not yet obtained this information for all vessels. For vessels for which reliable information on well volume is not available, the estimated capacity in metric tons was converted to cubic meters.

Until about 1960, fishing for tunas in the EPO was dominated by pole-and-line vessels operating in coastal regions and in the vicinity of offshore islands and banks. During the late 1950s and early 1960s most of the larger pole-and-line vessels were converted to purse seiners, which by 1961 dominated the EPO fishery. Since then the number of pole-and-line vessels has decreased from 93, with a total well volume of about 11 thousand m³, to zero. During the same period the number of purse-seine vessels increased from 125 to 249, and their total well volume from about 32 thousand to about 262 thousand m³, an average of about 1,052 m³ per vessel. An earlier peak in numbers and total well volume of purse seiners occurred from the mid-1970s to the early 1980s, when the number of vessels reached 282 and the total well volume about 195 thousand m³, an average of about 700 m³ per vessel ([Table A-10](#); [Figure 2](#)).

The catch rates in the EPO were low during 1978-1981, due to concentration of fishing effort on small fish, and the situation was exacerbated by a major El Niño event, which began in mid-1982 and persisted until late 1983 and made the fish less vulnerable to capture. The total well volume of purse-seine and pole-and-line vessels then declined as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific Ocean, and in 1984 it reached its lowest level since 1971, about 119 thousand m³. In early 1990 the U.S. tuna-canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught during trips during which sets on tunas associated with dolphins were made. This caused many U.S.-flag vessels to leave the EPO, with a consequent reduction in the fleet to about 117 thousand m³ in 1992. With increases in participation of vessels of other nations in the fishery, the total well volume has increased steadily since 1992, and in 2016 was 262 thousand m³.

The 2015 and preliminary 2016 data for numbers and total well volumes of purse-seine and pole-and-line vessels that fished for tunas in the EPO are shown in [Tables A-11a](#) and [A-11b](#). During 2016, the fleet was dominated by vessels operating under the Ecuadorian and Mexican flags, with about 35% and 23%, respectively, of the total well volume; they were followed by United States (12%), Venezuela (8%), Panama (8%), Colombia (6%), Nicaragua (3%), European Union (Spain) (2%), El Salvador (2%), and Guatemala and Peru (1% each). The sum of the percentages may not add up to 100% due to rounding.

The cumulative capacity at sea during 2016 is compared to those of the previous five years in Figure 3.

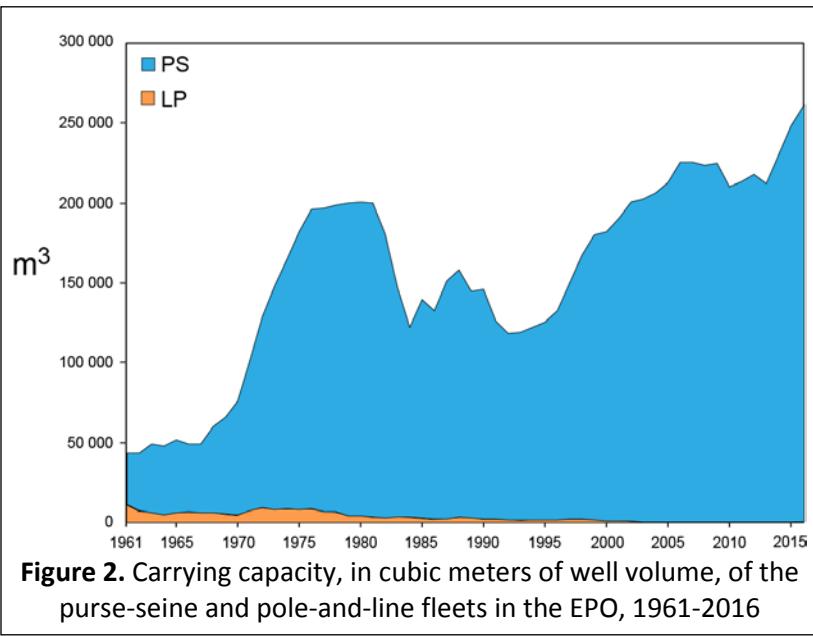


Figure 2. Carrying capacity, in cubic meters of well volume, of the purse-seine and pole-and-line fleets in the EPO, 1961-2016

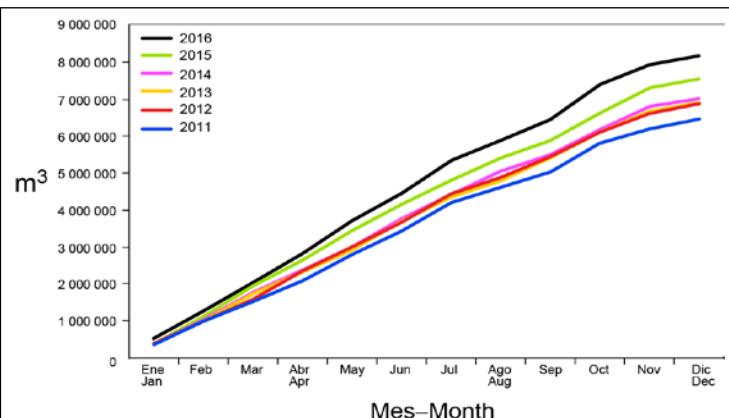


Figure 3. Cumulative capacity of the purse-seine and pole-and-line fleet at sea, by month, 2011-2016

The monthly average, minimum, and maximum total well volumes at sea (VAS), in thousands of cubic meters, of purse-seine and pole-and-line vessels that fished for tunas in the EPO during 2006-2015, and the 2016 values, are shown in [Table A-12](#). The monthly values are averages of the VAS estimated at weekly intervals by the IATTC staff. The fishery was regulated during some or all of the last four months of 2000-2016, so the VAS values for September-December 2016 are not comparable to the average VAS values for those months of 2000-2016. The average VAS values for 2006-2015 and 2016 were 137 thousand m³ (61% of total capacity) and 159 thousand m³ (61% of total capacity), respectively.

3.2. Other fleets of the EPO

Information on other types of vessels that fish for tunas in the EPO is available in the IATTC's Regional Vessel Register, on the [IATTC website](#). The Register is incomplete for small vessels. In some cases, particularly for large longline vessels, the Register contains information for vessels authorized to fish not only in the EPO, but also in other oceans, and which may not have fished in the EPO during 2016, or ever.

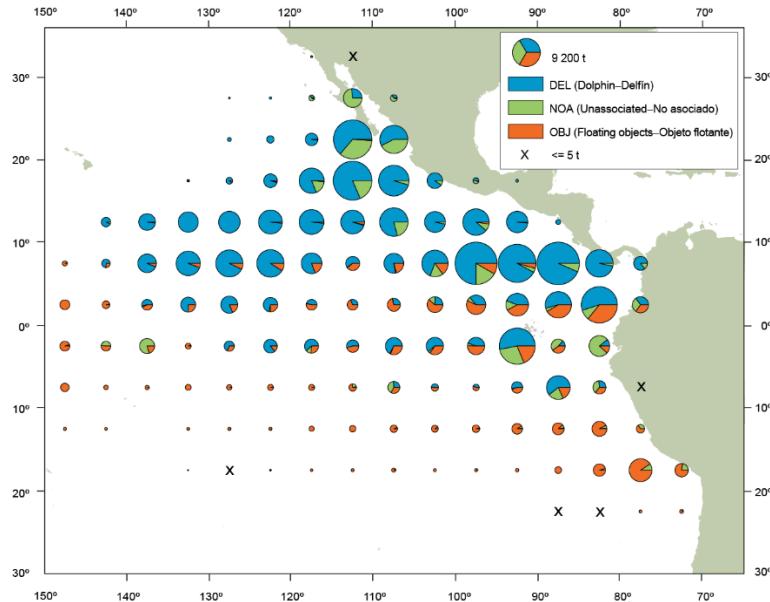


FIGURE A-1a. Average annual distributions of the purse-seine catches of yellowfin, by set type, 2011-2015. The sizes of the circles are proportional to the amounts of yellowfin caught in those 5° by 5° areas.
FIGURA A-1a. Distribución media anual de las capturas cerqueras de aleta amarilla, por tipo de lance, 2011-2015. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de aleta amarilla capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

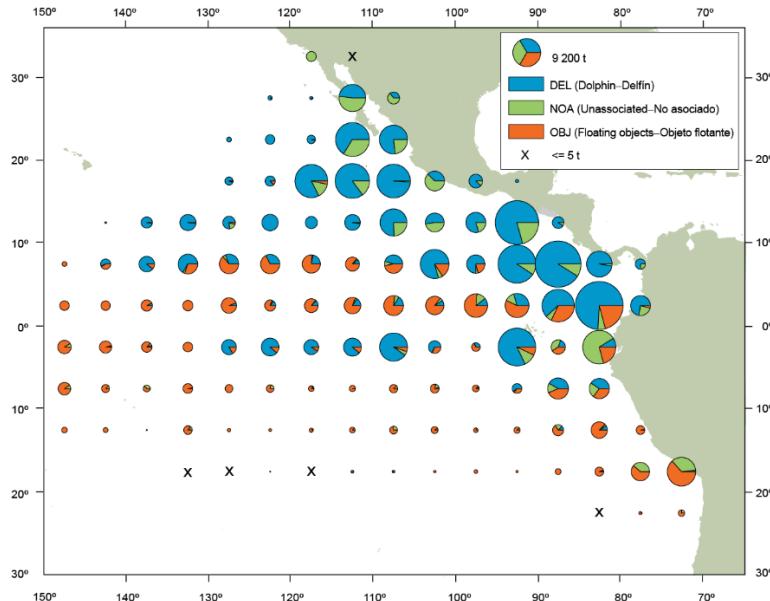


FIGURE A-1b. Annual distributions of the purse-seine catches of yellowfin, by set type, 2016. The sizes of the circles are proportional to the amounts of yellowfin caught in those 5° by 5° areas.
FIGURA A-1b. Distribución anual de las capturas cerqueras de aleta amarilla, por tipo de lance, 2016. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de aleta amarilla capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

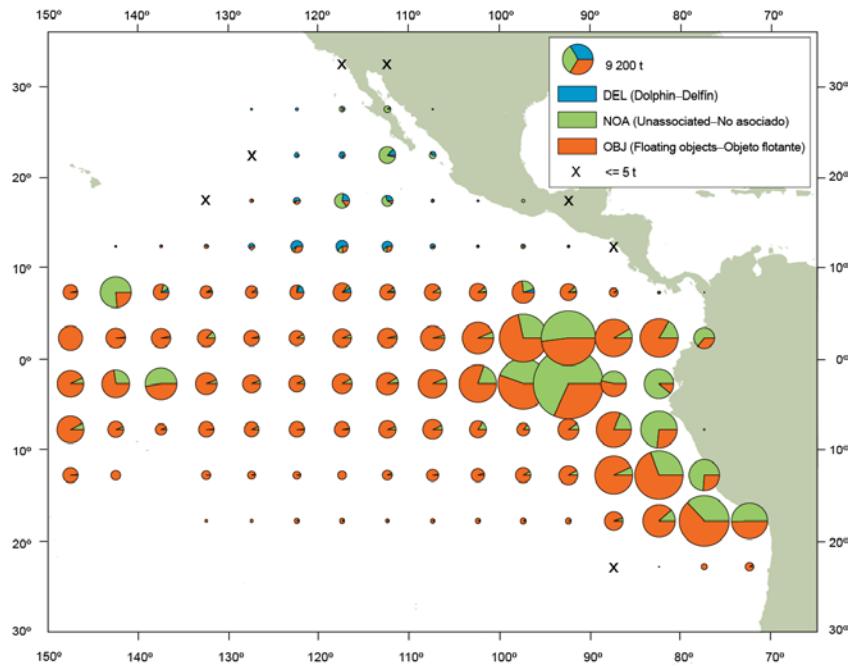


FIGURE A-2a. Average annual distributions of the purse-seine catches of skipjack, by set type, 2011-2015. The sizes of the circles are proportional to the amounts of skipjack caught in those 5° by 5° areas.

FIGURA A-2a. Distribución media anual de las capturas cerqueras de barrilete, por tipo de lance, 2011-2015. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de barrilete capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

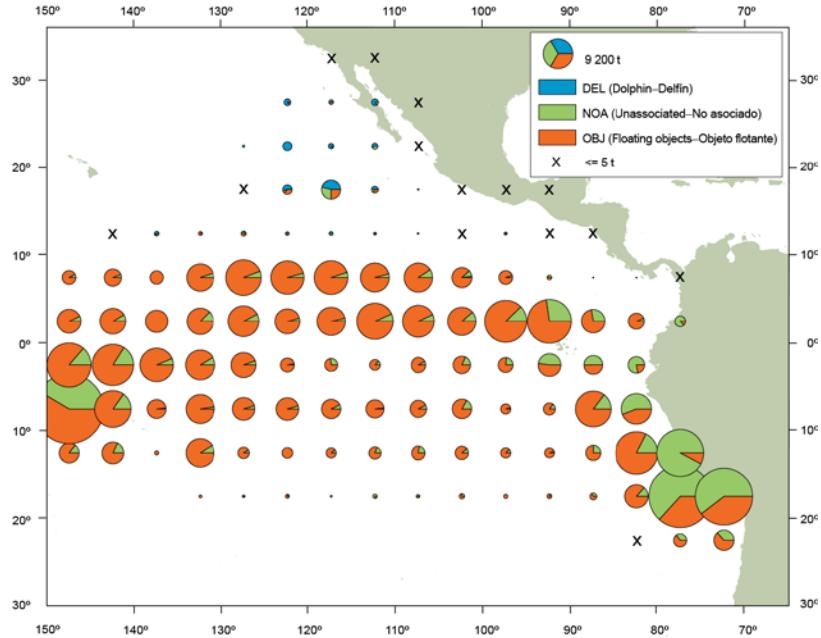


FIGURE A-2b. Annual distributions of the purse-seine catches of skipjack, by set type, 2016. The sizes of the circles are proportional to the amounts of skipjack caught in those 5° by 5° areas.

FIGURA A-2b. Distribución anual de las capturas cerqueras de barrilete, por tipo de lance, 2016. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de barrilete capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

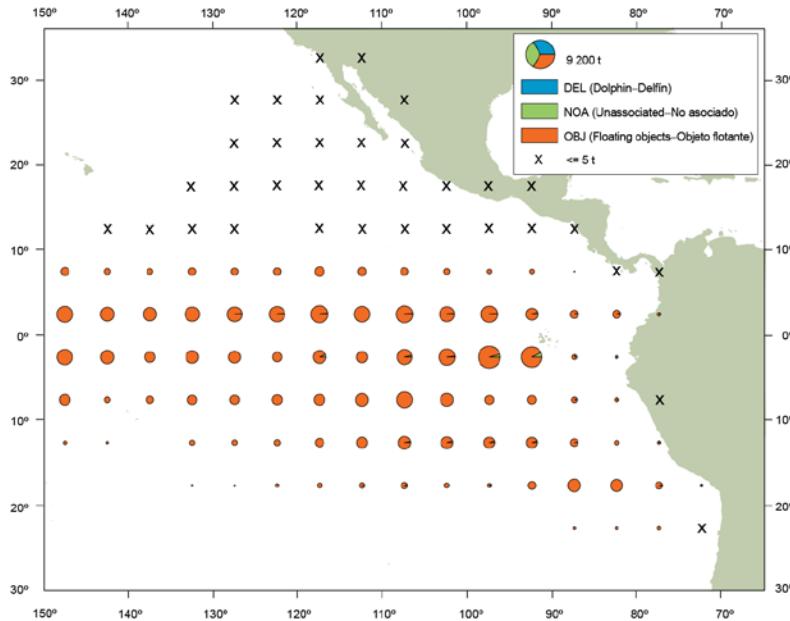


FIGURE A-3a. Average annual distributions of the purse-seine catches of bigeye, by set type, 2011-2015. The sizes of the circles are proportional to the amounts of bigeye caught in those 5° by 5° areas.

FIGURA A-3a. Distribución media anual de las capturas cerqueras de patudo, por tipo de lance, 2011-2015. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de patudo capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

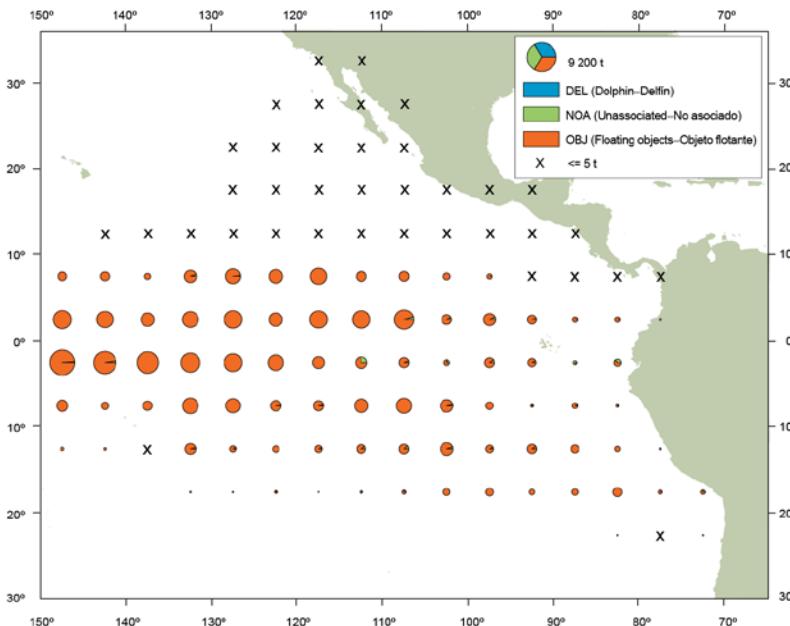


FIGURE A-3b. Annual distributions of the purse-seine catches of bigeye, by set type, 2016. The sizes of the circles are proportional to the amounts of bigeye caught in those 5° by 5° areas.

FIGURA A-3b. Distribución anual de las capturas cerqueras de patudo, por tipo de lance, 2016. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de patudo capturado en la cuadrícula de 5° x 5° correspondiente.

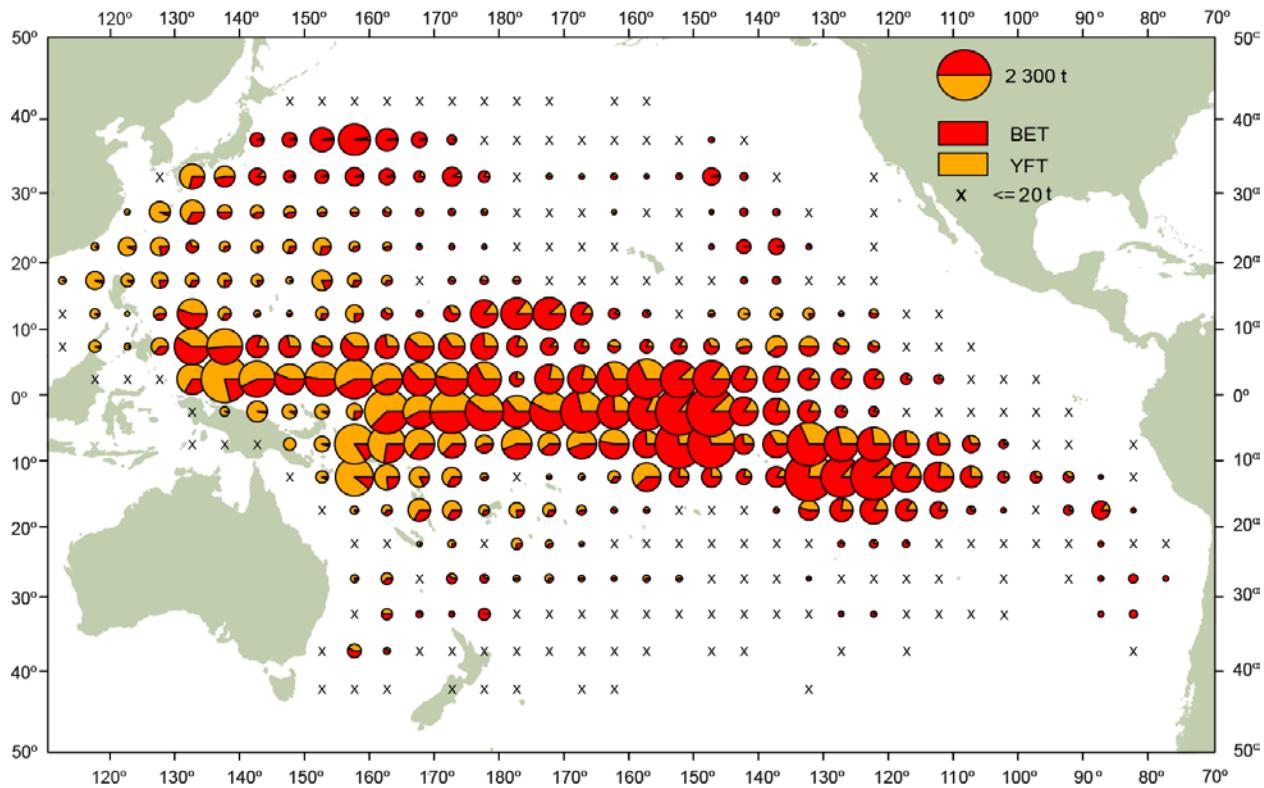
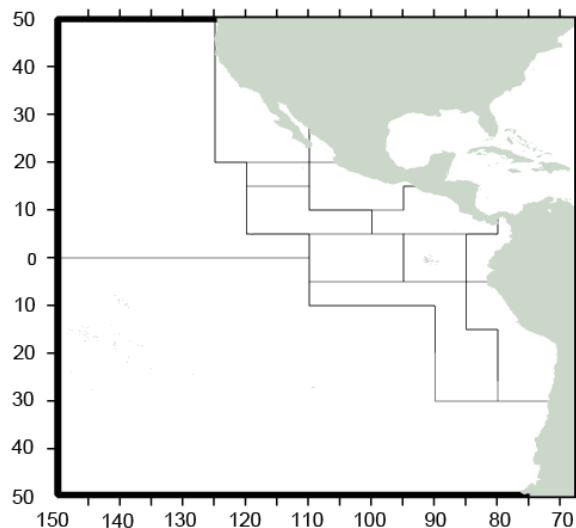
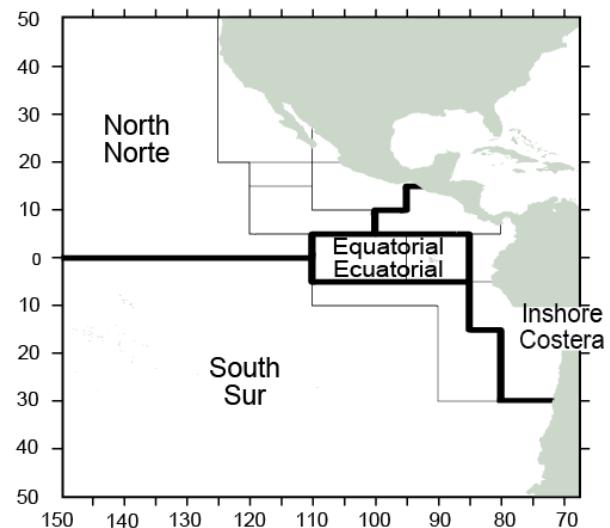


FIGURE A-4. Distributions of the average annual catches of bigeye and yellowfin tunas in the Pacific Ocean, in metric tons, by Chinese, Japanese, Korean, and Chinese Taipei longline vessels, 2011-2015. The sizes of the circles are proportional to the amounts of bigeye and yellowfin caught in those 5° by 5° areas.
FIGURA A-4. Distribución de las capturas anuales medias de atunes patudo y aleta amarilla en el Océano Pacífico, en toneladas métricas, por buques palangreros de China, Corea, Japón, y Taipei Chino, 2011-2015. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de patudo y aleta amarilla capturado en la cuadrícula de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ correspondiente.

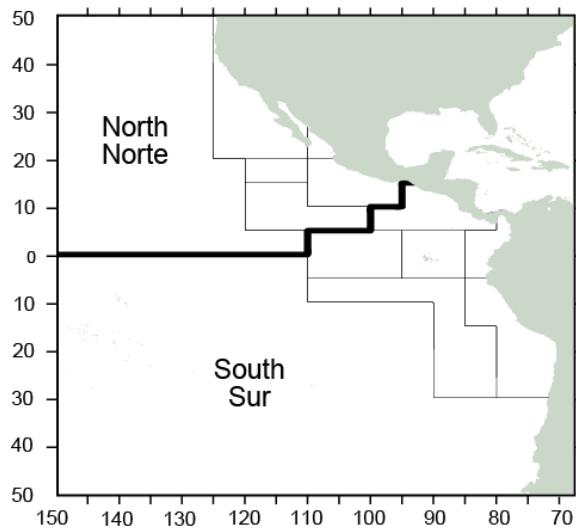
Unassociated - Bigeye, bluefin
 Dolphin - Bigeye, skipjack
 Pole-and-line vessels - All species
 No asociado - Patudo y aleta azul
 Delfín - Patudo y barrilete
 Barcos cañeros - Todas especies



Floating objects - All species
 Objetos flotantes - Todas especies



Unassociated - Skipjack, yellowfin
 No asociado - Barrilete y aleta amarilla



Dolphins - Yellowfin
 Delfín - Aleta amarilla

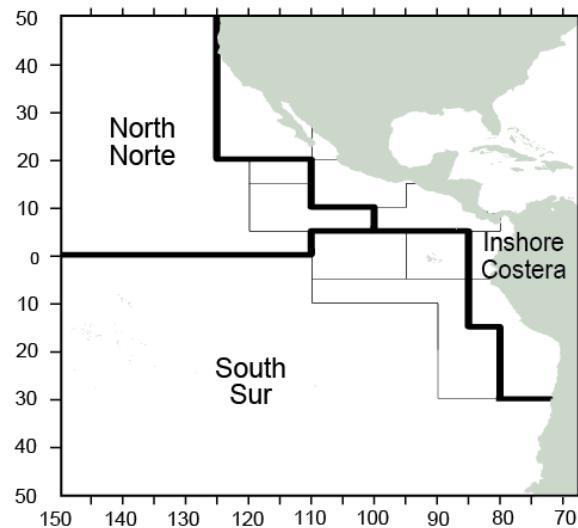


FIGURE A-5. The fisheries defined by the IATTC staff for stock assessment of yellowfin, skipjack, and bigeye in the EPO. The thin lines indicate the boundaries of the 13 length-frequency sampling areas, and the bold lines the boundaries of the fisheries.

FIGURA A-5. Las pesquerías definidas por el personal de la CIAT para la evaluación de las poblaciones de atún aleta amarilla, barrilete, y patudo en el OPO. Las líneas delgadas indican los límites de las 13 zonas de muestreo de frecuencia de tallas, y las líneas gruesas los límites de las pesquerías.

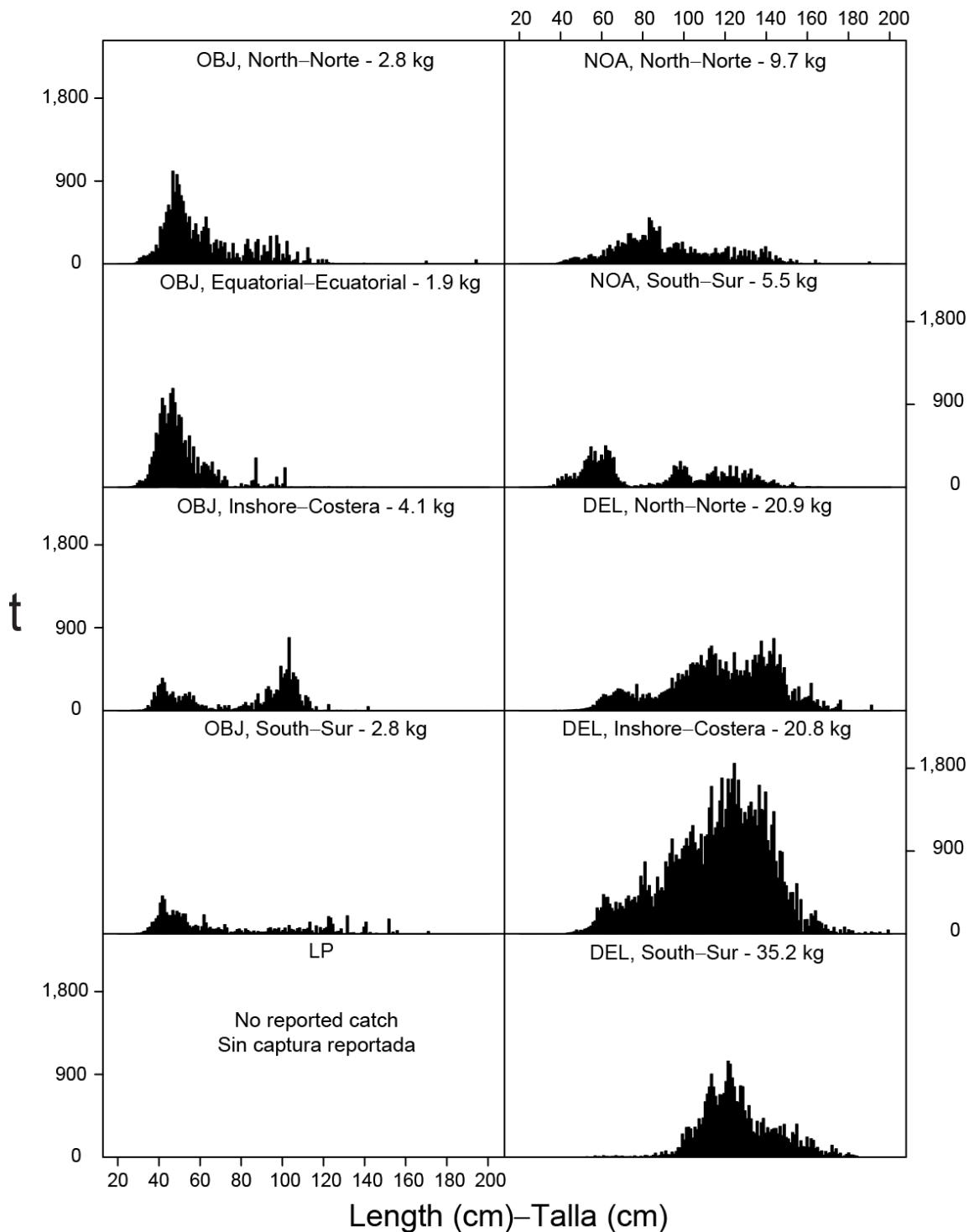


FIGURE A-6a. Estimated size compositions of the yellowfin caught in the EPO during 2016 for each fishery designated in Figure A-5. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.

FIGURA A-6a. Composición por tallas estimada del aleta amarilla capturado en el OPO durante 2016 en cada pesquería ilustrada en la Figura A-5. En cada recuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

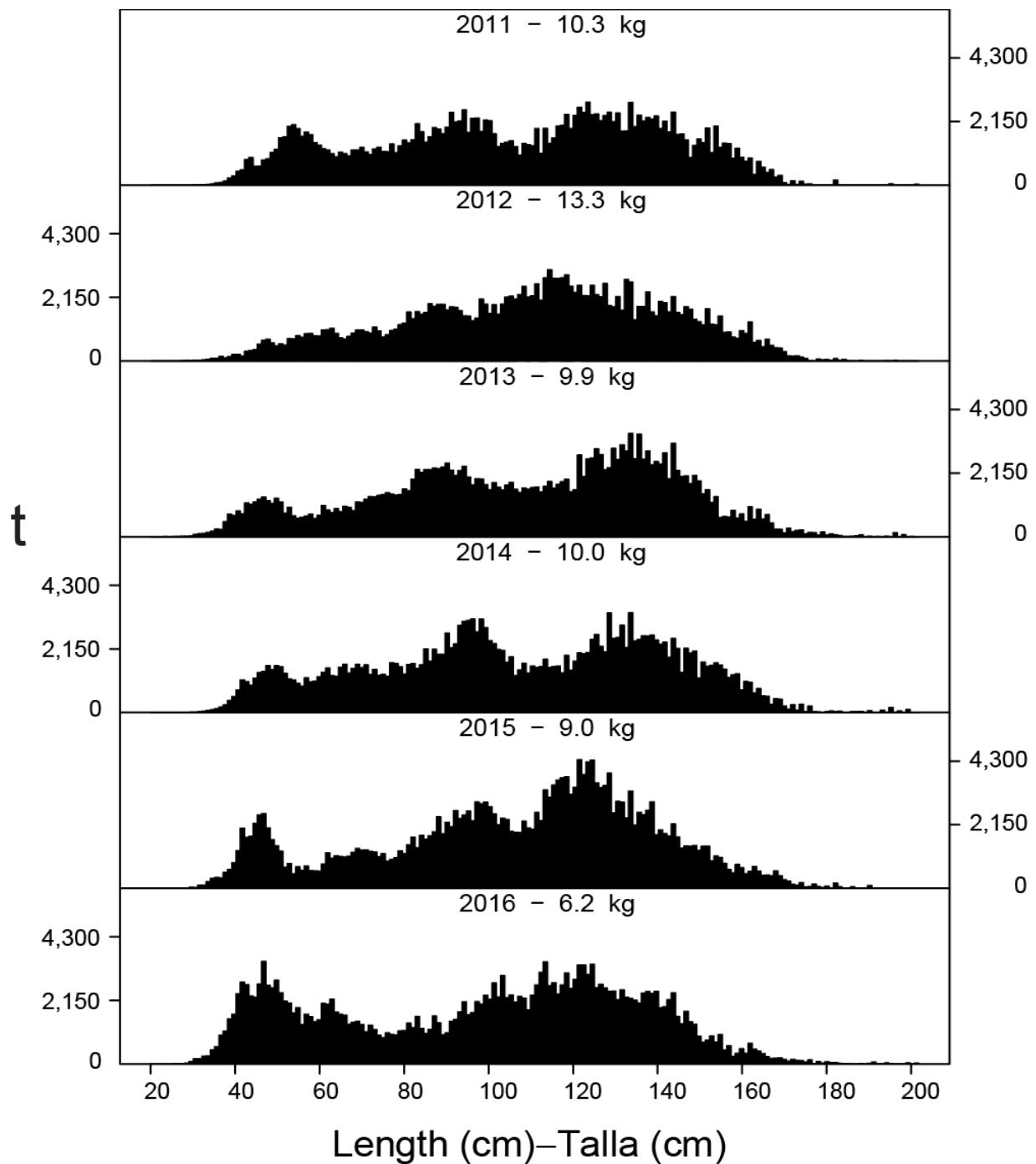


FIGURE A-6b. Estimated size compositions of the yellowfin caught by purse-seine and pole-and-line vessels in the EPO during 2011-2016. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.

FIGURA A-6b. Composición por tallas estimada del aleta amarilla capturado por buques cerqueros y cañeros en el OPO durante 2011-2016. En cada recuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

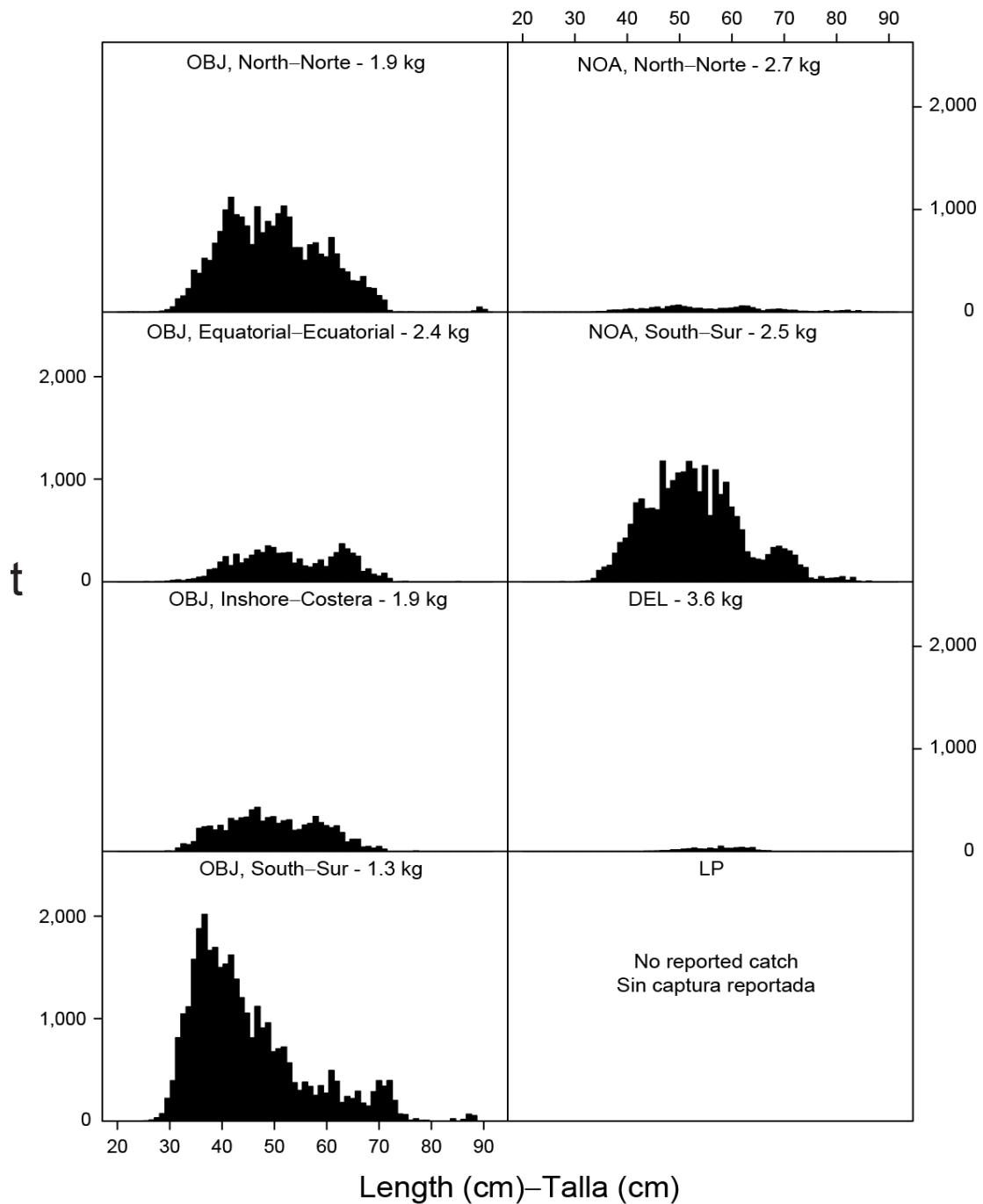


FIGURE A-7a. Estimated size compositions of the skipjack caught in the EPO during 2016 for each fishery designated in Figure A-5. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.
FIGURA A-7a. Composición por tallas estimada del barrilete capturado en el OPO durante 2016 en cada pesquería ilustrada en la Figura A-5. En cada recuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

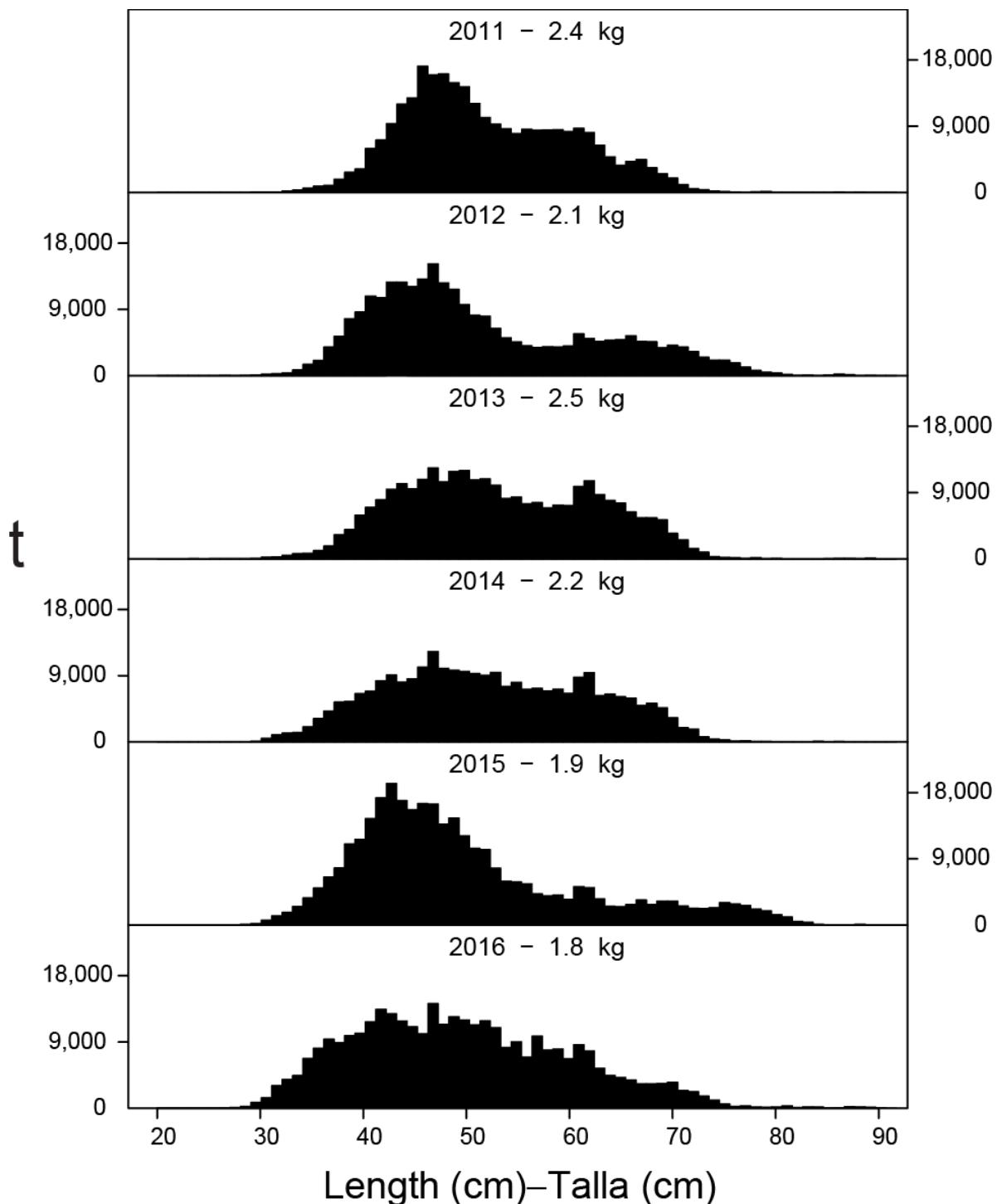


FIGURE A-7b. Estimated size compositions of the skipjack caught by purse-seine and pole-and-line vessels in the EPO during 2011-2016. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.

FIGURA A-7b. Composición por tallas estimada del barrilete capturado por buques cerqueros y cañeros en el OPO durante 2011-2016. En cada recuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

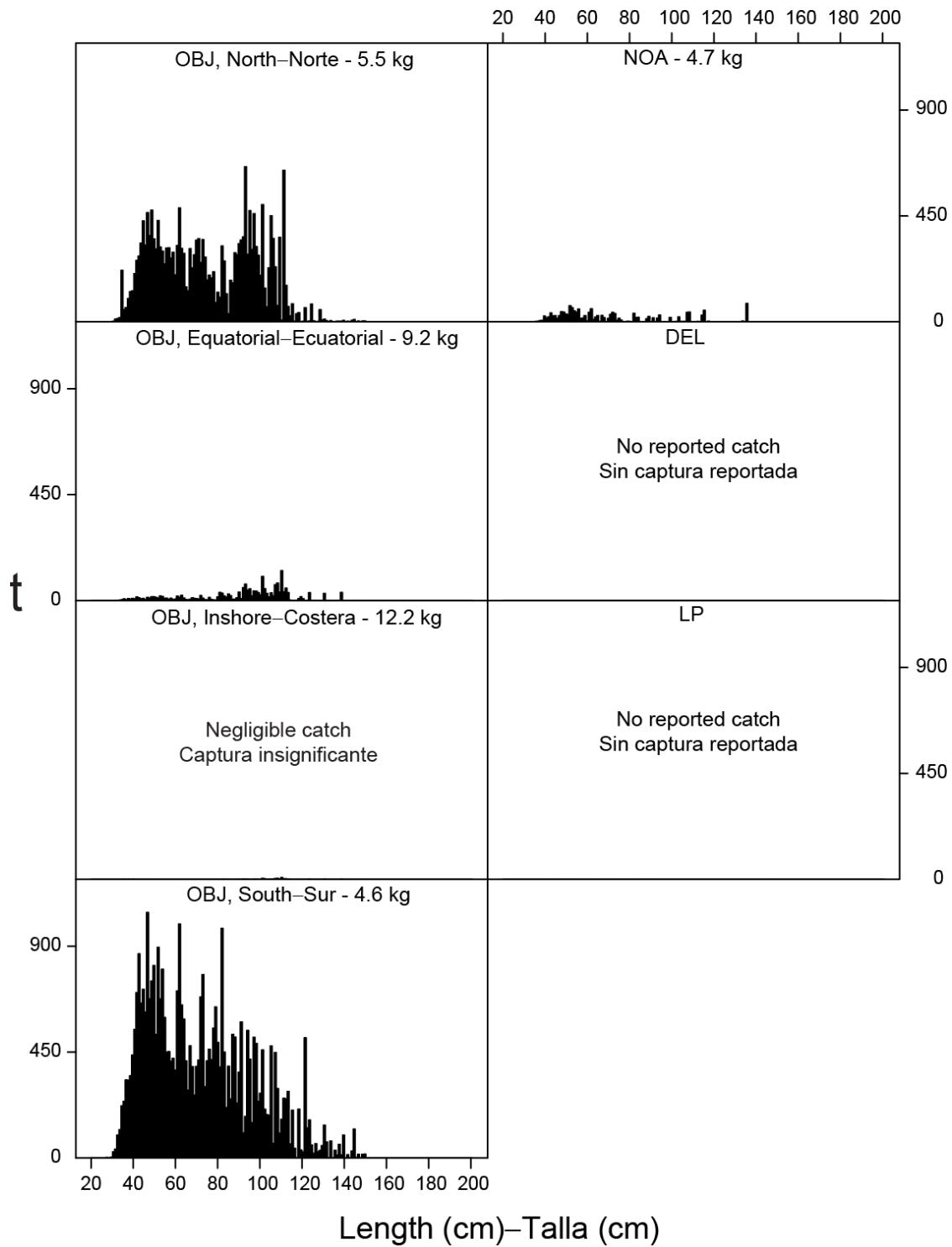


FIGURE A-8a. Estimated size compositions of the bigeye caught in the EPO during 2016 for each fishery designated in Figure A-5. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.
FIGURA A-8a. Composición por tallas estimada del patudo capturado en el OPO durante 2016 en cada pesquería ilustrada en la Figura A-5. En cada cuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

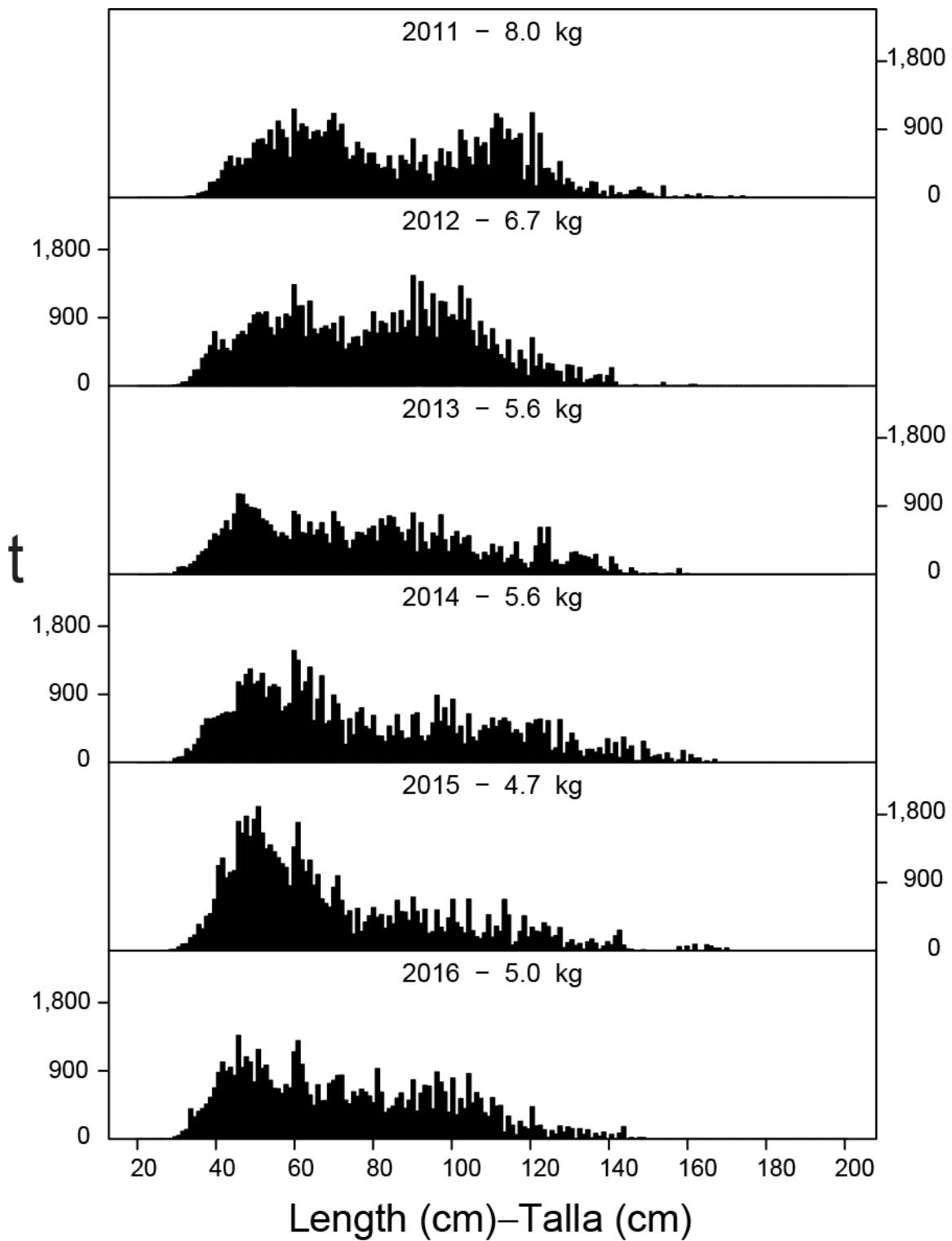


FIGURE A-8b. Estimated size compositions of the bigeye caught by purse-seine vessels in the EPO during 2011-2016. The average weights of the fish in the samples are given at the tops of the panels.

FIGURA A-8b. Composición por tallas estimada del patudo capturado por buques cerqueros en el OPO durante 2011-2016. En cada recuadro se detalla el peso promedio de los peces en las muestras.

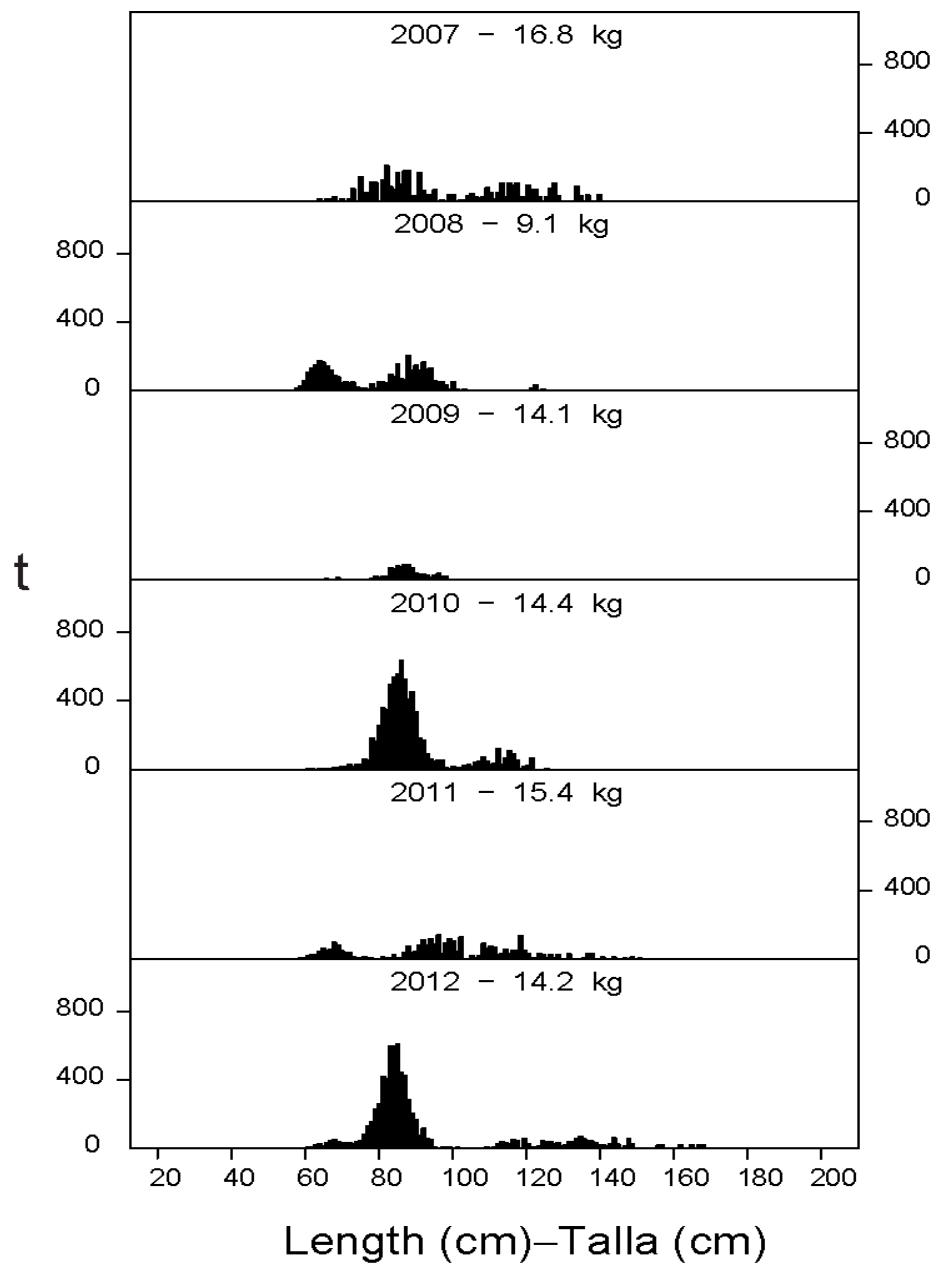


FIGURE A-9. Estimated catches of Pacific bluefin by purse-seine and recreational gear in the EPO during 2007-2012. The values at the tops of the panels are the average weights.

FIGURA A-9. Captura estimada de aleta azul del Pacífico con arte de cerco y deportiva en el OPO durante 2007-2012. El valor en cada recuadro representa el peso promedio.

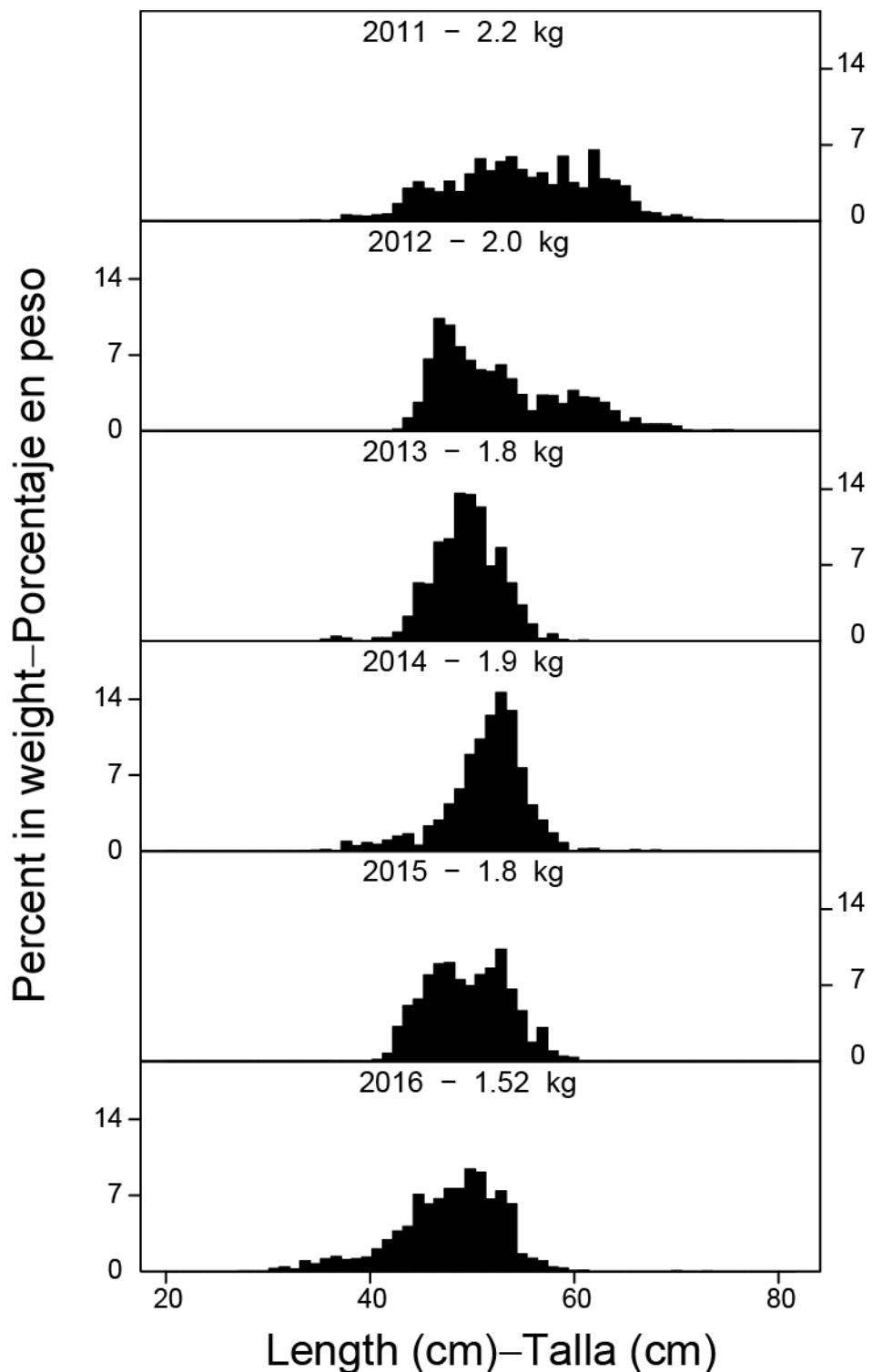


FIGURE A-10. Preliminary size compositions of the catches of black skipjack by purse-seine vessels in the EPO during 2011-2016. The values at the tops of the panels are the average weights.

FIGURA A-10. Composición por tallas preliminar del barrilete negro capturado por buques cerqueros en el OPO durante 2011-2016. El valor en cada recuadro representa el peso promedio.

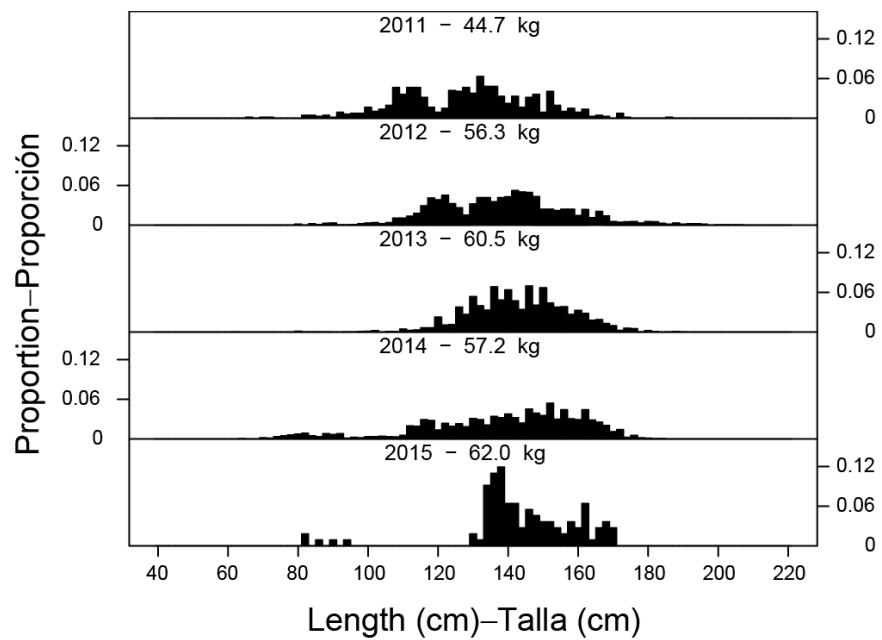


FIGURE A-11. Estimated size compositions of the catches of yellowfin tuna by the Japanese longline fishery in the EPO, 2011-2015.

FIGURA A-11. Composición por tallas estimada de las capturas de atún aleta amarilla por la pesquería palangrera japonesa en el OPO, 2011-2015.

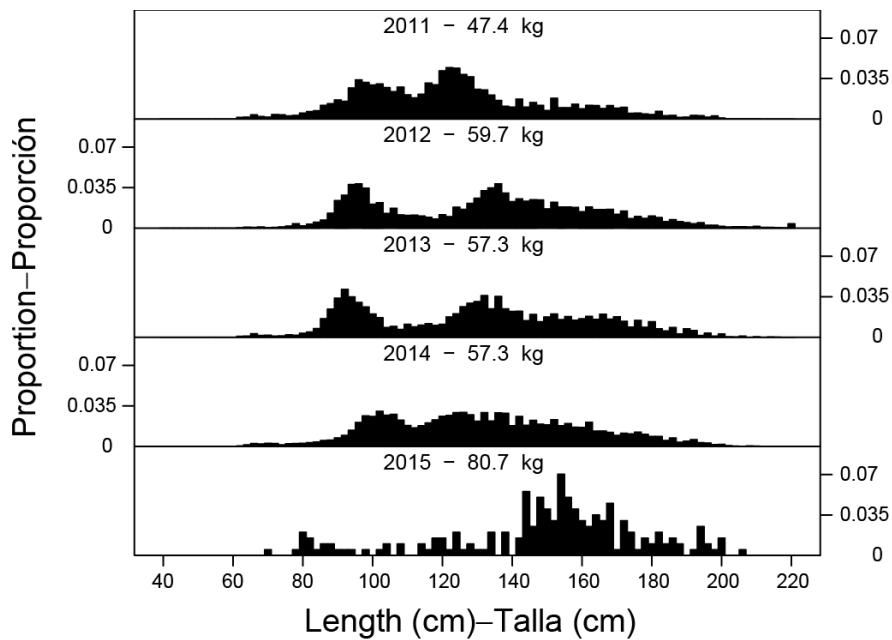


FIGURE A-12. Estimated size compositions of the catches of bigeye tuna by the Japanese longline fishery in the EPO, 2011-2015.

FIGURA A-12. Composición por tallas estimada de las capturas de atún patudo por la pesquería palangrera japonesa en el OPO, 2011-2015.

TABLE A-4a. Preliminary estimates of the retained catches in metric tons, of tunas and bonitos caught by purse-seine vessels in the EPO in 2015 and 2016, by species and vessel flag. The data for yellowfin, skipjack, and bigeye tunas have been adjusted to the species composition estimates, and are preliminary.

TABLA A-4a. Estimaciones preliminares de las capturas retenidas, en toneladas métricas, de atunes y bonitos por buques cerqueros en el OPO en 2015 y 2016, por especie y bandera del buque. Los datos de los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo fueron ajustados a las estimaciones de composición por especie, y son preliminares.

	YFT	SKJ	BET	PBF	ALB	BKJ	BZX	TUN	Total	%
2015	Retained catches—Capturas retenidas									
COL	17,279	16,424	2,468	-	-	20	-	-	36,191	5.6
ECU	50,127	208,768	44,076	-	-	1,013	37	47	304,068	47.1
MEX	106,188	23,497	156	3,082	-	2,714	626	23	136,286	21.1
NIC	6,878	1,260	773	-	-	1	-	4	8,916	1.4
PAN	26,574	31,419	10,105	-	-	-	-	3	68,101	10.6
PER	784	5,225	-	-	-	-	9	5	6,023	0.9
USA	3,109	16,835	2,382	86	-	-	117	-	22,529	3.5
VEN	30,432	4,788	100	-	-	15	-	3	35,338	5.5
OTR ¹	4,278	20,665	2,851	-	-	-	-	-	27,794	4.3
Total	245,649	328,881	62,911	3,168	-	3,763	789	85	645,246	
2016	Retained catches—Capturas retenidas									
COL	19,310	20,913	2,551	-	-	56	-	-	42,830	6.6
ECU	57,535	190,834	34,158	-	-	2,428	2,602	111	287,668	44.5
MEX	93,822	13,405	236	2,896	-	3,816	641	-	114,816	17.7
NIC	11,149	2,075	615	-	-	-	-	-	13,839	2.1
PAN	23,150	33,383	7,918	-	-	60	30	2	64,543	10.0
PER	1,259	4,877	20	-	-	-	241	3	6,400	1.0
USA	4,312	39,505	2,788	347	2	116	261	7	47,338	7.3
VEN	23,875	9,174	293	-	-	24	-	-	33,366	5.2
OTR ²	5,354	23,126	7,468	-	-	1	-	-	35,949	5.6
Total	239,766	337,292	56,047	3,243	2	6,501	3,775	123	646,749	

¹ Includes El Salvador, European Union (Spain) and Guatemala - This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

¹ Incluye El Salvador, Guatemala y Unión Europea (España) - Se usa esta categoría para no revelar información sobre las actividades de buques o empresas individuales.

² Includes El Salvador, European Union (Spain) and Guatemala - This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

² Incluye El Salvador, Guatemala y Unión Europea (España) - Se usa esta categoría para no revelar información sobre las actividades de buques o empresas individuales.

TABLE A-4b. Preliminary estimates of the retained landings in metric tons, of tunas and bonitos caught by purse-seine vessels in the EPO in 2015 and 2016, by species and country of landing. The data for yellowfin, skipjack, and bigeye tunas have not been adjusted to the species composition estimates, and are preliminary.

TABLA A-4b. Estimaciones preliminares de las descargas, en toneladas métricas, de atunes y bonitos por buques cerqueros en el OPO en 2015 y 2016, por especie y país de descarga. Los datos de los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo no fueron ajustados a las estimaciones de composición por especie, y son preliminares.

	YFT	SKJ	BET	PBF	ALB	BKJ	BZX	TUN	Total	%
2015										
COL	8,578	5,101	921	-	-	118	-	-	14,718	2.2
ECU	97,710	279,105	53,338	-	-	961	35	52	431,201	66.0
MEX	115,508	27,038	319	3,082	-	2,729	626	23	149,325	22.8
USA	990	5,328	210	86	-	-	117	-	6,731	1.0
VEN	3,903	1,109	8	-	-	-	-	-	5,020	0.8
OTR ¹	25,054	17,867	3,808	-	-	15	11	10	46,765	7.2
Total	251,743	335,548	58,604	3,168	-	3,823	789	85	653,760	
2016										
COL	6,942	1,513	346	-	-	-	-	-	8,801	1.4
ECU	96,209	255,205	44,956	-	-	2,464	2,854	109	401,797	61.6
MEX	99,427	30,056	1,168	2,896	-	3,872	641	-	138,060	21.2
PER	4,036	16,580	2,524	-	-	152	241	13	23,546	3.6
VEN	4,684	1,390	90	-	-	-	-	-	6,164	0.9
OTR ²	31,644	36,846	4,687	347	2	6	38	-	73,570	11.3
Total	242,942	341,590	53,771	3,243	2	6,494	3,774	122	651,938	

¹ Includes Costa Rica, El Salvador, Guatemala and Peru - This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

¹ Incluye Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Perú - Se usa esta categoría para no revelar información sobre las actividades de buques o empresas individuales.

² Includes Costa Rica, El Salvador, Guatemala and United States - This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

² Incluye Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Estados Unidos - Se usa esta categoría para no revelar información sobre las actividades de buques o empresas individuales.

TABLE A-5b. Reported catches of Pacific bluefin tuna in the EPO by recreational gear, in number of fish, 1987-2016.

TABLA A-5b. Capturas reportadas de atún aleta azul del Pacífico en el OPO por artes deportivas, en número de peces, 1987-2016.

PBF			
1987	1,951	2002	33,399
1988	330	2003	22,291
1989	6,519	2004	3,391
1990	3,755	2005	5,757
1991	5,330	2006	7,473
1992	8,586	2007	1,028
1993	10,535	2008	10,187
1994	2,243	2009	12,138
1995	16,025	2010	8,453
1996	2,739	2011	31,494
1997	8,338	2012	40,012
1998	20,466	2013	63,158
1999	36,797	2014	26,105
2000	20,669	2015	26,077
2001	21,913	2016	9,173

TABLE A-6. Annual retained catches of albacore in the EPO, by gear and area (north and south of the equator), in metric tons. The data for 2014 and 2015 are preliminary.

TABLA A-6. Capturas retenidas anuales de atún albacora en el OPO, por arte y zona (al norte y al sur de la línea ecuatorial), en toneladas. Los datos de 2014 y 2015 son preliminares.

ALB	North—Norte				South—Sur				Total
	LL	LTL ¹	OTR	Subtotal	LL	LTL	OTR	Subtotal	
1987	1,114	2,620	172	3,906	8,880	188	3	9,071	12,977
1988	899	4,473	81	5,453	9,035	1,282	1	10,318	15,771
1989	952	1,873	161	2,986	5,832	593	90	6,515	9,501
1990	1,143	2,610	63	3,816	5,393	1,336	305	7,034	10,850
1991	1,514	2,617	6	4,137	6,379	795	170	7,344	11,481
1992	1,635	4,770	2	6,407	15,445	1,205	18	16,668	23,075
1993	1,772	4,332	25	6,129	9,422	35	19	9,476	15,605
1994	2,356	9,666	106	12,128	8,034	446	21	8,501	20,629
1995	1,380	7,773	102	9,255	4,805	2	15	4,822	14,077
1996	1,675	8,267	99	10,041	5,956	94	21	6,071	16,112
1997	1,365	6,115	1,019	8,499	8,313	466	0	8,779	17,278
1998	1,730	12,019	1,250	14,999	10,905	12	0	10,917	25,916
1999	2,701	11,028	3,668	17,397	8,932	81	7	9,020	26,417
2000	1,880	10,960	1,869	14,709	7,783	778	3	8,564	23,273
2001	1,822	11,727	1,638	15,187	17,588	516	6	18,110	33,297
2002	1,227	12,286	2,388	15,901	14,062	131	40	14,233	30,134
2003	1,129	17,808	2,260	21,197	23,772	419	3	24,194	45,391
2004	854	20,288	1,623	22,765	17,590	331	0	17,921	40,686
2005	405	13,807	1,741	15,953	8,945	181	7	9,133	25,086
2006	3,671	18,515	408	22,594	10,161	48	118	10,327	32,921
2007	2,708	17,948	1,415	22,071	8,399	19	87	8,505	30,576
2008	1,160	17,137	308	18,605	8,058	0	159	8,217	26,822
2009	91	17,933	996	19,020	11,981	0	213	12,194	31,214
2010	1,134	18,246	892	20,272	13,122	3	247	13,372	33,644
2011	1,833	15,437	426	17,696	14,357	0	222	14,579	32,275
2012	4,580	16,633	1,224	22,437	19,616	35	210	19,861	42,298
2013	6,771	17,398	844	25,013	18,597	0	271	18,868	43,881
2014	3,342	18,077	1,045	22,464	25,547	72	243	25,862	48,326
2015	2,384	15,905	925	19,214	25,277	0	221	25,498	44,712
2016	*	*	*	*	*	*	2	2	2

¹ Includes pole-and-line—Incluye caña

TABLE A-7. Estimated numbers of sets, by set type and vessel capacity category, and estimated retained catches, in metric tons, of yellowfin, skipjack, and bigeye tuna by purse-seine vessels in the EPO. The data for 2016 are preliminary. The data for yellowfin, skipjack, and bigeye tunas have been adjusted to the species composition estimate and are preliminary.

TABLA A-7. Números estimados de lances, por tipo de lance y categoría de capacidad de buque, y capturas retenidas estimadas, en toneladas métricas, de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo por buques cerqueros en el OPO. Los datos de 2016 son preliminares. Los datos de los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo fueron ajustados a la estimación de composición por especie, y son preliminares.

DEL	Number of sets—Número de lances		Retained catch—Captura retenida		
	Vessel capacity—Capacidad del buque		Total	YFT	SKJ
	≤363 t	>363 t		BET	
Sets on fish associated with dolphins Lances sobre peces asociados a delfines					
2001	0	9,876	9,876	238,629	1,802
2002	0	12,290	12,290	301,099	3,180
2003	0	13,760	13,760	265,512	13,332
2004	0	11,783	11,783	177,460	10,730
2005	0	12,173	12,173	166,211	12,127
2006	0	8,923	8,923	91,978	4,787
2007	0	8,871	8,871	97,032	3,277
2008	0	9,246	9,246	122,105	8,382
2009	0	10,910	10,910	178,304	2,694
2010	0	11,645	11,645	168,984	1,627
2011	0	9,604	9,604	134,839	4,372
2012	0	9,220	9,220	133,716	2,120
2013	0	10,736	10,736	157,432	4,272
2014	0	11,382	11,382	167,780	4,413
2015	0	11,020	11,020	160,598	5,619
2016	0	11,219	11,219	140,623	3,236
Sets on fish associated with floating objects Lances sobre peces asociados a objetos flotantes					
OBJ					
2001	827	5,674	6,501	67,200	122,363
2002	867	5,771	6,638	38,057	116,793
2003	706	5,457	6,163	30,307	181,214
2004	615	4,986	5,601	28,340	117,212
2005	639	4,992	5,631	26,126	133,509
2006	1,158	6,862	8,020	34,313	191,093
2007	1,384	5,857	7,241	29,619	122,286
2008	1,819	6,655	8,474	34,819	157,274
2009	1,821	7,077	8,898	36,137	156,963
2010	1,788	6,399	8,187	38,113	113,716
2011	2,538	6,921	9,459	42,189	170,986
2012	3,067	7,610	10,677	37,527	177,239
2013	3,081	8,038	11,119	35,089	194,372
2014	3,858	8,777	12,635	46,049	199,696
2015	3,450	9,385	12,835	43,561	206,248
2016	3,908	10,377	14,285	61,031	246,493

TABLE A-7. (continued)
TABLA A-7 (continuación)

NOA	Number of sets—Número de lances		Retained catch—Captura retenida		
	Vessel capacity—Capacidad del buque		Total	YFT	SKJ
	≤363 t	>363 t			
Sets on unassociated schools Lances sobre cardúmenes no asociados					
2001	4,022	3,024	7,046	78,107	19,000
2002	4,938	3,442	8,380	73,130	33,573
2003	7,274	5,131	12,405	87,460	79,422
2004	4,969	5,696	10,665	66,757	69,882
2005	6,109	7,816	13,925	75,764	117,593
2006	6,189	8,443	14,632	40,340	100,388
2007	4,845	7,211	12,056	43,365	82,732
2008	4,771	6,210	10,981	28,133	130,947
2009	3,308	4,109	7,417	22,316	70,866
2010	2,252	3,886	6,138	43,912	31,849
2011	2,840	5,182	8,022	29,823	100,677
2012	2,996	5,369	8,365	26,774	86,856
2013	3,064	4,156	7,220	25,666	79,916
2014	2,427	3,369	5,796	20,237	57,360
2015	3,112	6,201	9,313	41,490	117,014
2016	2,193	5,101	7,294	38,112	87,563
Sets on all types of schools Lances sobre todos tipos de cardumen					
ALL					
2001	4,849	18,574	23,423	383,936	143,165
2002	5,805	21,503	27,308	412,286	153,546
2003	7,980	24,348	32,328	383,279	273,968
2004	5,584	22,465	28,049	272,557	197,824
2005	6,748	24,981	31,729	268,101	263,229
2006	7,347	24,228	31,575	166,631	296,268
2007	6,229	21,939	28,168	170,016	208,295
2008	6,590	22,111	28,701	185,057	296,603
2009	5,129	22,096	27,225	236,757	230,523
2010	4,040	21,930	25,970	251,009	147,192
2011	5,378	21,707	27,085	206,851	276,035
2012	6,063	22,199	28,262	198,017	266,215
2013	6,145	22,930	29,075	218,187	278,560
2014	6,285	23,528	29,813	234,066	261,469
2015	6,562	26,606	33,084	245,649	328,881
2016	6,101	26,697	32,798	239,766	337,292

TABLE A-8. Types of floating objects involved in sets by vessels of >363 t carrying capacity. The 2016 data are preliminary.

TABLA A-8. Tipos de objetos flotantes sobre los que realizaron lances buques de >363 t de capacidad de acarreo. Los datos de 2016 son preliminares.

OBJ	Flotsam Naturales		FADs Plantados		Unknown Desconocido		Total
	No.	%	No.	%	No.	%	
2001	592	10.4	5,058	89.1	24	0.4	5,674
2002	778	13.5	4,966	86.1	27	0.5	5,771
2003	715	13.1	4,722	86.5	20	0.4	5,457
2004	586	11.8	4,370	87.6	30	0.6	4,986
2005	603	12.1	4,281	85.8	108	2.2	4,992
2006	697	10.2	6,123	89.2	42	0.6	6,862
2007	597	10.2	5,188	88.6	72	1.2	5,857
2008	560	8.4	6,070	91.2	25	0.4	6,655
2009	322	4.5	6,728	95.1	27	0.4	7,077
2010	337	5.3	6,038	94.3	24	0.4	6,399
2011	563	8.1	6,342	91.6	16	0.2	6,921
2012	286	3.8	7,321	96.2	3	< 0.1	7,610
2013	274	3.4	7,759	96.5	5	0.1	8,038
2014	283	3.2	8,490	96.7	4	< 0.1	8,777
2015	273	2.9	9,093	96.9	19	0.2	9,385
2016	278	2.7	10,070	97.0	29	0.3	10,377

TABLE A-10. Numbers and well volumes, in cubic meters, of purse-seine and pole-and line vessels of the EPO tuna fleet. The data for 2016 are preliminary.

TABLA A-10. Número y volumen de bodega, en metros cúbicos, de buques cerqueros y cañeros de la flota atunera del OPO. Los datos de 2016 son preliminares.

	PS		LP		Total	
	No.	Vol. (m ³)	No.	Vol. (m ³)	No.	Vol. (m ³)
1987	173	148,713	29	2,383	202	151,096
1988	185	154,845	39	3,352	224	158,197
1989	176	141,956	32	3,181	208	145,137
1990	172	143,877	23	1,975	195	145,852
1991	152	124,062	22	1,997	174	126,059
1992	158	116,619	20	1,807	178	118,426
1993	151	117,593	15	1,550	166	119,143
1994	166	120,726	20	1,726	186	122,452
1995	175	123,798	20	1,784	195	125,582
1996	180	130,774	17	1,646	197	132,420
1997	194	147,926	23	2,127	217	150,053
1998	202	164,956	22	2,216	224	167,172
1999	208	178,724	14	1,642	222	180,366
2000	205	180,679	12	1,220	217	181,899
2001	204	189,088	10	1,259	214	190,347
2002	218	199,870	6	921	224	200,791
2003	214	202,381	3	338	217	202,719
2004	218	206,473	3	338	221	206,811
2005	220	212,419	4	498	224	212,917
2006	225	225,166	4	498	229	225,664
2007	227	225,359	4	380	231	225,739
2008	219	223,804	4	380	223	224,184
2009	221	224,632	4	380	225	225,012
2010	202	210,025	3	255	205	210,280
2011	208	213,237	3	339	211	213,576
2012	209	217,687	4	464	213	218,151
2013	203	212,087	3	268	206	212,355
2014	226	230,379	2	226	228	230,605
2015	244	248,428	1	125	245	248,553
2016	249	261,555	0	0	249	261,555

TABLE A-11a. Estimates of the numbers and well volume (cubic meters) of purse-seine (PS) and pole-and-line (LP) vessels that fished in the EPO in 2015, by flag and gear. Each vessel is included in the total for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the “Grand total”; therefore the grand total may not equal the sums of the individual flags.

TABLA A-11a. Estimaciones del número y volumen de bodega (metros cúbicos) de buques cerqueros (PS) y cañeros (LP) que pescaron en el OPO en 2015, por bandera y arte de pesca. Se incluye cada buque en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el “Total general”; por consiguiente, los totales generales no equivalen necesariamente a las sumas de las banderas individuales.

Flag Bandera	Gear Arte	Well volume—Volumen de bodega (m ³)					Total	
		<401	401-800	801-1300	1301-1800	>1800	No.	Vol. (m ³)
		Number—Número						
COL	PS	2	2	7	3	-	14	14,860
ECU	PS	35	33	23	8	13	112	91,651
EU(ESP)	PS	-	-	-	-	4	4	10,116
GTM	PS	-	-	-	1	-	1	1,475
MEX	PS	3	4	18	22	-	47	57,502
	LP	1	-	-	-	-	1	125
NIC	PS	-	-	3	3	-	6	8,478
PAN	PS	-	2	4	4	4	14	19,794
PER	PS	3	4	-	-	-	7	3,268
SLV	PS	-	-	-	-	2	2	4,473
USA	PS	11	-	1	7	4	23	17,219
VEN	PS	-	-	6	7	1	14	19,592
Grand total—	PS	54	45	62	55	28	244	
Total general	LP	1	-	-	-	-	1	
	PS + LP	55	45	62	55	28	245	
Well volume—Volumen de bodega (m ³)								
Grand total—	PS	13,543	27,125	69,150	82,095	56,515		248,428
Total general	LP	125	-	-	-	-		125
	PS + LP	13,668	27,125	69,150	82,095	56,515		248,553

- : none—ninguno

TABLE A-11b. Estimates of the numbers and well volumes (cubic meters) of purse-seine (PS) vessels that fished in the EPO in 2016, by flag and gear. Each vessel is included in the total for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the “Grand total”; therefore, the grand total may not equal the sums of the individual flags.

TABLA A-11b. Estimaciones del número y volumen de bodega (metros cúbicos) de buques cerqueros (PS) que pescaron en el OPO en 2016, por bandera y arte de pesca. Se incluye cada buque en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el “Total general”; por consiguiente, los totales generales no equivalen necesariamente a las sumas de las banderas individuales.

Flag Bandera	Gear Arte	Well volume—Volumen de bodega (m ³)					Total	
		<401	401-800	801-1300	1301-1800	>1800	No.	Vol. (m ³)
		Number—Número						
COL	PS	2	2	7	3	-	14	14,860
ECU	PS	36	33	23	10	12	114	92,976
EU(ESP)	PS	-	-	-	-	2	2	4,120
GTM	PS	-	-	-	1	-	1	1,475
MEX	PS	3	4	19	23	-	49	60,146
NIC	PS	-	-	3	3	-	6	8,478
PAN	PS	-	2	5	4	4	15	21,174
PER	PS	2	4	-	-	-	6	3,019
SLV	PS	-	-	-	-	2	2	4,473
USA	PS	8	-	1	8	9	26	30,556
VEN	PS	-	-	7	6	2	15	21,448
Grand total— Total general	PS	51	45	64	58	31	249	
Well volume—Volumen de bodega (m ³)								
Grand total— Total general	PS	13,501	27,248	71,444	87,294	62,068		261,555

- : none—ninguno

TABLE A-12. Minimum, maximum, and average capacity, in thousands of cubic meters, of purse-seine and pole-and-line vessels at sea in the EPO during 2006-2015 and in 2016, by month.

TABLA A-12. Capacidad mínima, máxima, y media, en miles de metros cúbicos, de los buques cerqueros y cañeros en el mar en el OPO durante 2006-2015 y en 2016 por mes.

Month Mes	2006-2015			2016
	Min	Max	Ave.-Prom.	
1	86.9	157.7	110.1	129.6
2	150.7	181.1	161.3	185.7
3	135.4	168.6	150.0	189.7
4	143.4	173.6	156.8	200.8
5	139.8	164.4	154.6	173.1
6	154.9	175.0	161.5	188.8
7	154.1	170.4	164.3	178.4
8	96.6	123.6	110.8	138.5
9	105.5	137.7	118.6	142.2
10	150.7	186.7	165.8	188.9
11	102.9	150.8	128.3	135.9
12	45.9	77.7	59.1	59.0
Ave.-Prom.	122.2	155.6	136.8	159.2

LOS ATUNES, PEZES PICUDOS, Y OTRAS ESPECIES PELÁGICAS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2016

A.	La pesquería de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental en 2016	54
B.	Atún aleta amarilla	74
C.	Atún barrilete	78
D.	Atún patudo.....	88
E.	Atún aleta azul del Pacífico.....	94
F.	Atún albacora	103
G.	Pez espada	108
H.	Marlín azul	111
I.	Marlín rayado.....	114
J.	Pez vela	119
K.	Indicadores actualizados de la condición de la población del Tiburón sedoso en El Océano Pacífico oriental, 1994-2016	123
L.	Consideraciones ecosistémicas	162

INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene un resumen de la pesquería atunera en el Océano Pacífico oriental (OPO), evaluaciones sumarias de las poblaciones más importantes de los atunes y peces picudos explotados en la pesquería, indicadores de la condición del tiburón sedoso, y una evaluación del ecosistema pelágico en el OPO, en 2016.

Se basa en datos disponibles al personal de la CIAT en marzo de 2017. Como resultado, algunas de las tablas de datos de 2016 son incompletas, y todos los datos de 2015 y 2016 deben ser considerados preliminares.

Se expresa el peso de capturas y descartes en toneladas métricas (t). En las tablas, 0 en una casilla significa ningún esfuerzo o una captura de menos de 0,5 t; - significa que no se tomaron datos, y * significa datos faltantes o no disponibles. Se usan las siglas siguientes:

Especies:

ALB	Atún albacora (<i>Thunnus alalunga</i>)
BET	Atún patudo (<i>Thunnus obesus</i>)
BIL	Peces picudos istiofóridos no identificados
BKJ	Atún barrilete negro (<i>Euthynnus lineatus</i>)
BLM	Marlín negro (<i>Makaira indica</i>)
BUM	Marlín azul (<i>Makaira nigricans</i>)
BZX	Bonito (<i>Sarda</i> spp.)
CAR	Chondrichthyes, peces cartilaginosos nep ³
CGX	Carángidos (Carangidae)
DOX	Dorados (<i>Coryphaena</i> spp.)
MLS	Marlín rayado (<i>Kajakia audax</i>)
MZZ	Osteichthyes, peces marinos nep
PBF	Atún aleta azul del Pacífico (<i>Thunnus orientalis</i>)
SFA	Pez vela del Indo-Pacífico (<i>Istiophorus platypterus</i>)
SKJ	Atún barrilete (<i>Katsuwonus pelamis</i>)

SKX	Elasmobranquios no identificados
SSP	Marlín trompa corta (<i>Tetrapturus angustirostris</i>)
SWO	Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)
TUN	Atunes no identificados
YFT	Atún aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i>)

Artes de pesca:

FPN	Almadraba
GN	Red de trasmallo
HAR	Arpón
LL	Palangre
LP	Caña
LTL	Curricán
LX	Sedal y anzuelo
OTR	Otras ⁴
NK	Desconocido
PS	Red de cerco

³ no especificado en otra partida

⁴ Usado para agrupar artes conocidas

RG Deportivo
TX Red de arrastre

Áreas oceánicas:

OPO Océano Pacífico oriental
WCPO Océano Pacífico occidental y central

Tipos de lance:

DEL Atunes asociados a delfines
NOA Atunes no asociados
OBJ Atunes asociados a objeto flotante
LOG: Natural
FAD: Plantado

Banderas:

Miembros y no Miembros Cooperantes de la CIAT

BLZ	Belice
BOL	Bolivia
CAN	Canadá
CHN	China
COL	Colombia
CRI	Costa Rica
ECU	Ecuador
EU	Unión Europea
EU (CYP)	Chipre
EU (ESP)	España
EU (PRT)	Portugal
FRA	Francia
GTM	Guatemala
HND	Honduras
IDN	Indonesia
JPN	Japón
KIR	Kiribati
KOR	República de Corea
LBR	Liberia
MEX	México
NIC	Nicaragua
PAN	Panamá
PER	Perú
SLV	El Salvador
TWN	Taipéi Chino
USA	Estados Unidos de América
VEN	Venezuela
VUT	Vanuatu

Otras banderas

CHL	Chile
COK	Islas Cook
CYM	Islas Caimán
NZL	Nueva Zelanda
RUS	Rusia
VCT	San Vicente y Granadinas

UNK Desconocido

Evaluación de poblaciones:

B	Biomasa
C	Captura
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo
F	Tasa de mortalidad por pesca
RMS	Rendimiento máximo sostenible
S	Índice de biomasa reproductora
SBR	Cociente de biomasa reproductora
SSB	Biomasa de la población reproductora

A. LA PESQUERÍA DE ATUNES Y PECES PICUDOS EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2016

1.	Capturas y descargas de atunes, peces picudos, y especies asociadas	54
1.1.	Capturas por especie	55
1.2.	Distribución de las capturas de atunes	58
1.3.	Composición por tamaño de las capturas de atunes	59
1.4.	Capturas de atunes y bonitos, por bandera y arte	61
2.	Esfuerzo de pesca	61
2.1.	Pesca de cerco	61
2.2.	Pesca palangrera	62
3.	Las flotas	62
3.1.	Las flotas de cerco y de caña	62
3.2.	Otras flotas del OPO	64

En este documento se presenta un resumen de las pesquerías de las especies amparadas por la Convención de la CIAT (los atunes y otros peces capturados por buques atuneros) en el Océano Pacífico oriental (OPO). Las más importantes de éstas son los escómbridos (familia Scombridae), que incluyen los atunes, bonitos, carites y caballas. Las especies principales de atunes capturadas son el aleta amarilla, barrilete, patudo y albacora, con capturas menores de los atunes aleta azul del Pacífico y barrilete negro y de melvas; se capturan también otros escómbridos, como el bonito y el peto.

El presente documento abarca también otras especies capturadas por buques atuneros en el OPO: peces picudos (pez espada, marlines y pez vela), carángidos (jureles y salmón), dorado, elasmobranquios (tiburones y rayas) y otros peces.

La mayor parte de las capturas es realizada por las flotas de cerco y palangrera; la flota cañera y varias pesquerías artesanales y recreacionales toman un pequeño porcentaje de las capturas totales.

Se dispone de datos detallados de las pesquerías cerquera y cañera; los datos de las pesquerías palangreras, artesanales y recreacionales son incompletos.

El [Registro Regional de Buques](#) de la CIAT contiene detalles de los buques autorizados para pescar atunes en el OPO. La CIAT cuenta con registros detallados de la mayoría de los buques cerqueros y cañeros que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, patudo y/o aleta azul del Pacífico en el OPO. El Registro es incompleto para buques pequeños. Incluye la mayoría de los buques palangreros grandes (eslora total >24 m) que pescan en el OPO y en otros océanos.

Los datos en el presente informe provienen de varias fuentes, entre ellas los cuadernos de bitácora de los buques, datos de observadores, registros de descargas provistos por empresas enlatadoras y otros procesadores, registros de importaciones y exportaciones, informes de los gobiernos y otras entidades, y estimaciones derivadas del programa de muestreo de especies y composición por talla.

1. CAPTURAS Y DESCARGAS DE ATUNES, PECES PICUDOS, Y ESPECIES ASOCIADAS

Estimar la captura total de una especie de pez es difícil, por varios motivos. Pescado es descartado en el mar, y los datos de algunas artes de pesca son incompletos. Desde 1993 los observadores han tomado datos sobre pescado descartado en el mar por buques cerqueros de más de 363 toneladas métricas (t) de capacidad de acarreo, lo cual permite una estimación más precisa de las cantidades totales de pescado capturadas por la flota de cerco. Las estimaciones de la cantidad total de la captura que se descarga (en lo sucesivo la “captura retenida”) se basan principalmente en datos de descarga. A partir del Informe de la Situación de la Pesquería 3, que describe la pesquería en 2004, los datos de descargas de buques cerqueros y cañeros son ajustados con base en las estimaciones de composición por especies para los atunes aleta amarilla, barrilete,

y patudo. El programa actual de muestreo de composición por especies, descrito en la [Sección 1.3.1](#), comenzó en 2000, y por lo tanto los datos de captura de 2000-2016 son ajustados con base en las estimaciones obtenidas para cada año, por bandera. Para ajustar los datos de captura de los años previos, se aplicó la proporción media de especies de las estimaciones de 2000-2004, por bandera, y se sumó para todas las banderas. En general, esto ha incrementado las capturas estimadas de patudo, y reducido aquéllas de aleta amarilla y barrilete. Todos estos ajustes son preliminares, y podrían ser mejorados en el futuro. Todos los datos de 2015 y 2016 de las pesquerías cerquera y cañera son provisionales.

Se obtienen los datos de las capturas retenidas de la mayoría de los buques palangreros grandes de los gobiernos de las naciones que pescan atunes en el OPO. Los buques palangreros, particularmente los más grandes, dirigen su esfuerzo principalmente hacia los atunes patudo, aleta amarilla, y albacora, o el pez espada. Los datos de los buques palangreros pequeños, artesanales y otros que pescan atunes, peces picudos, dorado, y tiburones en el OPO fueron obtenidos directamente de los gobiernos, de los cuadernos de bitácora, o de informes publicados por los gobiernos. Los datos del Pacífico occidental y central (WCPO) fueron provistos por el Programa de Pesquerías Oceánicas de la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC). Todos los datos de captura en el OPO con palangre y otras artes en 2014, 2015, y 2016 son preliminares.

Los datos de todas estas fuentes fueron compilados en una base de datos por el personal de la CIAT y resumidos en el presente informe. En los últimos años, el personal de la CIAT ha incrementado sus esfuerzos por compilar datos sobre las capturas de atunes, peces picudos, y otras especies capturadas con otras artes, como curricán, arpón, y red de transmalle, y artes recreacionales. En la [Tabla A-1](#) se presentan las capturas totales de aleta amarilla, barrilete, y patudo en el Océano Pacífico entero, estimadas de todas las fuentes mencionadas; son tratadas en mayor detalle en las secciones siguientes.

En las [Tablas A-2a-c](#) se presentan estimaciones de las capturas anuales retenidas y descartadas de atunes y otras especies capturadas por buques atuneros en el OPO durante 1987-2016. En las Tablas A-3a-e se presentan las capturas de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo, por arte y bandera, durante 1987-2016, y en la Tabla A-4a-b se resumen por bandera las capturas y descargas cerqueras y cañeras de atunes y bonitos durante 2015-2016. Los datos de aleta amarilla, barrilete, y patudo en la Tabla A-4b no han sido ajustados a las estimaciones de composición por especies, y son preliminares. No se restringió la pesca del atún en el OPO durante 1988-1997, pero las capturas de la mayoría de las especies fueron afectadas por las restricciones de la pesca durante partes, o la totalidad, del segundo semestre del año durante 1998-2016. Además, la reglamentación de aquellos cerqueros que dirigen su esfuerzo hacia atunes asociados a delfines afectó el modo de operación de esos buques, especialmente desde fines de los años 1980 (ver [Sección 3](#)).

Las capturas fueron afectadas también por perturbaciones climáticas, tales como los importantes eventos de El Niño que ocurrieron durante 1982-1983 y 1997-1998. Estos redujeron la vulnerabilidad de los peces a la captura con red de cerco debido a la mayor profundidad de la termoclina, pero aparentemente no tuvieron ningún efecto sobre las capturas palangreras. El reclutamiento de aleta amarilla suele ser mayor después de un evento de El Niño.

1.1. Capturas por especie

1.1.1. Atún aleta amarilla

En la [Tabla A-1](#) se presentan las capturas anuales de aleta amarilla durante 1987-2016. Los totales del OPO de 1993-2016 incluyen los descartes de los buques cerqueros de capacidad de acarreo de más de 363 t. El evento de El Niño de 1982-1983 causó una reducción de las capturas en esos años, mientras que las capturas en el resto del Pacífico aparentemente no fueron afectadas. Aunque el alcance del Niño de 1997-1998 fue mayor, no tuvo el mismo efecto sobre las capturas de aleta amarilla en el OPO. En el OPO, las capturas aumentaron constantemente a un pico de 443 mil t en 2002. Disminuyeron sustancialmente en 2004, al nivel más bajo del periodo de 2006-2008, 44% de las capturas más altas del período de 2001-2003. La captura de 2016 de 242 mil t es mayor que el promedio del quinquenio previo (230 mil t). En el Pacífico

occidental y central, las capturas de aleta amarilla alcanzaron un nuevo récord de 603 mil t en 2012, rebasando el récord previo de 600 mil t en 2008.

En la [Tabla A-2a](#) se presentan las capturas retenidas anuales de aleta amarilla en el OPO por buques cerqueros y cañeros durante 1987-2016. La captura retenida anual media durante 2001-2015 fue 256 mil t (amplitud: 167 a 413 mil t); la estimación preliminar de la captura retenida en 2016, 240 mil t, fue 2% menor que aquella de 2015, y 6% menor que el promedio de 2001-2015. Los descartes medios de aleta amarilla en el mar durante 2001-2015 se cifraron en un 1% (amplitud: 0,1 a 1,8%) de la captura total cerquera (capturas retenidas más descartes) de la especie ([Tabla A-2a](#)).

En la Tabla A-2a se presentan las capturas retenidas anuales de aleta amarilla en el OPO por buques palangreros durante 1987-2016. Durante 1990-2003 la captura promedio fue unas 23 mil t (amplitud: 12 a 35 mil t), o un 8% de las capturas retenidas totales de la especie. Las capturas palangreras disminuyeron bruscamente a partir de 2005, con un promedio anual de 10 mil t (amplitud: 8 a 13 mil t), o un 4% de las capturas totales retenidas hasta 2015. El aleta amarilla es capturado también por buques de pesca recreacional, incidentalmente en redes de transmalle, y en pesquerías artesanales. En la columna de ‘Otras artes’ (OTR) de la [Tabla A-2a](#) se presentan estimaciones de estas capturas; durante 2001-2015 fueron en promedio unas mil t.

1.1.2. Atún barrilete

En la Tabla A-1 se presentan las capturas anuales de barrilete durante 1987-2016. La mayoría de la captura de barrilete en el Océano Pacífico proviene del Pacífico occidental y central. Antes de 1999, la captura anual media en el Pacífico occidental y central fue aproximadamente 900 mil; a partir de 1999, las capturas aumentaron constantemente de 1,1 millones de toneladas a un récord de 2 millones en 2014. En el OPO, las capturas anuales máximas ocurrieron entre 2003 y 2016, variando de 153 a 342 mil t, el récord logrado en 2016.

En la [Tabla A-2a](#) se presentan las capturas retenidas anuales de barrilete en el OPO por buques cerqueros y cañeros durante 1987-2016. La captura retenida anual media durante 2001-2015 fue 242 mil t (amplitud: 144 a 329 mil t). La estimación preliminar de la captura retenida de barrilete en 2016, 337 mil t, es 39% mayor que el promedio de 2001-2015, y 3% mayor que la captura retenida récord de 2015. Los descartes de barrilete en el mar disminuyeron cada año durante el período, de 8% en 2001 a menos de 1% en 2013. Durante el período un 4% de la captura total de la especie fue descartado en el mar ([Tabla A-2a](#)).

En el OPO se capturan pequeñas cantidades de barrilete con palangre y otros tipos de arte (Tabla A-2a).

1.1.3. Atún patudo

En la [Tabla A-1](#) se presentan las capturas anuales de patudo durante 1987-2016. En general, las capturas en el OPO y en el Pacífico occidental y central han aumentado, pero con fluctuaciones considerables. En el OPO, la captura media durante el período fue 104 mil t, con una mínima de 73 mil t en 1989 y una máxima de 149 mil t en 2000. En el Pacífico occidental y central, las capturas de patudo aumentaron a más de 77 mil t a fines de los años 1970, disminuyeron a principios de los años 1980, y luego aumentaron constantemente a 111 mil t en 1996. En 1997 se disparó a 153 mil t, y alcanzó un pico de 178 mil t en 2004. Desde entonces ha fluctuado entre 128 y 154 mil t.

En la Tabla A-2a se presentan las capturas retenidas anuales de patudo en el OPO por buques cerqueros y cañeros durante 1987-2016. Durante 1993-1994 el uso de dispositivos agregadores de peces (DAP, o plantados), colocados en el agua por los pescadores para atraer a los atunes, casi se duplicó, y siguió aumentando en los años siguientes. Esto resultó en mayores capturas de patudo por buques cerqueros. Antes de este aumento, la captura retenida media anual de patudo por buques cerqueros en el OPO fue alrededor de 5 mil t ([Tabla A-2a](#)). Como consecuencia del desarrollo de la pesquería sobre plantados, las capturas de patudo crecieron de 10 mil t en 1993 a 35 mil t en 1994, y siguieron aumentando a entre 44 y 95 mil t

durante 1995-2015. La estimación preliminar de la captura retenida en el OPO en 2016 es de 56 mil t.

Durante 2000-2015 disminuyó consistentemente el porcentaje de la captura cerquera de la especie descartado en el mar, de 5% en 2000 a menos de 1% en 2014, para una tasa media de descarte de aproximadamente 1,6%. No se han reportado capturas de patudo por buques cañeros en los últimos años.

Entre 1985 y 1993, antes del aumento del uso de plantados, los buques palangreros capturaban en promedio el 95% del patudo en el OPO, (promedio 86 mil t; amplitud 66 a 104 mil t). Durante 2001-2015, este promedio disminuyó a 39%, con un mínimo de 25% en 2008 (promedio: 42 mil t; amplitud: 26 a 74 mil t; [Tabla A-2a](#)). La estimación preliminar de la captura palangrera en el OPO en 2016 es de 35 mil t (Tabla A-2a).

En el OPO se capturan pequeñas cantidades de patudo con otros tipos de arte (Tabla A-2a).

1.1.4. Atún aleta azul

En la Tabla A-2a se presentan las capturas de atún aleta azul del Pacífico en el OPO durante 1987-2016, por arte de pesca. Los buques cerqueros y cañeros tomaron más del 94% de la captura total retenida en el OPO durante 2001-2015. Durante este período la captura anual retenida de la especie en el OPO por buques cerqueros fue en promedio 4,7 mil t (amplitud: 1,2 a 9,9 mil t). La estimación preliminar de la captura cerquera retenida de aleta azul en 2016, 3,2 mil t, es menor que el promedio de 2001-2015 (Tabla A-2a).

En la [Tabla A-5a](#) se presentan las capturas de aleta azul del Pacífico en el Océano Pacífico entero, por bandera y arte. Los datos, obtenidos del Comité Científico Internacional sobre los Atunes y Especies Afines en el Océano Pacífico Norte (ISC), son desglosados por nación o entidad pesquera, sin tener en cuenta la región del Pacífico donde fue capturado el pescado.

Las capturas de atún aleta azul del Pacífico con artes recreativas en el OPO son reportadas en número de peces individuales capturados, mientras todas las otras artes reportan sus capturas en peso (toneladas). Se convierten estos datos en número a toneladas para inclusión en las capturas totales por todas las artes en el OPO. En la [Tabla A-5b](#) se presentan los datos originales de 1987-2016, en número de peces.

1.1.5. Atún albacora

En la Tabla A-6 se presentan las capturas de albacora en el OPO, por arte y zona (al norte y al sur de la línea ecuatorial). En la [Tabla A-2a](#) se presentan las capturas de albacora en el OPO, por arte. Una porción importante de la captura de la especie es tomada con curricán, incluido en otras artes (OTR) en la Tabla A-2a.

1.1.6. Otros atunes y especies afines

Los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo forman el componente más importante de las capturas retenidas de la flota cerquera y cañera en el OPO, pero otros atunes y especies afines, como el barrilete negro, bonito, peto, y las melvas, contribuyen a la captura general de la región. En la Tabla A-2a se presentan estimaciones de las capturas anuales retenidas y descartadas de estas especies durante 1987-2016. Las capturas incluidas en la categoría de “atunes no identificados” (TUN) en la Tabla A-2a contienen algunas capturas reportadas por especie (melvas o petos) junto con los atunes no identificados. La captura retenida total de estas otras especies en estas pesquerías fue 10,4 mil toneladas en 2016, más que el promedio de 2001-2015 de 7 mil t (amplitud: 500 t a 19 mil t).

El barrilete negro es también capturado con otras artes en el OPO, principalmente en la pesca artesanal costera. El bonito es asimismo capturado en las pesquerías artesanales, y ha sido reportado como captura por buques palangreros en algunos años.

1.1.7. Peces picudos

En la [Tabla A-2b](#) se presentan datos de captura de los peces picudos (pez espada, marlín azul, negro, rayado y trompa corta, y pez vela).

En general, los delfines, tortugas marinas, ballenas tiburón, y peces pequeños son los únicos animales capturados en la pesquería de cerco que son liberados vivos. En versiones previas del presente informe, todos los peces picudos capturados en esas pesquerías son clasificados como descartados muertos. Si la gran mayoría de los individuos o especies capturados incidentalmente es descartada, la diferencia entre las capturas y los descartes no son significativas para esas especies, pero a medida que aumenta la tasa de retención de especies antes descartadas, parte de la captura incidental cambia a ser captura, y la distinción se vuelve importante. Como resultado de una revisión en 2010, esto ha sido aclarado en la [Tabla A-2b](#) con una columna adicional de captura retenida al lado de la columna de descartes.

El pez espada es capturado en el OPO con palangres a gran escala y artesanales, red de transmalle, arpón y, de vez en cuando, por buques recreacionales. Durante 1999-2008 la captura anual media palangrera de pez espada fue 12 mil t, pero durante 2013-2015 casi se duplicó, a más de 22 mil t. No queda claro si esto se debe a una mayor abundancia de la especie o a un aumento del esfuerzo dirigido hacia la misma.

Otros peces picudos son capturados con palangres a gran escala y artesanales y por artes recreacionales. Las capturas palangreras anuales medias de marlín azul y marlín rayado durante 2001-2015 fueron unas 3,2 mil y 1,9 mil t, respectivamente. Se capturan cantidades menores de otros peces picudos con palangre.

Desgraciadamente, se cuenta con muy poca información sobre las capturas recreacionales de peces picudos, pero se cree que son sustancialmente menores que las capturas comerciales de todas estas especies.

Se capturan pequeñas cantidades de peces picudos con red de cerco; algunos son retenidos, y otros son considerados descartados, aunque es posible que parte de esta captura sea descargada sin ser reportada. Se incluyen estos datos en la [Tabla A-2b](#). Durante 2001-2015 los buques cerqueros capturaron aproximadamente el 1% de la captura total de peces picudos en el OPO.

1.1.8. Otras especies

En la [Tabla A-2c](#) se presentan datos de las capturas y descartes de carángidos (jureles y salmón), dorado, elasmobranquios (tiburones y rayas) y otros peces capturados en el OPO.

En la Tabla A-2c se clasifican en retenidas o descartadas las capturas incidentales en la pesquería de cerco. Como resultado de una revisión en 2010, se modificó la asignación de las capturas en estas categorías.

Las capturas de dorado son descargadas principalmente en puertos de América Central y del Sur. Aunque las capturas reportadas han alcanzado hasta 71 mil toneladas en los últimos años, a menudo no se reporta el tipo de arte usado.

1.2. Distribución de las capturas de atunes

1.2.1. Capturas cerqueras

En las [Figuras A-1a](#), [A-2a](#), y [A-3a](#) ilustran las distribuciones anuales medias de las capturas cerqueras de aleta amarilla, barrilete y patudo, por tipo de lance, en el OPO durante 2011-2015, y en las [Figuras A-1b](#), [A-2b](#), y [A-3b](#) estimaciones preliminares para 2016.

La mayor parte de las capturas de aleta amarilla en 2016 provino de cerca del litoral del continente americano en lances asociados a delfines, y en menor grado en lances no asociados. Estos lances ocurrieron en dos zonas principales: en el norte frente a la costa de Baja California, México, y en el sur al este de 95°W al norte de 5°S. Se capturan cantidades menores de aleta amarilla en alta mar en lances asociados principalmente a objetos flotantes y delfines.

En 2016 se obtuvo la mayor parte de la captura de barrilete en lances asociados a objetos flotantes, con cantidades menores tomadas en lances no asociados cerca de la costa de Perú y en alta mar entre 140 y 150°O. Las capturas estuvieron más al norte que en 2015, con capturas importantes en todo el OPO entre la línea ecuatorial y el paralelo de 10°N.

No se captura a menudo patudo al norte de aproximadamente 7°N, y las capturas de la especie han disminuido en las zonas costeras de América del Sur desde hace varios años. Con el desarrollo de la pesquería sobre plantados, la importancia relativa de las zonas costeras ha disminuido, mientras que la de las zonas de altura ha aumentado. La mayoría de las 2016 capturas de patudo provinieron de lances sobre plantados entre 5°N y 5°S.

1.2.2. Capturas palangreras

Las bases de datos de la CIAT contienen datos sobre las distribuciones espacial y temporal de las capturas en el OPO de las flotas palangreras de aguas lejanas de China, la República de Corea, España, Estados Unidos, Japón, Polinesia Francesa, Taipéi Chino, y Vanuatu. Los atunes patudo y aleta amarilla forman la mayor parte de las capturas de la mayoría de estos buques. En la Figura A-4 se ilustra la distribución de las capturas de atunes de estas dos especies por buques de palangre de China, Corea, Japón, y Taipéi Chino en el Océano Pacífico durante 2011-2015. Se presentan datos de la pesquería palangrera japonesa en el OPO durante 1956-2007 en los Boletines de la CIAT que describen esa pesquería.

1.3. Composición por tamaño de las capturas de atunes

1.3.1. Pesquerías de cerco, de caña, y recreacional

Las muestras de frecuencia de talla son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por talla y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de la composición de las poblaciones por edad, usadas para varios propósitos, entre ellos el modelado integrado que el personal ha usado en los últimos años. Los resultados de estudios de este tipo han sido descritos en diversos Boletines de la CIAT, en sus Informes Anuales de 1954 a 2002, y en sus Informes de Evaluación de Poblaciones.

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul del Pacífico y, ocasionalmente, barrilete negro de las capturas de buques cerqueros, cañeros, y recreacionales en el OPO son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de descarga en Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue iniciado en 1954, el de aleta azul en 1973, y el de patudo en 1975, y continúa actualmente.

En el [Informe Anual de la CIAT de 2000](#) y los Informes de Evaluación de Stocks [2](#) y [4](#) se describen los métodos de muestreo de las capturas de atún. En breve, se selecciona para el muestreo pescado en las bodegas de buques cerqueros y cañeros solamente si todo el pescado en la bodega fue capturado durante un solo mes, en un solo tipo de lance (delfín, objeto flotante, o no asociado), y en la misma zona de muestreo. Se clasifican estos datos por pesquería ([Figura A-5](#)), con base en las evaluaciones más recientes de las poblaciones realizadas por el personal.

En este informe se presentan datos de pescado capturado durante 2011-2016. Para cada especie, excepto el aleta azul y el barrilete negro, se presentan dos histogramas de frecuencia de talla: el primero presenta los datos por estrato (arte de pesca, tipo de lance, y zona) para 2016, y el segundo ilustra los datos combinados para cada año del período de 2011-2016. En el caso del aleta azul, se ilustran las capturas comerciales y recreacionales de 2007-2012 combinadas. En el caso del barrilete negro, los histogramas ilustran las capturas por artes comerciales durante 2011-2016. Hubo muy poca captura por buques cañeros en 2013, 2014, y 2015, y no se obtuvo ninguna muestra de los mismos.

Para la evaluación de las poblaciones de aleta amarilla se definen nueve pesquerías de cerco (cuatro asociadas a objetos flotantes, tres asociadas a delfines, dos de atunes no asociados) y una de caña ([Figura A-5](#)). La última abarca todas las 13 zonas de muestreo. De las 946 bodegas muestreadas durante 2016, 774 contenían aleta

amarilla. En la [Figura A-6a](#) se ilustra la composición por tamaño estimada de los peces capturados. La mayoría de la captura de aleta amarilla provino de lances asociados a delfines en las pesquerías sobre delfines del norte y costera, principalmente en los trimestres segundo y tercero, y en la pesquería sobre delfines del sur en el segundo trimestre. Estas pesquerías produjeron la mayor parte de los aletas amarillas grandes (>100 cm). Los aletas amarillas más pequeños (<60 cm) fueron capturados principalmente en las pesquerías sobre objetos flotantes ecuatorial y costera durante los trimestres segundo y tercero.

En la [Figura A-6b](#) se ilustra la composición por talla estimada del aleta amarilla capturado por todas las pesquerías combinadas durante 2011-2016. El peso promedio del aleta amarilla continuó la tendencia decreciente, a 6.2 kg en 2016, el promedio más bajo del sexenio, menor que la mínima previa de 9.0 kg en 2015, y muy inferior a la máxima de 13.3 kg en 2012.

Para la evaluación de las poblaciones de barrilete se definen siete pesquerías de cerco (cuatro asociadas a objetos flotantes, dos de atunes no asociados, una asociada a delfines) y una de caña ([Figura A-5](#)). Las dos últimas abarcan todas las 13 zonas de muestreo. De las 946 bodegas muestreadas, 631 contenían barrilete. En la [Figura A-7a](#) se ilustran las composiciones por talla estimadas del pescado capturado durante 2016. En 2016, la mayoría de la captura del barrilete fue tomada en la pesquería sobre objetos flotantes del norte en los trimestres tercero y cuarto, en la pesquería sobre objetos flotantes del sur en el primer trimestre, y en la pesquería no asociado del sur en el primer trimestre. Los barriletes más pequeños, de entre 30 y 50 cm, fueron capturados en esas dos pesquerías sobre objetos flotantes .

En la [Figura A-7b](#) se ilustra la composición por talla estimada del barrilete capturado por todas las pesquerías combinadas durante 2011-2016. El peso medio del barrilete en 2016 (1.8 kg) es el más bajo del sexenio; alcanzó 2.5 kg en 2013.

Para la evaluación de las poblaciones de patudo se definen seis pesquerías de cerco (cuatro asociadas a objetos flotantes, una de atunes no asociados, una asociada a delfines) y una de caña ([Figura A-5](#)). Las tres últimas abarcan todas las 13 zonas de muestreo. De las 946 bodegas muestreadas, 246 contenían patudo. En la [Figura A-8a](#) se ilustra la composición por talla estimada del patudo capturado durante 2016. En 2016, casi todas las capturas de patudo fueron tomadas en la pesquería sobre objetos flotantes del norte durante los trimestres segundo, tercero, y cuarto, y en la pesquería sobre objetos flotantes del sur en todos los trimestres. Los patudos más grandes (>100 cm) fueron capturados principalmente en las pesquerías sobre objetos flotantes del norte y del sur en el cuarto trimestre.

En la [Figura A-8b](#) se ilustra la composición por talla estimada del patudo capturado por todas las pesquerías combinadas durante 2011-2016. El peso medio del patudo en 2016 (5.0 kg) fue el segundo más bajo del sexenio, ligeramente mayor que la mínima del periodo de 4.7 kg en 2015.

El aleta azul del Pacífico es capturado con red de cerco y con artes recreacionales frente a California y Baja California, entre 28°N y 35°N , aproximadamente, principalmente entre mayo y diciembre. Durante 2012 fue capturado entre 26°N y 32°N desde junio hasta agosto. La mayor parte de las capturas comerciales y recreacionales fue lograda en julio y agosto. Antes de 2004 se reportaban las tallas del pescado en las capturas

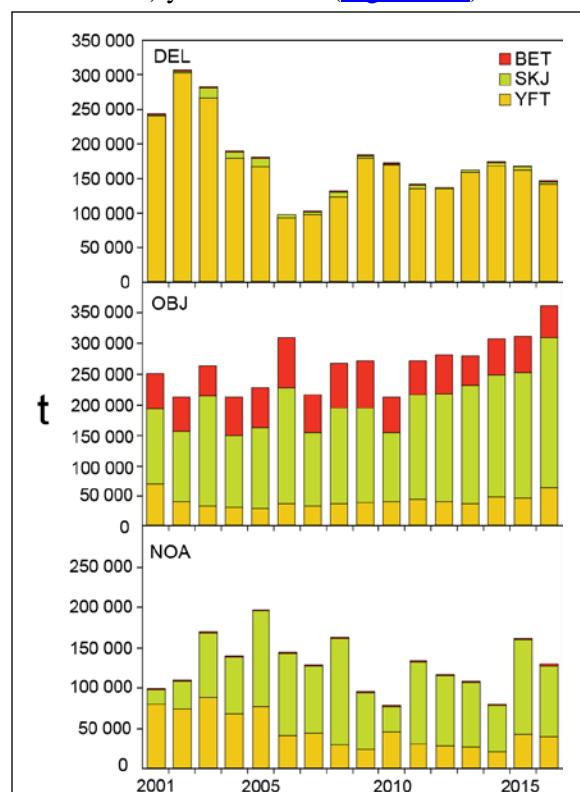


Figura 1. Capturas cerqueras de atunes, por especie y tipo de lance, 2001-2016.

comercial y recreacional por separado, pero durante 2004-2012 el pequeño tamaño de las muestras imposibilitó la estimación de la composición por talla por separado. Se combinaron por tanto las tallas del pescado en las capturas comercial y recreacional de aleta azul para cada año del período de 2004-2012. El peso medio del pescado capturado durante 2012 (14,2 kg) fue menor que aquél de 2011 (15,4 kg), pero muy parecido al peso promedio de 2009 y 2010. En la [Figura A-9](#) se presentan las composiciones por talla estimadas. Antes de 2013, el personal de la CIAT obtenía muestras de frecuencia de talla de buques de pesca recreacional que descargaban en San Diego y de buques cerqueros. A partir de 2013, un muestreo de los buques recreacionales fue realizado por el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU... Se tomaron muy pocas muestras de buques cerqueros comerciales en 2013- 2016. Las estimaciones de composición por talla del aleta azul serán actualizadas una vez se desarrolle una metodología que incorpore los cambios en el muestreo.

El barrilete negro es capturado incidentalmente por pescadores que dirigen su esfuerzo hacia los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo. La demanda de la especie es baja, y la mayoría de las capturas es desechar en el mar, pero a veces se retienen pequeñas cantidades, mezcladas con las especies más deseadas. En la [Figura A-10](#) se ilustra la composición estimada por talla de la especie en cada año del período de 2011-2016.

1.3.2. Pesquería de palangre

En las [Figuras A-11](#) y [A-12](#) se ilustra la composición estimada por talla de las capturas de aleta amarilla y patudo por la pesquería palangrera japonesa en el OPO durante 2011-2015. El peso promedio del aleta amarilla en 2015 (62.0 kg) fue mayor que aquellos de los cuatro años previos (44.7 a 60.5 kg), al igual que aquel del patudo (80.7 kg; 47.4 a 59.7 kg). En los Boletines de la CIAT que describen esta pesquería se presenta información sobre la composición por talla del pescado capturado en el OPO durante 1958-2008.

1.4. Capturas de atunes y bonitos, por bandera y arte

En las [Tablas A-3a-e](#) se detallan las capturas retenidas anuales de atunes y bonitos en el OPO durante 1987-2016, clasificadas por bandera y arte. Las tablas incluyen todas las capturas conocidas de atunes, compiladas de varias fuentes, entre ellas los cuadernos de bitácora de los buques, datos de observadores, registros de descargas provistos por empresas enlatadoras y otros procesadores, registros de importaciones y exportaciones, informes de los gobiernos y otras entidades, y estimaciones derivadas del programa de muestreo de especies y composición por talla. En [el portal de internet de la CIAT](#) se presenta información similar de años anteriores a 2001 sobre los atunes y bonitos, y datos históricos de atunes, peces picudos, tiburones, carángidos, dorado, y peces misceláneos. En la [Tabla A-4a](#) se resumen las capturas cerqueras de atunes y bonitos en 2015 y 2016, por bandera. De las 647 mil t de atunes y bonitos capturadas en 2016, 45% fue capturado por buques ecuatorianos, y 18% por buques mexicanos. Otros países con capturas importantes de atunes y bonitos en el OPO incluyen Panamá (10%), Colombia (7%), Estados Unidos (7%), y Venezuela (5%). En la Tabla A-4b se resumen las descargas cerqueras de atunes y bonitos en 2015 y 2016, by flag, por pabellón. De las 652,000 t de atunes y bonitos descargadas en 2016, 62% fue descargado por buques ecuatorianos y 21% por buques mexicanos. Otros países con descargas importantes de atunes y bonitos en el OPO incluyen Perú (4%) y Colombia (1%).

2. ESFUERZO DE PESCA

2.1. Pesca de cerco

En la [Tabla A-7](#) se presentan estimaciones del número de lances cerqueros de cada tipo (asociados a delfines, asociados a objetos flotantes (naturales y plantados), y no asociados) en el OPO durante 2001-2016 y de las capturas retenidas de esos lances ([Figura 1](#)). Se calcularon las estimaciones para los buques de ≤ 363 t de capacidad de acarreo con datos de bitácora en la base de datos estadística de la CIAT, y aquéllos para los buques de > 363 t de capacidad de acarreo a partir de las bases de datos de observadores de la CIAT y de los programas de observadores de la CIAT, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, México,

Nicaragua, Panamá, la Unión Europea y Venezuela. El número de lances sobre atunes asociados a objetos flotantes y no asociados fue máximo entre mediados de los años 1970 y principios de los 1980. A pesar de la oposición a la pesca de atunes asociados a delfines, y de la decisión de las enlatadoras de EE.UU. de no comprar atún capturado en viajes en los cuales se realizaron lances sobre delfines, el número de lances sobre delfines disminuyó tan sólo moderadamente a mediados de los años 1990, y en 2003 fue el mayor jamás registrado.

Hay dos tipos de objetos flotantes, los “naturales” (que también incluyen desperdicios y otros objetos artificiales), que se encuentran en el mar por casualidad, del punto de vista de los pescadores, y los que son construidos por pescadores con el propósito específico de atraer peces. Se conocen estos últimos como plantados, dispositivos agregadores de peces (DAP), o FAD (del inglés *fish-aggregating device*). El uso de los plantados aumentó bruscamente en 1994, con un porcentaje de plantados casi el doble del año anterior, en casi el 69% de todos los lances sobre objetos flotantes. Su importancia relativa ha seguido aumentando desde entonces, alcanzando el 97% de todos los lances sobre objetos flotantes por buques de más de 363 t de capacidad de acarreo en los últimos años, tal como se indica en la Tabla A-8.

2.2. Pesca palangrera

En la [Tabla A-9](#) se presentan el esfuerzo nominal de los buques palangreros en el OPO, en miles de anzuelos, y sus capturas reportadas de las especies principales de atunes.

3. LAS FLOTAS

3.1. Las flotas de cerco y de caña

El personal de la CIAT mantiene registros detallados del arte de pesca, bandera, y capacidad de acarreo de la mayoría de los buques que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, patudo, y/o aleta azul del Pacífico con red de cerco o caña en el OPO. La flota aquí descrita incluye buques cerqueros y cañeros que pescaron alguna de estas cuatro especies en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Históricamente, se usaron las estimaciones de la capacidad de acarreo de buques individuales provistas por el armador o astillero, en toneladas de pescado, hasta que los registros de descarga indicasen que era preciso modificarlas.

Desde 2000, el personal de la CIAT usa el volumen de bodegas, en metros cúbicos (m^3), en lugar de peso, en toneladas (t), para medir la capacidad de acarreo de los buques. Ya que la densidad de carga de pescado en una bodega puede variar, medir la capacidad de acarreo en peso es subjetivo, ya que un cargamento de pescado metido en una bodega a densidad alta pesa más que uno cargado a densidad menor. El uso de volumen como medida de capacidad elimina este problema.

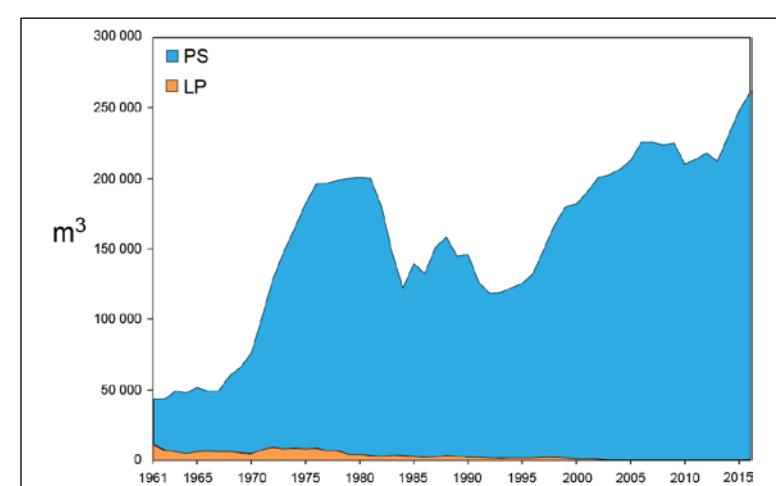
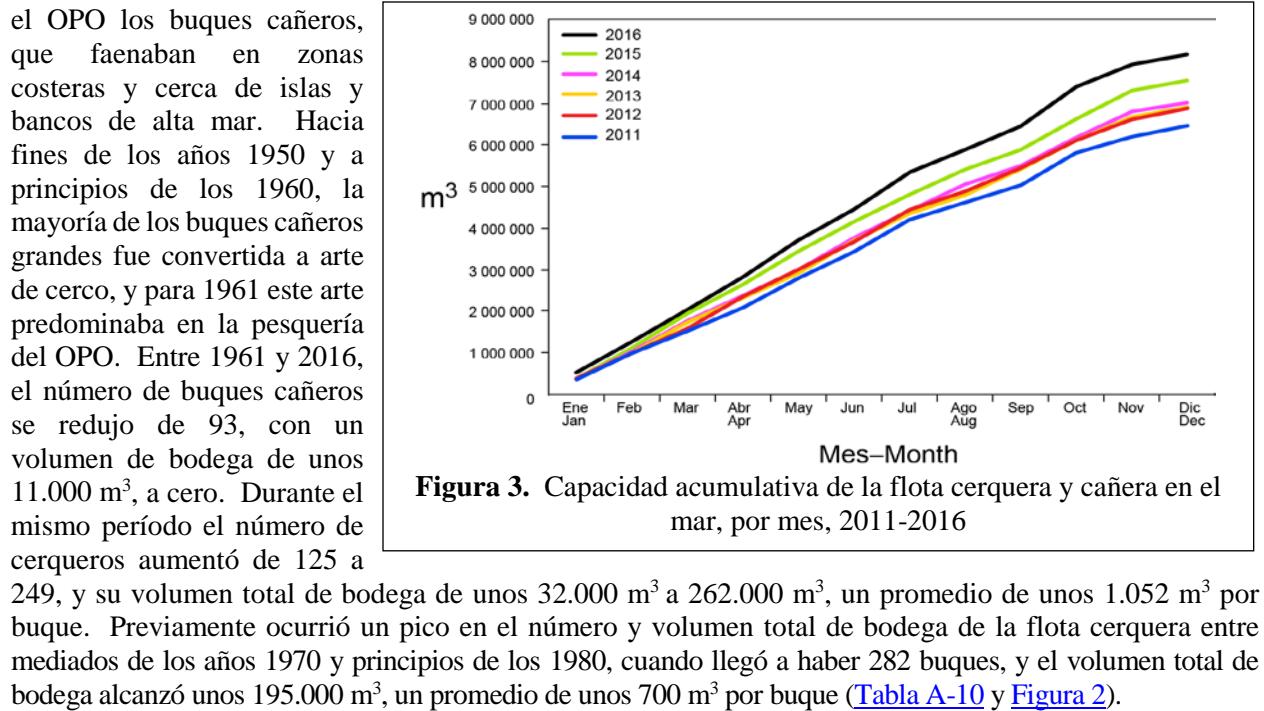


Figura 2. Capacidad de acarreo, en metros cúbicos de volumen de bodega, de las flotas de cerco y de caña en el OPO, 1961-2016

El personal de la CIAT comenzó a reunir datos sobre la capacidad en volumen en 1999, pero todavía no ha obtenido esta información para todos los buques. En el caso de buques para los cuales no se dispone de información fidedigna sobre el volumen de bodega, se convirtió la capacidad estimada en toneladas en metros cúbicos.

Hasta aproximadamente 1960 predominaron en la pesca atunera en



Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante 1978-1981, debido a la concentración del esfuerzo de pesca sobre peces pequeños, y la situación se vio agravada por un evento importante de El Niño que comenzó a mediados de 1982 y persistió hasta fines de 1983, y que causó que los peces fueran menos vulnerables a la captura. Luego disminuyó el volumen total de bodegas de los buques de cerco y caña, debido al retiro de buques o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental, y en 1984 alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unos 119.000 m³. A principios de 1990 la industria enlatadora de Estados Unidos decidió no comprar más atún capturado en viajes en los que se pescaran atunes asociados a delfines. Esto llevó a que muchas embarcaciones de Estados Unidos abandonasen el OPO, y a una disminución consecuente en la flota a 117.000 m³ en 1992. Con la mayor participación de buques de otras naciones en la pesquería, el volumen total de bodega ha aumentado progresivamente desde 1992, y en 2016 fue de unos 262 mil m³.

En las [Tablas A-11a](#) y [A-11b](#) se presentan los datos de 2015 y preliminares de 2016 del número y volumen total de bodega de los buques cerqueros y cañeros que pescaron atunes en el OPO. En 2016 predominaron las flotas de Ecuador y México, con 35% y 23%, respectivamente, del volumen de bodega total, seguidos por Estados Unidos (12%), Venezuela (8%), Panamá (8%), Colombia (6%), Nicaragua (3%), la Unión Europea (España) (2%), El Salvador (2%), y Guatemala y Perú (1% cada uno). Los porcentajes pueden no sumar a 100% debido al redondeo.

En la Figura 3 se compara la capacidad acumulativa en el mar durante 2016 con los cinco años anteriores.

En la [Tabla A-12](#) se presentan los valores mensuales medios, mínimos, y máximos del volumen total de bodega en el mar (VEM), en miles de metros cúbicos, de los buques cerqueros y cañeros que pescaron atunes en el OPO durante 2006-2015, junto con los valores de 2016. Los valores mensuales son los promedios de las estimaciones de la VEM calculadas semanalmente por el personal de la CIAT. La pesca fue reglamentada durante parte, o la totalidad, de los últimos cuatro meses del año durante 2000-2016, por lo que los valores de la VEM de septiembre-diciembre de 2016 no son comparables con los valores medios del período correspondiente durante 2000-2016. Durante 2006-2015 y 2016 el valor medio del VEM fue 137 mil m³ (61% de la capacidad total) y 159 mil m³ (61% de la capacidad total), respectivamente.

3.2. Otras flotas del OPO

El Registro Regional de Buques de la CIAT, disponible en el [sitio web de la Comisión](#), contiene información sobre otros tipos de buques que pescan atunes en el OPO. El Registro es incompleto para buques pequeños. En algunos casos, particularmente con respecto a los buques palangreros grandes, el Registro Regional contiene información de buques que están autorizados para pescar no sólo en el OPO, sino también en otros océanos, y que posiblemente no hayan pescado en el OPO en 2016, o jamás.

B. YELLOWFIN TUNA

This report presents the most current stock assessment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean (EPO). An integrated statistical age-structured stock assessment model (Stock Synthesis Version 3.23b) was used in the assessment, which is based on the assumption that there is a single stock of yellowfin in the EPO.

Yellowfin are distributed across the Pacific Ocean, but the bulk of the catch is made in the eastern and western regions. Purse-seine catches of yellowfin are relatively low in the vicinity of the western boundary of the EPO at 150°W ([Figure A-1a](#) and [A-1b](#)). The majority of the catch in the EPO is taken in purse-seine sets on yellowfin associated with dolphins and in unassociated schools ([Figure B-1](#)). Tagging studies of yellowfin throughout the Pacific indicate that the fish tend to stay within 1800 km of their release positions. This regional fidelity, along with the geographic variation in phenotypic and genotypic characteristics of yellowfin shown in some studies, suggests that there might be multiple stocks of yellowfin in the EPO and throughout the Pacific Ocean. This is consistent with the fact that longline catch-per-unit-of-effort (CPUE) trends differ among areas in the EPO. However, movement rates between these putative stocks, as well as across the 150°W meridian, cannot be estimated with currently-available tagging data.

The assessment of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2016 is similar to the previous assessment, with the addition of new and updated data (e.g. catches [Figure B-1](#)). There is uncertainty about recent and future levels of recruitment ([Figure B-2](#)) and biomass ([Figure B-5](#)). There have possibly been three different productivity regimes since 1975, and the levels of maximum sustainable yield (MSY) and the biomasses corresponding to the MSY may differ among the regimes. The recruitment was below average until 1982, mostly above average from 1983 to 2002, and then mostly below average until 2014. The annual recruitments for 2015 and 2016 were estimated to be above average. The spawning biomass ratio (SBR) has been average or below average since 2006, except during 2008-2010. Under the current (2014-2016 average) fishing mortality, the SBR is predicted to increase in the next two years because of the large recent recruitments, and level off at about MSY level if recruitment is average.

The recent fishing mortality (F) is slightly below the MSY level (F multiplier = 1.03), and the current spawning biomass (S) is estimated to be below that level ($S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} = 0.86$) ([Table B-1](#) and [Figure B-6](#)). The recent biomass of fish aged 3 quarters and older (B), however, is higher than that corresponding to the MSY level ($B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} = 1.30$), because of the high recruitments of 2015 and 2016. The catches are also predicted to increase in the near future ([Figure B-7](#)). As noted in Document [SAC-07-05b](#), these interpretations are uncertain, and highly sensitive to the assumptions made about the steepness parameter (h) of the stock-recruitment relationship, the average size of the oldest fish (L_2), and the assumed levels of natural mortality (M). The results are more pessimistic if a stock-recruitment relationship is assumed, if a higher value is assumed for L_2 , and if lower rates of M are assumed for adult yellowfin. Previous assessments reported that the data components diverge on their information about abundance levels: results are more pessimistic if the weighting assigned to length-frequency data is decreased, and more optimistic if the model is fitted more closely to the index of relative abundance based on the catch per unit of effort (CPUE) of the northern dolphin-associated purse-seine fishery rather than of the southern longline fishery.

The highest fishing mortality (F) has been on fish aged 11-20 quarters (2.75-5 years). The average annual F has been increasing for all age classes since 2009, but in 2016 it showed a slight decline for the 11-20 quarter age group ([Figure B-3](#)).

Historically, the dolphin-associated and unassociated purse-seine fisheries have the greatest impact on the spawning biomass of yellowfin, followed by the floating-object fisheries ([Figure B-4](#)). In more recent years, the impact of the floating-object fisheries has been greater than that of the unassociated fisheries. The impacts of the longline and purse-seine discard fisheries are much less, and have decreased in recent years. Increasing the average weight of the yellowfin caught could increase the MSY.

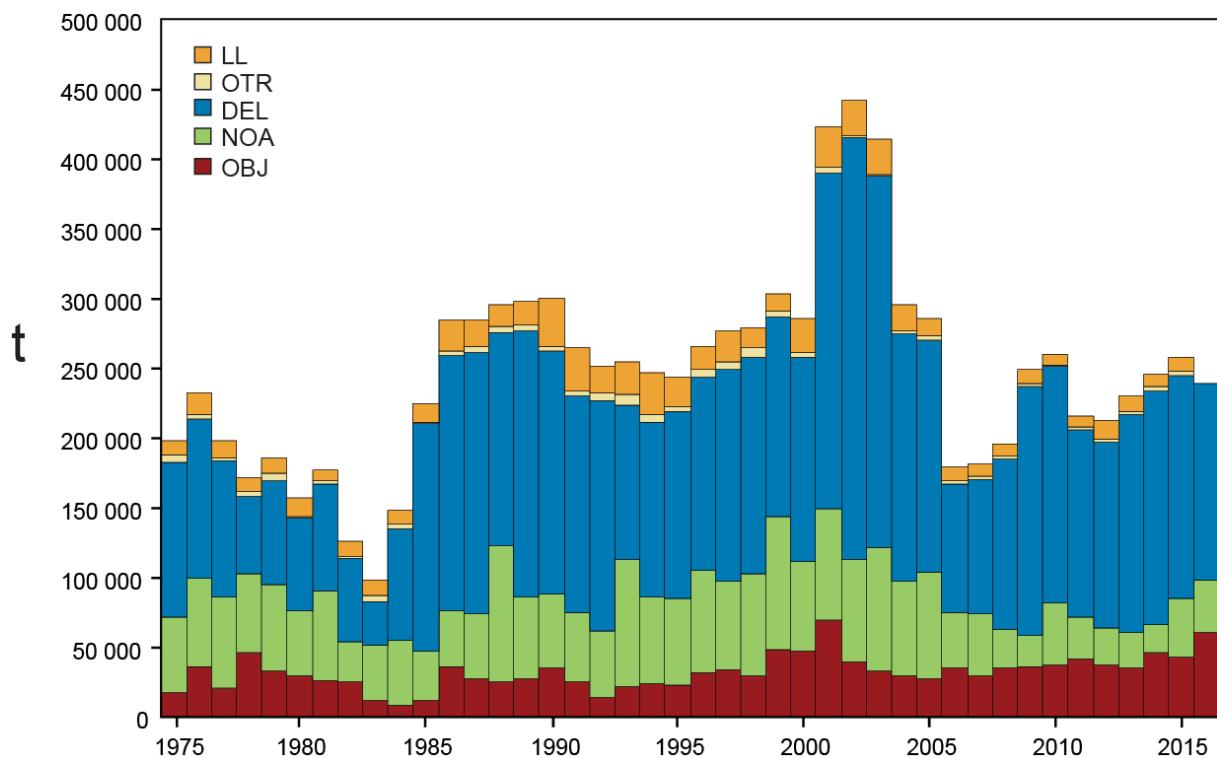


FIGURE B-1. Total catches (retained catches plus discards) for the purse-seine fisheries, and retained catches for the pole-and-line and longline fisheries, of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, 1975-2016. The purse-seine catches are adjusted to the species composition estimate obtained from sampling the catches. The 2015 catch data are preliminary.

FIGURA B-1. Capturas totales (capturas retenidas más descartes) en las pesquerías de cerco, y capturas retenidas de las pesquerías de caña y de palangre, de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1975-2015. Se ajustan las capturas de cerco a la estimación de la composición por especie obtenida del muestreo de las capturas. Los datos de captura de 2016 son preliminares.

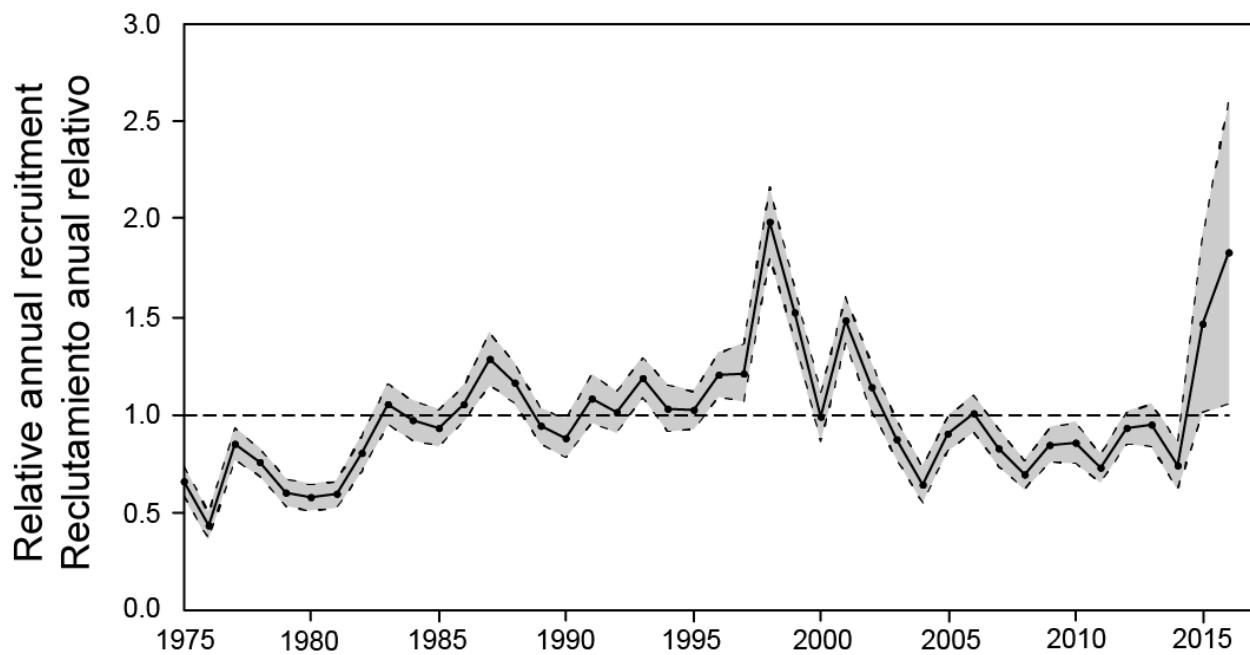


FIGURE B-2. Estimated annual recruitment at age zero of yellowfin tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the average recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line illustrates the maximum likelihood estimates of recruitment, and the shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

FIGURA B-2. Reclutamiento anual estimado a edad cero de atún aleta amarilla a las pesquerías del OPO. Se ajusta la escala de las estimaciones para que el reclutamiento medio equivalga a 1.0 (línea de trazos horizontal). La línea sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima del reclutamiento, y la zona sombreada los límites de confianza de 95% aproximados de las estimaciones.

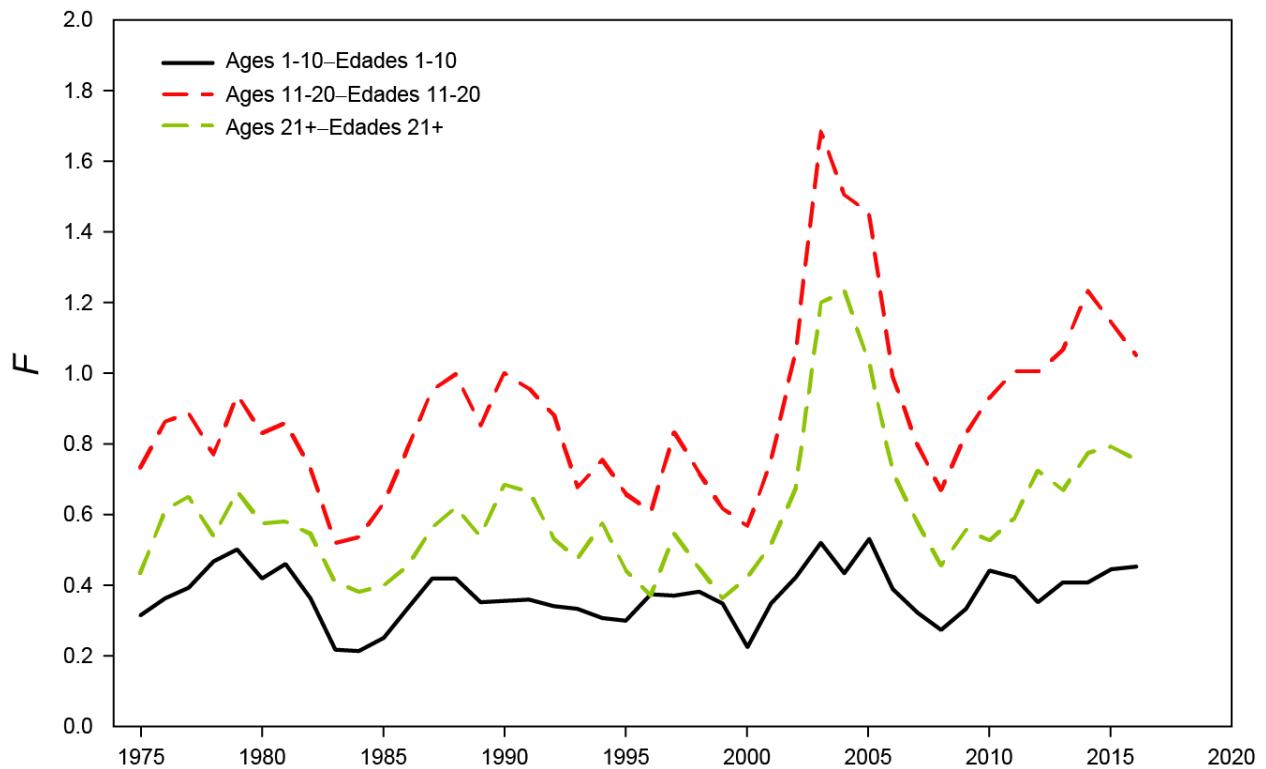


FIGURE B-3. Average annual fishing mortality (F) by age groups, by all gears, of yellowfin tuna recruited to the fisheries of the EPO. The age groups are defined by age in quarters.

FIGURA B-3. Mortalidad por pesca (F) anual media, por grupo de edad, por todas las artes, de atún aleta amarilla reclutado a las pesquerías del OPO. Se definen los grupos de edad por edad en trimestres.

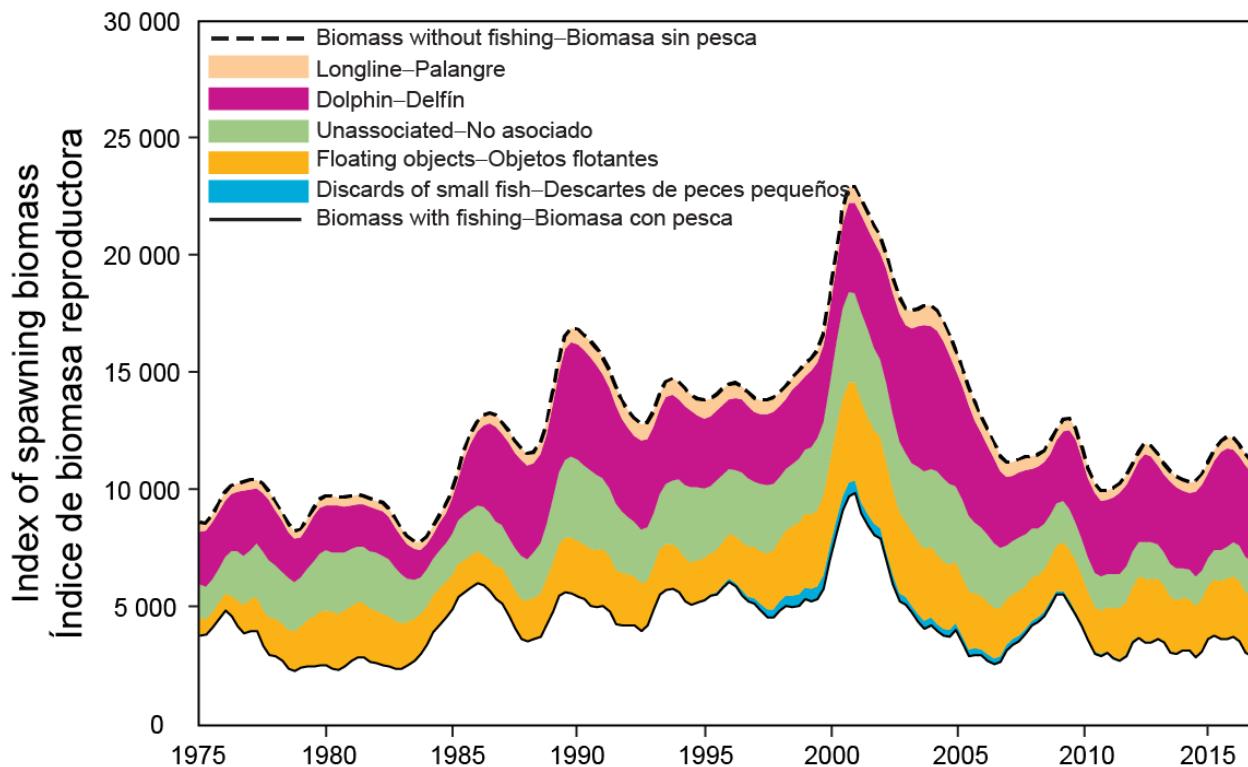


FIGURE B-4. Biomass trajectory of a simulated population of yellowfin tuna that was never exploited (dashed line) and that predicted by the stock assessment model (solid line). The shaded areas between the two lines show the portions of the fishery impact attributed to each fishing method.

FIGURA B-4. Trayectoria de la biomasa de una población simulada de atún aleta amarilla que nunca fue explotada (línea de trazos) y aquella predicha por el modelo de evaluación de la población (línea sólida). Las áreas sombreadas entre las dos líneas representan la porción del impacto de la pesca atribuida a cada método de pesca.

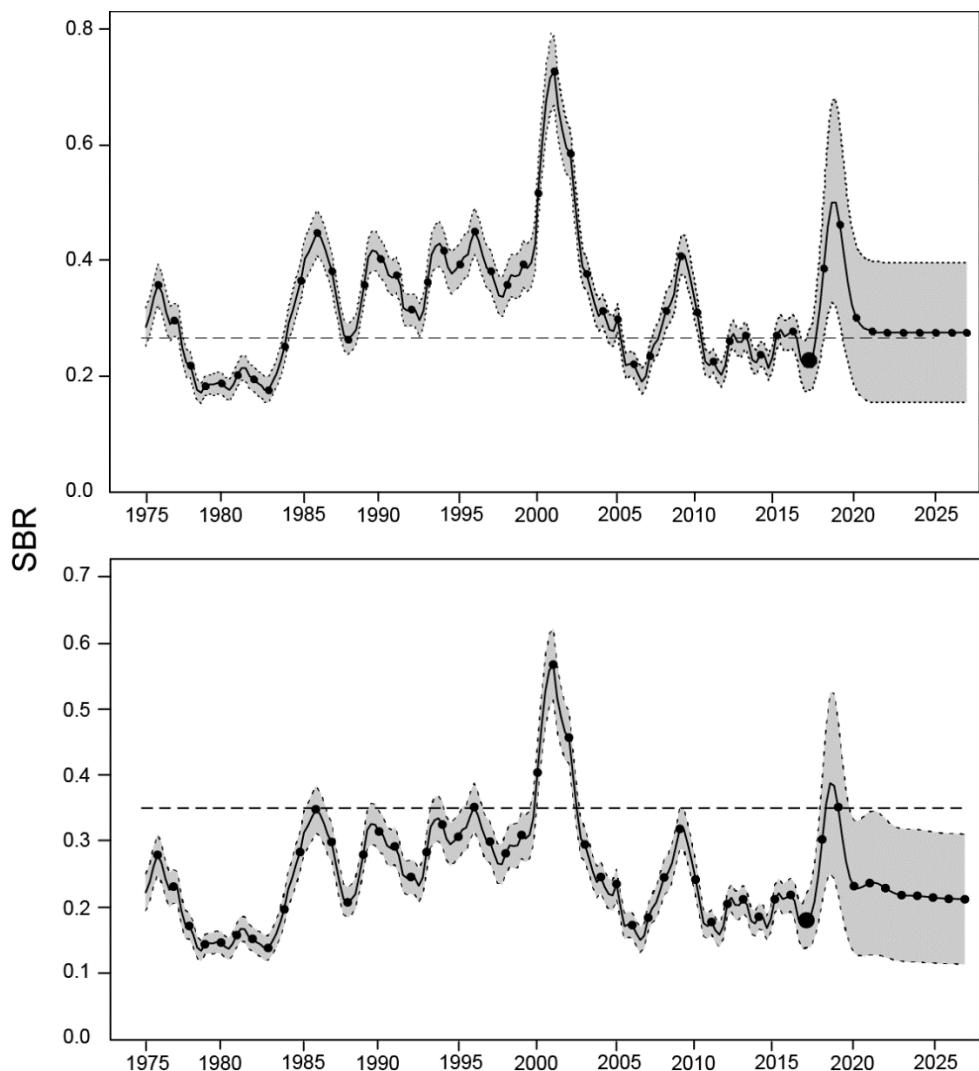


FIGURE B-5. Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2017-2027 based on average fishing mortality rates during 2014-2016, from the base case (top) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$, bottom). The dashed horizontal line (at 0.27 and 0.35, respectively) identifies the SBR at MSY. The solid curve illustrates the maximum likelihood estimates, and the estimates after 2017 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2014-2016, and average environmental conditions occur during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

FIGURA B-5. Cocientes de biomasa reproductora (SBR) de atún aleta amarilla en el OPO, con proyecciones para 2017-2027 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2014-2016, del caso base (arriba) y el análisis de sensibilidad que supone una relación población-reclutamiento ($h = 0.75$, abajo). La línea de trazos horizontal (en 0.27 y 0.35, respectivamente) identifica el SBR correspondiente al RMS. La curva sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2017 (punto grande) indican el SBR que se predice ocurrirá con tasas de mortalidad por pesca en el promedio de aquellas observadas durante 2014-2016, y con condiciones ambientales medias durante los 10 años próximos. El área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% aproximados alrededor de esas estimaciones.

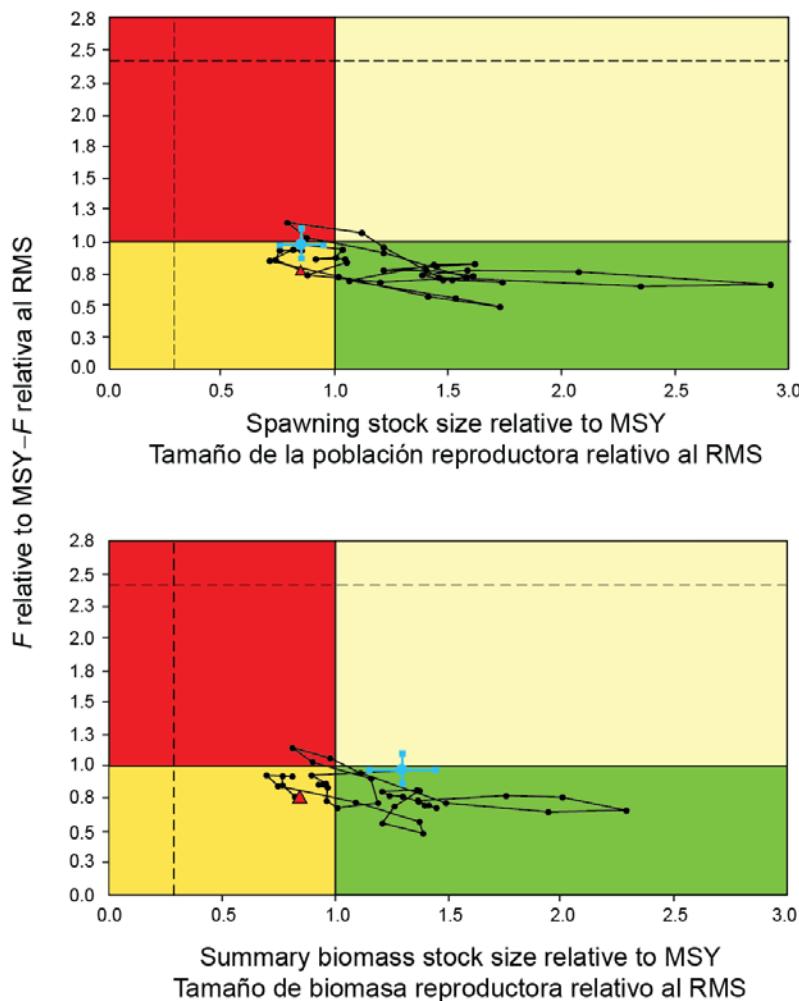


FIGURE B-6. Kobe (phase) plot of the time series of estimates of stock size (top panel: spawning biomass; bottom panel: total biomass of fish aged 3+ quarters) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent interim target reference points (S_{MSY} and F_{MSY}). The dashed lines represent the interim limit reference points of $0.28 * S_{MSY}$ and $2.42 * F_{MSY}$, which correspond to a 50% reduction in recruitment from its average unexploited level based on a conservative steepness value ($h = 0.75$) for the Beverton-Holt stock-recruitment relationship. Each dot is based on the average exploitation rate over three years; the large blue dot indicates the most recent estimate. The squares around the most recent estimate represent its approximate 95% confidence interval. The triangle represents the first estimate (1975).

FIGURA B-6. Gráfica de Kobe (fase) de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población (panel superior: biomasa reproductora; panel inferior: biomasa total de peces de 3+ trimestres de edad) y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de RMS. Las líneas de trazo representan los puntos de referencia límite provisionales de $0.28 * S_{RMS}$ y $2.42 * F_{RMS}$, que corresponden a una reducción de 50% del reclutamiento de su nivel medio no explotado basada en un valor cauteloso de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt ($h = 0.75$). Cada punto se basa en la tasa de explotación media por trienio; el punto azul grande indica la estimación más reciente. Los cuadrados alrededor de la estimación más reciente representan su intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo representa la primera estimación (1975).

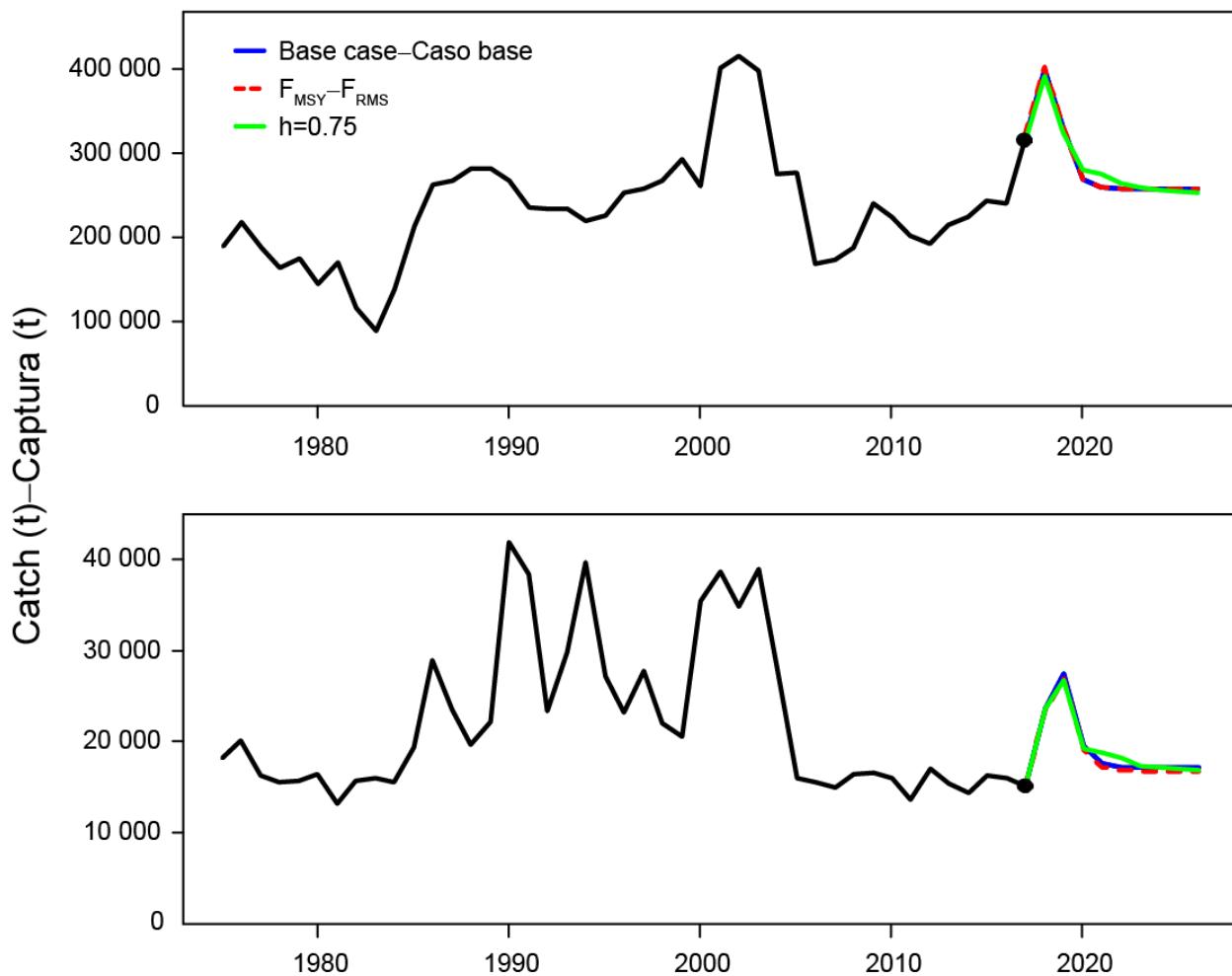


FIGURE B-7. Historic and projected annual catches of yellowfin tuna by surface (top panel) and longline (bottom panel) fisheries from the base case while fishing with the current effort, the base case while fishing at the fishing mortality corresponding to MSY (F_{MSY}), and the analysis of sensitivity to steepness ($h = 0.75$) of the stock-recruitment relationship while fishing with the current effort. The large dot indicates the most recent catch (2016).

FIGURA B-7. Capturas históricas y proyectadas de atún aleta amarilla de las pesquerías de superficie (panel superior) y palangre (panel inferior), del caso base con el nivel actual de esfuerzo, del caso base con la mortalidad por pesca correspondiente al RMS (F_{RMS}), y el análisis de sensibilidad a la inclinación ($h = 0.75$) de la relación población-reclutamiento con el nivel actual de esfuerzo. El punto grande indica la captura más reciente (2016).

TABLE B-1. MSY and related quantities for the base case and the stock-recruitment relationship sensitivity analysis, based on average fishing mortality (F) for 2014-2016. B_{recent} and B_{MSY} are defined as the biomass, in metric tons, of fish 3+ quarters old at the start of the first quarter of 2017 and at MSY, respectively, and S_{recent} and S_{MSY} are defined as indices of spawning biomass (therefore, they are not in metric tons). C_{recent} is the estimated total catch for 2016.

TABLA B-1. RMS y cantidades relacionadas para el caso base y el análisis de sensibilidad a la relación población-reclutamiento, basados en la mortalidad por pesca (F) media de 2012-2014. Se definen B_{recent} y B_{RMS} como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2015 y en RMS, respectivamente, y S_{recent} y S_{RMS} como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas). C_{recent} es la captura total estimada de 2015.

YFT	Base case Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	274,960	290,578
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	380,496	564,435
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,624	6,093
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.32	0.37
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.35
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.93	0.88
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.30	0.87
$S_{\text{recent}}/\text{MSY} - S_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.86	0.51
F multiplier-Multiplicador de F	1.03	0.66

B. ATÚN ALETA AMARILLA

Este informe presenta la evaluación más reciente de la población del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se usó un modelo de evaluación de poblaciones estadístico integrado con estructura por edad (*Stock Synthesis Versión 3.23b*) en la evaluación, que se basa en el supuesto que existe una sola población de aleta amarilla en el OPO.

El aleta amarilla se encuentra distribuido en todo el Océano Pacífico, pero la mayor parte de la captura proviene de las regiones oriental y occidental. Las capturas cerqueras de aleta amarilla son relativamente bajas cerca del límite occidental del OPO en 150°O ([Figure A-1a](#) and [A-1b](#)). La mayoría de la captura en el OPO proviene de lances cerqueros sobre aletas amarillas asociados a delfines y en cardúmenes no asociados ([Figure B-1](#)). Estudios de marcado de aleta amarilla en todas partes del Pacífico indican que los peces suelen permanecer a menos de 1 800 km de su posición de liberación. Esta fidelidad regional, junto con la variación geográfica en las características fenotípicas y genotípicas del aleta amarilla mostrada en algunos estudios, indica que podrían existir múltiples poblaciones de aleta amarilla en el OPO y en todo el Océano Pacífico. Esto es consistente con el hecho que las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) palangrera son diferentes en distintas zonas en el OPO. No obstante, las tasas de desplazamiento entre esas poblaciones, así como a través del meridiano de 150°O, no pueden ser estimadas con los datos de marcado actualmente disponibles.

La evaluación del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 2016 es similar a la evaluación previa, con la añadidura de datos nuevos y actualizados (por ejemplo, capturas [Figura B-1](#)) Existe incertidumbre con respecto a los niveles recientes y futuros de reclutamiento ([Figura B-2](#)) y biomasa ([Figura B-5](#)). Han ocurrido posiblemente tres regímenes distintos de productividad desde 1975, y los niveles de rendimiento máximo sostenible (RMS) y las biomassas correspondientes al RMS podrían ser diferentes entre regímenes. El reclutamiento fue inferior al promedio hasta 1982, principalmente superior al promedio desde 1983 hasta 2002, y luego principalmente inferior al promedio hasta 2014. Se estima que los reclutamientos anuales de 2015 y 2016 fueron superiores al promedio. El cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*; SBR) ha estado en el promedio, o por debajo del mismo, desde 2006, excepto durante 2008-2010. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2014-2016), se predice que el SBR aumentará en los dos próximos años debido a los grandes reclutamientos recientes, y se estabilizará alrededor del nivel de RMS si el reclutamiento es medio.

La mortalidad por pesca (F) reciente está ligeramente por debajo del nivel de RMS de (multiplicador de $F = 1.03$), y se estima que la biomasa reproductora (S) actual está por debajo de dicho nivel ($S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 0.86$) ([Tabla B-1](#) y [Figura B-6](#)). No obstante, la biomasa reciente de peces de tres trimestres de edad o más (B) es mayor que aquella correspondiente al RMS ($B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 1.30$), debido a los altos reclutamientos de 2015 y 2016. Se predice que las capturas también aumentarán en el futuro cercano ([Figura B-7](#)). Tal como se comenta en el documento [SAC-07-05b](#), estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos acerca del parámetro de inclinación (h) de la relación población-reclutamiento, el tamaño medio de los peces más viejos (L_2), y el nivel supuesto de mortalidad natural (M). Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento, un valor más alto de L_2 , y tasas de M más bajas para el aleta amarilla adulto. Las evaluaciones previas informaron que los componentes de datos divergen en su información sobre los niveles de abundancia: los resultados son más pesimistas si se reduce la ponderación asignada a los datos de frecuencia de talla, y más optimistas si se ajusta el modelo más estrechamente al índice de abundancia relativa basado en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería cerquera del norte asociada a delfines en lugar de aquel de la pesquería palangrera del sur.

Se ha ejercido la mortalidad por pesca (F) máxima sobre peces de entre 11 y 20 trimestres (2.75-5 años) de edad. La F media anual viene aumentando para todas clases de edad desde 2009, pero en 2016 mostró una ligera disminución para el grupo de edad de 11-20 trimestres ([Figura B-3](#)).

Históricamente, las pesquerías cerqueras asociadas a delfines y no asociada ejercen el mayor impacto sobre la biomasa reproductora del aleta amarilla, seguidas por las pesquerías sobre objetos flotantes

([Figura B-4](#)). En años más recientes, el impacto de las pesquerías sobre objetos flotantes ha sido mayor que aquel de las pesquerías no asociadas. Los impactos de las pesquerías palangreras y de descarte son mucho menores, y han disminuido en años recientes. Incrementar el peso promedio del aleta amarilla capturado podría incrementar el RMS.

C. SKIPJACK TUNA

Skipjack are distributed across the Pacific Ocean, and it is likely that there is a continuous stock throughout the Pacific Ocean, with exchange of individuals at a local level, although large-scale movements are thought to be rare. The bulk of the catches of skipjack are made in the eastern and western regions; the purse-seine catches are relatively low in the vicinity of the western boundary of the EPO at 150°W. The movements of tagged skipjack generally cover hundreds, rather than thousands, of kilometers, and exchange of fish between the eastern and western Pacific Ocean appears to be limited. Movement rates between the EPO and the western Pacific cannot be estimated with currently-available tagging data.

Biomass, recruitment, and fishing mortality are estimated to be highly variable over time. However, the estimates differ among the alternative assessment methods and are uncertain because: 1) it is unknown if catch-per-day-fished for purse-seine fisheries is proportional to abundance; 2) it is possible that there is a population of large skipjack that is invulnerable to the fisheries; and 3) the structure of the EPO stock in relation to the western and central Pacific stocks is uncertain. In addition, maximum yields are estimated to be achieved with infinite fishing mortality because the critical weight is less than the average weight at recruitment to the fishery. Although, this is uncertain because of uncertainties in the estimates of natural mortality and growth. For this reason, no traditional reference points are available for skipjack tuna in the EPO. Consequently, indicators and reference levels have been used to evaluate the status of the stock. The data- and model-based indicators have yet to detect any adverse impacts of the fishery. The average weight has declined to levels seen in the early 1980s and was below its lower reference level in 2015 and 2016 ([Figure C-1](#)), which can be a consequence of overexploitation, but it can also be caused by recent recruitments being greater than past recruitments or expansion of the fishery into areas occupied by smaller skipjack. The low levels are likely due to the large recruitments in 2015 and 2016.

Susceptibility and productivity analysis (PSA; see [IATTC Fishery Status Report 12](#), p 149) shows that skipjack has substantially higher productivity than bigeye tuna. Biomass and fishing mortality corresponding to MSY are, respectively, negatively and positively related to productivity. Therefore, since skipjack and bigeye have about the same susceptibility, which is related to fishing mortality, the status of skipjack can be inferred from the status of bigeye. The current assessment of bigeye tuna estimates that the fishing mortality is less than F_{MSY} ; therefore, the fishing mortality for skipjack should also be less than F_{MSY} . Since effort has been relatively constant over the past 15 years and biomass at historical highs, this also implies that skipjack biomass is above B_{MSY} .

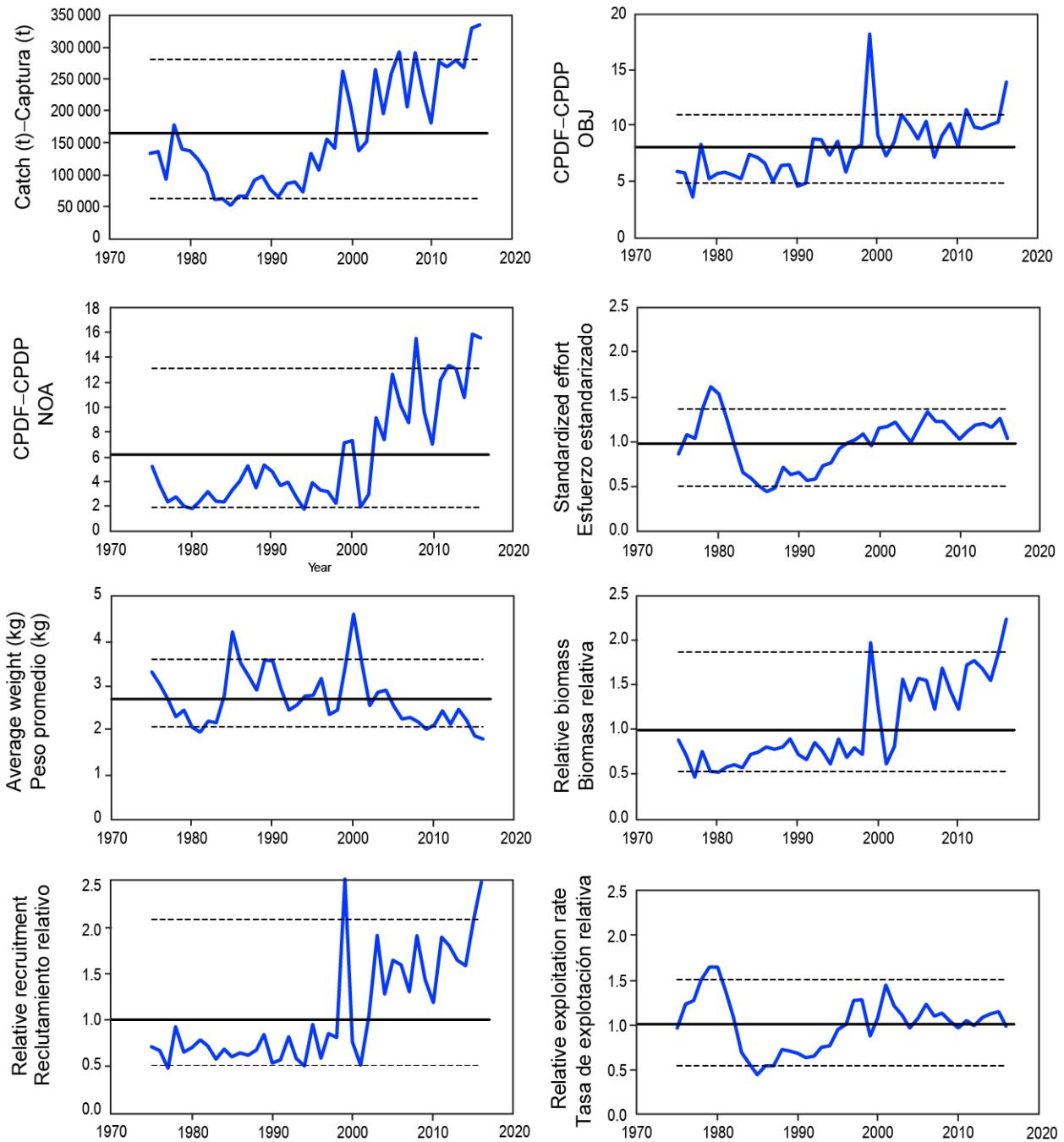


FIGURE C-1. Indicators of stock status for skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean. OBJ: floating-object fishery; NOA: unassociated fishery; CPDF: catch per day fished. All indicators are scaled so that their average equals one.

FIGURA C-1. Indicadores del estatus de la población de atún barrilete en el Océano Pacífico oriental. OBJ: pesquería sobre objetos flotantes; NOA: pesquería no asociada; CPDP: captura por día de pesca. Se escalan todos los indicadores para que su promedio equivalga a uno.

C. ATÚN BARRILETE

El barrilete se encuentra distribuido por todo el Océano Pacífico, y es probable que exista una población continua por todo el Océano Pacífico, con intercambio de individuos a nivel local, aunque se cree que los desplazamientos a gran escala son poco comunes. La mayoría de las capturas de barrilete provienen de las regiones oriental y occidental; las capturas cerqueras son relativamente bajas cerca del límite occidental del OPO en 150°O. Los desplazamientos de barriletes marcados cubren generalmente centenares, no miles, de kilómetros, y el intercambio de peces entre el Océano Pacífico oriental y occidental parece ser limitado. Las tasas de desplazamiento entre el OPO y el Pacífico occidental no pueden ser estimadas con los datos de marcado actualmente disponibles.

Se estima que la biomasa, el reclutamiento, y la mortalidad por pesca son altamente variables a lo largo del tiempo. Sin embargo, las estimaciones son diferentes entre los distintos métodos de evaluación y son inciertos porque: 1) no se sabe si la captura por día de pesca en las pesquerías de cerco es proporcional a la abundancia; 2) es posible que exista una población de barrilete grande que es invulnerable a las pesquerías; y 3) la estructura de la población del OPO en relación a las poblaciones del Pacífico occidental y central es incierta. Además, se estima que se logran los rendimientos máximos con una mortalidad por pesca infinita porque el peso crítico es menor que el peso promedio de reclutamiento a la pesquería. No obstante, esto es incierto debido a incertidumbres en las estimaciones de mortalidad natural y crecimiento. Por este motivo, no se dispone de puntos de referencia tradicionales para el barrilete en el OPO. Por consecuencia, se han usado indicadores y niveles de referencia para evaluar la condición de la población.

Los indicadores basados en datos y en modelos todavía no han detectado ningún impacto adverso de la pesca. El peso promedio ha disminuido a niveles vistos a principios de los años 1980, y estuvo por debajo de su nivel de referencia inferior en 2015 y 2016 ([Figura C-1](#)), lo cual puede ser consecuencia de sobreexplotación, pero también puede ser causado por el hecho que los reclutamientos recientes han sido mayores que los anteriores, o por la expansión de la pesquería a zonas ocupadas por barriletes más pequeños.

Un análisis de susceptibilidad y productividad (PSA; ver [Informe de la situación de la pesquería 12](#), p 172) señala que la productividad del barrilete es sustancialmente mayor que aquella del atún patudo. La biomasa y mortalidad por pesca correspondientes al RMS están relacionadas negativa y positivamente, respectivamente, con la productividad. Por lo tanto, ya que la susceptibilidad (que está relacionada con la mortalidad por pesca) del barrilete y patudo son aproximadamente iguales, la condición del barrilete puede ser inferida a partir de la condición del patudo. La evaluación actual del patudo estima que la mortalidad por pesca es menos que F_{RMS} ; por lo tanto, la mortalidad por pesca del barrilete debería ser menos que F_{RMS} . Ya que el esfuerzo y la biomasa del barrilete han sido relativamente constantes durante los 15 últimos años, esto implica asimismo que la biomasa del barrilete está por encima de B_{RMS} .

D. BIGEYE TUNA

This report presents the most current stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean (EPO). An integrated statistical age-structured stock assessment model (Stock Synthesis 3.23b) was used in the assessment.

There have been substantial changes in the bigeye tuna fishery in the EPO over recent decades ([Figure D-1](#)). Initially, most bigeye catch was taken by longline vessels. With the expansion of the fishery on fish-aggregating devices (FADs) since 1993, the purse-seine fishery has taken an increasing component of the bigeye catch. In recent years, purse-seine catches of bigeye were taken primarily between 5°N and 5°S across the equatorial Pacific as far west as the western boundary (150°W) of the EPO ([Figure A-3](#)). The longline catches of bigeye in the EPO are predominantly taken below 5°N ([Figure A-4](#)). The assessment is conducted as if there were a single stock of bigeye in the EPO, with minimal net movement of fish between the EPO and the western and central Pacific Ocean (WCPO). Its results are consistent with the results of other analyses of bigeye tuna on a Pacific-wide basis. However, the distribution of the bigeye catches extends across the equatorial Pacific Ocean. In addition, a large amount of conventional and electronic tagging data has recently accumulated from the Pacific Tuna Tagging Programme, which has focused its bigeye tagging efforts between 180° and 140°W since 2008. The tag recoveries clearly show that there is extensive longitudinal movement of bigeye across the IATTC's management boundary at 150°W, in particular from west to east. The IATTC staff will continue to collaborate with SPC on research into a Pacific-wide stock assessment model for bigeye. This will incorporate the new tagging data in a spatially-structured population dynamics model, which will help in the ongoing evaluation of potential biases resulting from ignoring exchange of fish across the WCPO-EPO boundary in the current approach of conducting separate assessments for the EPO and WCPO.

The assessment of bigeye tuna in the EPO in 2016 is similar to the previous assessment, except for the addition of new or updated data (e.g. catches, [Figure D-1](#)). The results of this assessment indicate a recovering trend for bigeye in the EPO during 2005-2009, subsequent to IATTC tuna conservation resolutions initiated in 2004 ([Figure D-5](#)). However, although the resolutions have continued since 2009, the rebuilding trend was not sustained during 2010-2013, and the spawning biomass ratio (SBR) gradually declined to a historically low level of 0.16 at the start of 2013. This decline could be related to the below-average recruitments in 2007 and 2008 ([Figure D-2](#)), and coincides with a series of particularly strong La Niña events. More recently, the SBR is estimated to have increased greatly, from 0.16 in 2013 to 0.26 at the start of 2017 ([Figure D-5](#)), in the model, this increase is driven mainly by the recent increase in the catch per unit of effort (CPUE) of the longline fisheries that catch adult bigeye. This increase can be attributed to the strong recruitment in 2012. There is uncertainty about recent and future levels of recruitment and biomass. At current levels of fishing mortality, and if effort and catchability continue at recent levels and average recruitment persists, the spawning biomass is predicted to stabilize around the current SBR of 0.26, above the level corresponding to the maximum sustainable yield (MSY) (0.21) ([Figure D-5](#)) and the catches are predicted to decrease slightly ([Figure D-7](#)).

There have been important changes in the amount of fishing mortality caused by the fisheries that catch bigeye tuna in the EPO. On average, since 1993 the fishing mortality of bigeye less than 13 quarters old has increased substantially ([Figure D-3](#)). The increase in the fishing mortality of the younger fish was caused by the expansion of the purse-seine fisheries that catch tuna in association with floating objects. It is clear that the longline fishery had the greatest impact on the stock prior to 1995, but with the decrease in longline effort and the expansion of the floating-object fishery, at present the impact of the purse-seine fishery on the bigeye stock is far greater than that of the longline fishery ([Figure D-4](#)). The discarding of small bigeye has a small, but detectable, impact on the depletion of the stock.

According to the base case assessment, recent fishing mortality rates (F) are below the level corresponding to MSY (F_{MSY}), whereas recent spawning biomasses are above that level ([Table D-1](#) and [Figure D-6](#)). These interpretations are subject to uncertainty, but do not exceed the limit reference points; however, they are highly sensitive to the assumptions made about the steepness parameter (h) of the stock-recruitment

relationship, the weighting assigned to the size-composition data (in particular to the longline size-composition data), the growth curve, and the assumed rates of natural mortality (M) for bigeye.

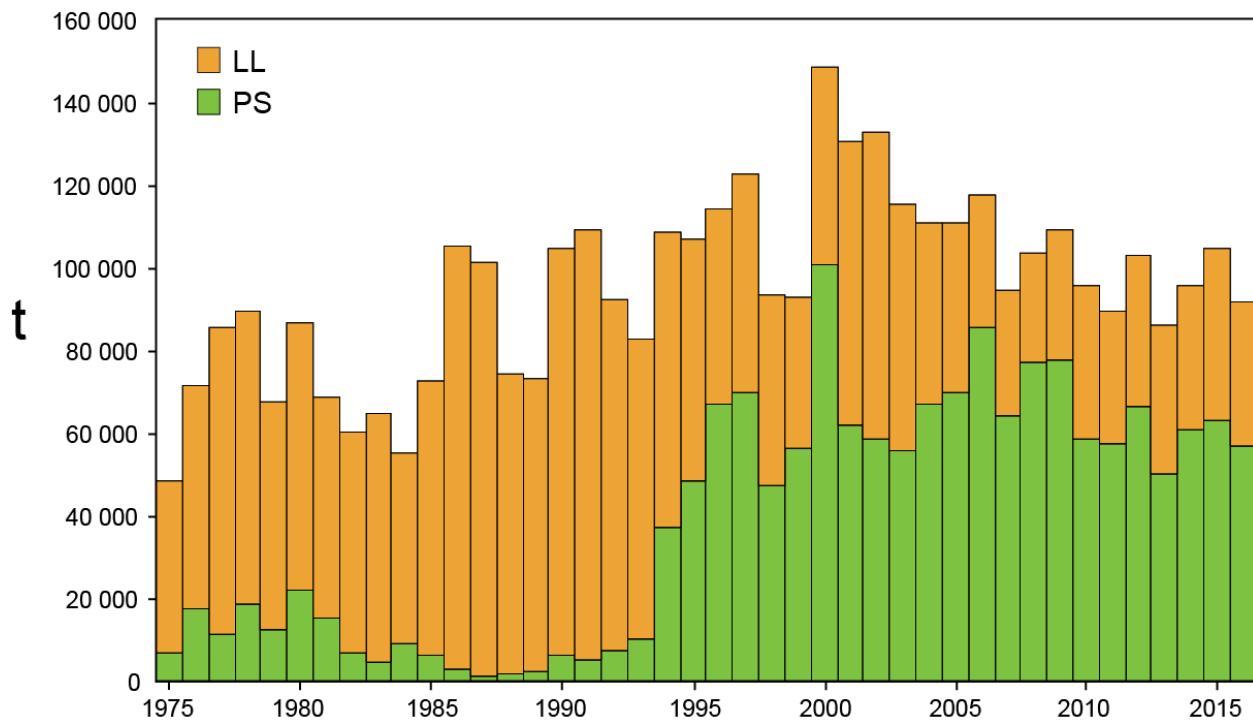


FIGURE D-1. Total catches (retained catches plus discards) of bigeye tuna by the purse-seine fisheries, and retained catches for the longline fisheries, in the eastern Pacific Ocean, 1975-2016. The purse-seine catches are adjusted to the species composition estimate obtained from sampling the catches. The 2016 catch data are preliminary.

FIGURA D-1. Capturas totales (capturas retenidas más descartes) de atún patudo por las pesquerías de Cerco, y capturas retenidas de las pesquerías palangreras, en el Océano Pacífico oriental, 1975-2016. Se ajustan las capturas cerqueras a la estimación de la composición por especie obtenida del muestreo de las capturas. Los datos de captura de 2016 son preliminares.

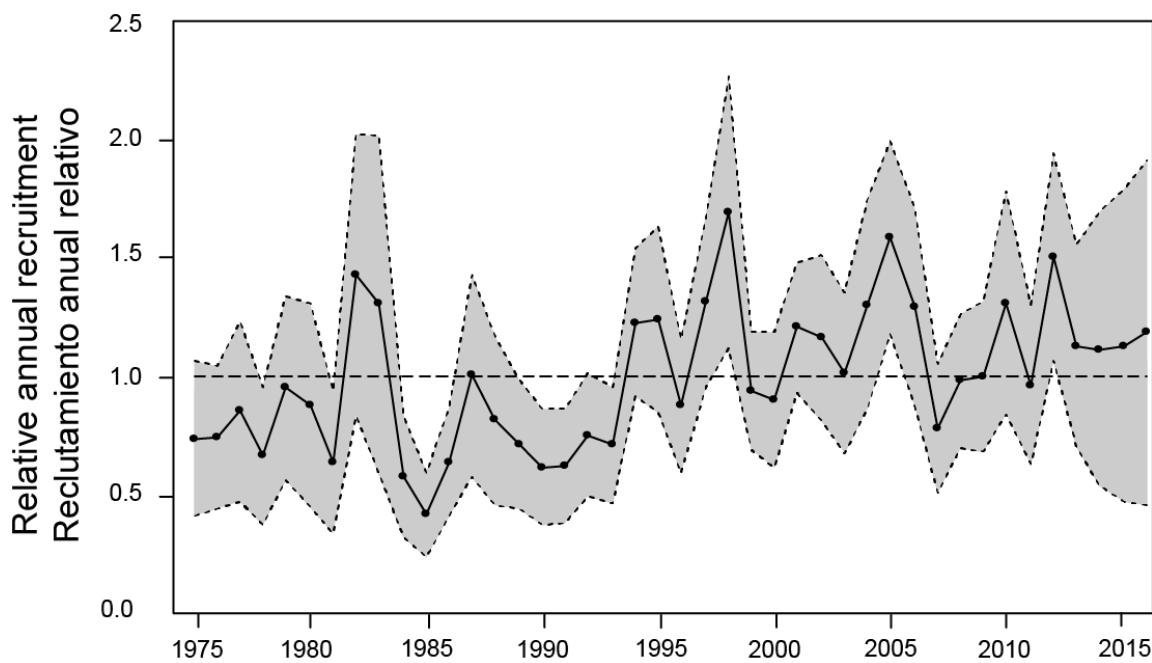


FIGURE D-2. Estimated annual recruitment of bigeye tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the estimate of virgin recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line shows the maximum likelihood estimates of recruitment, and the shaded area indicates the approximate 95% intervals around those estimates.

FIGURA D-2. Reclutamiento estimado de atún patudo a las pesquerías del OPO. Se ajusta la escala de las estimaciones para que la estimación de reclutamiento virgen equivalga a 1.0 (línea de trazos horizontal). La línea sólida indica las estimaciones de reclutamiento de verosimilitud máxima, y el área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% aproximados de esas estimaciones.

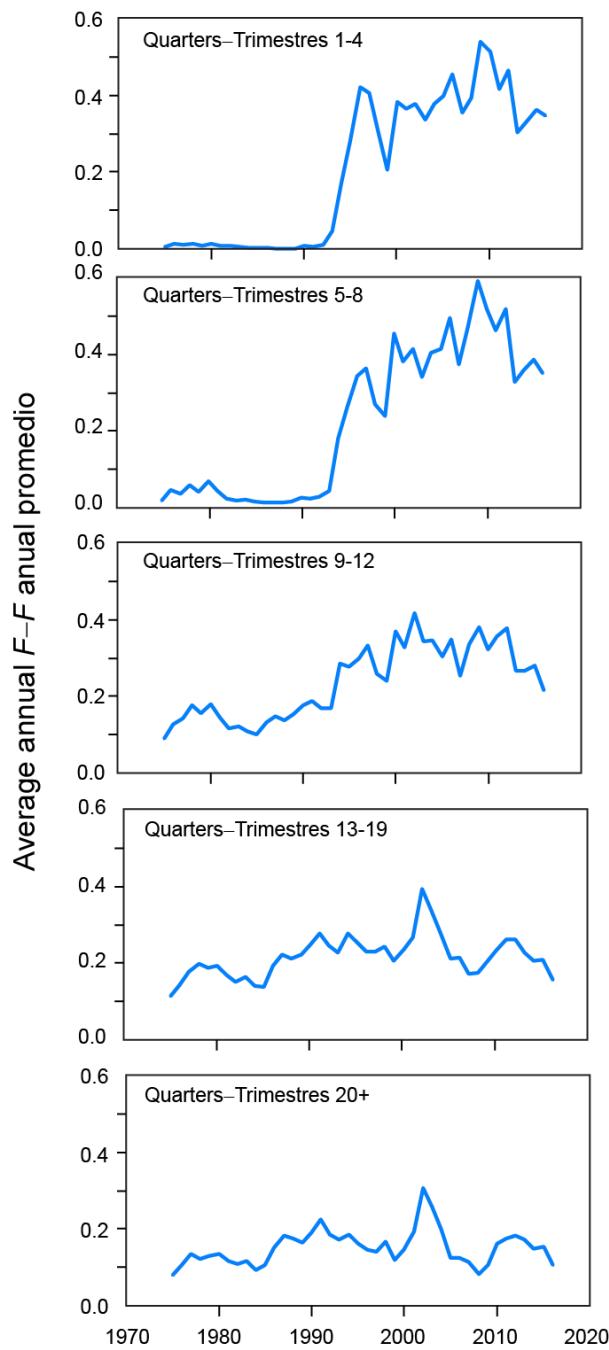


FIGURE D-3. Average annual fishing mortality, by all gears, of bigeye tuna recruited to the fisheries of the EPO. Each panel illustrates the average fishing mortality rates that affected the fish within the range of ages indicated in the title of each panel. For example, the trend illustrated in the top panel is an average of the fishing mortalities that affected the fish that were 1-4 quarters old.

FIGURA D-3. Mortalidad por pesca anual media, por todas las artes, de atún patudo reclutado a las pesquerías del OPO. Cada recuadro ilustra las tasas medias de mortalidad por pesca que afectaron a los peces de la edad indicada en el título de cada recuadro. Por ejemplo, la tendencia ilustrada en el recuadro superior es un promedio de las mortalidades por pesca que afectaron a los peces de entre 1 y 4 trimestres de edad.

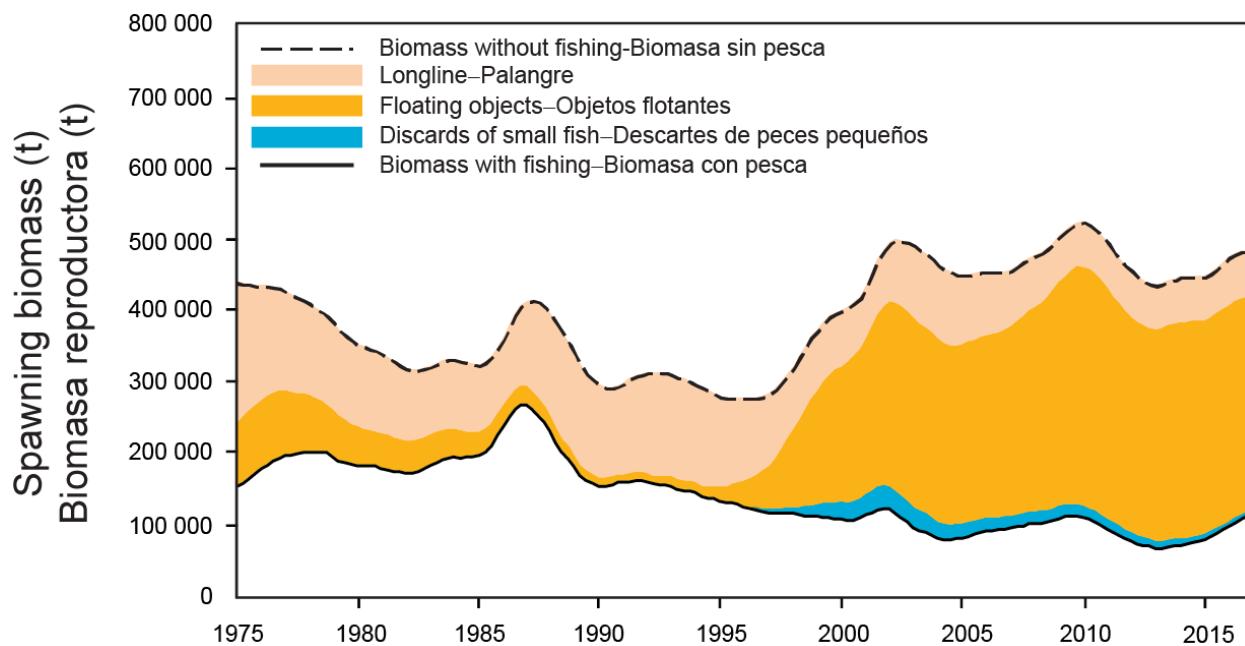


FIGURE D-4. Trajectory of the spawning biomass of a simulated population of bigeye tuna that was not exploited (top line) and that predicted by the stock assessment model (bottom line). The shaded areas between the two lines show the portions of the impact attributed to each fishing method. t = metric tons.

FIGURA D-4. Trayectoria de la biomasa reproductora de una población simulada de atún patudo no explotada (línea superior) y la que predice el modelo de evaluación (línea inferior). Las áreas sombreadas entre las dos líneas señalan la porción del efecto atribuida a cada método de pesca. t = toneladas.

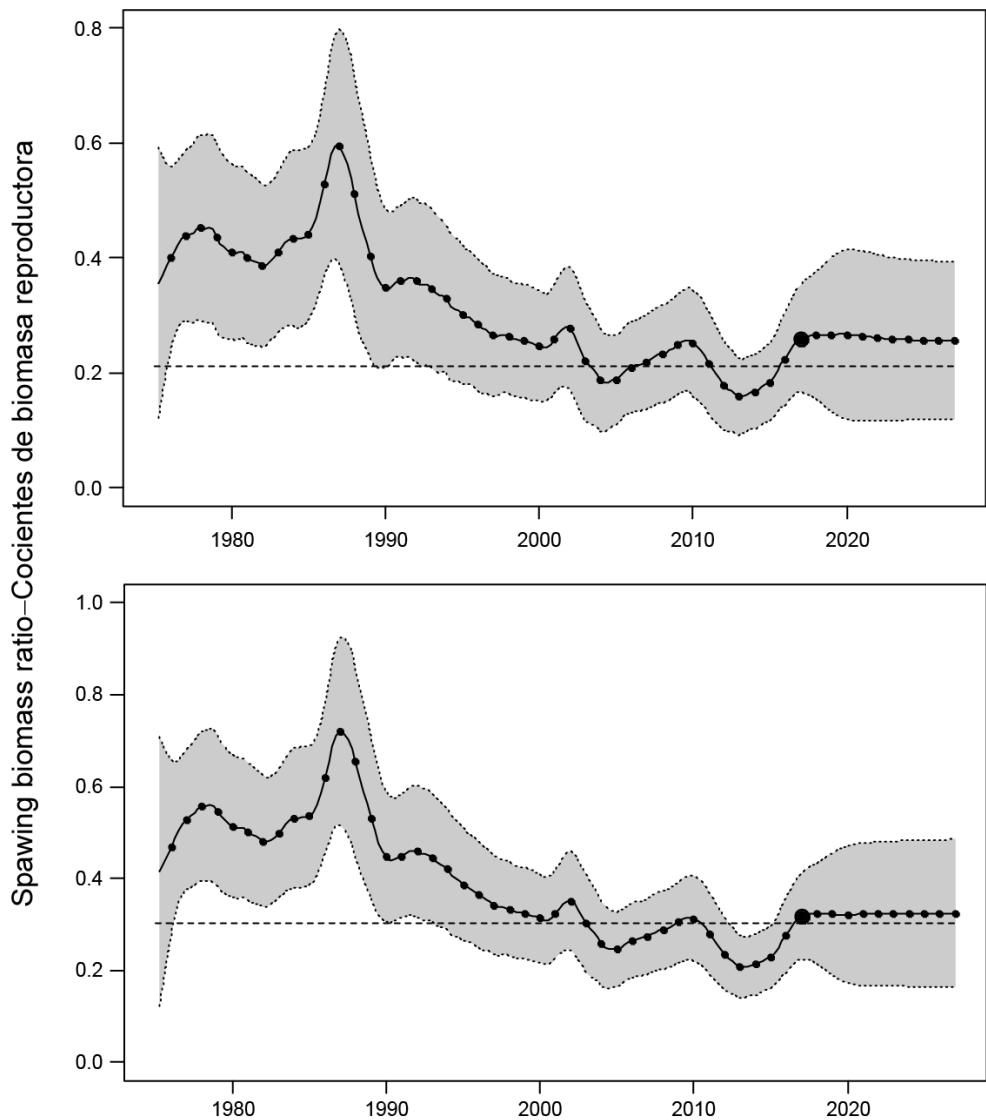


FIGURE D-5. Estimated spawning biomass ratios (SBRs) of bigeye tuna in the EPO, including projections for 2017-2027 based on average fishing mortality rates during 2014-2016, from the base case (top panel) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$, bottom panel). The dashed horizontal line (at 0.21 and 0.30, respectively) identifies the SBR at MSY. The solid line illustrates the maximum likelihood estimates, and the estimates after 2017 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2014-2016, and recruitment is average during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95-percent confidence intervals around those estimates.

FIGURA D-5. Cocientes de biomasa reproductora (SBR) estimados de atún patudo en el OPO, incluyendo proyecciones para 2017-2027 basadas en las tasas medias de mortalidad por pesca durante 2014-2016, del caso base (recuadro superior) y el análisis de sensibilidad que supone una relación población-reclutamiento ($h = 0.75$, recuadro inferior). La línea de trazos horizontal (en 0.21 y 0.30, respectivamente) identifica SBRRMS. La línea sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2017 (el punto grande) señalan el SBR que se predice ocurrirá si las tasas de mortalidad por pesca continúan en el promedio observado durante 2014-2016 y el reclutamiento es promedio durante los 10 años próximos. El área sombreada representa los intervalos de confianza de 95% alrededor de esas estimaciones.

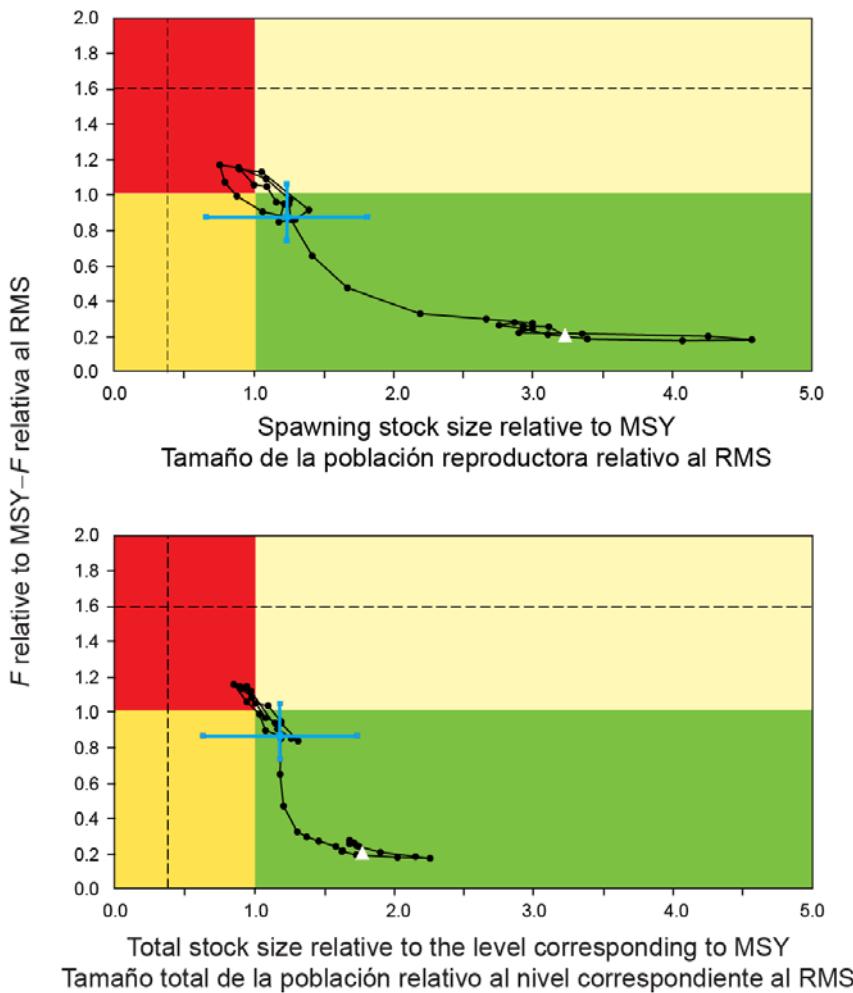


FIGURE D.6. Kobe (phase) plot of the time series of estimates of spawning stock size (top panel: spawning biomass; bottom panel: total biomass aged 3+ quarters) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The colored panels represent interim target reference points (S_{MSY} and F_{MSY} ; solid lines) and limit reference points (dashed lines) of $0.38 S_{MSY}$ and $1.6 F_{MSY}$, which correspond to a 50% reduction in recruitment from its average unexploited level based on a conservative steepness value ($h = 0.75$) for the Beverton-Holt stock-recruitment relationship. Each dot is based on the average fishing mortality rate over three years; the large dot indicates the most recent estimate. The squares around the most recent estimate represent its approximate 95% confidence interval. The triangle represents the first estimate (1975).

FIGURA D.6. Gráfica de Kobe (fase) de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población reproductora (panel superior: biomasa reproductora; panel inferior: biomasa total de edad 3+ trimestres) y la mortalidad por pesca relativas a sus puntos de referencia de RMS. Los recuadros colorados representan los puntos de referencia objetivo provisionales (S_{RMS} y $1F_{RMS}$; líneas sólidas) y los puntos de referencia límite (líneas de trazos) de $0,38 S_{RMS}$ y $1,6 F_{RMS}$, que corresponden a una reducción de 50% del reclutamiento de su nivel medio no explotado basada en un valor cauteloso ($h = 0,75$) de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt. Cada punto se basa en la tasa de explotación media de un trienio; el punto grande indica la estimación más reciente. Los cuadros alrededor de la estimación más reciente representan su intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo representa la primera estimación (1975).

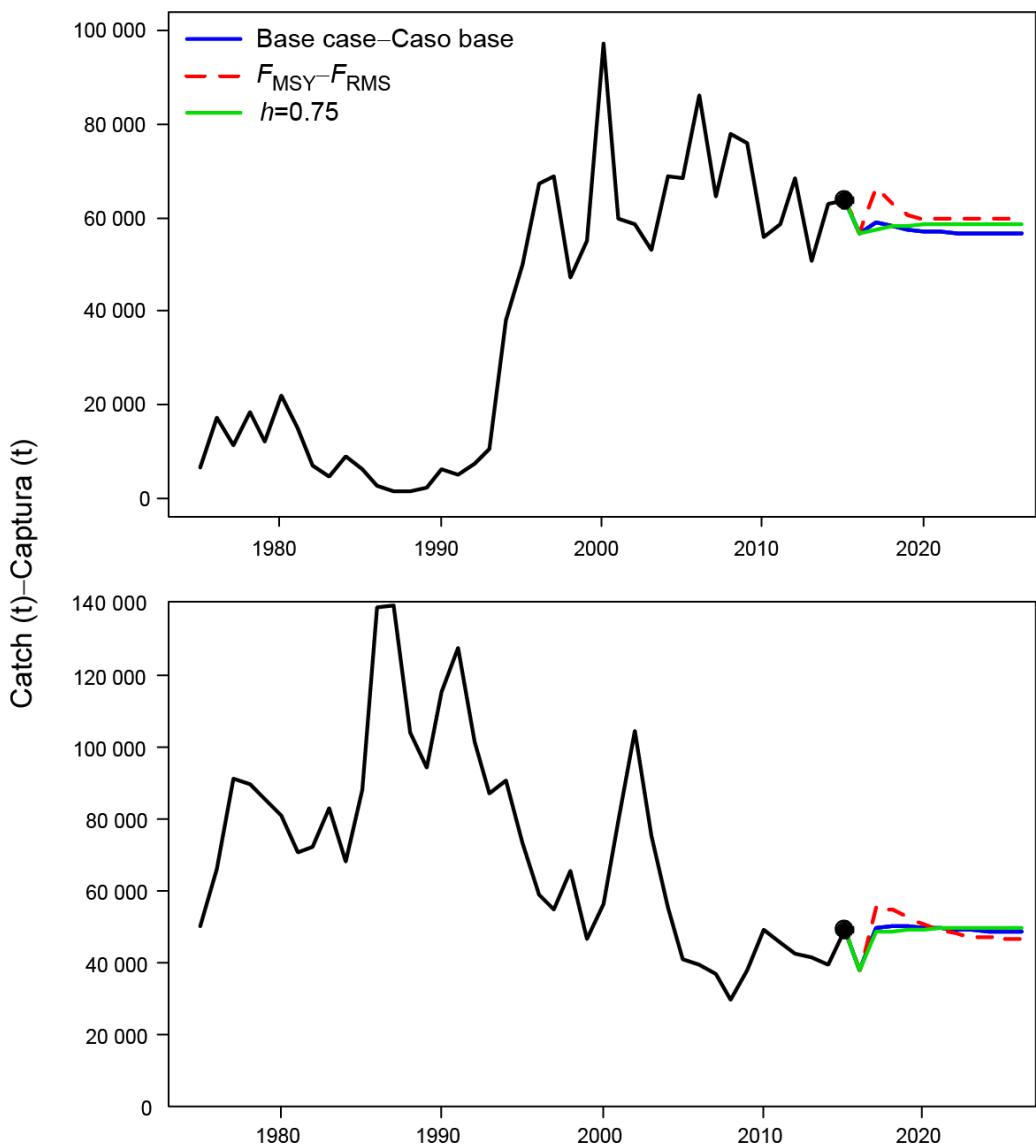


FIGURE D-7. Historic and projected annual catches of bigeye tuna over a period of 10 years by surface (top panel) and longline (bottom panel), based on fishing mortality rates during 2014-2016. Projected catches are compared between the base case, the analysis assuming F_{MSY} , and the analysis in which a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$) was used. t = metric tons.

FIGURA D-7. Capturas anuales históricas y proyectadas de atún patudo durante un decenio por las pesquerías de superficie (recuadro superior) y de palangre (recuadro inferior), basadas en las tasas de mortalidad por pesca durante 2014-2016. Se comparan las capturas proyectadas entre el caso base, el análisis que supone F_{RMS} , y el análisis en el que se usa una relación población-reclutamiento ($h = 0.75$). t = toneladas.

TABLE D.1. Estimates of the MSY and its associated quantities for bigeye tuna for different assumptions on steepness (h). All analyses are based on average fishing mortality during 2014-2016. B_{recent} and B_{MSY} are defined as the biomass of fish 3+ quarters old (in metric tons) at the beginning of 2017 and at MSY, respectively. S_{recent} and S_{MSY} are in metric tons. C_{recent} is the estimated total catch in 2016. The F multiplier indicates how many times effort would have to be effectively increased to achieve the MSY in relation to the average fishing mortality during 2014-2016.

TABLA D.1. Estimaciones del RMS y sus cantidades asociadas para el atún patudo correspondientes a distintos supuestos de la inclinación (h). Todos los análisis se basan en la mortalidad por pesca promedio de 2014-2016. Se definen B_{recent} y B_{RMS} como la biomasa de peces de 3+ trimestres de edad (en toneladas) al principio de 2017 y en RMS, respectivamente. Se expresan S_{recent} y S_{RMS} en toneladas. C_{recent} es la captura total estimada en 2016. El multiplicador de F indica cuántas veces se tendría que incrementar el esfuerzo para lograr el RMS en relación con la mortalidad por pesca media durante 2014-2016.

	Base case- Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	106,201	108,635
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	391,298	748,975
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	96,360	207,133
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.26	0.34
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.21	0.30
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.89	0.87
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.18	1.02
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	1.23	1.04
F multiplier- Multiplicador de F	1.15	1.05

D. ATÚN PATUDO

Este informe presenta la evaluación más actual de la población de atún patudo (*Thunnus obesus*) en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se usó un modelo estadístico integrado de evaluación de poblaciones con estructura por edad (*Stock Synthesis 3.23b*).

Han ocurrido cambios sustanciales en la pesquería de atún patudo en el OPO en las décadas recientes ([Figura D-1](#)). Inicialmente, la mayor parte de la captura de patudo era tomada por buques palangreros. Con la expansión de las pesquerías sobre dispositivos agregadores de peces (plantados) desde 1993, la pesquería de cerco ha tomado un componente creciente de la captura de patudo. En los últimos años, las capturas cerqueras de patudo fueron tomadas principalmente entre 5°N y 5°S sur a través del Pacífico ecuatorial al oeste hasta el límite occidental (150°O) del OPO ([Figura A-3](#)). Las capturas palangreras de patudo en el OPO son tomadas predominantemente por debajo de 5°N ([Figura A-4](#)). Se realiza la evaluación como si existiese una sola población de patudo en el OPO, con desplazamientos netos mínimos de peces entre el OPO y el Océano Pacífico central y occidental (OPCO). Los resultados son consistentes con aquellos de otros análisis del patudo a escala del Pacífico entero. No obstante, en la distribución de las capturas de patudo se extiende por todo el Océano Pacífico ecuatorial. Además, recientemente se acumuló una gran cantidad de datos de marcado convencional y electrónico del *Pacific Tuna Tagging Programme*, que ha enfocado sus esfuerzos de marcado de patudo entre 180° y 140°O desde 2008. Las marcas recuperadas muestran claramente que ocurren extensos desplazamientos longitudinales de patudo a través del límite de la CIAT en 150°O, en particular de oeste a este. El personal de la CIAT seguirá colaborando con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) en la investigación de un modelo de evaluación del patudo a escala del Pacífico entero. Incorporará los nuevos datos de marcado en un modelo de dinámica poblacional con estructura espacial, lo cual ayudará en la evaluación actual de sesgos potenciales que resulten de no tomar en cuenta el intercambio de peces a través del límite OPO-OPCO en el método actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el OPCO.

La evaluación del atún patudo en el OPO en 2016 es similar a la evaluación previa, excepto que se añadieron datos nuevos o actualizados (por ejemplo capturas, Figura D-1). Los resultados de esta evaluación indican una tendencia de recuperación del patudo en el OPO durante 2005-2009, subsiguiente a las resoluciones de conservación de atún de la CIAT iniciadas en 2004 ([Figura D-5](#)). No obstante, aunque las resoluciones han continuado desde 2009, la tendencia recuperativa no fue mantenida durante 2010-2012, y el cociente de biomasa reproductora (SBR) disminuyó paulatinamente a un nivel históricamente bajo de 0.16 al principio de 2013. Esta disminución podría estar relacionada con los reclutamientos inferiores al promedio ([Figura D-2](#)), y coinciden con una serie de eventos de La Niña particularmente fuertes. Más recientemente, se estima que el SBR aumentó de forma importante, de 0.16 en 2013 a 0.26 al principio de 2017 (Figura D-5); en el modelo, este aumento es impulsado principalmente por el incremento reciente de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las pesquerías palangreras que capturan patudo adulto. Este aumento puede ser atribuido al reclutamiento fuerte en 2012.

Existe incertidumbre con respecto a los niveles de reclutamiento y biomasa recientes y futuros. Con los niveles actuales de mortalidad por pesca, y si el esfuerzo y la capturabilidad continúan en los niveles recientes y persiste el reclutamiento promedio, se predice que la biomasa reproductora se estabilizará alrededor del SBR actual de 0.26, por encima del nivel correspondiente al RMS (0.21) (Figura D-5), y se predice que las capturas disminuirán ligeramente ([Figura D-7](#)).

Han ocurrido cambios importantes en la cantidad de mortalidad por pesca (F) causada por las pesquerías que capturan patudo en el OPO. En promedio, desde 1993 la mortalidad por pesca de patudo de menos de unos 15 trimestres de edad ha aumentado sustancialmente ([Figura D-3](#)). Este aumento de la mortalidad por pesca de los peces más jóvenes fue causado por la expansión de las pesquerías cerqueras que capturan atunes asociados a objetos flotantes. Queda claro que la pesquería palangrera tuvo el mayor impacto sobre la población antes de 1995, pero con la disminución del esfuerzo palangrero y la expansión de la pesquería sobre objetos flotantes, actualmente el impacto de la pesquería cerquera sobre la población de patudo es

mucho mayor que aquel de la pesquería palangrera ([Figura D-4](#)). Los descartes de patudo pequeño ejercen un impacto pequeño, pero detectable, sobre la disminución de la población.

Según la evaluación de caso base, las tasas de mortalidad por pesca (F) recientes están por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (F_{RMS}), mientras que las biomassas reproductoras recientes están por encima del mismo ([Tabla D-1](#) y [Figura D-6](#)). Estas interpretaciones están sujetas a incertidumbre, pero no rebasan los puntos de referencia límite; sin embargo, son altamente sensibles a los supuestos hechos con respecto al parámetro de inclinación (h) de la relación población-reclutamiento, la ponderación asignada a los datos de composición por tamaño (en particular a los datos de composición por tamaño de la pesquería palangrera), la curva de crecimiento, y las tasas supuestas de mortalidad natural (M) de patudo.

E. PACIFIC BLUEFIN TUNA

Tagging studies have shown that there is exchange of Pacific bluefin between the eastern and western Pacific Ocean. Larval, postlarval, and early juvenile bluefin have been caught in the western Pacific Ocean (WPO), but not in the eastern Pacific Ocean (EPO), so it is likely that there is a single stock of bluefin in the Pacific Ocean (or possibly two stocks in the Pacific Ocean, one spawning in the vicinity of Taiwan and the Philippines and the other spawning in the Sea of Japan).

Most of the commercial catches of bluefin in the EPO are taken by purse seiners. Nearly all of the purse-seine catches have been made west of Baja California and California, within about 100 nautical miles of the coast, between about 23°N and 35°N. Ninety percent of the catch is estimated to have been between about 60 and 100 cm in length, representing mostly fish 1 to 3 years of age. Aquaculture facilities for bluefin were established in Mexico in 1999, and some Mexican purse seiners began to direct their effort toward bluefin during that year. During recent years, most of the catches have been transported to holding pens, where the fish are held for fattening and later sale to sashimi markets. Lesser amounts of bluefin are caught by recreational, gillnet, and longline gear. Bluefin have been caught in the EPO during every month of the year, but most of the fish are taken from May through October.

Bluefin are exploited by various gears in the WPO from Taiwan to Hokkaido, Japan. Age-0 fish, about 15 to 30 cm in length, are caught by the Japanese troll fishery during July–October south of Shikoku Island and south of Shizuoka Prefecture. During November–April, age-0 fish about 35 to 60 cm in length are taken in troll fisheries south and west of Kyushu Island. Age-1 and older fish are caught by purse seining, mostly during May–September, between about 30°–42°N and 140°–152°E. Bluefin of various sizes are also caught by traps, gillnets, and other gear, especially in the Sea of Japan. Additionally, small amounts of bluefin are caught near the southeastern coast of Japan by longlining. The Chinese Taipei small-scale longline fishery, which has expanded since 1996, takes bluefin tuna more than 180 cm in length from late April to June, when they are aggregated for spawning in the waters east of the northern Philippines and Taiwan.

The high-seas longline fisheries are directed mainly at tropical tunas, albacore, and billfishes, but small amounts of Pacific bluefin are caught by these fisheries. Small amounts of bluefin are also caught by Japanese pole-and-line vessels on the high seas.

Tagging studies, conducted with conventional and archival tags, have revealed a great deal of information about the life history of bluefin. Some fish apparently remain their entire lives in the WPO, while others migrate to the EPO. These migrations begin mostly during the first and second years of life. The first- and second-year migrants are exposed to various fisheries before beginning their journey to the EPO. Then, after crossing the ocean, they are exposed to commercial and recreational fisheries off California and Baja California. Eventually, the survivors return to the WPO.

Bluefin more than about 50 cm in length are most often found in waters where the sea-surface temperatures (SSTs) are between 17° and 23°C. Fish 15 to 31 cm in length are found in the WPO in waters where the SSTs are between 24° and 29°C. The survival of larval and early juvenile bluefin is undoubtedly strongly influenced by the environment. Conditions in the WPO probably influence recruitment, and thus the portions of the juvenile fish there that migrate to the EPO, as well as the timing of these migrations. Likewise, conditions in the EPO probably influence the timing of the return of the juvenile fish to the WPO.

A full stock assessment was carried out by the Pacific Bluefin Working Group of the International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean (ISC) in 2016. The assessment was conducted with Stock Synthesis 3, an integrated statistical age-structured stock assessment model. The assessment was a substantial improvement over the previous assessments. Long-term fluctuations in spawning stock biomass (SSB) occurred throughout the assessment period (1952–2014), and the SSB has been declining for more than a decade with a leveling off in recent years; however, there is no evidence of reduced recruitment. Age-specific fishing mortality has increased up to 96% (age 2) in the recent period (2011–2013) relative to the baseline period (2002–2004) used in

recent WCPFC and IATTC conservation measures.

Estimated age-specific fishing mortalities for the stock in the recent period (2011-2013) relative to 2002-2004 (the base period for the current WCPFC conservation measures) show increases of 96, 4, 86, and 43% for ages 2, 3, 4 and 5, respectively, and decreases of 28 and 1% for ages 0 and 1. Although no target or limit reference points have been established for the Pacific bluefin stock, the current F (2011-2013 average) is above all target and limit biological reference points commonly used for management. The current (2014) Pacific bluefin SSB level is near historic low levels, and the ratio of SSB in 2014 relative to unfished SSB is low.

Stock projections of spawning biomass and catches of Pacific bluefin tuna from 2015 to 2034 were conducted assuming alternative harvest scenarios. Recent WCPFC and IATTC conservation and management measures, combined with additional Japanese domestic regulations aimed at reducing mortality, if properly implemented and enforced, are expected to contribute to improvements in the stock status of Pacific bluefin tuna.

The IATTC staff conducted an alternative analysis to investigate the robustness of the assessment (document [SAC-07-05d](#)). This analysis confirmed the results of the ISC update assessment.

The total catches of bluefin have fluctuated considerably during the last 50 years ([Figure E-1](#)). The consecutive years of above-average catches (mid-1950s to mid-1960s) and below-average catches (early 1980s to early 1990s) could be due to consecutive years of above-average and below-average recruitments.

The finding that the north Pacific bluefin stock is at very low levels and the fishing mortality is higher than any reasonable reference point is robust to model assumptions, and support previous findings. The stock is projected to rebuild under current management actions (ISC 2016, Executive summary). However, due to uncertainty in how recruitment is related to the spawning stock size and when recruitment might be impacted by the low spawning abundance level, there is concern over the low abundance of spawners. This is exacerbated by the limited number of cohorts that comprise the spawning biomass.

The estimated impact of the fisheries on the bluefin population for the entire time period modeled (1952-2006) is substantial ([Figure E-2](#)). The impact is highly sensitive to the assumed values for natural mortality. The WPO fisheries have had a greater impact than the EPO fisheries, and their rate of increase in recent years is greater. The temporal trend in the impact is robust to the assumed level of natural mortality.

Resolution C-16-08 states that the Commission recognizes that the management objective of the IATTC is to maintain or restore fish stocks at levels capable of producing MSY, and shall implement a provisional rebuilding plan in part by adopting an initial (first) rebuilding target of $SSB_{med, 1952-2014}$ (the median point estimate for 1952-2014) to be achieved by 2024 with at least 60% probability. The IATTC has adopted resolutions to restrict the catch of bluefin tuna in the EPO. Resolution C-16-08 limits the commercial catches in the IATTC Convention Area by all CPCs to a combined total of 6,600 metric tons during 2017-2018, respectively. No CPC shall exceed 3,500 metric tons in 2017. In the event that the total actual catch in 2017 is either above or below 3,300 metric tons, the catch limit for 2018 shall be adjusted accordingly to ensure that the total catch for both years does not exceed 6,600 metric tons. Resolution C-16-08 requires that in 2018, and taking into account the outcomes of the 2nd IATTC-WCPFC NC Joint Working Group Meeting expected to be held in 2017, the Commission shall adopt a second rebuilding target, to be achieved by 2030. Resolution C-16-08 also requires that no later than the IATTC meeting in 2018, taking into account the outcomes of the Joint IATTC-WCPFC NC Working Group, the Commission shall consider and develop reference points and harvest control rules for the long-term management of Pacific bluefin tuna, which should be comparable to those adopted by the WCPFC.

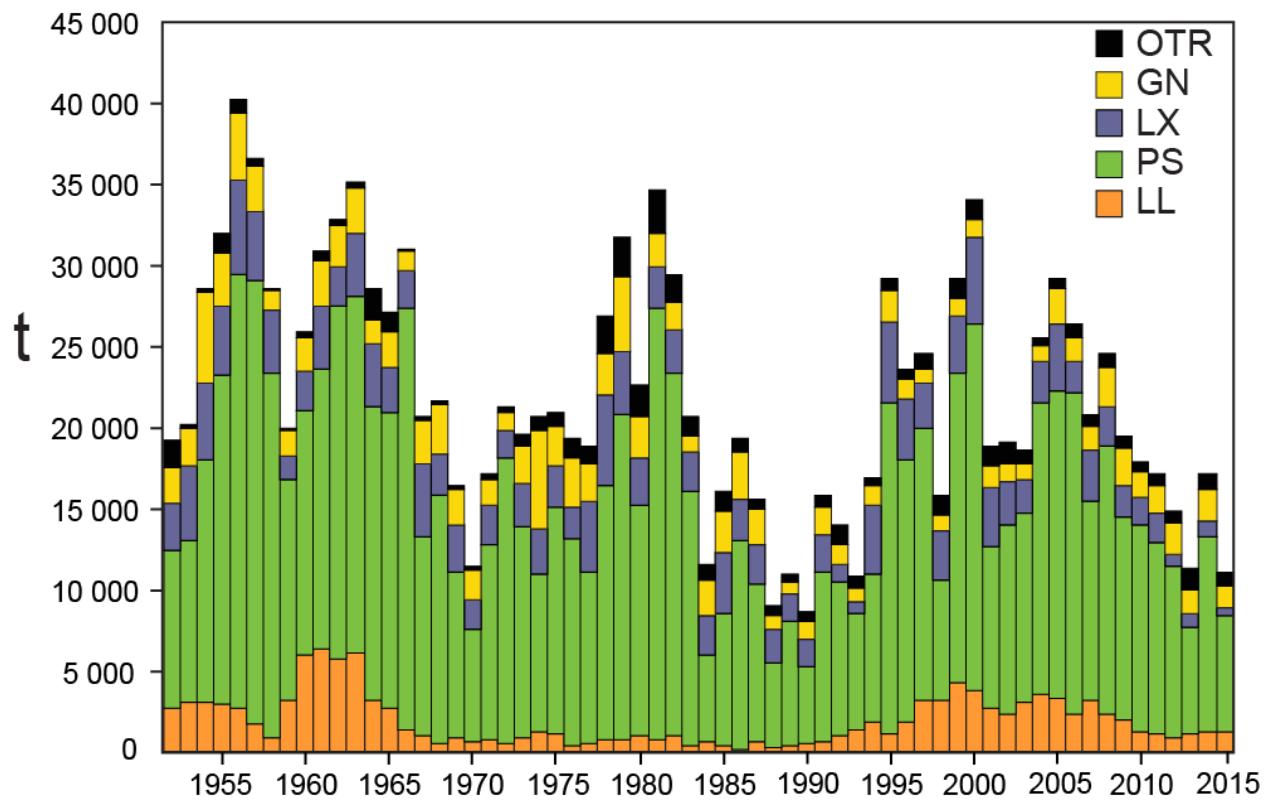


FIGURE E-1. Retained catches of Pacific bluefin tuna.

FIGURA E-1. Capturas retenidas de atún aleta azul del Pacífico.

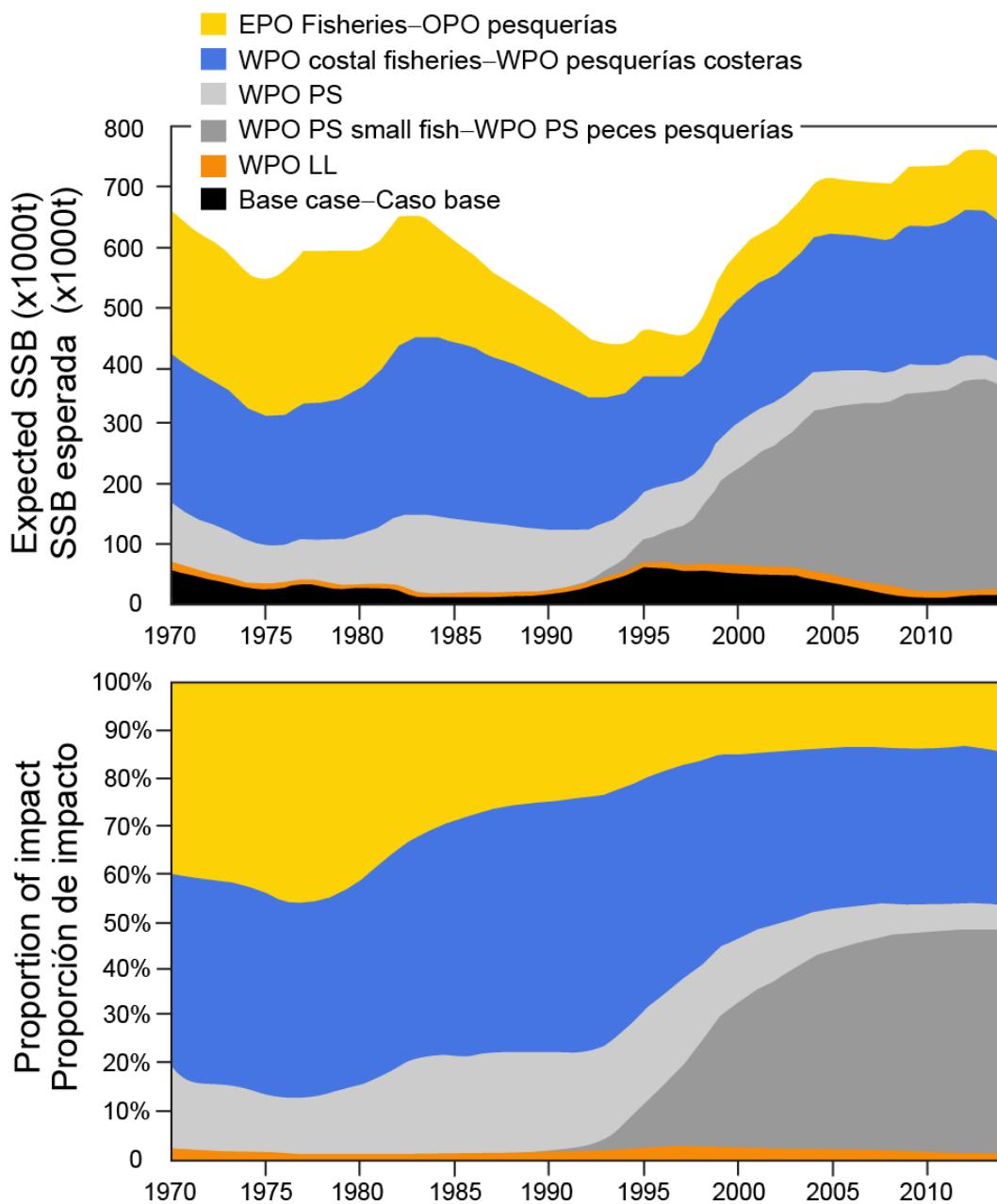


FIGURE E-2. Estimates of the impact on the Pacific bluefin tuna population of fisheries in the EPO and in the WPO (upper panel). The dashed line represents the estimated hypothetical unfished spawning biomass, and the solid line the estimated actual spawning biomass. The shaded areas indicate the impact attributed to each fishery. The lower panel presents the proportion of impact attributed to the EPO and WPO.

FIGURA E-2. Estimaciones del impacto sobre la población de atún aleta azul del Pacífico de las pesquerías en el OPO y en el WPO (panel superior). La línea de trazos representa la biomasa reproductora no pescada hipotética estimada, y la línea sólida la biomasa reproductora real estimada. Las áreas sombreadas indican el impacto atribuido a cada pesquería. El panel inferior ilustra la proporción del impacto atribuida al OPO y al WPO.

E. ATÚN ALETA AZUL DEL PACÍFICO

Los estudios de marcado han demostrado que ocurre intercambio de aleta azul del Pacífico entre el Océano Pacífico oriental (OPO) y occidental. Se han capturado aletas azules larvales, poslarvales, y juveniles tempranos en el Pacífico occidental, pero no en el OPO, por lo que es probable que exista una sola población de aleta azul en el Océano Pacífico (o posiblemente dos poblaciones, una que desova cerca de Taiwán y Filipinas y otra que desova en el Mar de Japón).

La mayor parte de las capturas comerciales de aleta azul en el OPO es realizada por buques cerqueros. Casi todas las capturas cerqueras son realizadas al oeste de Baja California y California, a menos de unas 100 millas náuticas de la costa, entre aproximadamente 23°N y 35°N. Se estima que el 90% de la captura mide entre 60 y 100 cm de talla, lo cual representa principalmente peces de entre 1 y 3 años de edad. En 1999 se establecieron instalaciones de acuicultura del aleta azul en México, y algunos cerqueros mexicanos comenzaron a dirigir sus esfuerzos hacia el aleta azul durante ese año. En años recientes, la mayoría de la captura ha sido transportada a jaulas, donde se mantienen los peces para engordarlos y luego venderlos al mercado de *sashimi*. Se capturan cantidades menores de aleta azul con artes recreacionales, redes de transmalle, y palangre. Se han capturado aletas azules en el OPO durante todos los meses del año, pero la mayor parte de la captura es lograda entre mayo y octubre.

El aleta azul es explotado con varias artes en el Pacífico occidental desde Taiwán hasta Hokkaido, Japón. La pesquería curricanera japonesa captura peces de edad 0, de unos 15 a 30 cm de talla, durante julio-octubre al sur de la isla Shikoku y al sur de la Prefectura de Shizuoka. Durante noviembre-abril, se capturan peces de edad 0, de entre unos 35 y 60 cm de talla, en pesquerías curricaneras al sur y oeste de la isla Kyushu. Peces de edad 1y mayores son capturados con red de cerco, principalmente durante mayo-septiembre, entre aproximadamente 30°-42°N y 140°-152°E. Aletas azules de varios tamaños son también capturados con almadrabas, redes de trasmalle, y otras artes, especialmente en el Mar de Japón. Adicionalmente, son capturadas pequeñas cantidades de aleta azul cerca de la costa sudeste de Japón con palangre. La pesquería palangrera a pequeña escala de Taipei Chino, que se ha expandido desde 1996, captura aleta azul de más de 180 cm de talla desde fines de abril hasta junio, cuando se concentran para desovar en aguas al este del norte de Filipinas y Taiwán.

Las pesquerías palangreras de alta mar están dirigidas principalmente hacia los atunes tropicales, albacora, y peces picudos, pero capturan pequeñas cantidades de aleta azul del Pacífico. Son capturadas también pequeñas cantidades de aleta azul por buques cañeros japoneses en alta mar.

Los estudios de marcado, usando marcas convencionales y archivadoras, han descubierto una gran cantidad de información acerca del ciclo vital del aleta azul. Algunos peces aparentemente permanecen su vida entera en el Pacífico occidental, mientras que otros migran al OPO. Las migraciones comienzan principalmente durante el primer y segundo año de vida. Los migrantes de primer o segundo año están expuestos a varias pesquerías antes de comenzar su viaje al OPO. Suego, después de cruzar el océano, están expuestos a las pesquerías comerciales y recreacionales frente a California y Baja California. A la larga, los supervivientes regresan al Pacífico occidental.

Se encuentran aletas azules de más de unos 50 cm de talla con mayor frecuencia en aguas con una temperatura superficial del mar (TSM) de entre 17° y 23°C. En el Pacífico occidental se encuentran peces de entre 15 y 31 cm de talla en aguas con TSM entre 24 y 29 °C. La supervivencia de los aletas azules larvales y juveniles tempranos es sin duda fuertemente afectada por el medio ambiente. Las condiciones en el Pacífico occidental probablemente afectan el reclutamiento, y por lo tanto las porciones de los peces juveniles en esa zona que migran al OPO, así como cuándo ocurren estas migraciones. Similarmente, las condiciones en el OPO afectan probablemente cuándo los peces juveniles regresan al Pacífico occidental.

El Grupo de Trabajo sobre el aleta azul del Pacífico del Comité Científico Internacional para los Atunes y Especies Afines en el Océano Pacífico Norte (ISC) realizó una evaluación completa de la población en 2016. La evaluación fue realizada con *Stock Synthesis*, un modelo de evaluación de poblaciones estadístico

integrado con estructura por edad. La evaluación fue una mejora sustancial con respecto a las evaluaciones previas. Ocurrieron fluctuaciones a largo plazo de la biomasa reproductora de la población (SSB) durante todo el periodo de la evaluación (1952-2014), y la SSB viene disminuyendo desde hace más de una década, con una estabilización en años recientes; no obstante, no existen pruebas de un reclutamiento reducido. La mortalidad por pesca por edad ha aumentado a 96% (edad 2) en el periodo reciente (2011-2013) relativa al periodo base (2002-2004) usando en las medidas de conservación recientes de la WCPFC y la CIAT.

La mortalidad por pesca por edad estimada de la población en el periodo reciente (2011-2013) relativa a 2002-2004 (el periodo base para las medidas de conservación actuales de la WCPFC) muestra aumentos de 96, 4, 86, y 43% para las edades de 2, 3, 4 y 5, respectivamente, y disminuciones de 28 y 1% para las edades de 0 y 1. Aunque no se han establecido puntos de referencia objetivo o límite para la población de aleta azul del Pacífico, la F actual (promedio de 2011-2013) está por encima de todos los puntos de referencia biológicos objetivo y límite usados comúnmente para la ordenación. La SSB actual (2014) del aleta azul del Pacífico está cerca de niveles históricamente bajos, y la razón de la SSB en 2014 a la SSB sin pesca es baja.

Se realizaron proyecciones de la biomasa reproductora y las capturas de aleta azul del Pacífico de 2015-2034, suponiendo escenarios alternativos de extracción. Se espera que las medidas recientes de conservación y ordenación de la WCPFC y CIAT, combinadas con reglamentos nacionales japoneses encaminados a reducir la mortalidad, si se implementan y aplican debidamente, contribuyan a mejoras en la condición de la población de atún aleta azul del Pacífico.

El personal de la CIAT realizó un análisis alternativo para investigar la robustez de la evaluación (documento [SAC-07-05d](#)). Este análisis confirmó los resultados de la evaluación del ISC.

Las capturas totales de aleta azul han fluctuado considerablemente durante los últimos 50 años ([Figura E-1](#)). Los años consecutivos de capturas superiores al promedio (mediados de los años 1950 a mediados de los 1960) e inferiores al promedio (principios de los 1980 a principios de los 1990) podrían ser debidos a años consecutivos de reclutamientos superiores al promedio e inferiores al promedio.

El resultado que la población de aleta azul del Pacífico norte se encuentra en niveles muy bajos y que la mortalidad por pesca está por encima de cualquier punto de referencia razonable es robusto a los supuestos del modelo, y apoya los resultados previos. Se proyecta que la población se recuperará bajo las acciones de ordenación actuales (ISC 2016, resumen ejecutivo). No obstante, debido a incertidumbre con respecto a la relación entre el tamaño de la población reproductora y el reclutamiento y cuándo el reclutamiento podría ser afectado por el bajo nivel de abundancia de reproductores, existe preocupación acerca de la baja abundancia de reproductores. Esto es exacerbado por el número limitado de cohortes que constituyen la biomasa reproductora.

El impacto estimado de las pesquerías sobre la población de aleta azul durante todo el periodo de tiempo modelado (1952-2006) es sustancial ([Figura E-2](#)). El impacto es altamente sensible a los valores supuestos de mortalidad natural. Las pesquerías del Pacífico occidental han tenido un impacto mayor que aquellas del OPO, y su tasa de aumento en años recientes es mayor. La tendencia temporal del impacto es robusta al niveles supuestos de mortalidad natural.

La resolución C-16-08 establece que la Comisión reconoce que el objetivo de ordenación de la CIAT es mantener o restablecer las poblaciones de peces en niveles capaces de producir el RMS, e implementará un plan provisional de recuperación es parte mediante la adopción de una (primera) meta inicial de recuperación de $BPR_{med,1952-2014}$ (la estimación puntual de la mediana de 1952-2014) por lograr antes de 2024 con una probabilidad de al menos 60%. La CIAT ha adoptado resoluciones para limitar la captura de atún aleta azul en el OPO. La resolución limita las capturas comerciales en el Área de la Convención de la CIAT por todos los CPC a un total combinado de 6,600 toneladas durante 2017 y 2018. Ningún CPC superará 3,500 toneladas en 2017. En el caso que la captura total real en 2017 esté por encima o por debajo de 3,300 toneladas, el límite de captura para 2018 será ajustado correspondientemente para asegurar que la

captura total de ambos años no supere 6,600 toneladas.

La resolución C-16-08 requiere que en 2018 y tomando en cuenta los resultados de la segunda reunión del grupo de trabajo conjunto CN CIAT-WCPFC prevista para 2017, la Comisión adoptará una segunda meta de recuperación, por lograr antes de 2030, y que a más tardar en la reunión de la CIAT en 2018, tomando en cuenta los resultados del grupo de trabajo conjunto CIAT-CN de la WCPFC, la Comisión considerará y desarrollará puntos de referencia y reglas de control de explotación para la ordenación a largo plazo del atún aleta azul del Pacífico, que deberían ser comparables con aquellos adoptados por la WCPFC.

F. ALBACORE TUNA

There are two stocks of albacore in the Pacific Ocean, one occurring in the northern hemisphere and the other in the southern hemisphere. Albacore are caught by longline gear in most of the North and South Pacific, but not often between about 10°N and 5°S, by trolling gear in the eastern and central North and South Pacific, and by pole-and-line gear in the western North Pacific. In the North Pacific about 57% of the fish are taken in pole-and-line and troll fisheries that catch smaller, younger albacore, whereas about 95% of the albacore caught in the South Pacific are taken by longline. The total annual catches of North Pacific albacore peaked in 1976 at about 125,000 t, declined to about 38,000 t in 1991, and then increased to about 122,000 t in 1999 ([Figure F-1a](#)). Following a second decline in the early 2000s, catches have recovered slightly, and have fluctuated between about 65,000 and 95,000 t in recent years (2007-2015). During 2011-2015 the average annual catch was about 81,000 t, of which 27% was taken in the eastern Pacific Ocean. The total annual catches of South Pacific albacore ranged from about 25,000 to 50,000 t during the 1980s and 1990s, but increased after that, ranging from about 59,000 to 88,000 t during 2007-2014 ([Figure F-1b](#)). During 2011-2015 the average annual catch was about 78,000 t, of which 27% was taken in the eastern Pacific Ocean.

Juvenile and adult albacore are caught mostly in the Kuroshio Current, the North Pacific Transition Zone, and the California Current in the North Pacific and in the Subtropical Convergence Zone in the South Pacific, but spawning occurs in tropical and subtropical waters, centering around 20°N and 20°S latitudes. North Pacific albacore are believed to spawn between March and July in the western and central Pacific.

The movements of North Pacific albacore are strongly influenced by oceanic conditions, and migrating albacore tend to concentrate along oceanic fronts in the North Pacific Transition Zone. Most of the catches are made in water temperatures between about 15° and 19.5°C. Details of the migration remain unclear, but juvenile fish (2- to 5-year-olds) are believed to move into the eastern Pacific Ocean (EPO) in the spring and early summer, and return to the western and central Pacific, perhaps annually, in the late fall and winter, where they tend to remain as they mature. This pattern may be complicated by sex-related movements of large adult fish (fork length > 125 cm), which are predominately male, to areas south of 20°N. The significance of such movements for the demographic dynamics of this stock are uncertain at present.

Less is known about the movements of albacore in the South Pacific Ocean. The juveniles move southward from the tropics when they are about 35 cm long, and then eastward along the Subtropical Convergence Zone to about 130°W. When the fish approach maturity they return to tropical waters, where they spawn. Recoveries of tagged fish released in areas east of 155°W were usually made at locations to the east and north of the release site, whereas those of fish released west of 155°W were usually made at locations to the west and north of the release site.

The most recent published stock assessments for the South and North Pacific stocks of albacore are from 2015 and 2014, respectively. A new full assessment for the North Pacific albacore stock was conducted in April 2017 by the ISC Albacore Working Group. The results will be presented at the 2017 ISC Plenary.

The assessment of South Pacific albacore, which was carried out in 2015 with MULTIFAN-CL by scientists of the Secretariat of the Pacific Community, extendend from 1960 to 2013, and incorporated catch and effort data, length-frequency data, tagging data, and information on biological parameters. The key changes in relation to the previous assessment were the inclusion of the results of a wide-scale study on biological parameters, mainly that addressed the uncertainty in growth, the use of spatially explicit model, changes in natural mortality assumption. Although the results were sensitive to the relative weighting of different data sets and to the natural mortality, it was concluded that the stock was most likely above the level corresponding to the maximum sustainable yield (MSY), as well as above 20%SB_{F=0}, and therefore the stock was not in an overfished state. Fishing mortality has generally been increasing over time, but the recent levels of fishing mortality are lower than the level that will support the MSY (for the reference case model, the most recent fishing mortality estimate relative to the fishing mortality reference point $F_{current}/F_{MSY}$ was 0.39 - years 2009 to 2012). There appeared to be no need to restrict the fisheries for

albacore in the South Pacific Ocean. Additional research to attempt to resolve the uncertainties in the data and natural mortality was recommended

[An assessment of North Pacific albacore](#) using fisheries data through 2012 was conducted at a workshop of the Albacore Working Group of the International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean (ISC), held in April 2014. The stock was assessed using an age- and sex-structured Stock Synthesis (SS Version 3.24f) model fitted to time series of standardized CPUE and size-composition data over a 1966 to 2012 time frame. The base-case model was fitted to the Japanese pole-and-line (LP) and longline (LL) indices, which were considered by the Working Group to be the most representative indices of abundance trends for juveniles and adults, respectively. All available fishery data from the Pacific Ocean north of the equator were used for the stock assessment, which assumed a single well-mixed stock. Sex-specific growth curves were used because there is evidence of sexually dimorphic growth, with male albacore attaining greater sizes and ages than females. The assumed value of the steepness parameter (h) in the Beverton-Holt stock-recruitment relationship was 0.9, based on two separate external estimates of this parameter. The assessment model was fitted to the abundance indices and size-composition data in a likelihood-based statistical framework. Maximum likelihood estimates of model parameters, derived outputs, and their variances were used to characterize stock status. Several sensitivity analyses were conducted to evaluate both changes in model performance and the range of uncertainty resulting from changes in model parameters, including some of the data series used in the analyses, growth curve parameters, natural mortality, stock-recruitment steepness, initial year, selectivity estimation, and weighting of size-composition data. The conclusions reached at that workshop were presented to the eleventh plenary meeting of the ISC, held in August 2014. Among these were the following:

1. The base-case model estimates that the spawning stock biomass (SSB) has likely fluctuated between 98,000 and 204,000 t between 1966 and 2012 ([Figure F-2](#)), and that recruitment has averaged about 43 million fish annually during this period. There are periods of above- and below-average recruitment at the beginning of the assessment time frame, followed by fluctuations around the average since the 1990s. Female SSB was estimated to be approximately 110,101 t in the terminal year of the assessment (2012), and stock depletion is estimated to be 35.8% of unfished SSB.
2. The estimated spawners per recruit (SPR) relative to the unfished population in the terminal year of the assessment is 0.41, which corresponds to a relatively low exploitation level (*i.e.*, $1-SPR = 0.59$). While the base case model's estimate of current F -at-age on juvenile fish is lower than in 2002-2004, and current F on adult fish (50% of age-5 fish, and all fish age 6 and older) is higher, on average, than during 2002-2004.
3. The Kobe plot ([Figure F-3](#)) depicts the status of the stock in relation to MSY-based and MSY proxy reference points from the base-case model. The plot is presented for illustrative purposes only, since the IATTC has not established biological reference points for north Pacific albacore. The ISC Working Group concluded that the stock is likely not in an overfished condition at present, as there is little evidence from the assessment that fishing has reduced SSB below reasonable candidate biomass-based reference points.
4. Under the base-case model, the point estimate (\pm SD) of maximum sustainable yield (MSY) is $105,571 \pm 14,759$ t, and the point estimate of spawning biomass to produce MSY (SSB_{MSY}, adult female biomass) is $49,680 \pm 6,739$ t. The ratio of $F_{2010-2012}/F_{MSY}$ is estimated to be 0.52, and the ratio of $F_{2002-2004}/F_{MSY}$ (2002-2004 are the reference years for IATTC conservation and management measures for north Pacific albacore) is estimated to be 0.76.
5. Stochastic stock projections were conducted externally to the base case model to evaluate the impact of various levels of fishing intensity on future female SSB for north Pacific albacore. Future recruitment was based on random resampling of historical recruitment for three periods: (1) low recruitment (about 29 million recruits), 1983-1989, (2) average recruitment (about 43 million), 1966-2010, and high recruitment (about 55 million recruits), 1966-1975. These calculations incorporate the structure of the

assessment model (*e.g.*, multi-fleet, multi-season, size- and age-selectivity) to produce results consistent with the assessment model. Projections started in 2011 and continued through 2041 under two levels of fishing mortality (constant $F_{2010-2012}$, constant $F_{2002-2004}$) and constant catch averaged for 2010-2012, and three levels of recruitment (low, average, and high, as defined above). Based on these projections, the stock performs better under the constant $F_{2010-2012}$ harvest scenario than the constant $F_{2002-2004}$ harvest scenario. Assuming average historical recruitment and fishing at a constant current F , median female SSB is expected to remain relatively stable between the 25th and median historical percentiles over both the short and long term. In contrast, if a low-recruitment scenario is assumed, then median female SSB declines under both harvest scenarios. The high-recruitment scenario is more optimistic, with median SSB increasing above the historical median SSB.

6. The Working Group concluded that the north Pacific albacore stock is not experiencing overfishing and is probably not in an overfished condition. The current exploitation level ($F_{2010-2012}$) is estimated to be below that of $F_{2002-2004}$, which had led previously to the implementation of conservation and management measures for the stock in the eastern Pacific (IATTC Resolution C-05-02, supplemented by Resolution C-13-03) and the western and central Pacific Ocean (WCPFC CMM 2005-03). The Working Group noted that there is no evidence that fishing has reduced SSB below thresholds associated with the majority of biomass-based reference points that might be chosen and that population dynamics in the north Pacific albacore stock are largely driven by recruitment, which is affected by both environmental changes and the stock-recruitment relationship. The Working Group concluded that the north Pacific albacore stock is healthy, and that current productivity is sufficient to sustain recent exploitation levels, assuming average historical recruitment in both the short and long term.
7. The Working Group noted that the lack of sex-specific size data, the absence of updated estimates of important life history parameters (natural mortality, maturity), and the simplified treatment of the spatial structure of north Pacific albacore population dynamics, are important sources of uncertainty in the assessment.

In 2013 the IATTC adopted Resolution [C-13-03](#) on North Pacific albacore, which supplemented [C-05-02](#). All CPCs are required to report catch, by gear, and effort directed at northern albacore as well as the average effort for 2002-2004, in the Convention Area. The effort in vessel-days during 2013-2015 was only 1% lower than during 2002-2004, and the average number of vessels operating during 2013-2015 was about 11% lower than during 2002-2004.

The IATTC staff concluded, based on the available information, that the results of the assessment conducted in April 2017 by the ISC Albacore Working Group do not contradict the management recommendations described above. The Working Group is currently undertaking a Management Strategy Evaluation for the North Pacific albacore stock with the assistance of an analyst recently hired by the United States.

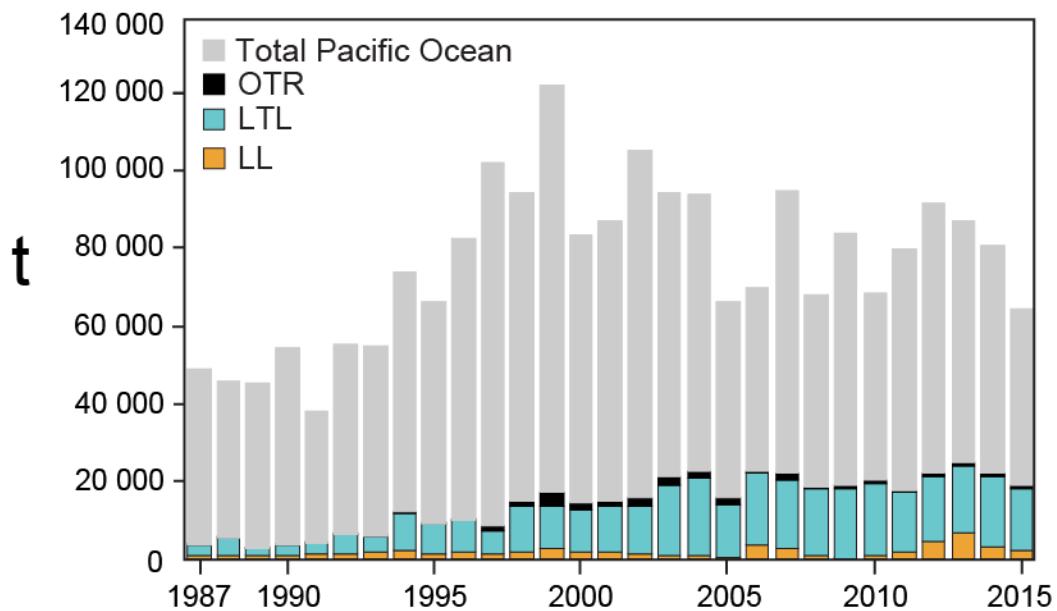


FIGURE F-1a. Retained catches of North Pacific albacore. The catches from the EPO are broken down by gear.

FIGURA F-1a. Capturas retenidas de albacora del Pacífico norte. Las capturas del OPO están desglosadas por arte.

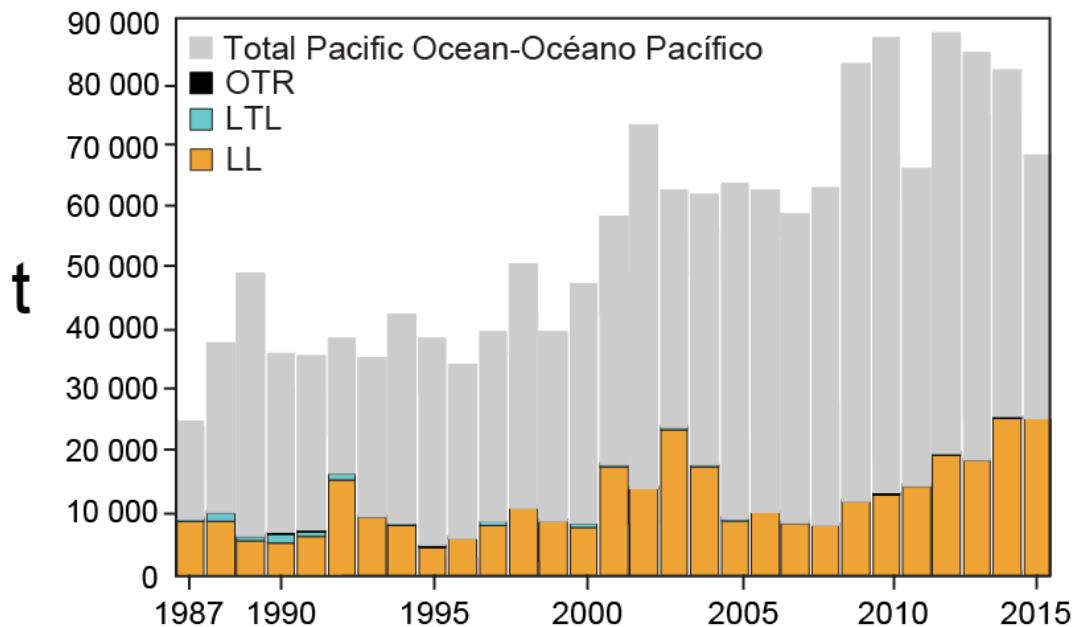


FIGURE F-1b. Retained catches of South Pacific albacore. The catches from the EPO are broken down by gear.

FIGURA F-1b. Capturas retenidas de albacora del Pacífico sur. Las capturas del OPO están desglosadas por arte.

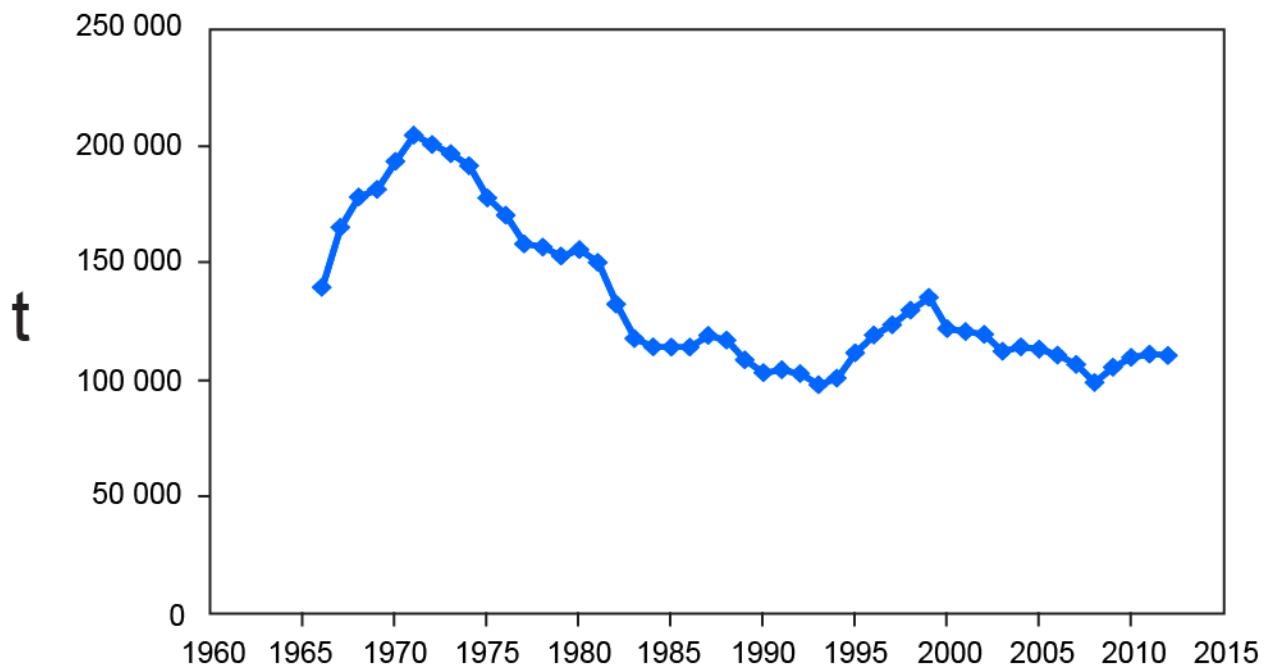


FIGURE F-2. Spawning stock biomass of North Pacific albacore tuna, from the North Pacific Albacore Workshop analysis of 2012.

FIGURA F-2. Biomasa de la población reproductora del atún albacora del Pacífico norte, de los análisis de la Reunión Técnica sobre el albacora del Pacífico norte de 2012.

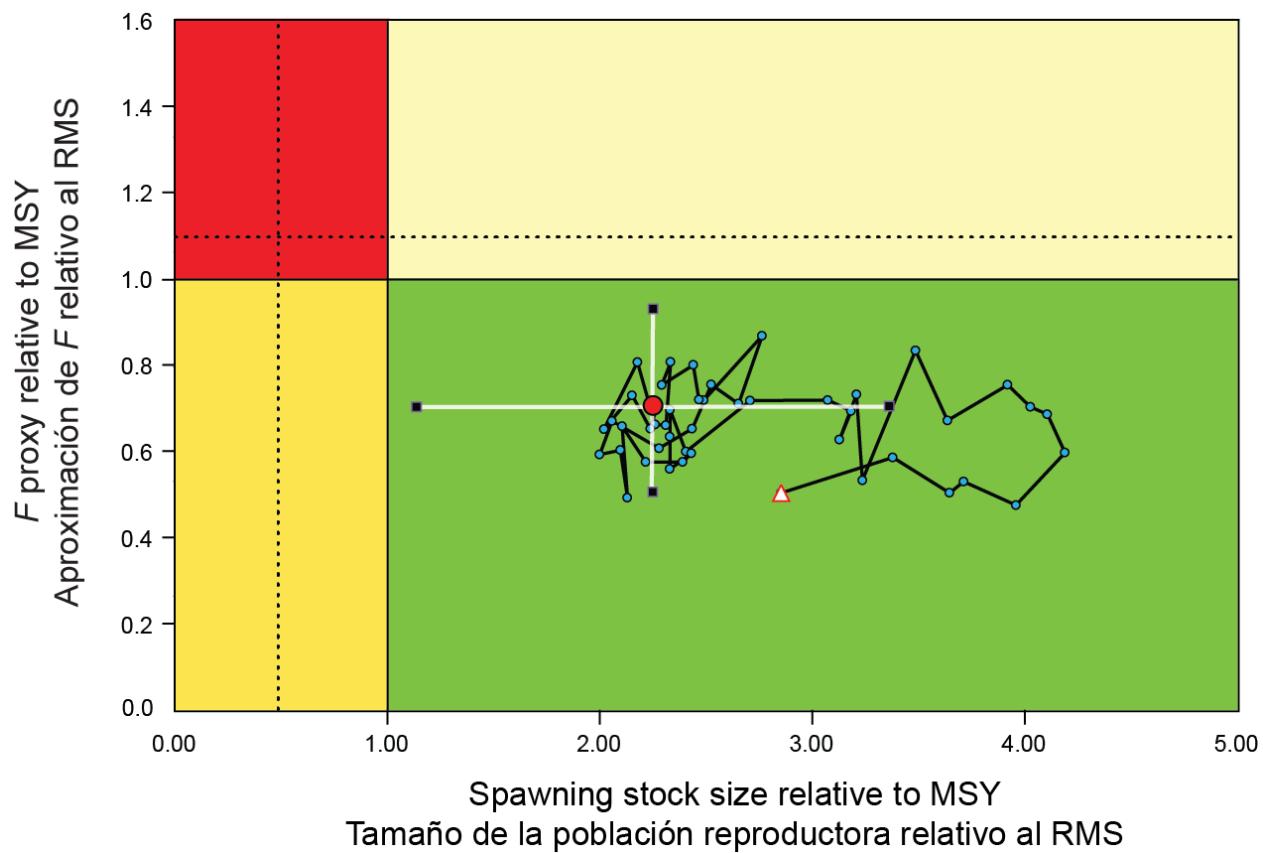


FIGURE F-3. Kobe (phase) plot for the North Pacific albacore stock from the base-case assessment model (which assumes a steepness value of 0.9). The F proxy is computed as $(1 - (\text{Spawning biomass per recruit [year]} / \text{Spawning biomass per recruit [virgin]}))$. The limit and target reference points are those proposed by the IATTC staff and are included here for illustrative purposes. The dashed lines represent the proposed limit reference points. The limit biomass reference point corresponds to a depletion level that causes a 50% reduction in recruitment from its average unexploited level based on a conservative steepness value ($h = 0.75$). The limit fishing mortality reference point corresponds to the fishing mortality that will drive the population to the limit biomass reference point. The squares around the most recent estimate represent its approximate 95% confidence interval. The triangle is the first estimate (1966).

FIGURA F-3. Gráfica de Kobe (fase) para la población de atún albacora del Pacífico norte del modelo de evaluación de caso base (que supone un valor de inclinación de 0.9). Se computa la aproximación de F como $(1 - (\text{Biomasa reproductora por recluta [año]} / \text{Biomasa reproductora por recluta [virgen]}))$. Los puntos de referencia límite y objetivo son los propuestos por el personal de la CIAT, y se incluyen aquí con fines ilustrativos. Las líneas de trazo representan los puntos de referencia límite propuestos. El punto de referencia límite basado en biomasa corresponde a un nivel de merma que causa una reducción de 50% del reclutamiento relativo a su nivel medio sin explotación basado en un valor cauteloso de la inclinación ($h = 0.75$). El punto de referencia límite basado en mortalidad por pesca corresponde a la mortalidad por pesca que impulsará a la población al punto de referencia límite basado en biomasa. Los cuadrados alrededor de la estimación más reciente representan su intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo es la primera estimación (1975).

F. ATÚN ALBACORA

Existen dos poblaciones de atún albacora en el Océano Pacífico, una en el hemisferio norte y la otra en el hemisferio sur. La especie es capturada con palangre en la mayor parte del Pacífico Norte y Sur, pero rara vez entre aproximadamente 10°N y 5°S, con curricán en el Pacífico Norte y Sur oriental y central, y con caña en el Pacífico Norte occidental. En el Pacífico Norte un 55% del pescado es capturado con caña y curricán, que capturan albacora más joven de menor tamaño, mientras que en el Pacífico Sur un 95% de la captura de albacora es tomada con palangre. Las capturas totales anuales de albacora del Pacífico Norte alcanzaron su nivel máximo de más de 125.000 t anuales en 1976, disminuyeron a unas 38.000 t en 1991, y luego aumentaron a unas 122.000 t en 1999 ([Figura F-1a](#)). Despues de una segunda disminución a principios de los años 2000, las capturas se han recuperado ligeramente, hasta fluctuar entre unas 65,000 y 95,000 t en los últimos años (2007-2015). Durante 2011-2015 la captura anual media fue unas 81,000 t, el 27% de la cual provino del Océano Pacífico oriental (OPO). Las capturas anuales totales de albacora del Pacífico Sur oscilaron entre unas 25,000 y 50,000 t durante los años 1980 y 1990, pero aumentaron posteriormente, oscilando entre unas 59,000 y 88,000 t durante 2007-2014 ([Figura F-1b](#)). Durante 2011-2015 la captura anual media fue unas 78,000 t, de la cual 27% provino del OPO.

El atún albacora juvenil y adulto es capturado principalmente en la Corriente de Kuroshio, la Zona de Transición del Pacífico Norte, y la Corriente de California en el Pacífico norte y en la Zona de Convergencia Subtropical en el Pacífico sur, pero el desove ocurre en aguas tropicales y subtropicales, y se centra en los paralelos de 20°N y 20°S. Se cree que el albacora del Pacífico Norte desova entre marzo y julio en el Pacífico occidental y central.

Los desplazamientos del albacora del Pacífico Norte son fuertemente afectados por las condiciones oceánicas, y los migrantes suelen estar concentrados en frentes oceánicos en la Zona de Transición del Pacífico Norte. La mayoría de las capturas tienen lugar en aguas de entre aproximadamente 15° y 19.5°C. No quedan claros los detalles de la migración, pero se cree que peces juveniles (de entre 2 y 5 años de edad) se trasladan al Océano Pacífico oriental (OPO) en la primavera y a principios del verano, y vuelven al Pacífico occidental y central, tal vez anualmente, a fines de otoño y en el invierno, donde suelen permanecer cuando maduran. Este patrón podría ser complicado por desplazamientos por sexo de peces adultos grandes (talla furcal (TF) >125 cm), que son predominantemente machos, a zonas al sur de 20°N. La importancia de estos desplazamientos para la dinámica demográfica de esta población es incierta.

Se sabe menos acerca de los desplazamientos de albacora en el Pacífico sur. Los juveniles se desplazan de los trópicos hacia el sur cuando miden unos 35 cm, y luego hacia el este por la Zona de Convergencia Subtropical hasta aproximadamente 130°O. Poco antes de alcanzar la madurez vuelven a aguas tropicales, donde desovan. Marcas fijadas en peces liberados al este de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al este y norte del punto de liberación, mientras que aquéllas fijadas al oeste de 155°O fueron recuperadas generalmente en lugares al oeste y norte del punto de liberación.

Las evaluaciones más recientes publicadas de las poblaciones de albacora del Pacífico Sur y Norte son de 2015 y 2014, respectivamente. En abril de 2017 el Grupo de trabajo sobre albacora del ISC realizó una nueva evaluación completa de la población de albacora del Pacífico norte. Los resultados serán presentados en la plenaria del ISC en 2017.

La evaluación del albacora del Pacífico Sur, realizada en 2015 con MULTIFAN-CL por científicos de la Secretaría de la Comunidad del Pacífico, cubrió el periodo de 1960 a 2013, e incorporó datos de captura y esfuerzo, datos de frecuencia de talla, datos de marcado, e información sobre parámetros biológicos. Los cambios clave de la evaluación previa fueron la inclusión de los resultados de un estudio a escala amplia de los parámetros biológicos, principalmente aquellos que tratan la incertidumbre en el crecimiento, el uso de un modelo espacialmente explícito, y cambios en los supuestos acerca de la mortalidad natural. Aunque los resultados fueron sensibles a la ponderación relativa de distintos conjuntos de datos, y a la mortalidad natural, se concluyó que la población estaba probablemente por encima del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS), y también por encima de

20%SB_{F=0}, y por lo tanto la población no se encontraba sobre pescada. Generalmente, la mortalidad por pesca viene aumentando a lo largo del tiempo, pero recientemente ha estado por debajo del nivel que produciría el RMS (para el modelo de caso de referencia, la estimación más reciente de la mortalidad por pesca relativa al punto de referencia de mortalidad por pesca F_{actual}/F_{RMS}) fue 0.39 - años 2009-2012. No pareció existir ninguna necesidad de limitar la pesca de albacora en el Pacífico Sur. Se recomendaron investigaciones adicionales para procurar resolver las incertidumbres en los datos y la mortalidad natural.

Se realizó una [evaluación del albacora del Pacífico Norte](#), usando datos de la pesca de hasta 2012, en una reunión del Grupo de Trabajo sobre Albatros del Comité Científico Internacional sobre los Atunes y Especies Afines en el Océano Pacífico Norte (ISC), celebrada en abril de 2014. Se evaluó la población de albacora del Pacífico norte usando un modelo *Stock Synthesis* (SS Versión 3.24f), con estructura por edad y sexo, ajustado a series de tiempo de CPUE estandarizada y datos de composición por talla correspondientes a 1966-2012. El modelo de caso base fue ajustado a los índices japoneses de caña (PL) y palangre (LL), que fueron considerados por el grupo de trabajo sobre albacora los índices más representativos de las tendencias de la abundancia juvenil y adulta, respectivamente. Se usaron todos los datos de pesca disponibles del Océano Pacífico al norte de la línea ecuatorial para la evaluación de la población, que supuso una sola población bien mezclada. Se usaron curvas de crecimiento por sexo porque existen indicaciones de crecimiento sexualmente dismórfico, con los machos adultos alcanzando tamaños y edades mayores que las hembras. El valor supuesto del parámetro de inclinación (h) en la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt fue 0.9, basado en dos estimaciones externas separadas de este parámetro. El modelo de evaluación fue ajustado los índices de abundancia y datos de composición por talla en un marco estadístico basado en verosimilitud. Se usaron estimaciones de verosimilitud máxima de los parámetros del modelo, los resultados derivados, y sus varianzas para caracterizar la condición de la población. Se realizaron varios análisis de sensibilidad para evaluar cambios en el desempeño del modelo o la amplitud de la incertidumbre que resulta de cambios en los parámetros del modelo, incluyendo algunas de las series de datos usadas en los análisis, parámetros de la curva de crecimiento, mortalidad natural, inclinación población-reclutamiento, año de inicio, estimación de la selectividad, y la ponderación de los datos de composición por talla. Las conclusiones alcanzadas en dicha reunión fueron presentadas a la undécima reunión plenaria del ISC en agosto de 2014. Entre las mismas figuraban las siguientes:

1. El modelo de caso base estima que es probable que la biomasa de la población reproductora (SSB) haya fluctuado entre 98.000 y 204.000 t entre 1966 y 2012 ([Figura F-2](#)), y que el reclutamiento medio anual fue de unos 43 millones de peces durante este periodo. Ocurren periodos de reclutamiento superior e inferior al promedio al principio del periodo de la evaluación, seguidos por fluctuaciones alrededor del promedio desde los años 1990. Se estimó que la SSB hembra fue aproximadamente 110,101 t en el último año de la evaluación (2012) y se estima que la reducción de la población es 35.8% de la SSB sin pesca.
2. La estimación del número de reproductores por recluta (RPR) relativo a la población sin pesca en el último año de la evaluación es 0.41, lo cual corresponde a un nivel de explotación relativamente bajo (o sea, 1-RPR = 0.59). Mientras que la estimación del modelo de caso base de la F por edad actual de peces juveniles es más baja que en 2002-2004, y la F actual de peces adultos (50% de peces de edad 5, y todos los peces de edad 6 o más) es mayor en promedio que durante 2002 -2004.
3. La gráfica de Kobe ilustra la condición de la población relativa a los puntos de referencia basados en RMS y aproximaciones de RMS del modelo de caso base ([Figura F-3](#)). Se presenta esta gráfica para fines ilustrativos ya que la CIAT no ha establecido puntos de referencia biológicos para la población de albacora del Pacífico norte. El grupo de trabajo sobre el albacora concluyó que la población probablemente no se encuentra sobre pescada en la actualidad, ya que la evaluación presenta pocas pruebas que la pesca haya reducido la SSB por debajo de puntos de referencia razonables basados en biomasa.
4. En el modelo de caso base, la estimación puntual (\pm DE) del rendimiento máximo sostenible (RMS) es

$105,571 \pm 14,759$ t, y la estimación puntual de la biomasa reproductora necesaria para producir el RMS (SSB_{MSY} , biomasa adulta hembra) es $49,680 \pm 6,739$ t. Se estima que la razón de $F_{2010-2012}/F_{RMS}$ es 0.52, y la de $F_{2002-2004}/F_{RMS}$ (años de referencia para las medidas de conservación y ordenación de albacora del Pacífico norte adoptadas por la CIAT) es 0.76.

5. Se realizaron proyecciones estocásticas de la población externas al modelo de caso base para evaluar el impacto de varios niveles de intensidad de pesca sobre la SSB hembra futura para el albacora del Pacífico norte. Se basó el reclutamiento futuro en un remuestreo aleatorio del reclutamiento histórico en tres periodos: (1) reclutamiento bajo (unos 29 millones), 1983-1989, (2) reclutamiento medio (unos 43 millones), 1966-2010, y (3) reclutamiento alto (unos 55 millones), 1966-1975. Estos cálculos incorporan la estructura del modelo de evaluación (por ejemplo, multi-flota, multi-temporada, selectividad por tamaño y edad) para producir resultados consistentes con el modelo de evaluación. Las proyecciones comienzan en 2011 y continúan hasta 2041 con dos niveles de mortalidad por pesca ($F_{2010-2012}$ constante, $F_{2002-2004}$ constante) y captura constante promediada para 2010-2012, y tres niveles de reclutamiento (bajo, medio, y alto, arriba definidos). Estas proyecciones indican que el desempeño de la población es mejor con el escenario de $F_{2010-2012}$ constante que con el escenario de $F_{2002-2004}$ constante. Suponiendo un reclutamiento histórico medio y pesca en una F actual constante, se espera que la SSB hembra mediana siga relativamente estable entre los percentiles 25 y mediano tanto a corto como a largo plazo. Por contraste, si se supone un escenario de reclutamiento bajo, entonces la SSB hembra mediana disminuye en ambos escenarios de captura. El escenario de reclutamiento alto es más optimista, con la SSB mediana aumentando a por encima de la SSB mediana histórica.
6. El grupo de trabajo concluyó que la población del albacora del Pacífico norte no está siendo sobre pescada y probablemente tampoco se encuentra sobre pescada. Se estima que el nivel actual de explotación ($F_{2010-2012}$) es inferior a aquel de $F_{2002-2004}$, que condujo previamente a la implementación de medidas de conservación y ordenación para la población de albacora del Pacífico norte en el OPO (Resolución C-05-02, suplementada por la Resolución C-13-03) y el Pacífico central y occidental (WCPFC CMM 2005-03). El grupo de trabajo señaló que no existen pruebas de que la pesca haya reducido la SSB por debajo de los umbrales asociados a la mayoría de los puntos de referencia basados en biomasa que podrían ser seleccionados y que la dinámica de la población de albacora del Pacífico norte es impulsada principalmente por el reclutamiento, que es afectado tanto por cambios ambientales como por la relación población-reclutamiento. El grupo de trabajo concluyó que la población de albacora del Pacífico norte está en buenas condiciones y que la productividad actual es suficiente para sostener los niveles recientes de explotación, suponiendo un reclutamiento medio histórico tanto a corto como a largo plazo.
7. El grupo de trabajo señaló que la falta de datos de tamaño por sexo, la ausencia de estimaciones actualizadas de parámetros importantes del ciclo vital (mortalidad natural, madurez), y el tratamiento simplificado de la estructura espacial de la dinámica poblacional del albacora del Pacífico norte son fuentes importantes de incertidumbre en la evaluación.

En 2013 la CIAT aprobó la resolución [C-13-03](#), que reemplazó la resolución [C-05-02](#) sobre el albacora del norte. Requiere que todos los CPC informen sus capturas, por arte y esfuerzo dirigido al albacora del norte, así como el esfuerzo medio de 2002-2004 en el Área de la Convención. El esfuerzo (en días de buque) durante 2013-2015 fue solamente 1% menor que durante 2002-2004. El número medio de buques que operaron durante 2013-2015 fue un 11% menor que durante 2002-2004.

Los resultados de la nueva evaluación completa realizada en abril de 2017 por el Grupo de trabajo sobre albacora del ISC serán aprobadas por la plenaria del ISC. El personal de la CIAT concluyó, a partir de la información disponible, que no contradicen las recomendaciones de ordenación descritas en lo anterior. El grupo de trabajo está realizando una evaluación de estrategia de ordenación para la población de albacora del Pacífico norte, con el apoyo de un analista recién contratado por Estados Unidos.

G. SWORDFISH

Swordfish (*Xiphias gladius*) occur throughout the Pacific Ocean between about 50°N and 50°S. They are caught mostly by the longline fisheries of Far East and Western Hemisphere nations. Lesser amounts are taken by gillnet and harpoon fisheries. They are seldom caught by recreational fishermen.

Swordfish grow in length very rapidly, with both males and the faster-growing females reaching lower-jaw-fork lengths of more than a meter during their first year. Swordfish begin reaching maturity at about two years of age, when they are about 150 to 170 cm in length, and by age four all are mature. They probably spawn more than once per season. For fish greater than 170 cm in length, the proportion of females increases with increasing length.

Swordfish tend to inhabit waters further below the surface during the day than at night, and they tend to inhabit frontal zones. Several of these occur in the eastern Pacific Ocean (EPO), including areas off California and Baja California, off Ecuador, Peru, and Chile, and in the equatorial Pacific. Swordfish tolerate temperatures of about 5° to 27°C, but their optimum range is about 18° to 22°C, and larvae have been found only at temperatures exceeding 24°C.

The stock structure of swordfish in the Pacific is fairly well known. A number of specific regions of spawning are known, and analyses of fisheries and genetic data indicate that there is only limited exchange of swordfish between geographical areas, including between the eastern and western, and the northern and southern, Pacific Ocean.

The best available scientific information from genetic and fishery data indicate that the swordfish of the northeastern Pacific Ocean (NEPO) and the southeastern Pacific Ocean (SEPO: south of about 5°S) constitute two distinct stocks. Also, there may be occasional movement of a northwestern Pacific stock of swordfish into the EPO at various times. Though assessments of eastern Pacific stocks did not include parameters for movements among these or other stocks, there may be limited exchange of fish among them.

The results of an assessment of a North Pacific swordfish stock in the area north of 10°N and west of 140°W indicate that the biomass level has been stable and well above 50% of the unexploited levels of stock biomass, indicating that these swordfish are not overexploited at current levels of fishing effort. A more recent analysis for the Pacific Ocean north of the equator, using a sex-specific age-structured assessment method, indicated that, at the current level of fishing effort, there is negligible risk of the spawning biomass decreasing to less than 40% of its unfished level.

The standardized catches per unit of effort of the longline fisheries in the northern region of the EPO and trends in relative abundance obtained from them do not indicate declining abundances. Attempts to fit production models to the data failed to produce estimates of management parameters, such as maximum sustainable yield (MSY), under reasonable assumptions of natural mortality rates, due to lack of contrast in the trends. This lack of contrast suggests that the fisheries in this region have not been of magnitudes sufficient to cause significant responses in the populations. Based on these considerations, and the long period of relatively stable catches ([Figure G-1](#)), it appears that swordfish are not overfished in the northern EPO.

The most recent assessment of the stock of swordfish in the southwestern EPO was conducted with Stock Synthesis, using data that were updated as of 22 April 2011. Key results from that assessment were (1) that the swordfish stock in the southeast Pacific Ocean is not experiencing overfishing and is not overfished; (2) that the spawning biomass ratio is about 1.45, indicating that the spawning biomass is about 50 percent above the carrying capacity, and substantially above the level which is expected to produce catch at the MSY level; (3) that the recent catch levels ([Figure G-2](#)) over the past 5 years (26,339 t in 2015) were at levels at about MSY (~25,000 t); and (4) that there has been a recent series of high recruitments to the swordfish stock. There is no indication of a significant impact of fishing on this stock. The results of the assessment did suggest an expansion of the fishery onto components of the stock that were previously not, or were only lightly, exploited. This has subsequently been shown in a metadata analysis of the EPO

longline fishery data (SAC-08-07b), whereby longline effort has steadily increased from 111 million hooks in 2008 to 223 million hooks in 2015.

In the northern EPO the annual longline fishing effort, though recently increasing from about 23.7 million hooks in 2007 to about 43.9 million in 2011, remains significantly below the 2001-2003 average of 70.4 million hooks. Since about 2006 the catch of swordfish has remained directly proportional to longline fishing effort. Considering the continuing relatively low fishing effort and the direct response of catch to effort, at the current level of fishing effort there is negligible risk of the spawning biomass decreasing to less than 40% of its unfished level.

In the southern EPO catches have been steadily increasing since about 2005, and recent average annual catches over the past 5 years (28,164 t) exceed the estimated MSY.

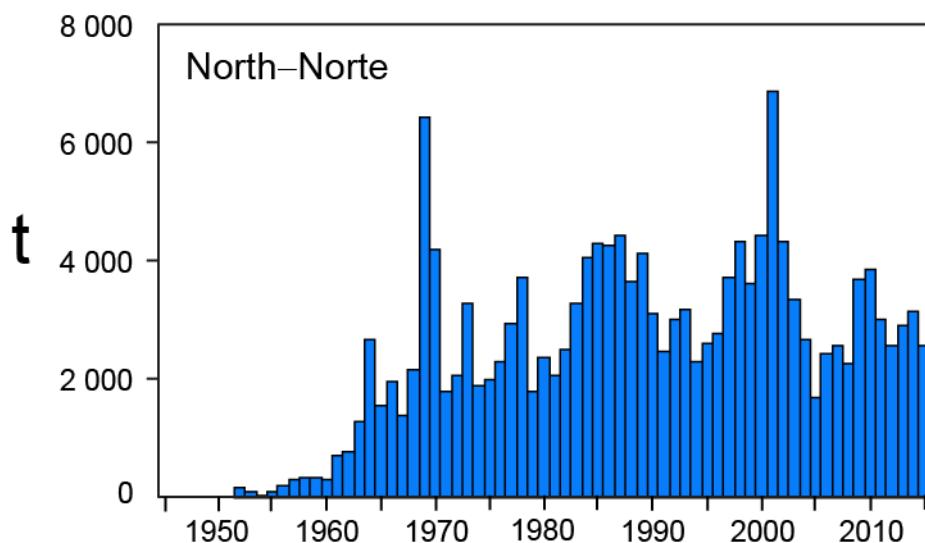


FIGURE G-1. Retained catches of swordfish in the northeastern Pacific Ocean.

FIGURA G-1. Capturas retenidas de pez espada en el Océano Pacífico noreste.

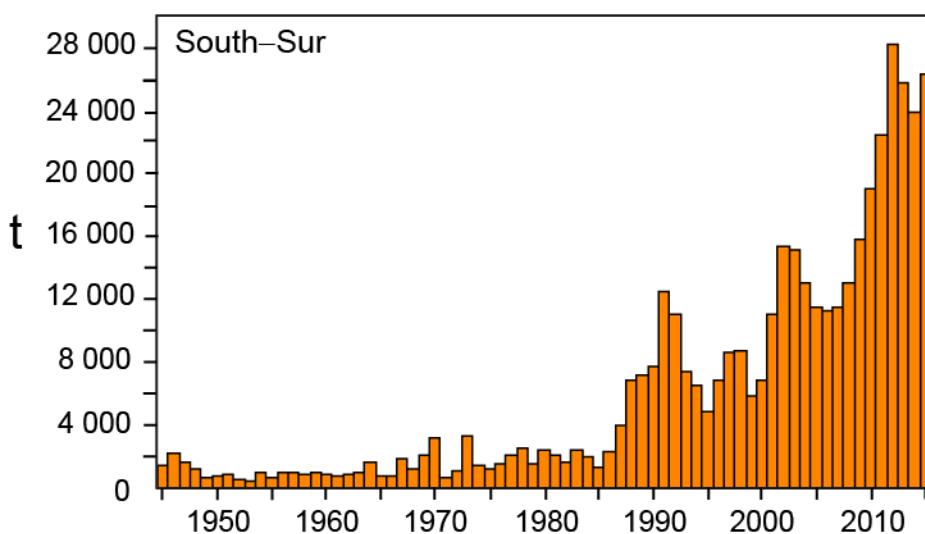


FIGURE G-2. Retained catches of swordfish in the southeastern Pacific Ocean

FIGURA G-2. Capturas retenidas de pez espada en el Océano Pacífico sudeste.

G. PEZ ESPADA

El pez espada (*Xiphias gladius*) habita todo el Océano Pacífico entre aproximadamente 50°N y 50°S. Es capturado principalmente por las pesquerías palangreras de países de Lejano Oriente y del hemisferio occidental. Las pesquerías de red de transmalle y arpón capturan cantidades menores. Es rara vez capturado en la pesca recreacional.

El pez espada crece en talla muy rápidamente, y tanto los machos como las hembras, que crecen más rápidamente, alcanzan tallas de mandíbula inferior a furca caudal de más de un metro durante su primer año. Comienza a alcanzar la madurez alrededor de los dos años de edad, cuando mide unos 150 a 170 cm de talla, y se considera que a los cuatro años de edad todos son maduros. Es probable que desove más de una vez por temporada. En el caso de peces de más de 170 cm, la proporción de hembras aumenta con el aumento en la talla.

El pez espada suele permanecer a mayor profundidad de día que de noche, y vivir en zonas frontales, de las que hay varias en el Océano Pacífico oriental (OPO), entre ellas zonas frente a California y Baja California, frente a Ecuador, Perú, y Chile, y en el Pacífico ecuatorial. Tolera temperaturas de entre unos 5° y 27°C, pero su gama óptima es de 18° a 22°C, y se han encontrado larvas únicamente a temperaturas de más de 24°C.

Se conoce bastante bien la estructura de la población del pez espada en el Pacífico. Se sabe de varias regiones específicas de desove, y los análisis de los datos de pesca y genéticos indican que ocurre un intercambio de peces espada tan sólo limitado entre zonas geográficas, inclusive entre el Océano Pacífico oriental y occidental, y norte y sur.

La mejor información científica disponible, basada en datos genéticos y de la pesca, indica que el pez espada del Océano Pacífico noreste y el Océano Pacífico sudeste (al sur de 5°S) y constituyen dos poblaciones separadas. Además, es posible que una población del Pacífico noroeste se desplace ocasionalmente al OPO en varias ocasiones. Aunque las evaluaciones de las poblaciones del Pacífico oriental no incluyeron parámetros de desplazamientos entre éstas u otras poblaciones, podría ocurrir un intercambio limitado de peces entre las mismas.

Los resultados de una evaluación de una población de pez espada del Pacífico Norte en el área al norte de 10°N y al oeste de 140°O indican que el nivel de biomasa ha sido estable y ha estado por encima del 50% del nivel de la biomasa no explotada, lo cual indica que, con los niveles actuales de esfuerzo de pesca, la explotación de estos peces espada no es excesiva. Un análisis más reciente para el Océano Pacífico al norte de la línea ecuatorial, usando un método de evaluación por sexo y edad, indicó que, al nivel actual de esfuerzo de pesca, existe un riesgo insignificante de que la biomasa reproductora disminuya a menos del 40% de su nivel sin pesca.

Las tasas de captura por unidad de esfuerzo estandarizadas de las pesquerías de palangre en la región norte del OPO, y las tendencias en la abundancia relativa derivadas de las mismas, no señalan que la abundancia esté disminuyendo. Intentos de ajuste de modelos de producción a los datos no produjeron estimaciones de parámetros de ordenación, tales como el rendimiento máximo sostenible (RMS), con supuestos razonables de las tasas de mortalidad natural, debido a la falta de contraste en las tendencias. Esta falta de contraste sugiere que las pesquerías en esta región no son de magnitud suficiente como para causar reacciones significativas en las poblaciones. A partir de estas consideraciones, y del período de capturas relativamente estables ([Figura G-1](#)), parece que el pez espada no se encuentra sobre pescado en el OPO norte.

Se realizó la evaluación más reciente de la población de pez espada en el OPO sudoeste con *Stock Synthesis*, usando datos actualizados al 22 de abril de 2011. Los resultados clave de esa evaluación son que (1) la población del pez espada en el Océano Pacífico sudeste no está padeciendo sobre pesca y no se encuentra sobre pescada; (2) el cociente de biomasa reproductora es aproximadamente 1,45, lo cual indica que la biomasa reproductora está aproximadamente un 50% por encima de la capacidad de carga, y sustancialmente por encima del nivel que se espera produciría una captura al nivel de RMS; (3) los niveles de captura ([Figura G-2](#)) durante el último quinquenio (26,339 t in 2015) estaban en niveles cercanos al RMS estimado (~25,000 t); y (4) ha ocurrido una serie reciente de reclutamientos altos a la población. No

existe ninguna indicación de un impacto significativo de la pesca sobre esta población. Los resultados de la evaluación no sugieren una expansión de la pesquería a componentes de la población que previamente no se explotaban, o se explotaban tan sólo ligeramente. Esto ha sido demostrado en un análisis de metadatos de los datos de la pesquería palangrera del OPO (SAC-08-07b); el esfuerzo palangrero ha aumentado paulatinamente de 111 millones de anzuelos en 2008 a 223 millones en 2015.

En el norte del OPO el esfuerzo de pesca palangrero anual, pese a un incremento reciente de unos 23,7 millones de anzuelos en 2007 a unos 43,9 millones en 2011, continúa significativamente inferior al promedio de 2001-2003 de 70,4 millones de anzuelos. Desde aproximadamente 2006 la captura de pez espada ha sido directamente proporcional al esfuerzo de pesca palangrero. Considerando el esfuerzo de pesca relativamente bajo y la reacción directa de la captura al esfuerzo, con el nivel actual de esfuerzo de pesca existe un riesgo insignificante que la biomasa reproductora disminuya a menos del 40% de su nivel sin pesca.

En el sur del OPO las capturas vienen aumentando constantemente desde aproximadamente 2005, y la captura anual media del último quinquenio (28,164 t) rebasan el RMS estimado.

H. BLUE MARLIN

The best information currently available indicates that blue marlin constitutes a single world-wide species and that there is a single stock of blue marlin in the Pacific Ocean. For this reason, statistics on catches (Figure H-1) are compiled, and analyses of stock status are made, for the entire Pacific Ocean.

Blue marlin are taken mostly in longline fisheries for tunas and billfishes between about 30°N and 30°S. Lesser amounts are taken by recreational fisheries and by various other commercial fisheries.

Small numbers of blue marlin have been tagged with conventional dart tags, mostly by recreational fishers. A few of these fish have been recaptured long distances from the locations of release. Blue marlin have been tagged with electronic pop-off satellite tags (PSATs) which collected data over periods of about 30–180 days, mostly in the Gulf of Mexico and the Atlantic Ocean, in studies of post-release survival and movement. More recently such studies have been undertaken in the Pacific Ocean.

Blue marlin usually inhabit regions where the sea-surface temperatures (SSTs) are greater than 24°C, and they spend about 90% of their time at depths at which the temperatures are within 1° to 2° of the SSTs.

The most recent assessment of the status and trends of the species was conducted in 2013, and included data through 2011. It indicated that blue marlin in the Pacific Ocean were fully exploited, *i.e.* that the population was being harvested at levels producing catches near the top of the yield curve. Over the past five years however, annual catches have increased slightly in the EPO, averaging 3,996 t per year, indicating that catches may currently be exceeding MSY.

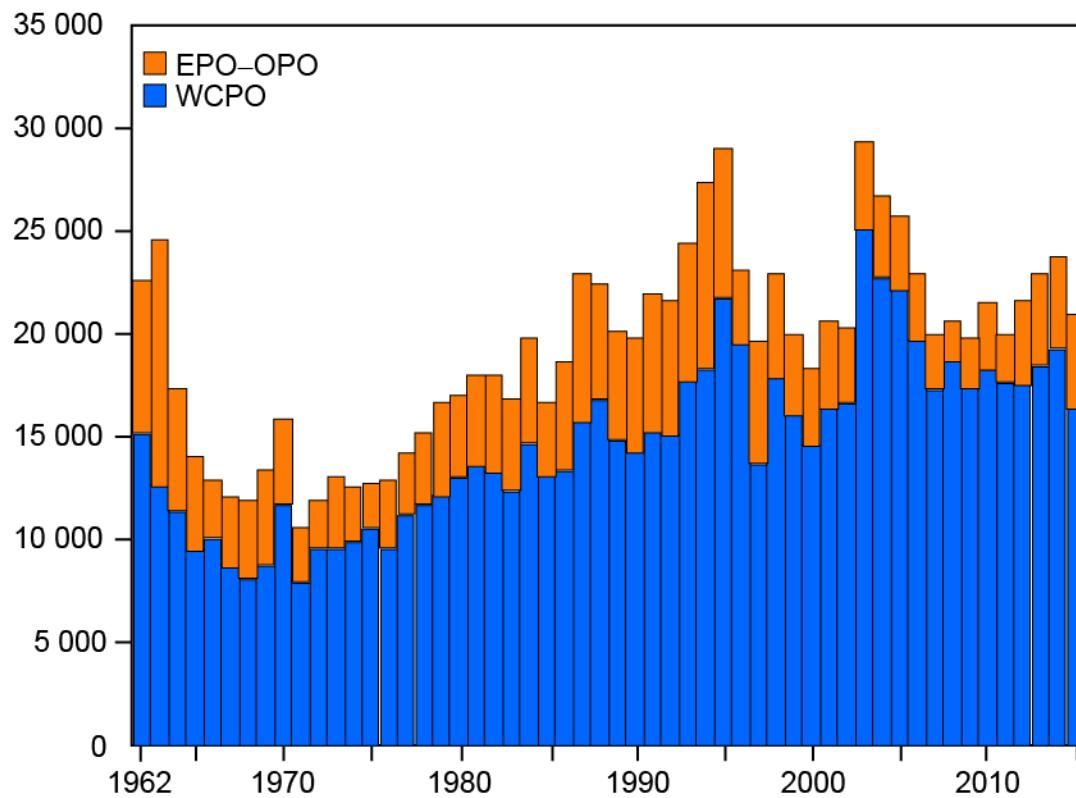


FIGURE H-1. Retained catches of blue marlin in Pacific Ocean by region.

FIGURA H-1. Capturas retenidas de marlín azul en el Océano Pacífico, por región.

H. MARLÍN AZUL

La mejor información ahora disponible indica que el marlín azul constituye una sola especie a nivel mundial, y que existe una sola población de la especie en el Océano Pacífico. Por este motivo, se compilan estadísticas de capturas ([Figura H-1](#)), y se realizan análisis de la condición de la población, para el Océano Pacífico entero.

El marlín azul es capturado principalmente por las pesquerías de palangre de atunes y peces picudos entre aproximadamente 30°N y 30°S. Las pesquerías recreacionales y varias otras pesquerías comerciales capturan cantidades menores.

Pequeñas cantidades de marlines azules han sido marcadas con marcas convencionales, principalmente por pescadores recreacionales. Algunos de estos peces han sido recapturados a grandes distancias del punto de liberación. Marlines azules han sido marcados con marcas electrónicas satelitales autodesprendibles que toman datos durante períodos de unos 30 a 180 días, principalmente en el Golfo de México y el Océano Atlántico, en estudios de la supervivencia y desplazamientos después de la liberación. Más recientemente se han emprendido estudios de este tipo en el Océano Pacífico.

El marlín azul vive generalmente en regiones con temperaturas superficiales del mar (TSM) de más de 24°C, y pasa un 90% del tiempo a profundidades donde la temperatura es de 1° a 2° menos que la TSM.

La evaluación más reciente de la condición y las tendencias fue realizada en 2013 e incluyó datos hasta 2011. En 2003 se realizó un segundo análisis, usando los mismos datos pero un modelo de evaluación alternativo. Indicó que el marlín azul en el Océano Pacífico está plenamente explotado, es decir, se está explotando la población en niveles que producen capturas cerca del ápice de la curva de rendimiento. Sin embargo, durante el último quinquenio, las capturas anuales han aumentado ligeramente en el OPO, con un promedio de 3,996 t anuales, lo cual indica que las capturas podrían estar actualmente rebasando el RMS.

I. STRIPED MARLIN

Striped marlin (*Kajikia audax*) occur throughout the Pacific Ocean between about 45°N and 45°S. The assessment on which this report is based is for the stock of striped marlin in the eastern Pacific Ocean (EPO) region lying north of 10°S, east of about 145°W north of the equator, and east of about 165°W south of the equator. Although not included in the assessment model, there may be limited exchange of fish between this stock and stocks in adjacent regions.

Significant effort has been devoted to understanding the stock structure of striped marlin in the Pacific Ocean, which is now moderately well known. It has been clear for some years that there are a number of stocks. Information on the movements of striped marlin is limited. Fish tagged with conventional dart tags and released off the tip of the Baja California peninsula have generally been recaptured near where they were tagged, but some have been recaptured around the Revillagigedo Islands, a few around Hawaii, and one near Norfolk Island. Tagging studies of striped marlin in the Pacific conducted using pop-off satellite tags indicated that there is essentially no mixing of tagged fish among tagging areas and that striped marlin maintain site fidelity. Recent results of analyses of fisheries and genetic data indicate that the northern EPO is home to a single stock, though there may be a seasonal low-level presence of juveniles from a more westerly Hawaii/Japan stock.

Historically, the majority of the catch in the EPO was taken by longline fisheries; however, catches by recreational fisheries have become more important in recent years, although a large majority of fish caught are released ([Figure I-1](#)). Longline fisheries expanded into the EPO beginning in the mid-1950s, and they extended throughout the region by the late 1960s. Except for a few years in the late 1960s to early 1970s in the northern EPO, these fisheries did not target billfish.

Fishing by smaller longline vessels targeting tuna and other species off Central America, for which catch data are not available, appears to have increased recently. The shifting patterns of areas fished and targeting practices increase the difficulties encountered when using fisheries data in analyses of stock status and trends. These difficulties are exacerbated when analyzing species which are not principal targets of the fishery, and further exacerbated when the total catch of the species by all fisheries is not known.

The assessment of this stock was conducted using Stock Synthesis, with data updated as of 30 October 2010. Key results of the assessment were that (1) the stock is not overfished; (2) overfishing is not occurring; (3) the spawning stock biomass has been increasing and is above that expected to support MSY catch; and (4) average annual catches over the past 5 years (2,222 t) have remained at about half the MSY catch level. If fishing effort and harvests had continued at levels near 2010 levels, it was expected that the biomass of the stock would continue to increase over the near term.

The fishing effort by large longline vessels in the northern EPO has increased by about 20%, and the catch of striped marlin by longlines by about 70%, since 2010. This differential may be due to increasing striped marlin biomass or such as spatial/temporal shifts in fisheries resulting in increased availability of striped marlin to the longline fishery.

The most recent report of catch by the recreational fishery was for 1990-2007 and included preliminary data for 2008. It is believed that this fishery makes the majority of the catch of striped marlin in the northern EPO. However, the paucity of recreational catch data in the EPO is likely to have resulted in the catches of striped marlin to have been significantly underestimated since 2008. Based on recent analyses of other billfish species, it appears that catches of billfish, including striped marlin, by components of the smaller-vessel longline fishery operating off Central America have not been reported. Therefore, the total catch of striped marlin in the EPO, and thus the total impact of fishing on the stock since about 2008-2009, is not known.

Since catches of striped marlin and fishing effort have increased in the large-vessel longline fishery, and because there is uncertainty in the estimated total catch of striped marlin in the EPO since at least 2008, the trends in spawning and total biomass of striped marlin in the EPO are unknown. Efforts have, and are, being made to obtain reliable catch data from all fisheries. Until the data are available and updated, and a review

of the status of striped marlin in the EPO is completed, it is recommended that a precautionary approach be adopted, and that fishing effort directed at striped marlin in the EPO not be increased.

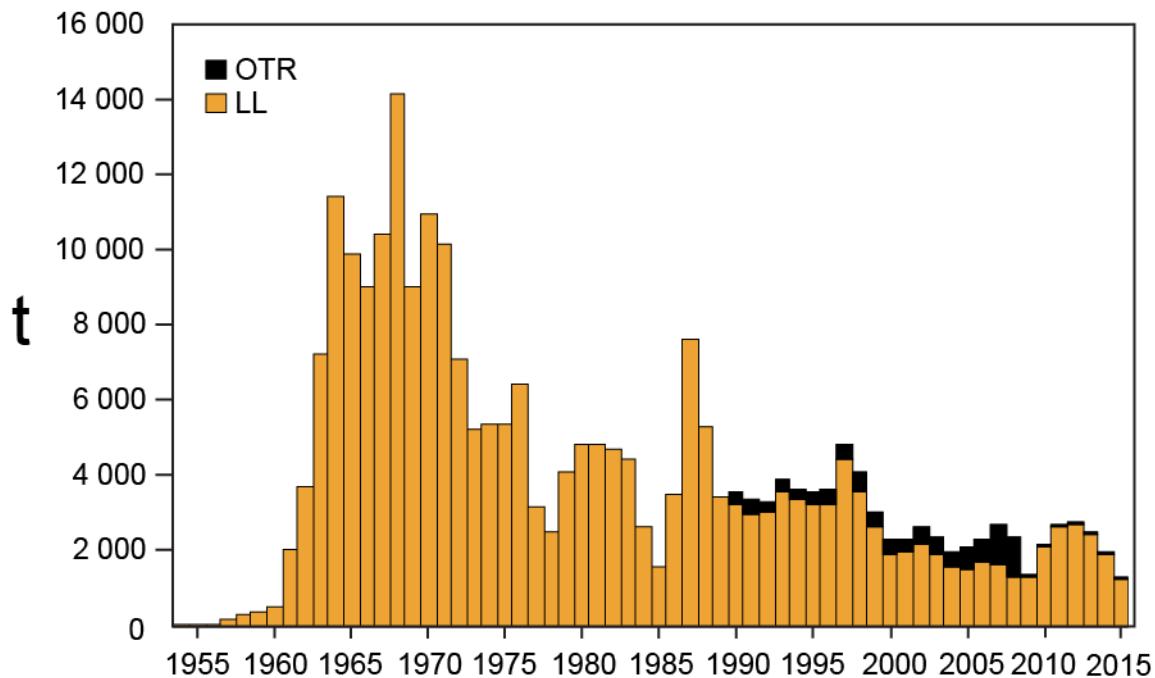


FIGURE I-1. Landings of striped marlin from the northern EPO by longline and recreational fisheries, 1954-2015. Due to unreported catches by recreational fisheries, estimates for 2009-2015 are minimums.

FIGURA I-1. Descargas de marlín rayado del OPO norte por las pesquerías palangreras y recreativas, 1954-2015. Debido a capturas no reportadas por pesquerías recreativas, las estimaciones de 2009-2015 son mínimos.

I. MARLÍN RAYADO

El marlín rayado (*Kajikia audax*) está distribuido por todo el Océano Pacífico entre aproximadamente 45°N y 45°S. El presente informe se basa en una evaluación de la población de marlín rayado en la región del Océano Pacífico oriental (OPO) al norte de 10°S, al este de aproximadamente 145°O al norte de la línea ecuatorial y al este de aproximadamente 165°O al sur de la misma. Aunque no se incluye en el modelo de evaluación, es posible que ocurra un intercambio limitado de peces entre esta población y las poblaciones en regiones adyacentes.

Se ha dedicado un esfuerzo importante a entender la estructura de la población de marlín rayado en el Océano Pacífico, que ahora es moderadamente bien conocida. Queda claro desde hace varios años que existe varias poblaciones. La información sobre los desplazamientos del marlín rayado es limitada. Peces marcados con marcas de dardo convencionales y liberados frente a la punta de la península de Baja California han sido generalmente recapturados cerca de donde fueron marcados, pero algunos han sido recapturados cerca de las islas Revillagigedo, unos pocos cerca de Hawai, y uno cerca de la isla Norfolk. Estudios de marcado de marlín rayado en el Pacífico con marcas satelitales desprendibles indicaron que esencialmente no ocurre mezcla de peces marcados entre zonas de marcado, y que el marlín rayado mantiene fidelidad a su sitio. Los resultados recientes de análisis de datos de pesca y genéticos indican que en el OPO norte vive una sola población, aunque es posible que haya una presencia estacional a bajo nivel de juveniles de una población más al oeste de Hawai/Japón.

Históricamente, la mayor parte de la captura en el OPO fue capturada por las pesquerías de palangre, pero las capturas de la pesca recreacional se han vuelto más importantes en años recientes, aunque una gran mayoría de los peces capturados son liberados ([Figura I-1](#)). Las pesquerías de palangre comenzaron a ingresar al OPO a mediados de los años 1950, y para fines de los años 1960 se extendían por toda la región. Con la excepción de unos años a fines de los 1960 y principios de los 1970 en el OPO norte, estas pesquerías no se dirigieron a los peces picudos. La pesca por buques palangreros pequeños que dirigen su esfuerzo a los atunes y otras especies en aguas frente a Centroamérica, de los que no se cuenta con datos de captura, parece haber aumentado recientemente. Los patrones variables de zonas de pesca y objetivos de la pesca incrementan las dificultades encontradas al usar datos de pesca in los análisis de la condición y tendencias de la población. Estas dificultades son exacerbadas al analizar especies que no son el blanco principal de la pesquería, and exacerbadas aún más si se ignora la captura total de todas las pesquerías.

Se realizó la evaluación de esta población con el modelo *Stock Synthesis*, con datos actualizados al 30 de octubre de 2010. Los resultados clave de la evaluación son que (1) la población no se encuentra sobreexpuesta; (2) no está ocurriendo sobrepesca; (3) la biomasa de la población reproductora viene en aumento y se encuentra por encima del nivel que se espera produciría la captura en RMS; y (4) la captura anual media durante el último quinquenio (2,222 t) ha permanecido alrededor de la mitad de la captura al nivel de RMS. Si el esfuerzo de pesca y las capturas hubieran seguido en niveles cercanos a aquéllos de 2010, se esperaba que la biomasa de la población siguiera aumentando en el futuro cercano.

El esfuerzo de pesca de los buques palangreros grandes al norte del OPO ha aumentado un 20%, y la captura palangrera un 70%, desde 2010. Esta diferencia podría deberse a un incremento de la biomasa de marlín rayado, a cambios espaciales o temporales en las pesquerías, conduciendo a una mayor disponibilidad del marlín rayado a la pesquería palangrera.

El informe más reciente de la captura de la pesquería recreacional correspondió a 1990-2007 e incluyó datos preliminares de 2008. Se cree que esta pesquería realizó la mayoría de la captura de marlín rayado en el norte del OPO. Sin embargo, es probable que la escasez de datos de las capturas recreativas en el OPO haya resultado en subestimaciones importantes de las capturas de marlín rayado desde 2008. A partir de análisis recientes de otras especies de peces picudos, parece que las capturas de peces picudos, incluido el marlín rayado, por componentes de la pesquería palangrera de buques pequeños que operan frente a Centroamérica no han sido notificadas. Por lo tanto se ignora la captura total de marlín rayado en el OPO, y por ende el impacto total de la pesca sobre la población de este aproximadamente 2008-2009.

Ya que las capturas de marlín rayado y el esfuerzo de pesca han aumentado en la pesquería palangrera de buques grandes, y en vista de la incertidumbre en la estimación de la captura total de marlín rayado en el OPO desde al menos 2008, se ignoran las tendencias de las biomassas reproductora y total. Continúan los esfuerzos para obtener datos de capturas fiables de todas las pesquerías. Hasta que los datos estén disponibles y actualizados, y se lleve a cabo una revisión de la condición del marlín rayado en el OPO, se recomienda adoptar un enfoque precautorio y no permitir un incremento del esfuerzo de pesca dirigido al marlín rayado en el OPO.

J. SAILFISH

The stock structure of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in the Pacific Ocean is well known. They are found in highest abundance in waters relatively near the continents and the Indo-Pacific land masses bordering the Pacific, and only infrequently in the high seas separating them. This separation by its very nature suggests that the regions of abundance in the EPO and in the western Pacific should be managed separately, and in this case, the separation has over time resulted in genetically distinct populations in the east and the west.

The centers of sailfish distribution along the coast of the Americas shift in response to seasonal changes in surface and mixed-layer water temperature. Sailfish are found most often in waters warmer than about 28°C, and are present in tropical waters nearer the equator in all months of the year. Spawning takes place off the coast of Mexico during the summer and fall, and off Costa Rica during winter, and perhaps year-round in areas with suitable conditions. The sex ratio is highly skewed towards males during spawning. The known shifts in sex ratios among spawning areas, and the spatial-temporal distributions of gonad indices and size-frequency distributions, which show smaller fish offshore, suggest that there may be maturity-dependent patterns in the distribution of the species in the EPO. Sailfish can reach an age of about 11 years in the EPO.

The principal fisheries that capture sailfish in the EPO include the large scale tuna longline fishery primarily consisting of Chinese Taipei, Japan, China and Korea; the smaller-vessel longline fisheries targeting tuna and other species, particularly those operating in waters off Central America; and the artisanal and recreational fisheries of Central and South America. Sailfish are also taken occasionally in the purse-seine fisheries targeting tropical tunas.

The first assessment of sailfish in the EPO was conducted in 2013. Initial analyses indicated that either this stock had uncharacteristically low productivity and high standing biomass, or—much more probably—that there was a large amount of catch missing in the data compiled for the assessment. We were unable to identify a means to satisfactorily estimate this catch in order to obtain reliable estimates of stock status and trends using Stock Synthesis, which is generally the preferred model for assessments. As a result, the assessment was conducted using a surplus production model, which provided results consistent with those obtained with Stock Synthesis and simplified the illustration of the issues in the assessment.

Key results:

1. It is not possible to determine the status of the sailfish stock in the EPO with respect to specific management parameters, such as maximum sustained yield (MSY), because the parameter estimates used in making these determinations in this case cannot be derived from the model results
2. Sailfish abundance trended downward over 1994-2009, since when it has been relatively constant or slightly increasing ([Figure J-1](#)).
3. Recent reported annual catches are on the order of 500 t ([Figure J-2](#)), significantly less than the 1993-2007 average of about 2,100 t.
4. Model results suggest that there are significant levels of unreported catch, and the actual catch in earlier years was probably higher than those reported for 1993-2007. Assuming that this level of harvest has existed for many years, it is expected that the stock condition will not deteriorate if catch is not increased above current levels.
5. A precautionary approach that does not increase fishing effort directed at sailfish, and that closely monitors catch until sufficient data are available to conduct another assessment, is recommended.
6. A reliable assessment of the sailfish resources in the EPO cannot be obtained without reliable estimates of catch. It is therefore recommended that:
 - a. historical data on catches of sailfish be obtained wherever possible

- b. fisheries currently reporting sailfish catches commingled with other species be required to report catches by species.
- c. existing data from small-scale fisheries, such as local longline fleets, artisanal and recreational fisheries, be compiled and that, where necessary, catch monitoring programs to identify catches by species be implemented.

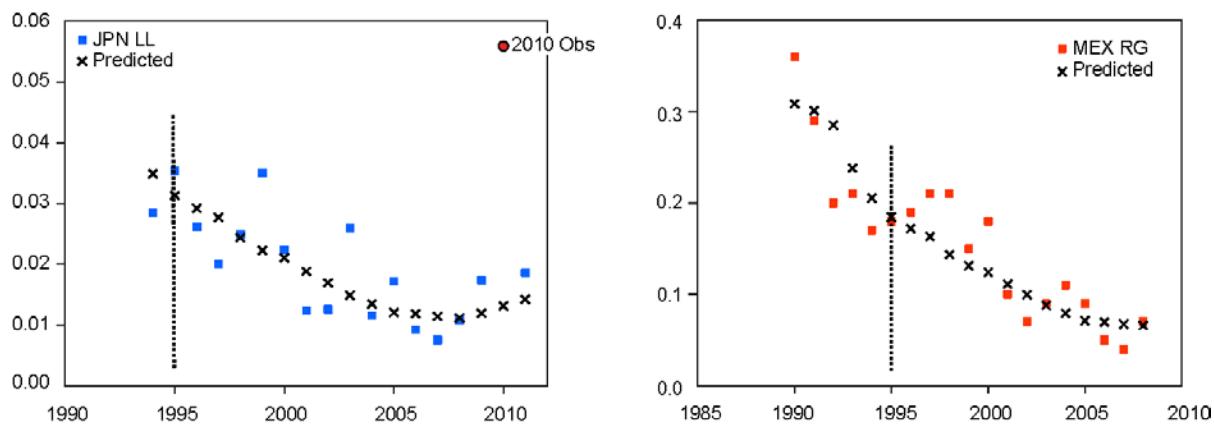


FIGURE J-1. Observed and predicted indices of relative abundance of sailfish in the EPO from Japanese longline (JPN LL) and Mexican recreational (MEX RG) fisheries. The 2010 observation in the JPN LL series was not included in the analyses.

FIGURA J-1. Indices observados y predichos de abundancia relativa del pez vela en el OPO, basados en las pesquerías palangrera japonesa (JPN LL) y recreacional mexicana (MEX RG). No se incluyó en los análisis la observación de 2010 en la serie JPN LL.

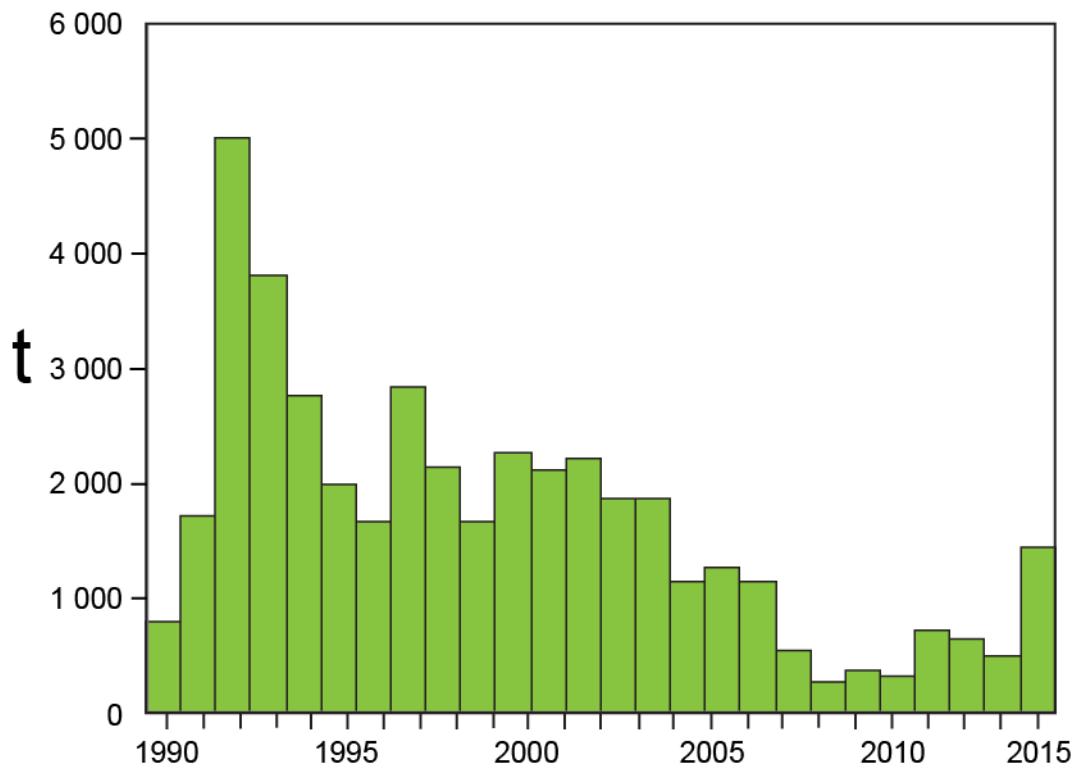


FIGURE J-2. Total reported catches of sailfish in the EPO, 1990-2015. The actual catches were probably greater.

FIGURA J-2. Capturas totales reportadas de pez vela en el OPO, 1990-2015. (Las capturas reales son probablemente mayores).

J. PEZ VELA

La estructura de la población del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Océano Pacífico es bien conocida. La abundancia máxima del pez vela ocurre en aguas relativamente cercanas a los continentes y las masas terrestres indopacíficas que lindan con el Océano Pacífico, y tan sólo infrecuentemente en las aguas de alta mar que los separan. Esta separación por su propia naturaleza sugiere que las regiones de abundancia en el OPO y en el Pacífico occidental deberían ser gestionadas por separado, y en este caso la separación ha resultado a lo largo del tiempo en poblaciones genéticamente distintas en el este y el oeste.

Los centros de la distribución del pez vela a lo largo del litoral del continente americano cambian en reacción a cambios estacionales de la temperatura del agua en la superficie y en la capa de mezcla. Se encuentra la especie con mayor frecuencia en aguas de más de unos 28°C, y están presentes en aguas tropicales más cercanas a la línea ecuatorial en todos los meses del año. El desove tiene lugar frente al litoral mexicano durante el verano y otoño, y frente a Costa Rica durante el invierno, y tal vez durante todo el año en áreas con condiciones adecuadas. La proporción de sexos es altamente asimétrica hacia los machos durante el desove. Los cambios conocidos en la proporción de sexos entre las áreas de desove, y las distribuciones espaciotemporales de los índices de gónadas y las distribuciones de frecuencia de talla, que señalan peces más pequeños en alta mar, sugieren que podrían existir patrones dependientes de la madurez en la distribución de la especie en el OPO. El pez vela puede alcanzar una edad de unos 11 años en el OPO.

Las pesquerías principales que capturan pez vela en el OPO incluyen las pesquerías palangreras atuneras a gran escala integrada principalmente por Taiwán, Japón, China, y Corea; las pesquerías palangreras de buques más pequeños dirigidas hacia los atunes y otras especies, particularmente aquellas que operan en las aguas costeras de Centroamérica, y las pesquerías artesanales y recreacionales de América Central y del Sur. Son también a veces capturados en las pesquerías atuneras de cerco.

La primera evaluación del pez vela en el OPO fue realizada en el año en curso (2013). Los análisis iniciales indicaron que esta población cuenta con la productividad anormalmente baja y una alta biomasa constante, o – mucho más probable – que falta una gran cantidad de la captura en los datos compilados para la evaluación. No fue posible identificar una forma de estimar satisfactoriamente esta captura y así obtener una estimación confiable de la condición y tendencias de la población usando *Stock Synthesis*, el modelo generalmente preferido para las evaluaciones. Por consiguiente, se realizó una evaluación con un modelo de producción excesiva, el cual produjo resultados consistentes con aquellos obtenidos con *Stock Synthesis* y simplificó la ilustración de los problemas en la evaluación.

Resultados clave:

1. No es posible determinar la condición de la población del pez vela en el OPO con respecto a parámetros de ordenación específicos, tal como el rendimiento máximo sostenible (RMS), porque las estimaciones de los parámetros usados para hacer estas determinaciones no pueden ser derivadas de los resultados del modelo.
2. La abundancia del pez vela mostró una tendencia descendente durante 1994-2009; desde entonces ha sido relativamente constante o ligeramente ascendente ([Figura J-1](#)).
3. Las capturas anuales recientes reportadas están alrededor de 500 t ([Figura J-2](#)), significativamente menos que el promedio de 1993-2007 de 2,100 t.
4. Los resultados del modelo sugieren que existen cantidades importantes de captura no reportada, y la captura en los años tempranos fue probablemente mayor que aquellas reportadas para 1993-2007. Suponiendo que este nivel de capturas existe desde hace muchos años, no es probable que la condición de la población deteriore si no se incrementa la captura más allá del nivel actual.
5. Se recomienda un enfoque precautorio que no aumente el esfuerzo de pesca dirigido al pez vela, y que de un seguimiento estrecho a las capturas hasta que se disponga de suficientes datos para realizar una nueva evaluación.
6. No es posible obtener una evaluación fiable del recurso de pez vela en el OPO sin estimaciones fiables

de la captura. Se recomienda por lo tanto que:

- a. se obtengan en todo caso posible datos históricos de captura de pez vela.
- b. en el caso de las pesquerías que actualmente reportan sus capturas de pez vela mezcladas con otras especies, notifiquen sus capturas por especie.
- c. Se compilen datos existentes de pesquerías a pequeña escala, tales como flotas palangreras locales y pesquerías artesanales y recreativas, y que, en caso necesario, se implementen programas de seguimiento de capturas para identificar las capturas por especie.

K. UPDATED STOCK STATUS INDICATORS FOR SILKY SHARKS IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN (1994-2016)

An attempt by the IATTC staff in 2013 to assess the status of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*) in the eastern Pacific Ocean (EPO), using conventional stock assessment models, was severely handicapped by major uncertainties in the fishery data, mainly regarding total catch levels in the early years for all fisheries operating in the EPO that caught silky sharks ([SAC-05 INF-F](#)). Although this stock assessment attempt produced a substantial amount of new information about the silky shark in the EPO (e.g., absolute and relative magnitude of the catch by different fisheries, and their selectivities), the absolute scale of population trends and the derived management quantities were compromised. Since a conventional stock assessment was not possible, in 2014 the staff proposed a suite of possible stock status (or stability) indicators (SSIs) which could be considered for managing the silky sharks in the EPO ([SAC-05-11a](#)), including standardized catch-per-set indices from the purse-seine fishery. Document [SAC-08-08a\(i\)](#) presents an update of the purse-seine indices through 2016.

Following previous methodology, indices for the silky shark were computed for the northern and southern EPO (north and south of the equator, respectively). The index for all silky sharks north of the equator (north EPO) shows a large decrease in 2016 relative to 2015 ([Figure K-1](#)). In contrast, the index for all silky sharks south of the equator (south EPO) remains at about the 2014-2015 level (Figure K-1). Some recent strong increasing trends in the indicators for silky sharks have been identified in previous reports, but they are not biologically plausible. To help further the understanding of potential processes driving the recent trends in the north EPO indices, silky shark indices by sub-region within the north EPO, and by shark size category, were compared to an index of variability in oceanographic conditions, and to a preliminary silky shark index for the Western and Central Pacific Ocean (WCPO) associated-set purse-seine fishery. Based on the preliminary results of these comparisons, it is hypothesized that the recent changes in the silky shark indices for the north EPO, particularly for small silky sharks, may be influenced by changing oceanographic conditions (e.g., El Niño and La Niña events), and thus the north EPO indices are potentially biased. Further analysis will be necessary to evaluate the magnitude of this bias quantitatively and, if the indices for large silky sharks are found to be less susceptible to bias caused by changing oceanographic conditions, they may be used exclusively as stock status indicators in the future.

The IATTC staff reiterates its previous recommendation SAC-08-08a(i), SAC-07-06b(iii)) that improving shark fishery data collection in the EPO is critical. This will facilitate the development of other stock status indicators and/or conventional stock assessments to better inform the management of the silky shark and other co-occurring shark species. Spatio-temporal models that combine data from multiple gear types to improve spatial coverage should also be explored in the future, to facilitate modeling efforts once data from other sources become available.

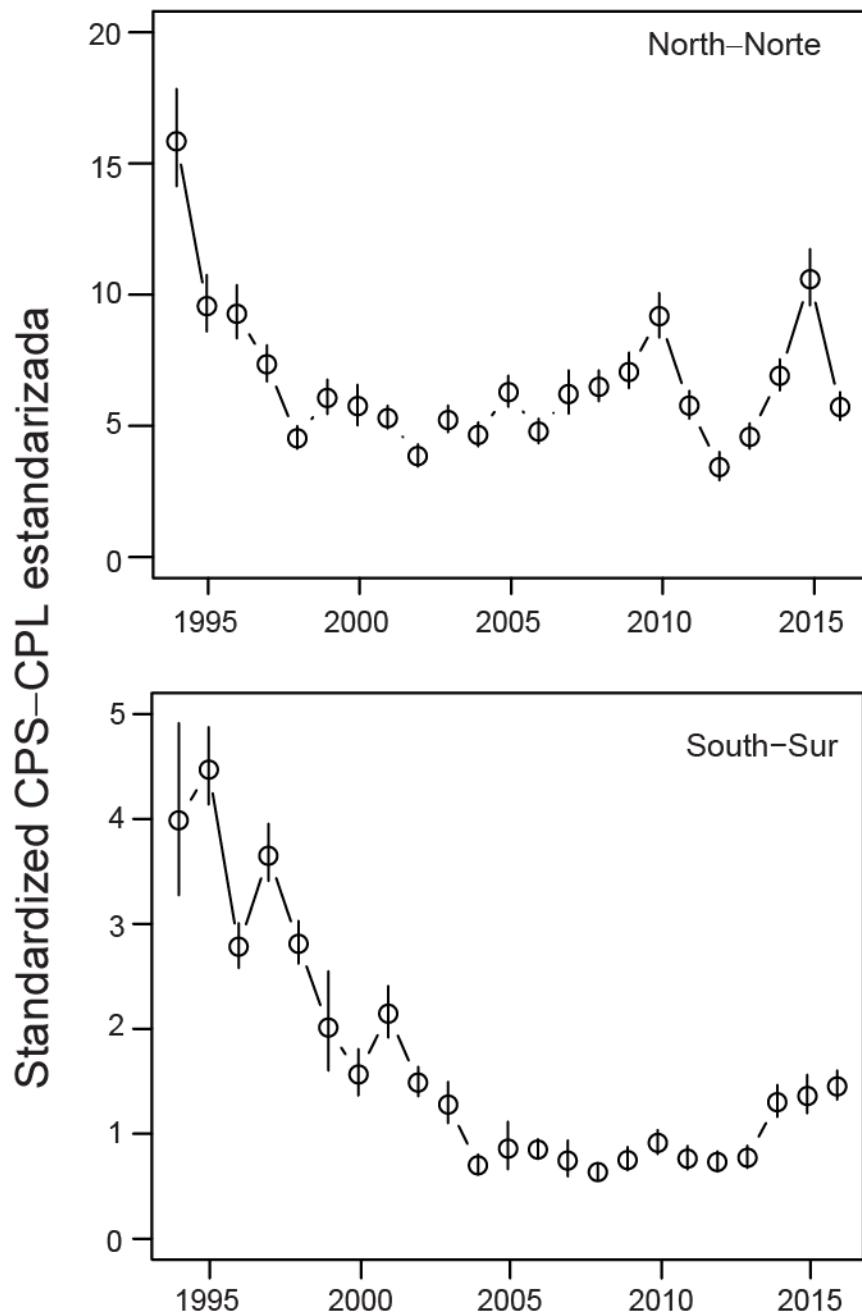


FIGURE K-1. Standardized catch-per-set (CPS, in number of sharks per set) of all silky sharks in floating-object sets for northern (top) and southern (bottom) EPO stocks.

FIGURA K-1. Captura por lance (CPL, en número de tiburones por lance) estandarizada de todos los tiburones en lances sobre objetos flotantes de las poblaciones del OPO del norte (arriba) y sur (abajo).

K. INDICADORES ACTUALIZADOS DE LA CONDICIÓN DE LA POBLACIÓN DEL TIBURÓN SEDOSO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1994-2016

Un intento de evaluar la condición del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) en el Océano Pacífico oriental (OPO) usando modelos convencionales de evaluación de poblaciones fue gravemente perjudicado por incertidumbres importantes en los datos de pesca, principalmente con respecto a los niveles de captura total en los años tempranos para todas las pesquerías que operaban en el OPO y que capturaban tiburones sedosos. Aunque este intento de evaluar la población produjo una cantidad sustancial de información nueva acerca del tiburón sedoso en el OPO (por ejemplo, magnitud absoluta y relativa de la captura por distintas pesquerías y su selectividad), la escala absoluta de las tendencias de la población y las cantidades de ordenación derivadas estuvieron comprometidas. Ya que una evaluación convencional de la población no era posible, en 2014 el personal de la CIAT propuso un conjunto de posibles indicadores de estatus (o estabilidad) de población (SSI; *stock status indicators*) que podrían ser considerados para la ordenación del tiburón sedoso en el OPO (Documento [SAC-05-11a](#)), incluyendo índices de captura por lance estandarizada de la pesquería de cerco. En el Documento [SAC-08-08a \(i\)](#) se presenta una actualización de los índices de cerco hasta 2016.

El índice para todos los tiburones sedosos al norte de la línea ecuatorial (OPO norte) señala una gran disminución en 2016 con respecto a 2015 ([Figura K-1](#)). Por contraste, el índice para todos los tiburones sedosos al sur de la línea ecuatorial (OPO sur) sigue alrededor del nivel de 2014-2015 (Figura K-1). En informes previos se han identificado algunas tendencias crecientes fuertes recientes en los indicadores de tiburones sedosos, pero no son biológicamente plausibles. Para ayudar a incrementar los conocimientos de procesos potenciales que impulsan las tendencias recientes en los índices del OPO norte, se compararon índices de tiburones sedosos por subregión dentro del OPO norte, y por categoría de tamaño de los tiburones, con un índice de variabilidad en las condiciones oceanográficas, y un índice preliminar para el tiburón sedoso en la pesquería cerquera de lances asociados en el Océano Pacífico central y occidental. A partir de los resultados preliminares de estas comparaciones, se presenta la hipótesis que los cambios recientes en los índices de tiburones sedosos del OPO norte, particularmente para los tiburones sedosos pequeños, podrían ser afectados por cambios en las condiciones oceanográficas (por ejemplo, eventos de El Niño y La Niña), y por lo tanto los índices del OPO norte están potencialmente sesgados. Serán necesarios análisis adicionales para evaluar la magnitud de este sesgo cuantitativamente, si se descubre que los índices para el tiburón sedoso grande son menos susceptibles a sesgos causados por cambios en las condiciones oceanográficas, podrían ser usados exclusivamente como indicadores de condición de población en el futuro.

El personal de la CIAT reitera su recomendación previa ([SAC-08-08a\(i\)](#), [SAC-07-06b\(iii\)](#)) que es crítico mejorar la recolección de datos de pesca de tiburones en el OPO. Esto facilitará el desarrollo de otros indicadores de condición de población y/o evaluaciones convencionales de poblaciones para informar mejor la ordenación del tiburón sedoso y otras especies de tiburones co-ocurrentes. Se deberían también explorar en el futuro modelos espaciotemporales que combinan datos de múltiples tipos de arte para mejorar la cobertura espacial, para facilitar los intentos de modelado una vez se disponga de datos de otras fuentes.

L. ECOSYSTEM CONSIDERATIONS

1.	Introduction	124
2.	Impact of catches.....	125
3.	Other fauna.....	131
4.	Trophic interactions	133
5.	Physical environment.....	138
6.	Aggregate indicators	140
7.	Ecological risk assessment.....	142
8.	Ecosystem modeling	146
9.	Actions by the IATTC and the AIDCP addressing ecosystem considerations	147
10.	Future developments	151

1. INTRODUCTION

The 1995 FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries stipulates that States and users of living aquatic resources should conserve aquatic ecosystems and it provides that management of fisheries should ensure the conservation not only of target species, but also of species belonging to the same ecosystem or associated with or dependent upon the target species¹. In 2001, the Reykjavik Declaration on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem elaborated these principles with a commitment to incorporate an ecosystem approach into fisheries management.

Consistent with these instruments, one of the functions of the IATTC under the 2003 Antigua Convention is to “adopt, as necessary, conservation and management measures and recommendations for species belonging to the same ecosystem and that are affected by fishing for, or dependent on or associated with, the fish stocks covered by this Convention, with a view to maintaining or restoring populations of such species above levels at which their reproduction may become seriously threatened”.

Consequently, the IATTC has taken account of ecosystem issues in many of its decisions, and this report on the offshore pelagic ecosystem of the tropical and subtropical Pacific Ocean, which is the habitat of tunas and billfishes, has been available since 2003 to assist in making its management decisions. This section provides a coherent view, summarizing what is known about the direct impact of the fisheries upon various species and species groups of the ecosystem, and reviews what is known about the environment and about other species that are not directly impacted by the fisheries but may be indirectly impacted by means of predator-prey interactions in the food web.

This review does not suggest objectives for the incorporation of ecosystem considerations into the management of tuna or billfish fisheries, nor any new management measures. Rather, its prime purpose is to offer the Commission the opportunity to ensure that ecosystem considerations are part of its agenda.

It is important to remember that the view that we have of the ecosystem is based on the recent past; we have almost no information about the ecosystem before exploitation began. Also, the environment is subject to change on a variety of time scales, including the well-known El Niño fluctuations and more recently recognized longer-term changes, such as the Pacific Decadal Oscillation and other climate changes.

In addition to reporting the catches of the principal species of tunas and billfishes, the staff has reported the bycatches of non-target species that are either retained or discarded. In this section, data on these bycatches are presented in the context of the effect of the fishery on the ecosystem. Unfortunately, while relatively good information is available for the tunas and billfishes, information for the entire fishery is not available.

¹ The Code also provides that management measures should ensure that biodiversity of aquatic habitats and ecosystems is conserved and endangered species are protected and that States should assess the impacts of environmental factors on target stocks and species belonging to the same ecosystem or associated with or dependent upon the target stocks, and assess the relationship among the populations in the ecosystem.

The information is comprehensive for large (carrying capacity greater than 363 metric tons) purse seiners that carry observers under the Agreement on the International Dolphin Conservation Program (AIDCP), and information on retained catches is also reported for other purse seiners, pole-and-line vessels, and much of the longline fleet. Some information is available on sharks that are retained by parts of the longline fleet. Information on retained and discarded non-target species is reported for large purse-seiners, and is available for very few trips of smaller ones. There is little information available on the bycatches and discards for other fishing vessels.

2. IMPACT OF CATCHES

2.1. Single-species assessments

Current information on the effects of the tuna fisheries on the stocks of individual species in the eastern Pacific Ocean (EPO) and the detailed assessments are found in this document. An ecosystem perspective requires a focus on how the fishery may have altered various components of the ecosystem. Sections 2.2 and 2.3 of this report refer to information on the current biomass of each stock considered, compared to estimates of what it might have been in the absence of a fishery. There are no direct measurements of the stock size before the fishery began, and, in any case, the stocks would have varied from year to year. In addition, the unexploited stock size may be influenced by predator and prey abundance, which is not included in the single-species analyses.

2.2. Tunas

Information on the effects of the fisheries on yellowfin, bigeye, and skipjack tunas is found in Documents SAC-08-[04b](#), [04a](#), and [04c](#), respectively, and an update on indices and evaluation of new harvest strategies of Pacific bluefin tuna was presented at the meetings of the Scientific Advisory Committee (SAC) in 2017. The International Scientific Committee (ISC) Northern Albacore Working Group completed its [stock assessment](#) in 2014 and the next assessment is scheduled for 2017. An update on albacore was also presented at the meetings of the SAC in 2017.

2.3. Billfishes

Information on the effects of the tuna fisheries on swordfish, blue marlin, striped marlin, and sailfish is presented in Sections G-J of IATTC [Fishery Status Report 14](#). Stock assessments and/or stock structure analyses for swordfish (2007, structure), eastern Pacific striped marlin (2010, assessment and structure), northeast Pacific striped marlin (2011, assessment), southeast Pacific swordfish (2012, assessment), and eastern Pacific sailfish (2013, assessment) were completed by the IATTC staff. Stock assessments for Pacific blue marlin (2016) and for north Pacific swordfish (2014) and striped marlin (2015) were completed by the billfish working group of the ISC for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean.

2.3.1. Black marlin and shortbill spearfish

No stock assessments have been made for these species, although there are some data published jointly by scientists of the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan and the IATTC in the IATTC Bulletin series that show trends in catches, effort, and catches per unit of effort (CPUEs).

2.4. Summary

Preliminary estimates of the catches (including purse-seine discards), in metric tons, of tunas, bonitos, and billfishes during 2016 in the EPO are found in Tables A-2a and A-2b of [Document SAC-08-03a](#).

2.5. Marine mammals

Marine mammals, especially spotted dolphins (*Stenella attenuata*), spinner dolphins (*S. longirostris*), and common dolphins (*Delphinus delphis*), are frequently found associated with yellowfin tuna in the size range of about 10 to 40 kg in the EPO. Purse-seine fishermen have found that their catches of yellowfin in the EPO can be maximized by setting their nets around herds of dolphins and the associated schools of tunas, and then releasing the dolphins while retaining the tunas. The estimated incidental mortality of dolphins in

this operation was high during the early years of the fishery, and the populations of dolphins were reduced from their unexploited levels during the 1960s and 1970s. After the late 1980s the incidental mortality decreased precipitously, and there is now evidence that the populations are recovering. Preliminary mortality estimates of dolphins in the fishery in 2016 are shown in Table 1. The IATTC staff is responsible for the assessment of dolphin populations associated with the purse-seine fishery for tunas, as a basis for the dolphin mortality limits established by the Agreement on the International Dolphin Conservation Program (AIDCP).

Studies of the association of tunas with dolphins have been an important component of the staff's long-term approach to understanding key interactions in the ecosystem. The extent to which yellowfin tuna and dolphins compete for resources, whether either or both of them benefits from the interaction, why the tuna are most often found with spotted dolphins versus other dolphins, and why the species associate most strongly in the eastern tropical Pacific, remain critical pieces of information, given the large biomasses of both groups and their high rates of prey consumption. Three studies were conducted to address these hypotheses: a simultaneous tracking study of spotted dolphins and yellowfin tuna, a trophic interactions study comparing their prey and daily foraging patterns, and a spatial study of oceanographic features correlated with the tuna dolphin association. These studies demonstrated that the association is neither permanent nor obligatory, and that the benefits of the association are not based on feeding advantages. The studies support the hypothesis that one or both species reduce the risk of predation by forming large, mixed-species groups. The association is most prevalent where the habitat of the tuna is compressed to the warm, shallow, surface waters of the mixed layer by the oxygen minimum zone, a thick layer of oxygen-poor waters underlying the mixed layer. The association has been observed in areas with similar oceanographic conditions in other oceans, but it is most prevalent and consistent in the eastern tropical Pacific, where the oxygen minimum zone is the most hypoxic and extensive in the world.

During August-December 2006, scientists of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) conducted the latest in a series of research cruises under the *Stenella* Abundance Research (STAR) project. The primary objective of the multi-year study is to investigate trends in population size of the dolphins that have been taken as incidental catch by the purse-seine fishery in the EPO. Data on cetacean distribution, herd size, and herd composition were collected from the large-scale line-transect surveys to estimate dolphin abundance. Oceanographic data are collected to characterize habitat and its variation over time. Data on distribution and abundance of prey fishes and squids, seabirds, and sea turtles further characterize the ecosystem in which these dolphins live. The 2006 survey covered the same areas and used the same methods as past surveys. Data from the 2006 survey produced new abundance estimates, and previous data were re-analyzed to produce revised estimates for 10 dolphin species and/or stocks in the EPO between 1986 and 2006. The 2006 estimates for northeastern offshore spotted dolphins were somewhat greater, and for eastern spinner dolphins substantially greater, than the estimates for 1998-

TABLE 1. Mortality of dolphins and other marine mammals caused by the fishery in the EPO during 2016

Species and stock	Incidental mortality	
	Number	Metric tons
Offshore spotted dolphin		
Northeastern	127	8.3
Western-southern	111	7.2
Spinner dolphin		
Eastern	243	10.8
Whitebelly	89	5.4
Common dolphin		
Northern	82	5.8
Central	36	2.6
Southern	9	0.6
Other mammals*	5	0.5
Total	702	41.2

*"Other mammals" includes the following species and stocks, whose observed mortalities were as follows: unidentified dolphins 4 (0.2 t) and Risso's dolphin (*Grampus griseus*) 1 (0.3 t).

2000. Estimates of population growth for these two depleted stocks and the depleted coastal spotted dolphin stock may indicate they are recovering, but the western-southern offshore spotted dolphin stock may be declining. The 1998-2006 abundance estimates for coastal spotted, whitebelly spinner, and rough-toothed (*Steno bredanensis*) dolphins showed an increasing trend, while those for the striped (*S. coeruleoalba*), short-beaked common (*Delphinus delphis*), bottlenose (*Tursiops truncatus*), and Risso's (*Grampus griseus*) dolphins were generally similar to previous estimates obtained with the same methods. Because there have been no NMFS surveys since 2006, new modelling was conducted during 2014 and 2015 on trends in dolphin relative abundance using purse-seine observer data. That research concluded that indices of relative abundance from purse-seine observer data for species such as dolphins in the EPO that are directly associated with the fishing process are unlikely to be reliable indicators. Not only are such indices susceptible to the usual problems of changes in fishing behavior, but there is not a clear distinction between indexing the dolphin-tuna association and indexing dolphin abundance. This research, as well as alternative means of monitoring dolphin stocks, was published in 2016². In 2016, an IATTC workshop on methods for monitoring the status of eastern tropical Pacific Ocean dolphin populations was convened. The purpose of the workshop was to bring together world experts in the field of marine mammal abundance estimation to: 1) review the latest ship-based line-transect methodology, and 2) discuss alternative options appropriate for EPO dolphin stocks, including the use of high-resolution imagery from unmanned aircraft and close-kin genetics. A report and background documents from the workshop can be found [here](#).

Scientists of the NMFS have made estimates of the abundances of several other species of marine mammals based on data from research cruises made between 1986 and 2000 in the EPO. Of the species not significantly affected by the tuna fishery, short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) and three stocks of common dolphins showed increasing trends in abundance during that 15-year period. The apparent increased abundance of these mammals may have caused a decrease in the carrying capacity of the EPO for other predators that overlap in diet, including spotted dolphins. Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) also increased in estimated abundance, but there is very little diet overlap between these baleen whales and the upper-level predators impacted by the fisheries. The abundance estimates for sperm whales (*Physeter macrocephalus*) tended to decrease during 1986-2000.

Some marine mammals are adversely affected by reduced food availability during El Niño events, especially in coastal ecosystems. Examples that have been documented include dolphins, pinnipeds, and Bryde's whales off Peru, and pinnipeds around the Galapagos Islands. Large whales are able to move in response to changes in prey productivity and distribution.

2.6. Sea turtles

Sea turtles are caught on longlines when they take the bait on hooks, are snagged accidentally by hooks, or are entangled in the lines. Estimates of incidental mortality of turtles due to longline and gillnet fishing are few. At the [4th meeting of the IATTC Working Group on Bycatch](#) in January 2004, it was reported that 166 leatherback (*Dermochelys coriacea*) and around 6,000 other turtle species—mostly olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*)—were incidentally caught by Japan's longline fleet in the EPO during 2000, and of these, 25 and 3,000, respectively, were dead. At the [6th meeting of the Working Group](#) in February 2007, it was reported that the Spanish longline fleet targeting swordfish in the EPO averaged 65 interactions and 8 mortalities per million hooks during 1990-2005. The mortality rates due to longlining in the EPO are likely to be similar for other fleets targeting bigeye tuna, and possibly greater for those that set their lines at shallower depths at night for albacore and swordfish. About 23 million of the 200 million hooks set each

² Lennert-Cody, C.E., M.N. Maunder, P.C. Fiedler, M. Minami, T. Gerrodette, J. Rusin, C.V. Minte-Vera, M. Scott, and S.T. Buckland. 2016. Purse-seine vessels as platforms for monitoring the population status of dolphin species in the eastern tropical Pacific Ocean. *Fisheries Research* 178: 101-113.

year in the EPO by distant-water longline vessels target swordfish with shallow-set longlines. The [7th meeting of the Working Group](#) was held in May 2017, and reports of sea turtle bycatch and interactions in the EPO were discussed.

In addition, there is a sizeable fleet of artisanal longline vessels that fish for tunas, billfishes, sharks, and dorado (*Coryphaena* spp.) in the EPO. Since 2005, staff members of the IATTC and some other organizations, together with the governments of several coastal Latin American nations, have been engaged in a program to reduce the hooking rates and mortalities of sea turtles in these fisheries. Additional information on this program can be found in [Section 9.2](#).

Sea turtles are occasionally caught in purse seines in the EPO tuna fishery. Most interactions occur when the turtles associate with floating objects, and are captured when the object is encircled. In other cases, nets set around unassociated schools of tunas or schools associated with dolphins may capture sea turtles that happen to be at those locations. The olive Ridley turtle is, by far, the species of sea turtle taken most often by purse seiners. It is followed by green sea turtles (*Chelonia mydas*), and, very occasionally, by loggerhead (*Caretta caretta*) and hawksbill (*Eretmochelys imbricata*) turtles. Since 1990, when IATTC observers began recording turtle interactions, only three mortalities of leatherback (*Dermochelys coriacea*) turtles have been recorded. Some of the turtles are unidentified because they were too far from the vessel or it was too dark for the observer to identify them. Sea turtles, at times, become entangled in the webbing under fish-aggregating devices (FADs) and drown. In some cases, they are entangled by the fishing gear and may be injured or killed. Preliminary estimates of the mortalities (in numbers) of turtles caused by large purse-seine vessels during 2016, by set type (on floating objects (OBJ), unassociated schools (NOA), and dolphins (DEL)), are shown in [Table 2](#).

The mortalities of sea turtles due to purse seining for tunas are probably less than those due to other types of human activity, which include exploitation of eggs and adults, beach development, pollution, entanglement in and ingestion of marine debris, and impacts of other fisheries.

The populations of olive Ridley and loggerhead turtles are designated as vulnerable, those of green and loggerhead turtles are designated as endangered, and those of hawksbill and leatherback turtles as critically endangered, by the International Union for the Conservation of Nature (IUCN).

2.7. Sharks and other large fishes

Sharks and other large fishes are taken by both purse-seine and longline vessels. Silky shark (*Carcharhinus falciformis*) is the most commonly-caught species of shark in the purse-seine fishery. The longline fisheries also catch silky sharks. An analysis of longline and purse-seine fishing is necessary to estimate the impact of fishing on the stock(s).

A project was conducted during May 2007-June 2008 by scientists of the IATTC and the NMFS to collect and archive tissue samples of sharks, rays, and other large fishes for genetics analysis. Data from the archived samples are being used in studies of large-scale stock structure of these taxa in the EPO, information that is vital for stock assessments and is generally lacking throughout the Pacific Ocean. The preliminary results of an analysis for silky sharks showed that for management purposes, silky sharks in the EPO should be divided into two stocks, one north and one south of the equator. In addition, the results of a mitochondrial-DNA study from 2013 show a slight genetic divergence between silky sharks in the

TABLE 2. Numbers of turtle mortalities caused by large purse-seine vessels in the EPO during 2016

	Set type			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Olive Ridley	4	-	-	4
Eastern Pacific green	-	-	-	-
Loggerhead	-	-	-	-
Hawksbill	-	-	-	-
Leatherback	-	-	-	-
Unidentified	2	-	-	2
Total	6	-	-	6

western and eastern Pacific, which supports assessing and managing these two populations separately. In contrast, a recent exploratory comparison of silky shark catch rates from the EPO and western and central Pacific Ocean (WCPO) purse-seine fisheries ([SAC-08-08a\(i\)](#)) shows consistent trends for juvenile silky sharks across the Pacific. This suggests that there may be some degree of connectivity of silky shark populations across the Pacific, and that the current stock structure assumptions may need to be revised.

Stock assessments or stock status indicators (SSIs) are available for only five shark species in the EPO: silky (IATTC: [SAC-05 INF-F](#), [SAC-08-08a\(i\)](#)), blue (*Prionace glauca*) ([ISC Shark Working Group](#)), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) ([ISC Shark Working Group](#)), common thresher (*Alopias vulpinus*) ([NMFS](#)), and bigeye thresher (*Alopias superciliosus*) (Areas Beyond National Jurisdiction ([ABNJ Tuna Project](#)). A Pacific-wide assessment of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the southern hemisphere will be completed by the ABNJ Tuna Project later in 2017. The impacts of the bycatches on the stocks of other shark species in the EPO are unknown.

Preliminary estimates of the catches (including purse-seine discards), in metric tons, of sharks and other large fishes in the EPO during 2016, other than those mentioned above, by large purse-seine vessels are shown in [Table 3](#). Complete data are not available for small purse-seine, longline, and other types of vessels.

The catch rates of species other than tunas in the purse-seine fishery are different for each type of set. With a few exceptions, the bycatch rates are greatest in sets on floating objects, followed by unassociated sets and, at a much lower level, dolphin sets. Dolphin bycatch rates are greatest for dolphin sets, followed by unassociated sets and, at a much lower level, floating-object sets. In general, the bycatch rates of manta rays (Mobulidae), and stingrays (Dasyatidae) are greatest in unassociated sets, followed by dolphin sets, and lowest in floating-object sets, although in 2015 and 2016 the bycatch rate was greater in dolphin sets than unassociated sets. Because of these differences, it is necessary to follow the changes in frequency of the different types of sets to interpret the changes in bycatch data. The estimated numbers of purse-seine sets of each type in the EPO during 1999-2016 are shown in Table A-7 of [Document SAC-08-03a](#).

The reduction of bycatches is a goal of ecosystem-based fisheries management. A recently-published study³ analyzed the ratio of bycatch to target catch across a range of set size-classes (in tons). The study demonstrated that the ratios of total bycatch to tuna catch and silky shark bycatch to tuna catch decreased as set size increased. The greatest bycatch ratios occurred in sets catching <10 t.

In October 2006, the NMFS hosted a workshop on bycatch reduction in the EPO purse-seine fishery. The attendees supported a proposal for research on methods to reduce bycatches of sharks by attracting them away from floating objects prior to setting the purse seine. They also supported a suite of field experiments on bycatch reduction devices and techniques; these would include FAD modifications and manipulations, assessing behavioral and physiological indicators of stress, and removing living animals from the seine and deck (e.g. sorting grids, bubble gates, and vacuum pumps). A third idea was to use IATTC data to determine if spatial, temporal, and environmental factors can be used to predict bycatches in FAD sets and to determine to what extent time/area closures would be effective in reducing bycatches.

³ Dagorn, L., J.D. Filmalter, F. Forget, M.J. Amandé, M.A. Hall, P. Williams, H. Murua, J. Ariz, P. Chavance, and N. Bez. 2012. Targeting bigger schools can reduce ecosystem impacts of fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 69: 1463-1467

A recent [review of bycatch](#) in the tropical tuna purse-seine fisheries of the world addressed available actions and concepts to reduce shark bycatch (page 156). These included spatial and seasonal closures, effort controls, prohibition of shark landings, shark size limits, shark bycatch quotas per vessel, a mandate to release immediately any shark brought onboard, setting best procedures for shark handling during release, and training of crews in these procedures.

The [7th meeting of the Working Group on Bycatch](#) convened prior to the 8th Meeting of the Scientific Advisory Committee, and updates on shark research in the EPO were presented.

Dorado (*Coryphaena hippurus*) is one of the most important species caught in the artisanal fisheries of the coastal nations in the EPO. Dorado are also caught incidentally in the purse-seine tuna fishery in the EPO. Under the Antigua Convention and its ecosystem approach to fisheries, it is therefore appropriate that the IATTC staff study the species, with a view to determining the impact of fishing, and to recommend appropriate conservation measures of this important resource if required. In this context, some Members of the IATTC with coastlines in the region have requested that collaborative research on dorado be carried out with the IATTC staff so that solid scientific information is available for this purpose.

The IATTC held its [first technical meeting on dorado](#) in 2014. That meeting had three objectives: 1) to promote synergy among the Members of the IATTC for a regional investigation of dorado in the EPO; 2) to review the current state of knowledge of dorado and identify available data sets across fisheries/regions in the EPO); and 3) to plan a future collaborative research plan. This collaborative effort thus far includes: analysis of available catch statistics and trade records, improvement of field data collection programs, investigation of seasonal trends, and identification of fishery units. In addition, available fishery data on dorado from IATTC Members and other nations are being analyzed to develop stock status indicators (SSIs) which could potentially provide a basis for advice for managing the species in the EPO (see [SAC-05-11b](#)). The work was continued in 2015 and a [second technical meeting](#) was held with the aim to address two important questions: 1) What are reasonable stock structure assumptions to consider for regional management of dorado in the EPO? and 2) Which indicators of stock status should be monitored to provide scientific advice for regional management? Collaborations enabled IATTC staff to produce an exploratory

TABLE 3. Catches, in tons, of sharks and other large fishes by large purse-seine vessels with observers aboard in the EPO, 2016

	Set type			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Silky shark (<i>Carcharhinus falciformis</i>)	477	37	65	579
Oceanic whitetip shark (<i>C. longimanus</i>)	4	<1	<1	4
Hammerhead sharks (<i>Sphyrna</i> spp.)	59	4	2	65
Thresher sharks (<i>Alopias</i> spp.)	2	5	7	14
Other sharks	46	6	4	56
Manta rays (Mobulidae)	4	22	32	58
Pelagic sting rays (Dasyatidae)	<1	<1	<1	1
Dorado (<i>Coryphaena</i> spp.)	1101	6	<1	1107
Wahoo (<i>Acanthocybium solandri</i>)	416	1	<1	417
Rainbow runner (<i>Elagatis bipinnulata</i>) and yellowtail (<i>Seriola lalandi</i>)	53	6	8	67
Other large fishes	540	7	<1	547

stock assessment ([SAC-07-06a\(i\)](#)) and an exploratory management strategy evaluation (MSE) ([SAC-07-06a\(ii\)](#)) of dorado in the southeastern Pacific Ocean. In 2016, a [third technical meeting](#) was held, and participants discussed (1) prioritizing data collection for data-limited fisheries, (2) potential stock status indicators for data-limited fisheries, and (3) evaluating data source needs and stock status indicators using MSE tools.

3. OTHER FAUNA

3.1. Seabirds

There are approximately 100 species of seabirds in the tropical EPO. Some seabirds associate with epipelagic predators near the sea surface, such as fishes (especially tunas) and marine mammals. Subsurface predators often drive prey to the surface to trap them against the air-water interface, where the prey becomes available to the birds. Most species of seabirds take prey within a half meter of the sea surface or in the air (flyingfishes (Exocoetidae) and squids (primarily Ommastrephidae)). In addition to driving the prey to the surface, subsurface predators make prey available to the birds by injuring or disorienting the prey, and by leaving scraps after feeding on large prey. Feeding opportunities for some seabird species are dependent on the presence of tuna schools feeding near the surface.

Seabirds are affected by the variability of the ocean environment. During the 1982-1983 El Niño event, seabird populations throughout the tropical and northeastern Pacific Ocean experienced breeding failures and mass mortalities, or migrated elsewhere in search of food. Some species, however, are apparently not affected by El Niño episodes. In general, seabirds that forage in upwelling areas of the tropical EPO and Peru Current suffer reproductive failures and mortalities due to food shortage during El Niño events, while seabirds that forage in areas less affected by El Niño episodes may be relatively unaffected.

According to the *Report of the Scientific Research Program under the U.S. International Dolphin Conservation Program Act*, prepared by the NMFS in September 2002, there were no significant temporal trends in abundance estimates over the 1986-2000 period for any species of seabird, except for a downward trend for the Tahiti petrel (*Pseudobulweria rostrata*), in the tropical EPO. Population status and trends are currently under review for waved (*Phoebastria irrorata*), black-footed (*P. nigripes*), and Laysan (*P. immutabilis*) albatrosses.

Some seabirds, especially albatrosses and petrels, are susceptible to being caught on baited hooks in pelagic longline fisheries. Satellite tracking and at-sea observation data have identified the importance of the IATTC area for waved, black-footed, Laysan, and black-browed (*Thalassarche melanophrys*) albatrosses, plus several other species that breed in New Zealand, yet forage off the coast of South America. There is particular concern for the waved albatross because it is endemic to the EPO and nests only in the Galapagos Islands. Observer data from artisanal vessels show no interactions with waved albatross during these vessels' fishing operations. Data from the US pelagic longline fishery in the northeastern Pacific Ocean indicate that bycatches of black-footed and Laysan albatrosses occur. Few comparable data for the longline fisheries in the central and southeastern Pacific Ocean are available. At the [6th meeting of the IATTC Working Group on Bycatch](#) in February 2007, it was reported that the Spanish surface longline fleet targeting swordfish in the EPO averaged 40 seabird interactions per million hooks, virtually all resulting in mortality, during 1990-2005. In 2007, the IATTC Stock Assessment Working Group identified areas of vulnerability to industrial longline fishing for several species of albatross and proposed mitigation measures. The IATTC has adopted two measures on seabirds ([section 9.3](#)); also, the Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels (ACAP) and BirdLife International have updated their maps of seabird distribution in the EPO, and have recommended seabird mitigation measures ([SAC-05 INF-E](#), [SAC-07-INF-C\(d\)](#)).

3.2. Forage

The forage taxa occupying the middle trophic levels in the EPO are obviously important components of the ecosystem, providing a link between primary producers at the base of the food web and the upper-trophic-level predators, such as tunas and billfishes. Indirect effects on those predators caused by environmental variability are transmitted to the upper trophic levels through the forage taxa. Little is known, however, about fluctuations in abundance of the large variety of prey species in the EPO. Scientists from the NMFS have recorded data on the distributions and abundances of common prey groups, including lantern fishes (Myctophidae), flyingfishes, and some squids, in the tropical EPO during 1986-1990 and 1998-2000. Mean

abundance estimates for all fish taxa and, to a lesser extent, for squids increased from 1986 through 1990. The estimates were low again in 1998, and then increased through 2000. Their interpretation of this pattern was that El Niño events in 1986-1987 and 1997-1998 had negative effects on these prey populations. More data on these taxa were collected during the NMFS STAR 2003 and 2006 cruises.

Recent research⁴ by a scientist at NMFS focused on assessing the habitat use of several mesopelagic fish families throughout various life stages in the EPO to aid in understanding their role in the ecosystem. The work also included describing ontogenetic changes in abundance and horizontal distribution of common species of mesopelagic fish larvae impacted by the El Niño event in 1997-1998 followed by the La Niña in the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) study area. Within the CalCOFI sampling region, mesopelagic fishes (2 species of Myctophidae and 1 species of Phosichthyidae) with an affinity for warm water conditions had a higher larval abundance, were closer to shore during the El Niño, and were less abundant and farther offshore during the La Niña. The opposite pattern was generally observed for mesopelagic fishes (3 species of Bathylagidae and 4 species of Myctophidae) with an affinity for cold water conditions.

Cephalopods, especially squids, play a central role in many, if not most, marine pelagic food webs by linking the massive biomasses of micronekton, particularly myctophid fishes, to many oceanic predators. Given the high trophic flux passing through the squid community, a concerted research effort on squids is thought to be important for understanding their role as key prey and predators. In 2013, a special volume of the journal Deep Sea Research II, Topical Studies in Oceanography (Vol. 5) was focused on The Role of Squids in Pelagic Ecosystems. The volume covers six main research areas: squids as prey, squids as predators, the role of squids in marine ecosystems, physiology, climate change, and the Humboldt or jumbo squid (*Dosidicus gigas*) as a recent example of ecological plasticity in a cephalopod species.

Humboldt squid populations in the EPO have increased in size and geographic range in recent years. For example, the Humboldt squid expanded its range to the north into waters off central California, USA from 2002 to mid-2010. In addition, in 2002 observers on tuna purse-seine vessels reported increased incidental catches of Humboldt squid taken with tunas, primarily skipjack, off Peru. Juvenile stages of these squid are common prey for yellowfin and bigeye tunas, and other predatory fishes, and Humboldt squid are also voracious predators of small fishes and cephalopods throughout their range. Large Humboldt squid have been observed attacking skipjack and yellowfin inside a purse seine. Not only have these squid impacted the ecosystems that they have expanded into, but they are also thought to have the capacity to affect the trophic structure in pelagic regions. Changes in the abundance and geographic range of Humboldt squid could affect the foraging behavior of the tunas and other predators, perhaps changing their vulnerability to capture.

In 2016, a study⁵ documented a rise in cephalopod production in the EPO using opportunistic predators as biological samplers of the ecosystem. A notable increase in cephalopod occurrence in the diets of yellowfin tuna over a 50-year period and in the diets of multiple predator species between the 1990s and 2000s was observed. The results from this study suggest temporal shifts in cephalopod production have occurred in the EPO.

Some small fishes, many of which are forage for the larger predators, are incidentally caught by purse-seine vessels in the EPO. Frigate and bullet tunas (*Auxis* spp.), for example, are a common prey of many of the animals that occupy the upper trophic levels in the tropical EPO. In the tropical EPO ecosystem model ([Section 8](#)), frigate and bullet tunas comprise 10% or more of the diet of eight predator species or groups. Small quantities of frigate and bullet tunas are captured by purse-seine vessels on the high seas and by artisanal fisheries in some coastal regions of Central and South America. The vast majority of frigate and

⁴ Bowlin, N.M. 2016. Ontogenetic changes in the distribution and abundance of early life history stages of mesopelagic fishes off California. Doctoral thesis. 229p. UC San Diego

⁵ Hunsicker, M.E., Essington, T.E., Olson, R.J., Duffy, L.M., Galván-Magaña, F., Reum, J.C.P. Submitted 2017. Ecological Reports

bullet tunas captured by tuna purse-seine vessels is discarded at sea. Preliminary estimates of the catches (including purse-seine discards), in metric tons, of small fishes by large purse-seine vessels with observers aboard in the EPO during 2016 are shown in [Table 4](#).

3.3. Larval fishes and plankton

Larval fishes have been collected by manta (surface) net tows in the EPO for many years by personnel of the NMFS Southwest Fisheries Science Center. Of the 314 taxonomic categories identified, 17 were found to be most likely to show the effects of environmental change. The occurrence, abundance, and distribution of these key taxa revealed no consistent temporal trends. Recent research⁶ has shown a longitudinal gradient in community structure of the ichthyoplankton assemblages in the eastern Pacific warm pool, with abundance, species richness, and species diversity high in the east (where the thermocline is shallow and primary productivity is high) and low but variable in the west (where the thermocline is deep and primary productivity is low).

The phytoplankton and zooplankton populations in the tropical EPO are variable. For example, chlorophyll concentrations on the sea surface (an indicator of phytoplankton blooms) and the abundance of copepods were markedly reduced during the El Niño event of 1982-1983, especially west of 120°W. Similarly, surface concentrations of chlorophyll decreased during the 1986-1987 El Niño episode and increased during the 1988 La Niña event due to changes in nutrient availability.

The species and size composition of zooplankton is often more variable than the zooplankton biomass. When the water temperatures increase, warm-water species often replace cold-water species at particular locations. The relative abundance of small copepods off northern Chile, for example, increased during the 1997-1998 El Niño event, while the zooplankton biomass did not change.

Copepods often comprise the dominant component of secondary production in marine ecosystems. An analysis⁷ of the trophic structure among the community of pelagic copepods in the EPO was conducted by a student of the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Mexico, using samples collected by scientists of the NMFS STAR project. The stable nitrogen isotope values of omnivorous copepods were used in a separate analysis of the trophic position of yellowfin tuna, by treating the copepods as a proxy for the isotopic variability at the base of the food web (see next section).

4. TROPHIC INTERACTIONS

Tunas and billfishes are wide-ranging, generalist predators with high energy requirements, and, as such, are key components of pelagic ecosystems. The ecological relationships among large pelagic predators, and between them and animals at lower trophic levels, are not well understood. Given the need to evaluate the implications of fishing activities on the underlying ecosystems, it is essential to acquire accurate

TABLE 4. Catches of small fishes, in tons, by large purse-seine vessels with observers aboard in the EPO, 2016

	Set type			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Triggerfishes (Balistidae) and filefishes (Monacanthidae)	444	2	<1	446
Other small fishes	38	2	<1	40
Frigate and bullet tunas (<i>Auxis</i> spp.)	189	23	<1	212

⁶ Vilchis, L.I., L.T. Ballance, and W. Watson. 2009. Temporal variability of neustonic ichthyoplankton assemblages of the eastern Pacific warm pool: Can community structure be linked to climate variability? Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers 56(1): 125-140

⁷ López-Ibarra, G.A., 2008. Estructura trófica de los copépodos pelágicos en el océano Pacífico oriental tropical. Doctor en Ciencias Thesis. Instituto Politécnico Nacional, Mexico

information on the trophic links and biomass flows through the food web in open-ocean ecosystems, and a basic understanding of the natural variability forced by the environment.

Knowledge of the trophic ecology of predatory fishes has historically been derived from stomach contents analysis, and more recently from chemical indicators. Large pelagic predators are considered efficient biological samplers of micronekton organisms, which are poorly sampled by nets and trawls. Diet studies have revealed many of the key trophic connections in the pelagic EPO, and have formed the basis for representing food-web interactions in an ecosystem model ([IATTC Bulletin, Vol. 22, No. 3](#)) to explore indirect ecosystem effects of fishing. For example, studies in the 1990s and 2000s revealed that the most common prey items of yellowfin tuna caught by purse seines offshore were frigate and bullet tunas, red crabs (*Pleuroncodes planipes*), Humboldt squid, a mesopelagic fish (*Vinciguerria lucetia*), and several epipelagic fishes. Bigeye tuna feed at greater depths than do yellowfin and skipjack, and consume primarily cephalopods and mesopelagic fishes. The most important prey of skipjack overall were reported to be euphausiid crustaceans during the late 1950s, whereas the small mesopelagic fish *V. lucetia* appeared dominant in the diet during the early 1990s. Tunas that feed inshore often utilize different prey than those caught offshore.

Historical studies of tuna diets in the EPO were based on qualitative data from few samples, with little or no indication of relative prey importance. Contemporary studies, however, have used diet indices, typically volume or weight importance, numeric importance, and frequency of occurrence of prey items to quantify diet composition, often in conjunction with chemical indicators, such as stable-isotope and fatty-acid analyses. A chapter entitled “Bioenergetics, trophic ecology, and niche separation of tunas⁸” was published in 2016 in the serial *Advances in Marine Biology*. It reviews current understanding of the bioenergetics and feeding dynamics of tunas on a global scale, with emphasis on yellowfin, bigeye, skipjack, albacore, and Atlantic bluefin tunas in seven oceans or ocean regions. Food consumption balances bioenergetics expenditures for respiration, growth (including gonad production), specific dynamic action, egestion, and excretion. Each species of tuna appears to have a generalized feeding strategy, in the sense that their diets were characterized by high prey diversity and overall low abundance of individual prey types. Ontogenetic and spatial diet differences are substantial, and significant inter-decadal changes in prey composition have been observed. Diet shifts from larger to smaller prey taxa highlight ecosystem-wide changes in prey availability and diversity, and provide implications for changing bioenergetics requirements into the future. The lack of long-term data limits the ability to predict the impacts of climate change on tuna feeding behavior, and thus there is a need for systematic collection of feeding data as part of routine monitoring of these species.

New statistical methods for analyzing complex, multivariate stomach-contents data have been developed through an international collaboration, Climate Impacts on Oceanic Top Predators-Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research (CLIOTOP-IMBER), [Working Group 3](#) (WG3: Trophic pathways in open-ocean ecosystems), to assess the trophodynamics of marine top predators. This methodology shows promise for analyzing broad-scale spatial, temporal, environmental, and biological relationships in a classification-tree modeling framework that predicts the prey compositions of predators. The approach was used in two recent studies of yellowfin tuna and silky sharks in the EPO, discussed below, to infer changes in prey populations over space (yellowfin and silky sharks) and time (yellowfin) based on stomach contents data.

Stomach samples of ubiquitous generalist predators, such as the tunas, can be used to infer changes in prey populations by identifying changes in foraging habits over time. Prey populations that support upper-level predators vary over time (see [3.2 Forage](#)), and some prey impart considerable predation pressure on animals that occupy the lower trophic levels (including the early life stages of large fishes). A comprehensive

⁸ Olson, R.J., J.W. Young, F. Ménard, M. Potier, V. Allain, N. Goñi, J.M. Logan, and F. Galván-Magaña. 2016. Bioenergetics, trophic ecology, and niche separation of tunas. In B. E. Curry (ed.), *Advances in Marine Biology*, 74 p. 199-344. Academic Press, UK

analysis of predation by yellowfin tuna on a decadal scale in the EPO was published in 2014⁹. Samples from 6,810 fish were taken from 433 purse-seine sets during two 2-year periods separated by a decade. Simultaneously, widespread reductions in biological production, changes in phytoplankton community composition, and a vertical expansion and intensification of the oxygen minimum zone appeared to alter the food webs in tropical and subtropical oceans (see [5. Physical environment](#)). A modified classification tree approach, mentioned above, was used to analyze spatial, temporal, environmental, and biological covariates explaining the predation patterns of the yellowfin during 1992-1994 and 2003-2005. For the majority of the yellowfin stock in the EPO, a major diet shift was apparent during the decade. Fishes were more abundant (by weight) during the early 1990s, while cephalopods and crustaceans predominated a decade later. As a group, epipelagic fishes declined from 82% to 31% of the diet, while mesopelagic species increased from 9% to 29% over the decade. Spatial partial dependence plots revealed range expansions by *Vinciguerria luceitia*, Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), and *Pleuroncodes planipes*, range contractions by *Auxis* spp. and a boxfish (*Lactoria diaphana*), and a near disappearance of driftfish (*Cubiceps* spp.) from the diet. Evidence from predation rates suggests that biomasses of *V. luceitia* and *D. gigas* have increased in the first half of the 2000s and that the distribution of *D. gigas* apparently expanded offshore as well as poleward (see [3.2 Forage](#)).

To gain insight into the role of the silky shark in the ecosystem, in 2014 an analysis of spatial variability was carried out, based on the stomach contents of 289 silky sharks captured as bycatch in sets on floating objects, primarily drifting fish-aggregating devices (FADs), by the tuna purse-seine fishery of the EPO. The dataset is novel because biological data for open-ocean carcharhinid sharks are difficult to collect, and it includes data for silky sharks caught over a broad region of the tropical EPO. A strong spatial shift in diet was revealed by the classification tree analysis, with different foraging patterns in the eastern (inshore) and western (offshore) regions. Greater proportions of FAD-associated prey than non-FAD-associated prey were observed in the diet throughout the EPO, but especially in the offshore region. Yellowfin tuna and silky sharks shared some of the same prey resources during these same two 2-year periods separated by a decade, e.g., Humboldt squid, flyingfishes, jacks and pompanos, and Tetraodontiformes. As was the case for yellowfin tuna, spatial and temporal factors likely both have a role in determining silky shark predation habits, but the samples were inadequate to test whether the diet of the sharks had changed over time. The analysis provided a comprehensive description of silky shark predation in the EPO, while demonstrating the need for increased sampling coverage over space and time, and presents important information on the dynamic component of trophic interactions of silky sharks. This information can be used to improve future ecosystem models. A manuscript was published in 2015¹⁰.

Through collaboration with CLIOTOP's Working Group 3, a global analysis on predator-prey interactions for yellowfin, bigeye and albacore tunas, collected over a 40-year period from the Pacific, Indian and Atlantic Oceans, was conducted to quantitatively assess broad, macro-scale trophic patterns in pelagic ecosystems. Analysis of over 14,000 tuna stomachs, using a modified classification tree approach, revealed for the first time the global expanse of pelagic predatory fish diet and global patterns of micronekton diversity. Ommastrephid squids were consistently one of the top prey groups by weight across all tuna species and in most ocean bodies. Interspecific differences in prey were apparent, with epipelagic scombrid and mesopelagic paralepidid fishes globally important for yellowfin and bigeye tunas, respectively, while vertically-migrating euphausiid crustaceans were important for albacore tuna in the Atlantic and Pacific Oceans. Diet diversity showed global and regional patterns among tuna species. In the central and western Pacific Ocean, characterized by low productivity, a high diversity of micronekton prey was detected while

⁹ Olson, R.J., L.M. Duffy, P.M. Kuhnert, F. Galván-Magaña, N. Bocanegra-Castillo, and V. Alatorre-Ramírez. 2014. Decadal diet shift in yellowfin tuna *Thunnus albacares* suggests broad-scale food web changes in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 497: 157-178

¹⁰ Duffy, L., R. Olson, C. Lennert-Cody, F. Galván-Magaña, N. Bocanegra-Castillo, and P. Kuhnert. 2015. Foraging ecology of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, captured by the tuna purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean. *Marine Biology* 162(3): 571-593

low prey diversity was evident in highly productive coastal waters where upwelling occurs. Spatial patterns of diet diversity were most variable in yellowfin and bigeye tunas while a latitudinal diversity gradient was observed with lower diversity in temperate regions for albacore tuna. These results suggest that the current expansion of warmer, less productive waters in the world's oceans may alter foraging opportunities for tunas due to regional changes prey abundances and compositions. This work was accepted for publication in early 2017¹¹.

Trophic-ecology studies have become focused on understanding entire food webs, initially by describing the inter-specific connections among the predator communities, comprising tunas, sharks, billfishes, dorado, wahoo, rainbow runner, and others. In general, considerable resource partitioning is evident among the components of these communities, and researchers seek to understand the spatial scale of the observable trophic patterns, and also the role of climate variability in influencing the patterns. In 2012, an analysis of predation by a suite of apex predators (including sharks, billfishes, tunas, and other fishes and mammals) on yellowfin and skipjack tunas in the EPO was published. Predation rates on yellowfin and skipjack were high for sharks and billfishes, and those animals consumed a wide size range of tunas, including subadults capable of making a notable contribution to the reproductive output of tuna populations. The tropical tunas in the EPO act as mesopredators more than apex predators.

While diet studies have yielded many insights, stable isotope analysis is a useful complement to stomach contents for delineating the complex structure of marine food webs. Stomach contents represent a sample of only the most-recent several hours of feeding at the time of day an animal is captured, and under the conditions required for its capture. Stable carbon and nitrogen isotopes, however, integrate information on all components of the entire diet into the animal's tissues, providing a recent history of trophic interactions and information on the structure and dynamics of ecological communities. More insight is provided by compound-specific isotope analysis of amino acids (AA-CSIA). In samples of consumer tissues, "source" amino acids (*e.g.* phenylalanine, glycine) retained the isotopic values at the base of the food web, and "trophic" amino acids (*e.g.* glutamic acid) became enriched in ¹⁵N by about 7.6‰ relative to the baseline. In AA-CSIA, predator tissues alone are adequate for trophic-position estimates, and separate analysis of the isotopic composition of organisms at the base of the food web is not necessary. An analysis of the spatial distribution of stable isotope values of yellowfin tuna in relation to those of copepods showed that the trophic position of yellowfin tuna increased from inshore to offshore in the EPO, a characteristic of the food web never detected in diet data. This is likely a result of differences in food-chain length due to phytoplankton species composition (species with small cell size) in offshore oligotrophic waters versus larger diatom species in the more productive eastern waters.

CSIA was recently utilized in the EPO and other regions through a research grant from the Comparative Analysis of Marine Ecosystem Organization (CAMEO) program, which is implemented as a partnership between the NMFS and the U.S. National Science Foundation, Division of Ocean Sciences. The research collaboration among the IATTC, the University of Hawaii, Scripps Institution of Oceanography, and the Oceanic Institute, Hawaii, seeks to develop amino acid compound-specific isotopic analysis as a tool that can provide an unbiased evaluation of trophic position for a wide variety of marine organisms and to use this information to validate output from trophic mass-balance ecosystem models. To accomplish this goal, the research combines laboratory experiments and field collections in contrasting ecosystems that have important fisheries. The field component was undertaken in varying biogeochemical environments, including the equatorial EPO, to examine trophic position of a range of individual species, from macrozooplankton to large fishes, and to compare trophic position estimates derived from AA-CSIA for these species with ecosystem model output. The project began in 2010 and was extended into 2014.

¹¹ Duffy, L.M., P.M. Kuhnert, H.R. Pethybridge, J.W. Young, R.J. Olson, J.M. Logan, N. Goñi, E. Romanov, V. Allain, M.D. Staudinger, M. Abecassis, C.A. Choy, A.J. Hobday, M. Simier, F. Galván-Magaña, M. Potier, and F. Ménard. 2017. Global trophic ecology of yellowfin, bigeye, and albacore tunas: Understanding predation on microneuston communities at ocean-basin scales. Deep-Sea Research Part II. doi: 10.1016/j.dsrr.2017.03.003

Most of the samples for the EPO portion of the study were collected and stored frozen by personnel of the NMFS, Protected Resources Division, Southwest Fisheries Science Center (SWFSC), aboard the research vessels *David Starr Jordan* and *McArthur II* during the *Stenella* Abundance Research Project (STAR) in 2006. The samples for the study nearly span the food web in the EPO, and all were taken along an east-to-southwest transect that appeared to span a productivity gradient. The components include macroplankton (two euphausiid crustaceans, *Euphausia distinguenda* and *E. tenera*), mesopelagic-micronekton (two myctophid fishes, *Myctophum nitidulum* and *Symbolophorus reversus*), cephalopods (two species of pelagic squids, *Dosidicus gigas* and *Sthenoteuthis oualaniensis*), and small and large micronektonivores and nektonivores (skipjack, yellowfin, and bigeye tunas collected aboard commercial purse-seine vessels fishing in the EPO during 2003-2005).

Stable isotope analyses of bulk tissues and amino acids were conducted on several specimens each of the species listed above. Bulk $\delta^{15}\text{N}$ values varied markedly across the longitude and latitude gradients. There were no distinct longitudinal trends, but the $\delta^{15}\text{N}$ values increased consistently with increasing latitude. Trophic position estimates based on the amino-acid $\delta^{15}\text{N}$ values, however, varied little intra-specifically across the sample transect. These two results suggest that the isotopic variability in the food web was likely due to biogeochemical variability at the base of the food web rather than differences in diets within the food web. Increasing $\delta^{15}\text{N}$ values with latitude correspond to high rates of denitrification associated with the large oxygen minimum zone in the ETP. Among-species comparisons of absolute trophic positions based on AA-CSIA estimates with estimates based on diet from the EPO ecosystem model ([IATTC Bulletin, Vol. 22, No. 3](#)) showed underestimates for the predators occupying higher trophic levels, *i.e.* the three tunas and two squids. These underestimates are likely because the previously-accepted trophic enrichment factor of 7.6 ‰ for phenylalanine and glutamic acid, which was derived from laboratory experiments with primary producers and invertebrate consumers, is inadequate for higher-level predators. A Master of Science thesis was developed from this work, and a manuscript was published in 2017¹².

Previous studies suggest that differences in $\delta^{15}\text{N}$ values of source and trophic amino acids can be used to examine historical changes in the trophic positions of archived samples, to investigate, for example, the potential effects of fisheries removals on system trophic dynamics. Where historical diet data are lacking or absent, AA-CSIA of archived specimens may be the only way to determine the past trophic status of key predator and prey species. Given the importance of retrospective ecosystem analyses, capabilities are being developed for conducting these analyses by thoroughly examining the possible artifacts of sample preservation methods on subsamples of key species. In this two-year study, muscle samples from 3 yellowfin tuna and 3 Humboldt squid were collected, fixed in formalin, and stored long-term in ethanol. Paired samples were frozen for two years to compare with the preserved samples. The duration of preservation and freezing ranged from 1 week to 2 years, and all preserved samples showed a uniform increase in bulk $\delta^{15}\text{N}$ values. $\delta^{15}\text{N}$ values of several amino acids (threonine, phenylalanine, and valine) were significantly different between preserved and frozen samples. A follow-up experiment is underway to evaluate whether alteration of $\delta^{15}\text{N}$ values was caused by formalin fixation or ethanol preservation. These data suggest that caution and further investigation be used for future studies that aim to conduct AA-CSIA on formalin-ethanol preserved tissues.

In early 2016, a proposal by a task team of CLIOTOP WG3 members was accepted by the CLIOTOP Scientific Steering Committee. This work will be a companion paper to the global tuna diet analysis described above. The task team represents an international collaborative effort to move from regional trophic studies of top marine predators to a global comparative study of oceanic food webs using stable isotope compositions of the same three tuna species featured in the diet paper: yellowfin, bigeye, and

¹² Hetherington, E.D., R.J. Olson, J.C. Drazen, C.E. Lennert-Cody, L.T. Ballance, R.S. Kaufmann, and B.N. Popp. 2017. Spatial variability in food web structure in the eastern tropical Pacific Ocean based on compound-specific nitrogen isotope analysis of amino acids. *Limnology and Oceanography*. 62, 541-560

albacore tunas. The team has assessed isotopic differences among oceans, regions, and tuna species. Predictive models were used to undertake an inter-ocean comparison of a proxy for trophic position based on stable isotope values. The proxy is based on $\delta^{15}\text{N}$ values of the tunas minus known regional differences in baseline $\delta^{15}\text{N}$ values derived from a coupled ocean circulation-biogeochemical-isotope model. A similar approach was taken with lipid-corrected $\delta^{13}\text{C}$ values to examine regional differences in carbon-based primary production origins. Environmental variables (SST, Chl-*a*, net primary productivity, and mixed layer depth) were included to explore the influence of global oceanographic processes on the isotopic compositions of the tuna species and food-chain length. A manuscript draft of this work is in preparation and will be submitted to a journal for publication in 2017.

5. PHYSICAL ENVIRONMENT¹³

Environmental conditions affect marine ecosystems, the dynamics and catchability of tunas and billfishes, and the activities of fishermen. Tunas and billfishes are pelagic during all stages of their lives, and the physical factors that affect the tropical and sub-tropical Pacific Ocean can have important effects on their distribution and abundance. Environmental conditions are thought to cause considerable variability in the recruitment of tunas and billfishes. Stock assessments by the IATTC have often incorporated the assumption that oceanographic conditions might influence recruitment in the EPO.

Different types of climate perturbations may impact fisheries differently. It is thought that a shallow thermocline in the EPO contributes to the success of purse-seine fishing for tunas, perhaps by acting as a thermal barrier to schools of small tunas, keeping them near the sea surface. When the thermocline is deep, as during an El Niño event, tunas seem to be less vulnerable to capture, and the catch rates have declined. Warmer- or cooler-than-average sea-surface temperatures (SSTs) can also cause these mobile fishes to move to more favorable habitats.

The ocean environment varies on a variety of time scales, from seasonal to inter-annual, decadal, and longer (*e.g.* climate phases or regimes). The dominant source of variability in the upper layers of the EPO is known as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). The ENSO is an irregular fluctuation involving the entire tropical Pacific Ocean and global atmosphere. It results in variations of the winds, rainfall, thermocline depth, circulation, biological productivity, and the feeding and reproduction of fishes, birds, and marine mammals. El Niño events occur at 2- to 7-year intervals, and are characterized by weaker trade winds, deeper thermoclines, and abnormally-high SSTs in the equatorial EPO. El Niño's opposite phase, often called La Niña (or anti-El Niño), is characterized by stronger trade winds, shallower thermoclines, and lower SSTs. Research has documented a connection between the ENSO and the rate of primary production, phytoplankton biomass, and phytoplankton species composition. Upwelling of nutrient-rich subsurface water is reduced during El Niño episodes, leading to a marked reduction in primary and secondary production. ENSO also directly affects animals at middle and upper trophic levels. Researchers have concluded that the 1982-1983 El Niño event, for example, deepened the thermocline and nutricline, decreased primary production, reduced zooplankton abundance, and ultimately reduced the growth rates, reproductive successes, and survival of various birds, mammals, and fishes in the EPO. In general, however, the ocean inhabitants recover within short periods because their life histories are adapted to respond to a variable habitat.

The IATTC staff issues quarterly reports of the monthly average oceanographic and meteorological data for the EPO, including a summary of current ENSO conditions. According to the [monthly reports](#) produced by the Climate Diagnostics Bulletin of the U.S. National Weather Service, by June 2016 a strong El Niño weakened with a transition to ENSO-neutral conditions and by December 2016 weak La Niña conditions continued.

Variability on a decadal scale (*i.e.* 10 to 30 years) also affects the EPO. During the late 1970s there was a major shift in physical and biological states in the North Pacific Ocean. This climate shift was also detected

¹³ Some of the information in this section is from Fiedler, P.C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. Mar. Ecol. Prog. Ser. 244: 265-283.

in the tropical EPO by small increases in SSTs, weakening of the trade winds, and a moderate change in surface chlorophyll levels. Some researchers have reported another major shift in the North Pacific in 1989. Climate-induced variability in the ocean has often been described in terms of “regimes,” characterized by relatively stable means and patterns in the physical and biological variables. Analyses by the IATTC staff have indicated that yellowfin tuna in the EPO have experienced regimes of lower (1975-1982) and higher (1983-2001) recruitment, and possibly intermediate (2002-2012) recruitment. The recruitments for 2013 and 2014 have been estimated to be above average, but there is high uncertainty in the estimated values. The increased recruitment during 1983-2001 is thought to be due to a shift to a higher productivity regime in the Pacific Ocean. Decadal fluctuations in upwelling and water transport are simultaneous to the higher-frequency ENSO pattern, and have basin-wide effects on the SSTs and thermocline slope that are similar to those caused by ENSO, but on longer time scales.

Recent peer-reviewed literature provides strong evidence that large-scale changes in biological production and habitat have resulted from physical forcing in the subtropical and tropical Pacific Ocean. These changes are thought to be capable of affecting prey communities. Primary production has declined over vast oceanic regions in the recent decade(s). A study¹⁴ published in 2008, using “Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor” (SeaWiFS) remote-sensed ocean color data, showed that, in the North and South Pacific, the most oligotrophic surface waters have increased in area by 2.2 and 1.4 % per year, respectively, between 1998 and 2006. These statistically-significant increases in the oligotrophic gyres occurred concurrently with significant increases in mean SSTs. In the North Pacific, the direction of expansion was northeast, reaching well into the eastern Pacific to about 120°W and as far south as about 15°N. Net primary productivity also has declined in the tropical and subtropical oceans since 1999. The mechanism is recognized as increased upper-ocean temperature and vertical stratification, influencing the availability of nutrients for phytoplankton growth. Evidence is also strong that primary producers have changed in community composition and size structure in recent decades. Phytoplankton cell size is relevant to predation dynamics of tunas because food webs that have small picophytoplankton at their base require more trophic steps to reach predators of a given size than do food webs that begin with larger nanophytoplankton (*e.g.* diatoms). Energy transfer efficiency is lower for picophytoplankton-based food webs than for nanophytoplankton-based food webs, *i.e.* for a given amount of primary production less energy will reach a yellowfin of a given size in the former than in the latter because mean annual trophic transfer efficiency at each step is relatively constant. A study¹⁵ published in 2012 used satellite remotely-sensed SSTs and chlorophyll-a concentrations to estimate the monthly size composition of phytoplankton communities during 1998-2007. With the seasonal component removed, the median phytoplankton cell size estimated for the subtropical 10°-30°N and 10°-30°S Pacific declined by 2.2% and 2.3%, respectively, over the 9-year period. Expansion of the oxygen minimum zone (OMZ) is a third factor that demonstrates ecosystem change on a scale capable of affecting prey communities. The OMZ is a thick low-oxygen layer at intermediate depths, which is largely suboxic (<~10 µmol kg⁻¹) in the tropical EPO. Time series¹⁶ of dissolved oxygen concentration at depth from 1960 to 2008 revealed a vertical expansion and intensification of the OMZ in the central and eastern tropical Pacific and Atlantic Oceans, and in other regions of the world’s oceans. Potential biological

¹⁴ Polovina, J.J., E.A. Howell, and M. Abecassis. 2008. Ocean's least productive waters are expanding. *Geophysical Research Letters* 35(3): L03618

¹⁵ Polovina, J.J., and P.A. Woodworth. 2012. Declines in phytoplankton cell size in the subtropical oceans estimated from satellite remotely-sensed temperature and chlorophyll, 1998–2007. *Deep Sea Research Part II* 77–80(0): 82-88

¹⁶ Stramma, L., G.C. Johnson, J. Sprintall, and V. Mohrholz. 2008. Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science* 320(5876): 655-658

consequences of an expanding OMZ^{17,18} are numerous, but for the epipelagic tunas habitat compression can have profound implications. Shoaling of the OMZ restricts the depth distribution of tunas and other pelagic fishes into a narrower surface layer, compressing their foraging habitat and altering forage communities. Enhanced foraging opportunities for all epipelagic predators could alter trophic pathways and affect prey species composition. In addition, with a shoaled OMZ, mesopelagic vertically-migrating prey, such as the phosichthyid fish *Vinciguerria lucetia*, myctophid fishes, and ommastrephid squids, would likely occur at shallower daytime depths and become more vulnerable to epipelagic predators. These are some of the taxa that increased most in the yellowfin diet in the tropical EPO between 1992-1994 and 2003-2005 (see 4, Trophic interactions).

6. AGGREGATE INDICATORS

Recognition of the consequences of fishing for marine ecosystems has stimulated considerable research in recent years. Numerous objectives have been proposed to evaluate fishery impacts on ecosystems and to define over-fishing from an ecosystem perspective. Whereas reference points have been used primarily for single-species management of target species, applying performance measures and reference points to non-target species is believed to be a tractable first step. Current examples include incidental mortality limits for dolphins in the EPO purse-seine fishery under the AIDCP. Another area of interest is whether useful performance indicators based on ecosystem-level properties might be developed. Several ecosystem metrics or indicators, including community size structure, diversity indices, species richness and evenness, overlap indices, trophic spectra of catches, relative abundance of an indicator species or group, and numerous environmental indicators, have been proposed. Whereas there is general agreement that multiple system-level indicators should be used, there is concern over whether there is sufficient practical knowledge of the dynamics of such metrics and whether a theoretical basis for identifying precautionary or limit reference points based on ecosystem properties exists. Ecosystem-level metrics are not yet commonly used for managing fisheries.

Ecological Metrics. Relationships between indices of species associations in the catch and environmental characteristics are viewed as potentially valuable information for bycatch mitigation. Preliminary work in 2007-2008, based on novel methods of ordination developed by scientists at the Institute of Statistical Mathematics in Tokyo, Japan, showed clear large-scale spatial patterns in different groupings of target and bycatch species for floating-object sets in the EPO purse-seine fishery and relationships to environmental variables, such as SST, chlorophyll-a density, and mixed layer depth. More work is needed on this or similar approaches.

A variety of ecological metrics were employed in a study published in 2012¹⁹ to evaluate the ecological effects of purse-seine fishing in the EPO during 1993-2008. Comparisons of the catch of target and non-target (bycatch) species, both retained and discarded, by types of purse-seine sets (on dolphins, floating objects, and unassociated tunas) were made on the basis of replacement time, diversity, biomass (weight), number of individuals, and trophic level. Previous comparisons considered only numbers of individuals and only discarded animals, without regard to body size, life-history characteristics, or position in the food web. During 1993-2008, the mean biomass removed was 17.0, 41.1 and 12.8 t/set for dolphin sets, floating-object sets, and unassociated sets, respectively. Of these amounts, bycatch was 0.3% for dolphin sets, 3.8% for floating-object sets, 1.4% for unassociated sets, and 2.1% for all methods combined. The discard rate was

¹⁷ Stramma, L., S. Schmidtko, L.A. Levin, and G.C. Johnson. 2010. Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. Deep Sea Research Part I 57(4): 587-595

¹⁸ Stramma, L., E.D. Prince, S. Schmidtko, J. Luo, J.P. Hoolihan, M. Visbeck, D.W.R. Wallace, P. Brandt, and A. Kortzinger. 2012. Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. Nature Climate Change 2(1): 33-37

¹⁹ Gerrodette, T., R. Olson, S. Reilly, G. Watters, and W. Perrin. 2012. Ecological metrics of biomass removed by three methods of purse-seine fishing for tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. Conservation Biology. 26 (2): 248-256

0.7% for dolphin sets, 10.5% for floating-object sets, 2.2% for unassociated sets, and 5.4% for all methods combined. With the addition of 0.7% estimated for smaller vessels, the overall discard rate was 4.8%. This rate is low compared with global estimates of 7.5% for tuna longlines, 30.0% for tuna mid-water trawls, and 8.0% for all fisheries combined.

Replacement time is a measure of the length of time required for replacement of biomass removed by the fishery. Unsustainable levels of harvest may lead to greater decreases in probabilities of persistence of long-lived animals with low fecundity and late age of maturity than of fast-growing, highly fecund species. In contrast to trophic-level metrics, replacement-time metrics were sensitive to categories of animals with relatively high biomass to production-of-biomass (B/P) ratios, such as bigeye tunas, sharks, and cetaceans. Mean replacement time for total removals averaged over years was lowest for dolphin sets (mean 0.48 years), intermediate for unassociated sets (0.57 years), and highest for floating-object sets (0.74 years). There were no temporal trends in mean replacement time for landings, and mean replacement times for discards were more variable than those for landings. Mean replacement times for dolphin-set discards were approximately 7 times the mean replacement times for floating-object or unassociated-set discards because dolphins have a low reproductive rate.

Diversity. Fishing alters diversity by selectively removing target species. The relationship between diversity of species removed and effects on the diversity and stability of the ecosystem from which they were removed may be complex. Higher diversity of catch may be associated with fewer undesirable effects on the ecosystem, although the complexity of competitive and trophic interactions among species makes the relationship between diversity of catch and diversity and stability of the ecosystem difficult to determine. The Shannon diversity index for total removals was lowest for dolphin sets (mean 0.62), intermediate for unassociated sets (1.22), and highest for floating-object sets (1.38). The diversity of dolphin-set landings increased by 0.023/year, on average, from 0.45 to 0.79, due primarily to an increase of the percentage of skipjack tuna in the catch from <1% to >7% and a concurrent decrease in the percentage of yellowfin tuna. The diversity of unassociated-set landings and discards both decreased, and diversity of total removals decreased by a mean of 0.024/year, from 1.40 to 1.04.

Biomass. The relative amounts and characteristics of the biomass removed by each of the fishing methods varied as a function of how removal was measured. Landings from floating-object sets were greatest by all four measures of removal, but were particularly high when removal was measured on the basis of number of individuals or replacement time. The amount and composition of discards varied among the fishing methods. Discards of the target tuna species were the greatest proportion of removed animals whether measured in biomass, number of individuals, or trophic-level units. Discards of cetaceans in dolphin sets and sharks in floating-object and unassociated sets were greater when measured in replacement-time units than when measured in other units because of the low reproductive rates of these animals.

Trophic structure and trophic levels of catches. Ecologically-based approaches to fisheries management place renewed emphasis on achieving accurate depictions of trophic links and biomass flows through the food web in exploited systems. The structure of the food web and the interactions among its components have a demonstrable role in determining the dynamics and productivity of ecosystems. Trophic levels (TLs) are used in food-web ecology to characterize the functional role of organisms, to facilitate estimates of energy or mass flow through communities, and for elucidating trophodynamics aspects of ecosystem functioning. A simplified food-web diagram, with approximate TLs, of the pelagic tropical EPO, is shown in [Figure L-1](#). Toothed whales (Odontoceti, average TL 5.2), large squid predators (large bigeye tuna and swordfish, average TL 5.2), and sharks (average TL 5.0) are top-level predators. Other tunas, large piscivores, dolphins (average TL 4.8), and seabirds (average TL 4.5) occupy slightly lower TLs. Smaller epipelagic fishes (*e.g.* *Auxis* spp. and flyingfishes, average TL 3.2), cephalopods (average TL 4.4), and mesopelagic fishes (average TL 3.4) are the principal forage of many of the upper-level predators in the ecosystem. Small fishes and crustaceans prey on two zooplankton groups, and the herbivorous microzooplankton (TL 2) feed on the producers, phytoplankton and bacteria (TL 1).

In exploited pelagic ecosystems, fisheries that target large piscivorous fishes act as the system's apex predators. Over time, fishing can cause the overall size composition of the catch to decrease, and, in general, the TLs of smaller organisms are lower than those of larger organisms. The mean TL of the organisms taken by a fishery is a useful metric of ecosystem change and sustainability because it integrates an array of biological information about the components of the system. There has been increasing attention to analyzing the mean TL of fisheries catches since a study demonstrated that, according to FAO landings statistics, the mean TL of the fishes and invertebrates landed globally had declined between 1950 and 1994, which was hypothesized by the authors of that study to be detrimental to the ecosystems. Some ecosystems, however, have changed in the other direction, from lower to higher TL communities. Given the potential utility of this approach, mean TLs were estimated for a time series of annual catches and discards by species from 1993 to 2014 for three purse-seine fishing modes and the pole-and-line fishery in the EPO. The estimates were made by applying the TL values from the EPO ecosystem model (see [Section 8](#)), weighted by the catch data by fishery and year for all model groups from the IATTC tuna, bycatch, and discard data bases. The TLs from the ecosystem model were based on diet data for all species groups and mass balance among groups. The weighted mean TLs of the summed catches of all purse-seine and pole-and-line fisheries were similar and fairly constant from year to year ([Figure L-2](#): Average PS+LP). A slight downward trend for the unassociated sets, amounting to 0.05 TL over the 21-year period, resulted from increasing proportions of skipjack and decreasing proportions of yellowfin tuna in the catch, not from increasing catches of low trophic-level species. It is not, therefore, considered an ecologically-detrimental decline. In general, the TLs of the unassociated sets and the pole-and-line fishery were below average and those of the dolphin sets were above average for most years ([Figure L-2](#)). The TLs of the floating-object sets varied more than those of the other set types and fisheries, primarily due to the inter-annual variability in the amounts of bigeye and skipjack caught in those sets. The TLs of floating-object sets were positively related to the percentage of the total catch comprised of large bigeye and negatively related to the percentage of the catch comprised of skipjack.

Mean TLs were also estimated separately for the time series of retained and discarded catches of the purse-seine fishery each year from 1993 to 2014 ([Figure L-3](#)). The discarded catches were much less than the retained catches, and thus the TL patterns of the total (retained plus discarded) catches ([Figure L-2](#)) were determined primarily by the TLs of the retained catches ([Figure L-3](#)). The TLs of the discarded catches varied more year-to-year than those of the retained catches, due to the species diversity of the incidental catches. The considerable reduction in the mean TLs of the dolphin-set discards over the 21-year period ([Figure L-3](#)), was largely due to an increase in the proportions of discarded prey fishes (bullet and frigate tunas (*Auxis* spp.) and miscellaneous epipelagic fishes) and rays (Rajiformes, mostly manta rays, *Mobulidae*) with lower trophic levels. In 2014, the mean TLs of dolphin-set discards increased by about 0.2 TLs from those in 2013 primarily due to an increase in the proportions of discarded mesopelagic (TL 4.65) and spotted (TL 5.03) dolphins and a decrease in the proportions of discarded rays. For unassociated sets, marked inter-annual reductions in TL were due to increased bycatches of rays (TL 3.68), which feed on plankton and other small animals that occupy low TLs, a reduction in the catches of large sharks (TL 4.93-5.23), and an increase in prey fishes such as *Auxis* spp. (TL 3.86) in the bycatch. In 2014, the mean TLs of unassociated-set discards also increased by about 0.2 TLs from those in 2013, mostly due to an increase in the proportion of skipjack and a decrease in the proportion of discarded bullet and frigate tunas. For floating-object sets, the discards of bigeye were related to higher mean TLs of the discarded catches.

7. ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT

Long-term ecological sustainability is a requirement of ecosystem-based fisheries management. Fishing directly impacts the populations of not only target species, but also the species incidentally caught as bycatch. The vulnerability to overfishing of many of the stocks incidentally caught in the EPO tuna fisheries is unknown, and biological and fisheries data are severely limited for most of those stocks. Many fisheries managers and scientists are turning to risk assessments to evaluate vulnerability to fishing. Vulnerability is defined here as the potential for the productivity of a stock to be diminished by direct and indirect fishing

pressure. The IATTC staff has applied a version of productivity and susceptibility analysis (PSA), used to evaluate fisheries in other ocean regions in recent years, to estimate the vulnerability of data-poor, non-target species caught by the purse-seine fishery in the EPO. PSA considers a stock's vulnerability as a combination of its productivity and its susceptibility to the fishery. Stock productivity is the capacity of a stock to recover if it is depleted, and is a function of the species' life history traits. Stock susceptibility is the degree to which a fishery can negatively impact a stock, i.e. the propensity of a species to be captured by, and incur mortality from, a fishery. Productivity and susceptibility indices of a stock are determined by deriving a score ranging from 1 (low) to 3 (high) for a standardized set of attributes related to each index. The individual attribute scores are then averaged for each factor and graphically displayed on an x-y scatter plot. The scale of the x-axis on the scatter plot is reversed because species/stocks with a high productivity score and a low susceptibility score (i.e. at the origin of the plots) are considered to be the least vulnerable. When scoring the attributes, the data quality associated with each attribute score is assessed, and the attributes are weighted by the data-quality score. Stocks that receive a low productivity score (p) and high susceptibility score (s) are considered to be at a high risk of becoming depleted, while stocks with a high productivity score and low susceptibility score are considered to be at low risk. Vulnerability scores (v) are calculated from the p and s scores as the Euclidean distance from the origin of the x-y scatter plot and the datum point:

$$v = \sqrt{(p - 3)^2 + (s - 1)^2}$$

To examine the utility of productivity and susceptibility indices for assessing the vulnerability of incidentally-caught fishes, mammals, and turtles to overfishing in the EPO, a preliminary evaluation of three purse-seine “fisheries” in the EPO was made in 2010, using 26 species that comprise the majority of the biomass removed by Class-6 purse-seine vessels (carrying capacity greater than 363 metric tons) during 2005-2009. Nine productivity and eight susceptibility attributes, based on established PSA methodology²⁰, were used in the preliminary PSA, and some were modified for greater consistency with data from the tuna fisheries in the EPO. Information corresponding to the productivity attributes for each species was compiled from a variety of published and unpublished sources and EPO fisheries data (*i.e.* not adopted from previous PSAs) to better approximate the distribution of life history characteristics observed in the species found in the EPO. Scoring thresholds for productivity attributes were derived by dividing the compiled data into equal thirds. Scoring criteria for the susceptibility attributes were taken from the example PSA⁴ and modified where appropriate to better fit the EPO fisheries. However, problems arose when trying to compare susceptibility estimates for species across the different fisheries ([Fishery Status Report 8](#)). In 2012, the PSA was revised to include seven additional species, based on data from 2005-2011 ([Fishery Status Report 10](#)).

Three modifications of the analysis were made to the PSA for the SAC meeting in May 2015: 1) the procedures for determining which species to include in the analysis were modified; 2) the susceptibility values for each fishery were combined to produce one overall susceptibility value for each species; and 3) the use of bycatch and catch information in the formulation of s was modified. The list of productivity attributes remains unchanged ([Table L-1](#)) while the list of susceptibility attributes has been revised due to this 3rd modification ([Table L-2](#)). These three modifications are described briefly below. For the remainder of this section, the term “catch” will be used to refer to bycatch for non-tuna species and catch for tuna species.

The first modification was to establish a two-step procedure to identify and exclude rare species, based on the biomass caught per fishery. However, as a precautionary measure, rare species classified as “vulnerable,” “endangered,” or “near threatened” on the IUCN Red List were retained, or are now included,

²⁰ Patrick, W.S., P. Spencer, J. Link, J. Cope, J. Field, D. Kobayashi, P. Lawson, T. Gedamke, E. Cortés, O. Ormseth, K. Bigelow, and W. Overholtz. 2010. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing. Fish. Bull. U.S. 108: 305-322.

in the analysis. Currently, the PSA includes 32 species ([Table L-3a](#)); an additional eight sensitive species, two rays and six sharks, may be included in the future.

The second modification was to combine the susceptibility values for each species across fisheries to produce one overall species-specific purse-seine susceptibility. A preliminary combined susceptibility score for a species, s_j^1 , was calculated as the weighted sum of the individual fishery susceptibility values for that species ([Table L-3a](#)), with weights equal to the proportion of sets in each fishery:

$$s_j^1 = \sum_k s_{jk} p_k$$

where

s_j^1 is the combined susceptibility for species j

s_{jk} is the susceptibility for species j in set type k , computed using only the attributes in [Table L-2](#). s_{jk} ranges from 1 (lowest) to 3 (highest). For a species with catches < 5% in set type k , $s_{jk} \equiv 1$, unless a s_{jk} was computed for one of the previous PSAs (Fishery Status Reports 8 and 10), in which case this s_{jk} was used; otherwise it was assumed that if catches were less than 5% in a fishery, the species was only minimally susceptible to that fishery. A previous PSA ([Fishery Status Report 10](#)) used catch trend information as an additional attribute to calculate the s_{jk} , however, the catch trend information was removed from the s_{jk} here because, following the established PSA⁴ methodology, the other susceptibility attributes are time-invariant (but see below).

$p_k = \left(\frac{N_k}{\sum_k N_k} \right)$ and N_k is the total number of sets (class-6) of set type k in 2013

s_j^1 takes into account fishing effort by set type, even for set types with little or no catch of a species. A preliminary PSA plot using s_j^1 is shown in [Figure L-4a](#), and the values of s_{jk} , s_j^1 and v_1 are shown in [Table L-3a](#). A concern with regard to s_j^1 for some species is that the variation in the s_{jk} computed from the attributes in [Table L-2](#) does not correlate well with differences observed among catch rates by set type, suggesting the attributes in [Table L-2](#) do not capture the full susceptibility of species j ; in general it is assumed that higher catch rates should reflect higher overall susceptibility. In addition, the s_{jk} do not account for long-term trends.

The third modification, the use of catch information in the formulation of s , was made to try to account for differences in observed catch rates among set types, by species, and to account for long-term trends in abundance. Two preliminary alternate susceptibility formulations were computed as “proof of concept” for these ideas. The first, s_j^2 , modifies s_j^1 to take into consideration current catch rates, which are assumed to be an alternate proxy for susceptibility and to reflect the actual integrated effects of the susceptibility attributes in Table L-2:

$$s_j^2 = \sum_k s_{jk}^* p_k$$

where

s_j^2 is the combined susceptibility for species j , adjusted for recent catch rates

s_{jk}^* is the average of s_{jk} and of the catch rate susceptibility: $s_{jk}^* = \frac{1}{2}(s_{jk} + s_{cps_jk})$

s_{jk} is as defined for s_j^1

s_{cps_jk} is the catch rate susceptibility and takes a value of 1, 2 or 3, assigned as follows. If the species is not a target tuna species, catch-per set, in number of animals per set, is used to assign a value to s_{cps_jk} :

$$\begin{cases} 1 \text{ for } cps_{jk} = 0 \\ 2 \text{ for } 0 < cps_{jk} < 1.0 \\ 3 \text{ for } cps_{jk} \geq 1.0 \end{cases}$$

If the species is a target tuna species, then the following values are assigned to s_{cps_jk} :

	Dolphin sets	Unassociated sets	Floating-object sets
Bigeye	1	2	3
Yellowfin	3	3	3
Skipjack	2	3	3

cps_{jk} is the catch-per-set for species j in set type k (= class-6 catch (in numbers of animals) divided by number of class-6 sets), for the most recent year (2013). Catch-per-set was used instead of total catch in order to control for differences in effort among set types.

p_k is as defined for s_j^1

A preliminary PSA plot using s_j^2 is shown in Figure L-4b and the values of s_{jk}^* , s_j^2 and v_2 are shown in [Table L-3b](#). s_j^2 could be affected by differences in abundance among species because catch-per-set is affected by abundance. Ranking cps_{jk} may help to minimize this problem. The present rules for ranking cps_{jk} for non-target tuna species were based on the idea that no catch equates to minimal susceptibility, catch that increases at a rate of less than one animal per set equates to moderate susceptibility, and catch that increases at an effort rate of one or more animals per set equates to high susceptibility. However, these rules are a “proof of concept” and could be modified.

The second alternate susceptibility formulation, computed for species other than target tunas and dolphins, s_j^3 , adjusts for long-term trends:

$$s_j^3 = \sum_k s_{jk}^{**} p_k$$

where

s_j^3 is the combined susceptibility for species j , adjusted for long-term trends

s_{jk}^{**} is the average of s_{jk} and the trend susceptibility: $s_{jk}^{**} = \frac{1}{2}(s_{jk} + s_{trend_jk})$;

s_{jk} is as defined for s_j^1

s_{trend_jk} is the trend susceptibility for species j in set type k , obtained as follows:

$$\begin{cases} 1.0 \text{ if species } j \text{ does not occur in set type } k \\ 1.5 \text{ if } trend_{jk} \text{ is not significant or is significant but increasing} \\ 3.0 \text{ if } trend_{jk} \text{ is significant and decreasing} \end{cases}$$

$trend_{jk}$ is the slope of the regression of $cps_{jk,y}$ and year y , from the start of the data collection (which may vary by species). $trend_{jk}$ was computed for species for which full assessments (or management indicators) do not exist and for which the fishery data have not been determined to be unsuitable for trend estimation; *i.e.*, for species other than the three target tuna species and the dolphin species (but see below). A significant trend was any slope with a p -value < 0.05 .

$cps_{jk,y}$ is the catch-per-set of species j of set type k in year y

A preliminary PSA plot using s_j^3 for species other than the three target tuna species and dolphin species is shown in [Figure L-4c](#), and the values of s_{jk}^{**} , s_j^3 and v_3 are shown in [Table L-3c](#). For the future, s_j^3 could be expanded to include the three target tuna species by estimating trends from spawning biomass, and could be expanded to dolphin species by using trends estimated from historical line-transect abundance estimates.

A concern with regards to s_j^3 is that trends estimated from catch-per-set may not reliably track changes in abundance (as was shown for dolphins in Document [SAC-05-11d](#)).

The three susceptibility measures, s_j^1 , s_j^2 , and s_j^3 , are considered preliminary and represent “proof of concept” ideas to illustrate several options for computing susceptibility tailored to the EPO purse-seine fishery. These measures along with the available catch data for non-target species by gear type were reviewed with the new Ecosystem Specialist in 2016. This work will help to facilitate future improvements to the existing PSA in the EPO and/or assist in the development of a new ERA.

In response to requests made by participants at the 7th Meeting of the Scientific Advisory Committee in 2016 to expand the ERA to other fisheries operating in the EPO, the IATTC staff produced three separate documents to elucidate details for improving the IATTC’s PSAs. The first document describes a preliminary metadata review for the large-scale longline fishery in the EPO ([SAC-08-07b](#)), a prerequisite for producing a PSA for that fishery because (1) a list of species that interact with the fishery is an essential component of the PSA, and (2) catch and effort data are required for parameterizing susceptibility attributes in a PSA. The second document ([SAC-08-07c](#)) discusses the resolution of redundancy in PSA productivity attributes, to improve future PSAs, and the third document ([SAC-08-07d](#)) illustrates a preliminary PSA for the large-scale longline fishery in the EPO, while accounting for results from the two precursory documents.

As holistic approaches to ecosystem-based fisheries management have become increasingly important worldwide, and the IATTC has a mandate under the Antigua Convention to consider indirect and direct effects of the fisheries on the ecosystem (see Introduction), in 2016 IATTC staff participated in the *Joint Meeting of tuna RFMOs on the Implementation of the Ecosystem Approach to Fisheries*, convened by the Common Oceans ABNJ Tuna Project, which is implemented by FAO and funded by the Global Environmental Fund. The goals of the meeting were to (1) establish communication among members of each tuna RFMO on the difficulties of implementing an Ecosystem Approach to Fisheries (EAF), (2) summarize progress of EAF in each tuna RFMOs, and (3) propose potential case-specific solutions towards operational-level implementation of EAF. Ecological risk assessment is a component of the EAF used by many tuna RFMOs, with the aim of identifying and prioritizing research on species classified as ‘at risk’ or ‘highly vulnerable’. The meeting participants discussed types of ERAs that could be used as a common framework among tuna RFMOs, although the participants noted that EAF is a management tool that must be initiated at the Commission level. A report detailing the meeting outcomes is in development.

8. ECOSYSTEM MODELING

It is clear that the different components of an ecosystem interact. Ecosystem-based fisheries management is facilitated through the development of multi-species ecosystem models that represent ecological interactions among species or guilds. Our understanding of the complex maze of connections in open-ocean ecosystems is at an early stage, and, consequently, the current ecosystem models are most useful as descriptive devices for exploring the effects of a mix of hypotheses and established connections among the ecosystem components. Ecosystem models must be compromises between simplistic representations on the one hand and unmanageable complexity on the other.

The IATTC staff has developed a model of the pelagic ecosystem in the tropical EPO (IATTC Bulletin, [Vol. 22, No. 3](#)) to explore how fishing and climate variation might affect the animals at middle and upper trophic levels. The ecosystem model has 38 components, including the principal exploited species (e.g. tunas), functional groups (e.g. sharks and flyingfishes), and sensitive species (e.g. sea turtles). Some taxa are further separated into size categories (e.g. large and small marlins). The model has finer taxonomic resolution at the upper trophic levels, but most of the system’s biomass is contained in the middle and lower trophic levels. Fisheries landings and discards were estimated for five fishing “gears”: pole-and-line, longline, and purse-seine sets on tunas associated with dolphins, with floating objects, and in unassociated schools. The model focuses on the pelagic regions; localized, coastal ecosystems are not adequately described by the model.

Most of the information describing inter-specific interactions in the model came from a joint IATTC-NMFS project, which included studies of the food habits of co-occurring yellowfin, skipjack, and bigeye tuna, dolphins, pelagic sharks, billfishes, dorado, wahoo, rainbow runner, and others. The impetus of the project was to contribute to the understanding of the tuna-dolphin association, and a community-level sampling design was adopted.

Recent research by Griffiths *et al.* (2013)²¹ demonstrated ‘wasp-waist’ control in two large marine ecosystems. The ecosystem model has been used to evaluate the possible effects of variability in bottom-up forcing by the environment on the middle and upper trophic levels of the pelagic ecosystem. Predetermined time series of producer biomasses were put into the model as proxies for changes in primary production that have been documented during El Niño and La Niña events, and the dynamics of the remaining components of the ecosystem were simulated. The model was also used to evaluate the relative contributions of fishing and the environment in shaping ecosystem structure in the tropical pelagic EPO. This was done by using the model to predict which components of the ecosystem might be susceptible to top-down effects of fishing, given the apparent importance of environmental variability in structuring the ecosystem. In general, animals with relatively low turnover rates were influenced more by fishing than by the environment, and animals with relatively high turnover rates more by the environment than by fishing.

The structure of marine ecosystems is generally thought to be controlled by one of two mechanisms: ‘bottom-up’ control (resource-driven) where the dynamics of primary producers (e.g. phytoplankton) controls the production and biomass at higher trophic levels, or ‘top-down’ control (consumer-driven) where predation by high trophic-level predators controls the abundance and composition of prey at lower trophic levels. In relatively recent years, ‘wasp-waist’ control of marine ecosystems has also been recognized. ‘Wasp-waist’ control is a combination of bottom-up and top-down forcing by a small number of abundant, highly productive, and short-lived species at intermediate trophic levels (e.g. sardines and anchovies) that form a narrow ‘waist’ through which energy flow in the system is regulated. These species exert top-down predatory control of energy flows from zooplankton, but also have bottom-up control by providing energy for high trophic-level predators. It has been assumed that wasp-waist control occurs primarily in highly productive and species-poor coastal systems (e.g. upwelling regions), which can be highly unstable and undergo rapid natural regime shifts in short periods of time. The ecosystem model for the tropical EPO was used in conjunction with a model for a region off the east coast of Australia where tunas and billfishes are caught to examine possible forcing dynamics of these systems. These two large species-rich pelagic ecosystems also showed wasp-waist-like structure, in that short-lived and fast-growing cephalopods and fishes in intermediate trophic levels comprise the vast majority of the biomass. The largest forcing effects were seen when altering the biomasses of mid trophic-level epipelagic and mesopelagic fishes in the models, whereby dramatic trophic cascades occurred both upward and downward in the system. These tropical pelagic ecosystems appear to possess a complex structure whereby several waist groups and alternate trophic pathways from primary producers to apex predators can cause unpredictable effects when the biomasses of particular functional groups are altered. Such models highlight the possible structuring mechanisms in pelagic systems, which have implications for fisheries that exploit these groups, such as squid fisheries, as well as for fisheries of top predators such as tunas and billfishes that prey upon wasp-waist species.

9. ACTIONS BY THE IATTC AND THE AIDCP ADDRESSING ECOSYSTEM CONSIDERATIONS

Both the IATTC convention and the AIDCP have objectives that address the incorporation of ecosystem considerations into the management of the tuna fisheries in the EPO. Actions taken in the past include:

²¹ Griffiths, S., R. Olson, and G. Watters. 2013. Complex wasp-waist regulation of pelagic ecosystems in the Pacific Ocean. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 23(4): 459-475

9.1. Dolphins

- a. For many years, the impact of the fishery on the dolphin populations has been assessed, and programs to reduce or eliminate that impact have met with considerable success.
- b. The incidental mortalities of all stocks of dolphins have been limited to levels that are insignificant relative to stock sizes.

9.2. Sea turtles

- a. A data base on all sea turtle sightings, captures, and mortalities reported by observers has been compiled.
- b. In June 2003 the IATTC adopted a Recommendation on Sea Turtles, which contemplates “the development of a three-year program that could include mitigation of sea turtle bycatch, biological research on sea turtles, improvement of fishing gears, industry education and other techniques to improve sea turtle conservation.” In January 2004, the Working Group on Bycatch drew up a detailed program that includes all these elements, and urges all nations with vessels fishing for tunas in the EPO to provide the IATTC with information on interactions with sea turtles in the EPO, including both incidental and direct catches and other impacts on sea turtle populations. [Resolution C-04-07](#) on a three-year program to mitigate the impact of tuna fishing on sea turtles was adopted by the IATTC in June 2004; it includes requirements for data collection, mitigation measures, industry education, capacity building, and reporting.
- c. [Resolution C-04-05 REV 2](#), adopted by the IATTC in June 2006, contains provisions on releasing and handling of sea turtles captured in purse seines. The resolution also prohibits vessels from disposing of plastic containers and other debris at sea, and instructs the Director to study and formulate recommendations regarding the design of FADs, particularly the use of netting attached underwater to FADs.
- d. [Resolution C-07-03](#), adopted by the IATTC in June 2007, contains provisions on implementing observer programs for fisheries under the purview of the Commission that may have impacts on sea turtles and are not currently being observed. The resolution requires fishermen to foster recovery and resuscitation of comatose or inactive hard-shell sea turtles before returning them to the water. CPCs with purse-seine and longline vessels fishing for species covered by the IATTC Convention in the EPO are directed to avoid encounters with sea turtles, to reduce mortalities using a variety of techniques, and to conduct research on modifications of FAD designs and longline gear and fishing practices.
- e. In response to a request made by the Subsecretaría de Recursos Pesqueros of Ecuador, a program was established by the World Wildlife Fund, the IATTC, and the government of the United States to mitigate the incidental capture and reduce the mortality of sea turtles due to longline fishing. A key element of this program is the comparison of catch rates of tunas, billfishes, sharks, and dorado caught with J hooks to the catch rates using circle hooks. Circle hooks do not hook as many turtles as the J hooks, which are traditionally used in the longline fishery, and the chance of serious injury to the sea turtles that bite the circle hooks is reduced because the hooks are wider and they tend to hook the lower jaw, rather than the more dangerous deep hookings in the esophagus and other areas, which are more common with the J hooks. Improved procedures and instruments to release hooked and entangled sea turtles have also been disseminated to the longline fleets of the region.

By the end of 2008 the hook-exchange and observer program, which began in Ecuador in 2003, was active in Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Mexico, Nicaragua, Panama, and Peru and under development in Chile, with workshops taking place in many ports. The program in Ecuador is being carried out in partnership with the government and the Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, while those in other countries are currently funded by U.S. agencies. Initial results show that, in the fisheries that target tunas, billfishes, and sharks, there was a significant reduction in

the hooking rates of sea turtles with the circle hooks, and fewer hooks lodged in the esophagus or other areas detrimental to the turtles. The catch rates of the target species are, in general, similar to the catch rates with the J-hooks. An experiment was also carried out in the dorado fishery using smaller circle hooks. There were reductions in turtle hooking rates, but the reductions were not as great as for the fisheries that target tunas, billfishes, and sharks. In addition, workshops and presentations were conducted by IATTC staff members and others in all of the countries participating in the program.

9.3. Seabirds

- a. [Recommendation C-10-02](#) adopted by the IATTC in October 2010, reaffirmed the importance that IATTC Parties and cooperating non-Parties, fishing entities, and regional economic integration organizations implement, if appropriate, the FAO International Plan of Action for Reducing the Incidental Catch of Seabirds in Longline Fisheries (“IPOA-Seabirds”). The governments listed on the Recommendation agreed to report to the IATTC on their implementation of the IPOA-Seabirds, including, as appropriate, the status of their National Plans of Action for reducing incidental catches of seabirds in longline fisheries. It was also agreed that the governments would require their longline vessels that fish for species covered by the IATTC in specific areas (specified in Annex 1 of the Recommendation) to use at least two of a set of eight mitigation measures listed. In addition, members and cooperating non-members of the IATTC were encouraged to establish national programs to place observers aboard longline vessels flying their flags or fishing in their waters, and to adopt measures aimed at ensuring that seabirds captured alive during longline fishing operations are released alive and in the best condition possible.
- b. [Resolution C-11-02](#), adopted by the IATTC in July 2011, reaffirmed the importance of implementing the IPOA-Seabirds (see 9.3.a) and provides that Members and Cooperating non-Members (CPCs) shall require their longline vessels of more than 20 meters length overall and that fish for species covered by the IATTC in the EPO to use at least two of the specified mitigation measures, and establishes minimum technical standards for the measures. CPCs are encouraged to work, jointly and individually, to undertake research to further develop and refine methods for mitigating seabird bycatch, and to submit to the IATTC any information derived from such efforts. Also, CPCs are encouraged to establish national programs to place observers aboard longline vessels flying their flags or fishing in their waters, for the purpose of, *inter alia*, gathering information on the interactions of seabirds with the longline fisheries.

9.4. Other species

- a. In June 2000, the IATTC adopted a resolution on live release of sharks, rays, billfishes, dorado, wahoo, and other non-target species.
- b. [Resolution C-04-05](#), adopted in June 2006, instructs the Director to seek funds for reduction of incidental mortality of juvenile tunas, for developing techniques and equipment to facilitate release of billfishes, sharks, and rays from the deck or the net, and to carry out experiments to estimate the survival rates of released billfishes, sharks, and rays.
- c. [Resolution C-11-10](#), adopted in July 2011, prohibits retaining onboard, transshipping, landing, storing, selling, or offering for sale any part or whole carcass of oceanic whitetip sharks in the fisheries covered by the Antigua Convention, and to promptly release unharmed, to the extent practicable, oceanic whitetip sharks when brought alongside the vessel.
- d. [Resolution C-15-04](#), adopted in July 2015, prohibits retaining onboard, transshipping, landing, storing, selling, or offering for sale any part or whole carcass of manta rays (*Mobulidae*) (which includes *Manta birostris* and *Mobula* spp.) and requires vessels to release all mobulid rays alive wherever possible. The requirements set forth in the resolution do not apply to small-scale and artisanal fisheries exclusively for domestic consumption. The number of discards and releases of mobulid rays and the status (dead or alive) will be reported to the IATTC via the observer programs.

- e. [Resolution C-16-05](#), adopted in July 2016, states that the IATTC scientific staff shall develop a workplan for completing full stock assessments for the silky shark (*Carcharhinus falciformis*) and hammerhead sharks (i.e., *Sphyraña lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*). CPCs shall require their fishers to collect and submit catch data for silky and hammerhead sharks, and shall submit the data to the IATTC in accordance with IATTC data reporting requirements. CPCs shall require purse-seine vessels flying their flag to follow safe release requirements for all sharks, except those retained aboard the vessel. CPCs shall prohibit longline vessels flying their flag and targeting tuna or swordfish in the Convention Area from using “shark lines”.
- f. [Resolution C-16-06](#), adopted in July 2016, prohibits retaining on board, transshipping, landing, or storing, in part or whole, carcasses of silky sharks caught by purse-seine vessels in the IATTC Convention Area. CPCs shall require all longline vessels whose fishing licences do not include sharks as a fishing target but catch sharks incidentally, to limit bycatch of silky sharks to a maximum of 20% of the total catch by fishing trip in weight. CPCs shall require their multi-species fisheries using surface longlines to limit catch of silky sharks of less than 100 cm total length to 20% of the total number of silky sharks caught during the trip. For those multi-species fisheries using surface longlines that have captured more than 20% of silky sharks in weight on average, CPCs shall prohibit the use of steel leaders during a period of three consecutive months each year.

9.5. Fish-aggregating devices (FADs)

- a. [Resolution C-16-01](#), adopted in July 2016, amends and replaces [Resolution C-15-03](#), adopted by the IATTC in July 2015. It requires all purse-seine vessels, when fishing on FADs in the IATTC Convention Area, to collect and report FAD information including an inventory of the FADs present on the vessel, specifying, for each FAD, identification, type, and design characteristics. In addition to this information, for each FAD activity, the position, date, hour, type of activity, and results of any set in terms of catch and by-catch must be reported. Data may be collected through a dedicated logbook, modifications to regional logsheets, or other domestic reporting procedures. The IATTC staff will analyze the data collected to identify any additional elements for data collection and reporting formats necessary to evaluate the effects of FAD use on the ecosystem, and provide initial recommendations for the management of FADs in the EPO. Recommendations shall include methods for limiting the capture of small bigeye and yellowfin tuna associated with fishing on FADs. CPCs shall require owners and operators of their applicable flagged purse-seine fishing vessels to identify all FADs deployed or modified by such vessels in accordance with a Commission identification scheme. To reduce entanglement of sharks, sea turtles, or any other species, principles for the design and deployment of FADs are specified. Setting a purse seine on tuna associated with a live whale shark is prohibited, if the animal is sighted prior to the set. A working group on FADs is established and its objectives are to collect and compile information on FADs, review data collection requirements, compile information regarding developments in other tuna-RFMOs on FADs, compile information regarding developments on the latest scientific information on FADs, including information on non-entangling FADs, prepare annual reports for the SAC, and identify and review possible management measures.

9.6. All species

- a. Data on the bycatches of large purse-seine vessels are being collected, and governments are urged to provide bycatch information for other vessels.
- b. Data on the spatial distributions of the bycatches and the bycatch/catch ratios have been collected for analyses of policy options to reduce bycatches.
- c. Information to evaluate measures to reduce the bycatches, such as closures, effort limits, etc., has been collected.
- d. Assessments of habitat preferences and the effect of environmental changes have been made.

- e. Requirements have been adopted for the CPCs to ensure that, from 1 January 2013, at least 5% of the fishing effort made by its longline vessels greater than 20 m length overall carry a scientific observer.

10. FUTURE DEVELOPMENTS

It is unlikely, in the near future at least, that there will be stock assessments for most of the bycatch species. In lieu of formal assessments, it may be possible to develop indices to assess trends in the status of these species. The IATTC staff's experience with dolphins suggests that the task is not trivial if relatively high precision is required.

Ecosystem-based fisheries management (EBFM) may be best facilitated through a multi-faceted approach involving the development and monitoring of biologically and ecologically meaningful indicators for key indicator species and ecosystem integrity. Ecological indicators may be aggregate indices describing the structure of the entire ecosystem (e.g. diversity), or specific components (e.g. trophic level of the catch). Biological indicators may generally relate to single species – perhaps those of key ecological importance or ‘keystone’ species – and be in the form of commonly-used fishery reference points (e.g. F_{MSY}), CPUE or other simple measures such as changes in size spectra. However, the indicator(s) used depends heavily on the reliability of information available at the species to ecosystem level.

The distributions of the fisheries for tunas and billfishes in the EPO are such that several regions with different ecological characteristics may be included. Within them, water masses, oceanographic or topographic features, influences from the continent, *etc.*, may generate heterogeneity that affects the distributions of the different species and their relative abundances in the catches. It would be desirable to increase our understanding of these ecological strata so that they can be used in our analyses.

It is important to continue studies of the ecosystems in the EPO. The power to resolve issues related to fisheries and the ecosystem will increase with the number of habitat variables, taxa, and trophic levels studied and with longer time series of data.

Future work will thus include the following goals to address ecosystem-effects of fisheries operating in the EPO:

1. Database management for (a) collating and restructuring longline data to produce improved ERAs and (b) populating ecological and life history databases for parameterizing PSAs and ecosystem models.
2. Continuation of rapid ecological assessments for data-limited non-target species by (a) refining PSA for the high-seas longline fishery, (b) expanding PSA into other fisheries (e.g. the artisanal longline fishery), (c) developing a cumulative PSA for all EPO fisheries, (d) conducting a preliminary SAFE risk assessment for EPO fisheries, and (e) finalizing a risk assessment approach for fisheries operating in the EPO.
3. Development of research proposals for (a) an ecological monitoring program to monitor key species identified by the ERAs and (b) continuation of biological sampling (e.g. stomach and tissue samples for diet and stable isotope analyses) to assess predator-prey interactions and trophic levels.
4. Conduct field-based research on consumption and evacuation experiments of key species to improve biological data used in ERAs and ecosystem models.
5. Assess and forecast impacts of fishing on ecosystem dynamics and key species via ecosystem models through temporal and spatial model simulations.
6. Continuation of reporting bycatch estimates and aggregate ecological indices.

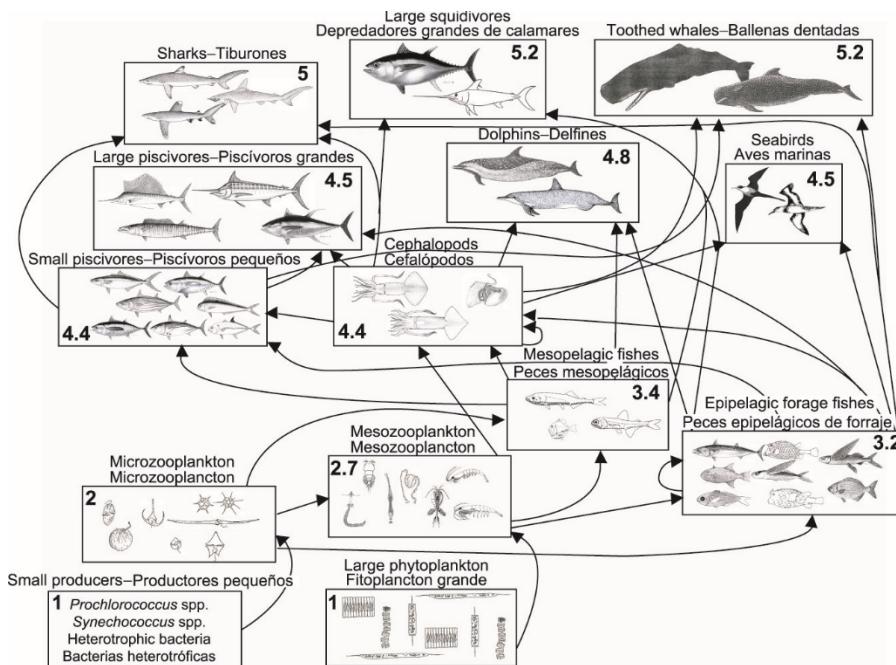


FIGURE L-1. Simplified food-web diagram of the pelagic ecosystem in the tropical EPO. The numbers inside the boxes indicate the approximate trophic level of each group.

FIGURA L-1. Diagrama simplificado de la red trófica del ecosistema pelágico en el OPO tropical. Los números en los recuadros indican el nivel trófico aproximado de cada grupo.

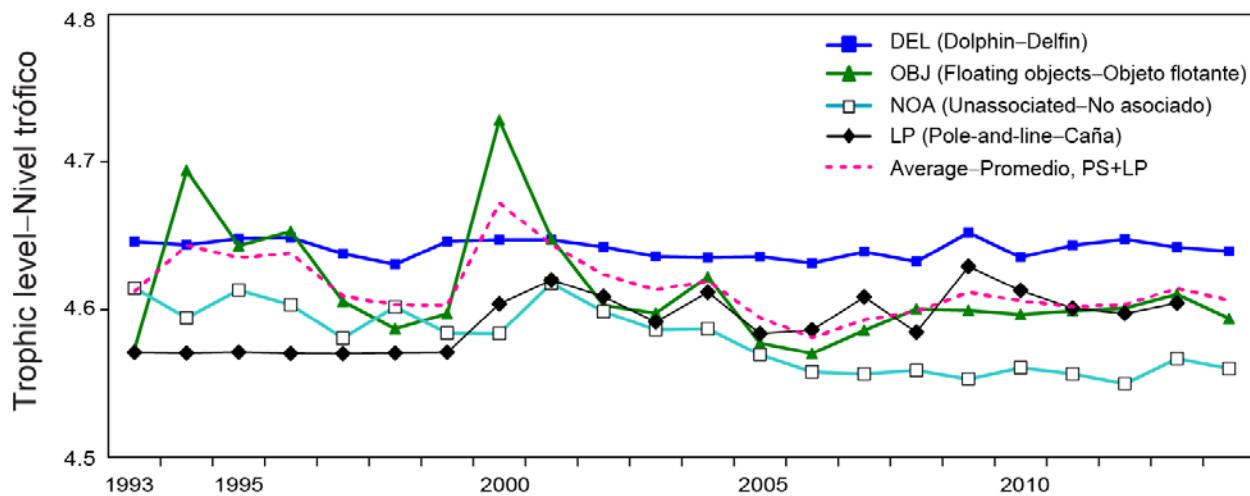


FIGURE L-2. Yearly mean trophic level estimates of the catches (retained and discarded) by the purse-seine and pole-and-line fisheries in the tropical EPO, 1993-2014. Pole-and-line catches were not reported separately in 2014, instead they were combined with other gears.

FIGURA L-2. Estimaciones anuales del nivel trófico de las capturas (retenidas y descartadas) de las pesquerías cerquera y cañera en el OPO tropical, 1993-2014. Las capturas cañeras no fueron reportadas por separado en 2014, sino que fueron combinadas con otras artes.

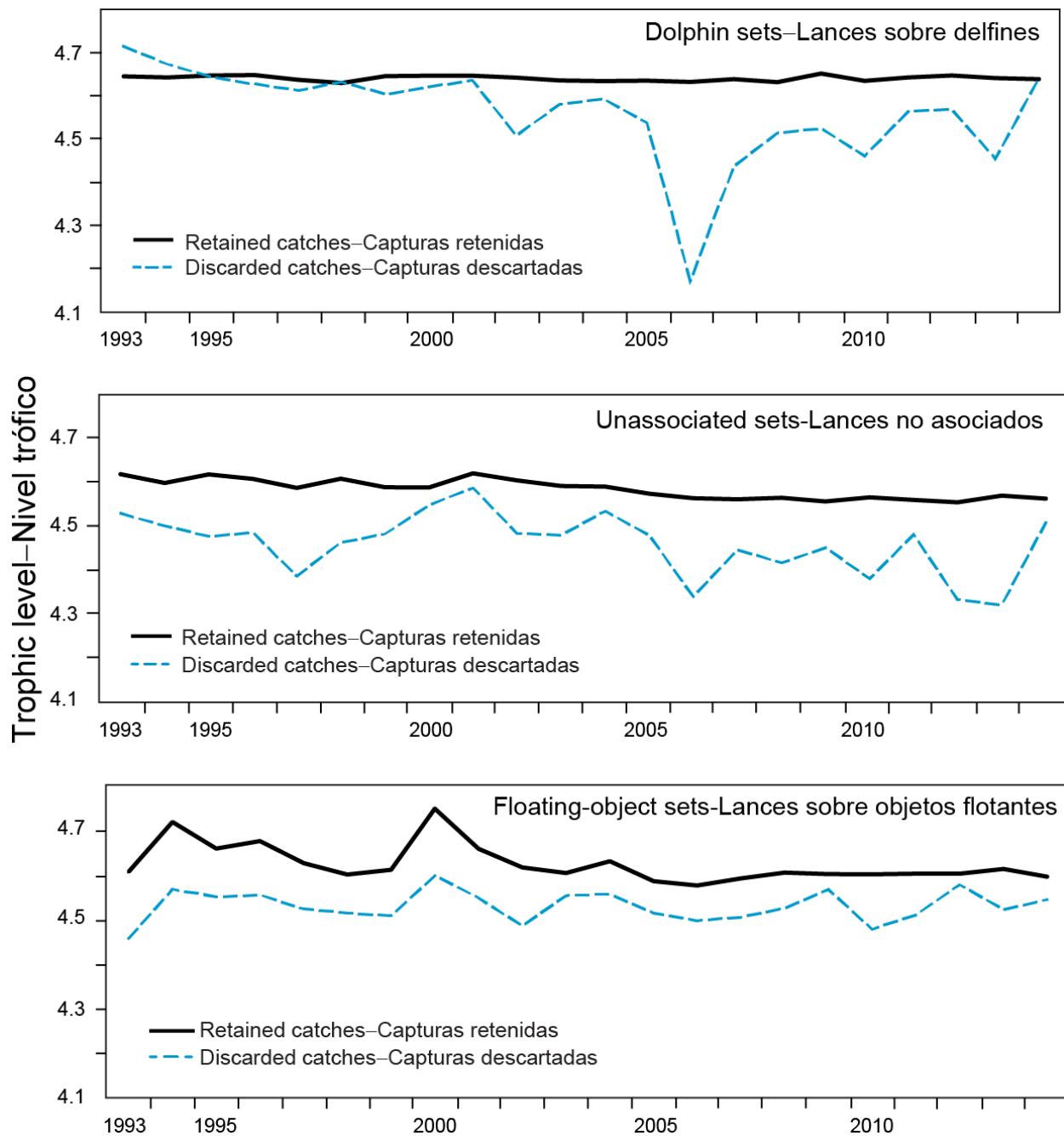


FIGURE L-3. Trophic level estimates of the retained catches and discarded catches by purse-seine fisheries in the tropical EPO, by set type, 1993-2014.

FIGURA L-3. Estimaciones del nivel trófico de las capturas retenidas y descartadas por las pesquerías cerqueras en el OPO tropical, por tipo de lance, 1993-2014.

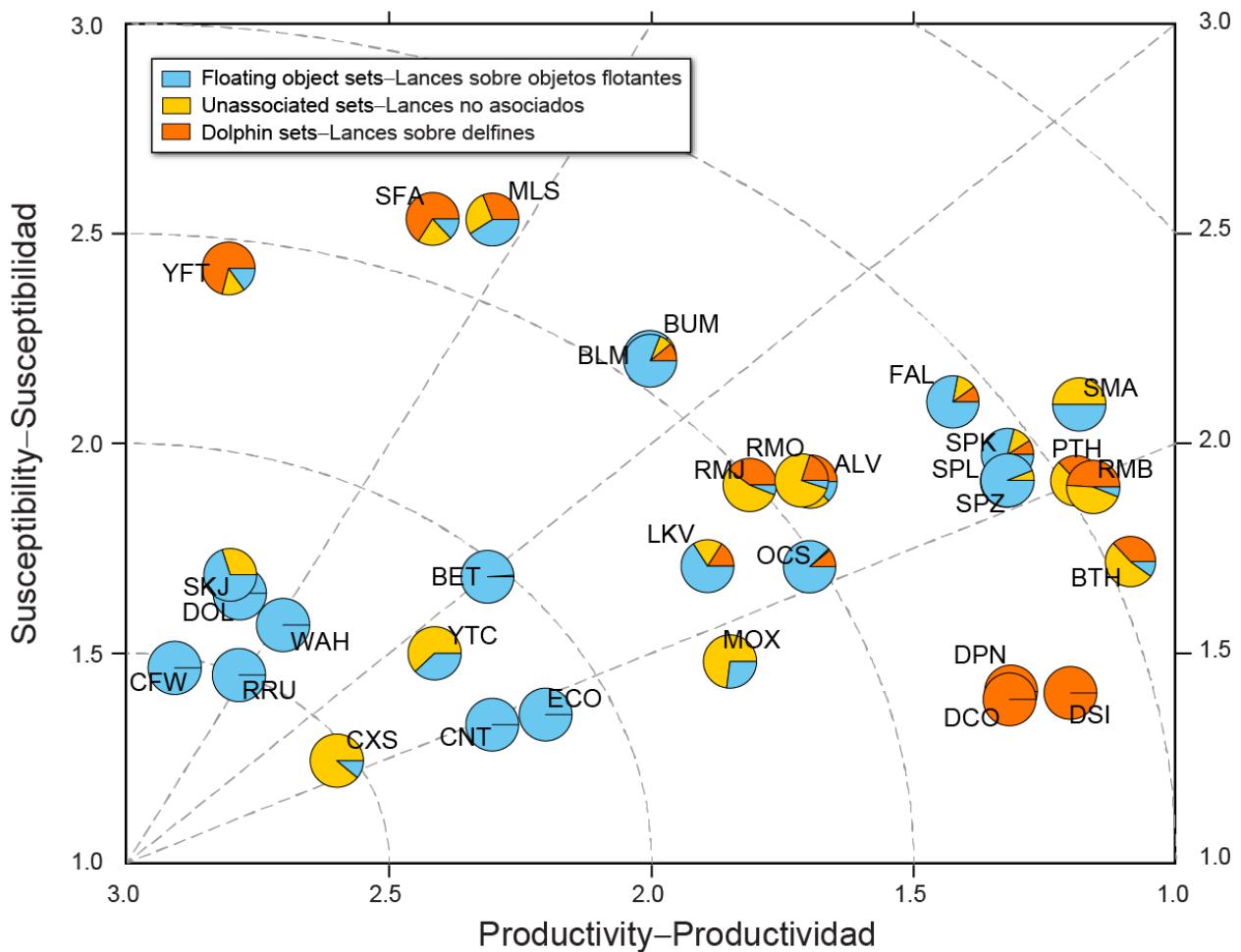


FIGURE L-4a. Productivity and susceptibility x-y plot for target and bycatch species caught by the purse-seine fishery of the EPO during 2005-2013, based on s_j^1 . The pie charts show the proportion of bycatch (non-tuna species) or proportion of catch (tuna species), by set type, for those set types with bycatch or catch $\geq 5\%$ for the species. See [Table L-3a](#) for species codes.

FIGURA L-4a. Gráfica x-y de productividad y susceptibilidad de especies objetivo y de captura incidental capturadas por la pesquería de cerco del OPO durante 2005-2013, basada en s_j^1 . Las gráficas de sectores ilustran la proporción de captura incidental (especies aparte de los atunes) o proporción de la captura (especies de atunes), por tipo de lance, en aquellos tipos de lance con captura incidental o captura $\geq 5\%$ de esa especie. Ver los códigos de especies en la [Tabla L-3a](#).

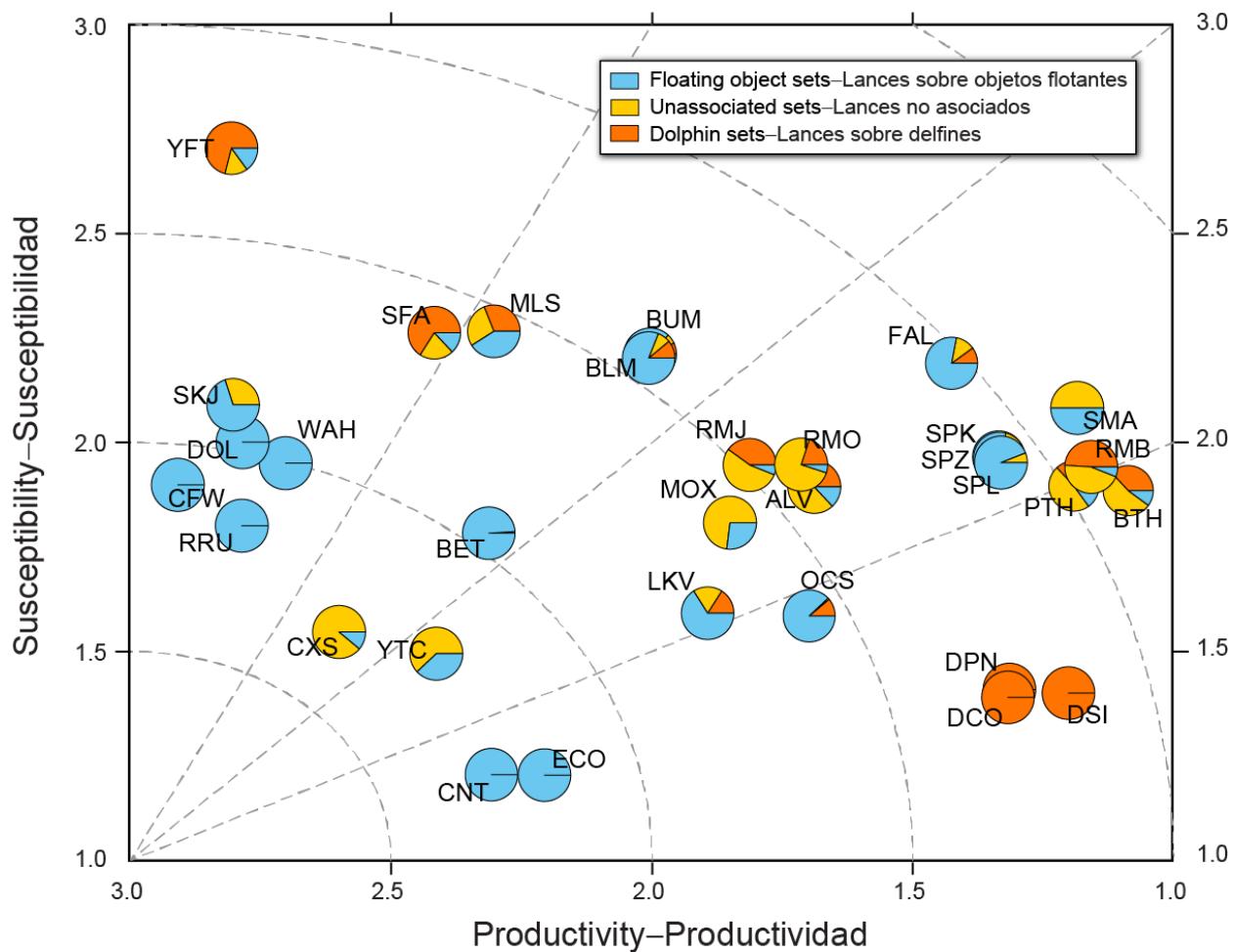


FIGURE L-4b. Productivity and susceptibility x-y plot for target and bycatch species caught by the purse-seine fishery of the EPO during 2005-2013, based on s_j^2 . The pie charts show the proportion of bycatch (non-tuna species) or proportion of catch (tuna species), by set type, for those set types with bycatch or catch $\geq 5\%$ for the species. See [Table L-3a](#) for species codes.

FIGURA L-4b. Gráfica x-y de productividad y susceptibilidad de especies objetivo y de captura incidental capturadas por la pesquería de cerco del OPO durante 2005-2013, basada en s_j^2 . Las gráficas de sectores ilustran la proporción de captura incidental (especies aparte de los atunes) o proporción de la captura (especies de atunes), por tipo de lance, en aquellos tipos de lance con captura incidental o captura $\geq 5\%$ de esa especie. Ver los códigos de especies en la [Tabla L-3a](#).

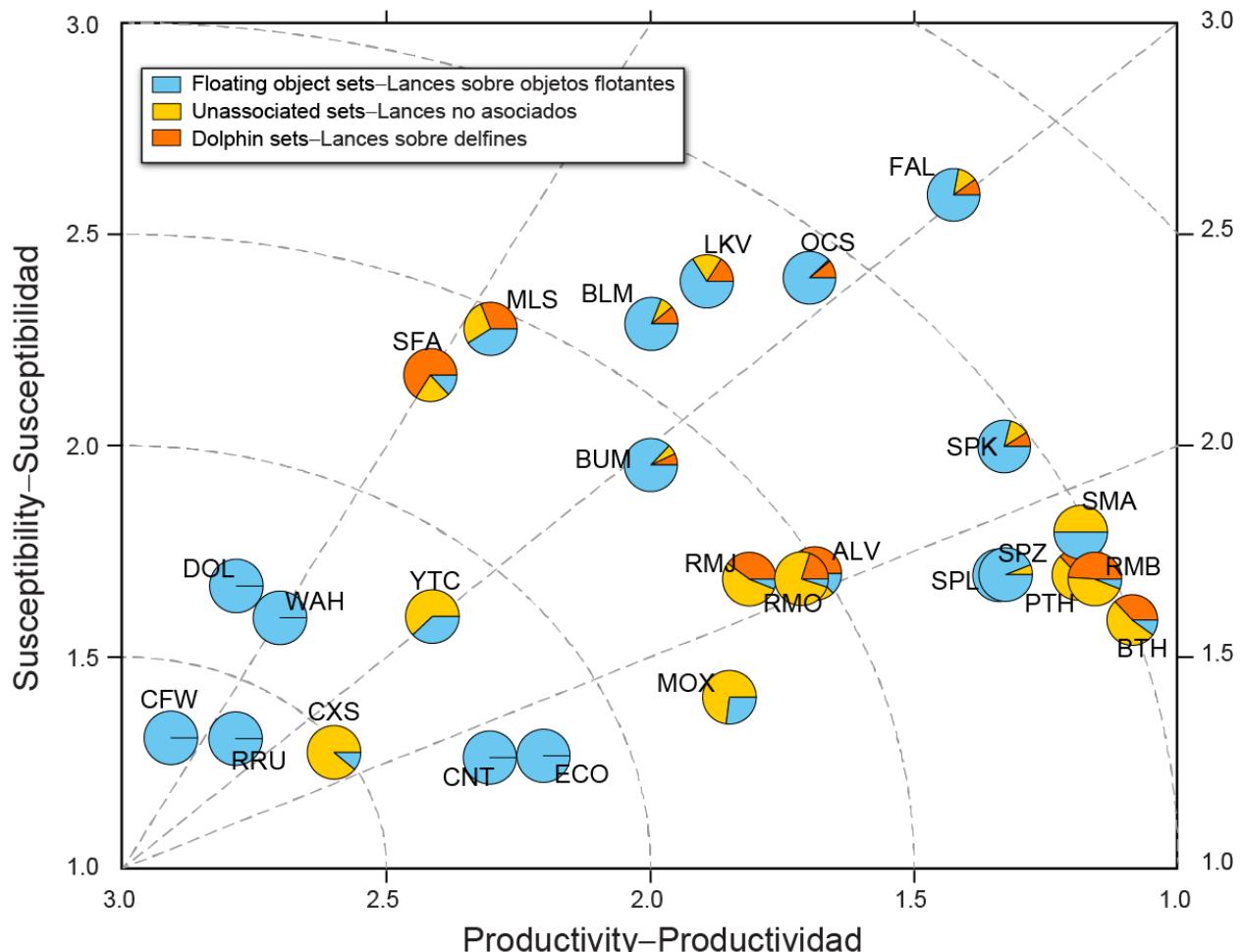


FIGURE L-4c. Productivity and susceptibility x-y plot for bycatch species caught by the purse-seine fishery of the EPO during 2005-2013, based on s_j^3 . s_j^3 was not computed for species for which full assessments (or management indicators) exist or for which the fishery data have been determined to be unsuitable for trend estimation; *i.e.*, for the three target tuna species and the dolphin species. The pie charts show the proportion of bycatch (non-tuna species), by set type, for those set types with bycatch $\geq 5\%$ for the species. See [Table L-3a](#) for species codes.

FIGURA L-4c. Gráfica x-y de productividad y susceptibilidad de especies objetivo y de captura incidental capturadas por la pesquería de cerco del OPO durante 2005-2013, basada en s_j^3 . No se computó s_j^3 para especies para las cuales existen evaluaciones completas (o indicadores de ordenación), o para las cuales se determinó que los datos de pesca no son adecuados para la estimación de tendencias; es decir, para las tres especies de atunes objetivo y las especies de delfines. Las gráficas de sectores ilustran la proporción de captura incidental (especies aparte de los atunes), por tipo de lance, en aquellos tipos de lance con captura incidental $\geq 5\%$ de esa especie. Ver los códigos de especies en la [Tabla L-3a](#).

TABLE L-1. Productivity attributes and scoring thresholds used in the IATTC PSA.**TABLA L-1.** Atributos de productividad y umbrales de puntuación usados en el APS de la CIAT.

Productivity attribute Atributo de productividad	Ranking – Clasificación		
	Low – Bajo (1)	Moderate – Moderado (2)	High – Alto (3)
Intrinsic rate of population growth (r)			
Tasa intrínseca de crecimiento de la población (r)	≤ 0.1	$> 0.1, \leq 1.3$	> 1.3
Maximum age (years)			
Edad máxima (años)	≥ 20	$> 11, < 20$	≤ 11
Maximum size (cm)			
Talla máxima (cm)	> 350	$> 200, \leq 350$	≤ 200
von Bertalanffy growth coefficient (k)			
Coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy (k)	< 0.095	$0.095 – 0.21$	> 0.21
Natural mortality (M)			
Mortalidad natural (M)	< 0.25	$0.25 – 0.48$	> 0.48
Fecundity (measured)			
Fecundidad (medida)	< 10	$10 – 200,000$	$> 200,000$
Breeding strategy			
Estrategia de reproducción	≥ 4	1 to-a 3	0
Age at maturity (years)			
Edad de madurez (años)	≥ 7.0	$\geq 2.7, < 7.0$	< 2.7
Mean trophic level			
Nivel trófico medio	> 5.1	$4.5 – 5.1$	< 4.5

TABLE L-2. Susceptibility attributes and scoring thresholds used in the PSA of the purse-seine fishery in the EPO. Includes only Class-6 vessels (carrying capacity > 363 t).

Susceptibility attribute	Ranking		
	Low (1)	Moderate (2)	High (3)
Management strategy	Management and proactive accountability measures in place	Stocks specifically named in conservation resolutions; closely monitored	No management measures; stocks closely monitored
Areal overlap - geographical concentration index	Greatest bycatches outside areas with the most sets <u>and</u> stock not concentrated (or not rare)	Greatest bycatches outside areas with the most sets <u>and</u> stock concentrated (or rare), OR Greatest bycatches in areas with the most sets <u>and</u> stock not concentrated (or not rare)	Greatest bycatches in areas with the most sets <u>and</u> stock concentrated (or rare)
Vertical overlap with gear	< 25% of stock occurs at the depths fished	Between 25% and 50% of the stock occurs at the depths fished	> 50% of the stock occurs in the depths fished
Seasonal migrations	Seasonal migrations decrease overlap with the fishery	Seasonal migrations do not substantially affect the overlap with the fishery	Seasonal migrations increase overlap with the fishery
Schooling/aggregation and other behavioral responses to gear	Behavioral responses decrease the catchability of the gear	Behavioral responses do not substantially affect the catchability of the gear	Behavioral responses increase the catchability of the gear
Potential survival after capture and release under current fishing practices	Probability of survival > 67%	33% < probability of survival ≤ 67%	Probability of survival < 33%
Desirability/value of catch (percent retention)	Stock is not highly valued or desired by the fishery (< 33% retention)	Stock is moderately valued or desired by the fishery (33-66% retention)	Stock is highly valued or desired by the fishery (> 66% retention)

TABLE L-3a. Preliminary productivity (p) and susceptibility (s) scores used to compute the overall vulnerability measure v_I . DEL: dolphin; NOA: unassociated; OBJ: floating-object. Individual susceptibility (s_{jk}) scores are shown for each fishery and as a weighted combination of the individual fishery values (s_j^1); see text for details. These values are preliminary, as this year's PSA is considered a proof of concept.

*IUCN listings are defined as: EN=endangered, NT=near threatened, VU=vulnerable, LC=least concern, DD=data deficient, NA=not assessed

Group	Scientific name	Common name	Species code	IUCN*	S _{jk} score by fishery			p	s_j^1	v_I
					DEL	NOA	OBJ			
Tunas	<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin tuna	YFT	NT	2.38	2.38	2.38	2.78	2.38	1.40
	<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye tuna	BET	VU	1.00	2.23	2.38	2.33	1.70	0.97
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	SKJ	LC	1.00	2.38	2.38	2.78	1.73	0.76
Billfishes	<i>Istiompax indica</i>	Blue marlin	BUM	VU	2.23	2.23	2.69	2.00	2.39	1.71
	<i>Makaira nigricans</i>	Black marlin	BLM	DD	2.23	2.23	2.69	2.00	2.39	1.71
	<i>Kajikia audax</i>	Striped marlin	MLS	NT	2.54	2.54	2.54	2.33	2.54	1.68
	<i>Istiophorus platypterus</i>	Indo-Pacific sailfish	SFA	LC	2.54	2.54	2.54	2.44	2.54	1.64
Dolphins	<i>Stenella attenuata</i>	Unidentified spinner dolphin	DSI	DD	1.77	1.00	1.00	1.22	1.36	1.82
	<i>Stenella longirostris</i>	Unidentified spotted dolphin	DPN	LC	1.77	1.00	1.00	1.33	1.36	1.71
	<i>Delphinus delphis</i>	Common dolphin	DCO	LC	1.62	1.00	1.00	1.33	1.29	1.70
Large fishes	<i>Coryphaena hippurus</i>	Common dolphinfish	DOL	LC	1.00	2.00	2.31	2.78	1.64	0.68
	<i>Coryphaena equiselis</i>	Pompano dolphinfish	CFW	LC	1.00	1.00	2.38	2.89	1.48	0.50
	<i>Acanthocybium solandri</i>	Wahoo	WAH	LC	1.00	1.00	2.62	2.67	1.57	0.66
	<i>Elagatis bipinnulata</i>	Rainbow runner	RRU	NA	1.00	1.00	2.31	2.78	1.46	0.51
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Ocean sunfish, Mola	MOX	NA	1.00	1.92	1.92	1.78	1.49	1.31
	<i>Seriola lalandi</i>	Bigeye trevally	CXS	LC	1.00	2.38	1.00	2.56	1.25	0.51
	<i>Mola mola</i>	Yellowtail amberjack	YTC	NA	1.00	2.08	1.85	2.44	1.49	0.75
Rays	<i>Manta birostris</i>	Giant manta	RMB	VU	1.92	2.08	1.77	1.22	1.90	1.99
	<i>Mobula japonica</i>	Spinetail manta	RMJ	NT	1.92	2.08	1.77	1.78	1.90	1.51
	<i>Mobula thurstoni</i>	Smoothtail manta	RMO	NT	1.92	2.08	1.77	1.67	1.90	1.60
Sharks	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Silky shark	FAL	NT	2.08	2.08	2.15	1.44	2.10	1.91
	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Oceanic whitetip shark	OCS	VU	1.69	1.00	2.08	1.67	1.70	1.50
	<i>Alopias superciliosus</i>	Smooth hammerhead shark	SPZ	VU	1.77	1.92	2.08	1.33	1.91	1.90
	<i>Alopias pelagicus</i>	Scalloped hammerhead shark	SPL	EN	1.77	1.92	2.08	1.33	1.91	1.90
	<i>Alopias vulpinus</i>	Great hammerhead shark	SPK	EN	2.08	1.77	1.92	1.33	1.97	1.93
	<i>Sphyraena lewini</i>	Pelagic thresher shark	PTH	VU	1.92	1.92	1.77	1.22	1.87	1.98
	<i>Sphyraena mokarran</i>	Bigeye thresher shark	BTH	VU	1.77	2.08	1.46	1.11	1.72	2.02
	<i>Sphyraena zygaena</i>	Common thresher shark	ALV	VU	1.92	1.92	1.77	1.67	1.87	1.59
	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Short fin mako shark	SMA	VU	2.23	2.23	1.92	1.22	2.12	2.10
	<i>Canthidermis maculata</i>	Rough triggerfish	CNT	NA	1.00	1.00	2.00	2.33	1.35	0.76
Small fishes	<i>Sectator ocyurus</i>	Bluestriped chub	ECO	NA	1.00	1.00	2.08	2.22	1.38	0.87
Turtles	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Olive ridley turtle	LKV	VU	1.62	2.23	1.62	1.89	1.73	1.33

TABLE L-3b. Preliminary productivity (p) and susceptibility (s) scores used to compute the overall vulnerability measure v_2 . DEL: dolphin; NOA: unassociated; OBJ: floating-object. Individual susceptibility (s_{jk}^*) scores are shown for each fishery and as a weighted combination of the individual fishery values (s_j^2); see text for details. These values are preliminary, as this year's PSA is considered a proof of concept

*IUCN listings are defined as: EN=endangered, NT=near threatened, VU=vulnerable, LC=least concern, DD=data deficient, NA=not assessed

Group	Scientific name	Common name	Species code	IUCN*	S_{jk}^*	score by fishery	p	s_j^2	v_1	
					DEL	NOA	OBJ			
Tunas	<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin tuna	YFT	NT	2.38	2.38	2.38	2.78	2.69	1.70
	<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye tuna	BET	VU	1.00	2.23	2.38	2.33	1.79	1.04
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	SKJ	LC	1.00	2.38	2.38	2.78	2.13	1.15
Billfishes	<i>Istiompax indica</i>	Blue marlin	BUM	VU	2.23	2.23	2.69	2.00	2.20	1.56
	<i>Makaira nigricans</i>	Black marlin	BLM	DD	2.23	2.23	2.69	2.00	2.20	1.56
	<i>Kajikia audax</i>	Striped marlin	MLS	NT	2.54	2.54	2.54	2.33	2.27	1.44
	<i>Istiophorus platypterus</i>	Indo-Pacific sailfish	SFA	LC	2.54	2.54	2.54	2.44	2.27	1.39
Dolphins	<i>Stenella attenuata</i>	Unidentified spinner dolphin	DSI	DD	1.77	1.00	1.00	1.22	1.42	1.83
	<i>Stenella longirostris</i>	Unidentified spotted dolphin	DPN	LC	1.77	1.00	1.00	1.33	1.42	1.72
	<i>Delphinus delphis</i>	Common dolphin	DCO	LC	1.62	1.00	1.00	1.33	1.38	1.71
Large fishes	<i>Coryphaena hippurus</i>	Common dolphinfish	DOL	LC	1.00	2.00	2.31	2.78	1.99	1.02
	<i>Coryphaena equiselis</i>	Pompano dolphinfish	CFW	LC	1.00	1.00	2.38	2.89	1.92	0.92
	<i>Acanthocybium solandri</i>	Wahoo	WAH	LC	1.00	1.00	2.62	2.67	1.96	1.01
	<i>Elagatis bipinnulata</i>	Rainbow runner	RRU	NA	1.00	1.00	2.31	2.78	1.67	0.70
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Ocean sunfish, Mola	MOX	NA	1.00	1.92	1.92	1.78	1.74	1.43
	<i>Seriola lalandi</i>	Bigeye trevally	CXS	LC	1.00	2.38	1.00	2.56	1.56	0.72
	<i>Mola mola</i>	Yellowtail amberjack	YTC	NA	1.00	2.08	1.85	2.44	1.51	0.76
Rays	<i>Manta birostris</i>	Giant manta	RMB	VU	1.92	2.08	1.77	1.22	1.95	2.02
	<i>Mobula japonica</i>	Spinetail manta	RMJ	NT	1.92	2.08	1.77	1.78	1.95	1.55
	<i>Mobula thurstoni</i>	Smoothtail manta	RMO	NT	1.92	2.08	1.77	1.67	1.95	1.63
Sharks	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Silky shark	FAL	NT	2.08	2.08	2.15	1.44	2.23	1.98
	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Oceanic whitetip shark	OCS	VU	1.69	1.00	2.08	1.67	1.62	1.47
	<i>Alopias superciliosus</i>	Smooth hammerhead shark	SPZ	VU	1.77	1.92	2.08	1.33	1.95	1.92
	<i>Alopias pelagicus</i>	Scalloped hammerhead shark	SPL	EN	1.77	1.92	2.08	1.33	1.95	1.92
	<i>Alopias vulpinus</i>	Great hammerhead shark	SPK	EN	2.08	1.77	1.92	1.33	1.98	1.94
	<i>Sphyraena lewini</i>	Pelagic thresher shark	PTH	VU	1.92	1.92	1.77	1.22	1.93	2.01
	<i>Sphyraena mokarran</i>	Bigeye thresher shark	BTH	VU	1.77	2.08	1.46	1.11	1.86	2.08
	<i>Sphyraena zygaena</i>	Common thresher shark	ALV	VU	1.92	1.92	1.77	1.67	1.93	1.63
	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Short fin mako shark	SMA	VU	2.23	2.23	1.92	1.22	2.06	2.07
Small fishes	<i>Canthidermis maculata</i>	Rough triggerfish	CNT	NA	1.00	1.00	2.00	2.33	1.18	0.69
	<i>Sectator ocyurus</i>	Bluestriped chub	ECO	NA	1.00	1.00	2.08	2.22	1.19	0.80
Turtles	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Olive ridley turtle	LKV	VU	1.62	2.23	1.62	1.89	1.63	1.28

TABLE L-3c. Preliminary productivity (p) and susceptibility (s) scores used to compute the overall vulnerability measure v_3 . DEL: dolphin; NOA: unassociated; OBJ: floating-object. Individual susceptibility (s_{jk}^{**}) scores are shown for each fishery and as a weighted combination of the individual fishery values (s_j^3); see text for details. These values are preliminary, as this year's PSA is considered a proof of concept.

*IUCN listings are defined as: EN=endangered, NT=near threatened, VU=vulnerable, LC=least concern, DD=data deficient, NA=not assessed

Group	Scientific name	Common name	Species code	IUCN*	s_{jk}^{**}	score by fishery	p	s_j^3	v_3
					DEL	NOA	OBJ		
Tunas	<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin tuna	YFT	NT	2.38	2.38	2.38	2.78	
	<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye tuna	BET	VU	1.00	2.23	2.38	2.33	
	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	SKJ	LC	1.00	2.38	2.38	2.78	
Billfishes	<i>Istiompax indica</i>	Blue marlin	BUM	VU	2.23	2.23	2.69	2.00	1.95
	<i>Makaira nigricans</i>	Black marlin	BLM	DD	2.23	2.23	2.69	2.00	2.34
	<i>Kajikia audax</i>	Striped marlin	MLS	NT	2.54	2.54	2.54	2.33	2.28
	<i>Istiophorus platypterus</i>	Indo-Pacific sailfish	SFA	LC	2.54	2.54	2.54	2.44	2.16
Dolphins	<i>Stenella attenuata</i>	Unidentified spinner dolphin	DSI	DD	1.77	1.00	1.00	1.22	
	<i>Stenella longirostris</i>	Unidentified spotted dolphin	DPN	LC	1.77	1.00	1.00	1.33	
	<i>Delphinus delphis</i>	Common dolphin	DCO	LC	1.62	1.00	1.00	1.33	
Large fishes	<i>Coryphaena hippurus</i>	Common dolphinfish	DOL	LC	1.00	2.00	2.31	2.78	1.67
	<i>Coryphaena equiselis</i>	Pompano dolphinfish	CFW	LC	1.00	1.00	2.38	2.89	1.33
	<i>Acanthocybium solandri</i>	Wahoo	WAH	LC	1.00	1.00	2.62	2.67	1.63
	<i>Elagatis bipinnulata</i>	Rainbow runner	RRU	NA	1.00	1.00	2.31	2.78	1.32
	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Ocean sunfish, Mola	MOX	NA	1.00	1.92	1.92	1.78	1.38
	<i>Seriola lalandi</i>	Bigeye trevally	CXS	LC	1.00	2.38	1.00	2.56	1.26
	<i>Mola mola</i>	Yellowtail amberjack	YTC	NA	1.00	2.08	1.85	2.44	1.64
Rays	<i>Manta birostris</i>	Giant manta	RMB	VU	1.92	2.08	1.77	1.22	1.70
	<i>Mobula japonica</i>	Spinetail manta	RMJ	NT	1.92	2.08	1.77	1.78	1.70
	<i>Mobula thurstoni</i>	Smoothtail manta	RMO	NT	1.92	2.08	1.77	1.67	1.70
Sharks	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Silky shark	FAL	NT	2.08	2.08	2.15	1.44	2.55
	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Oceanic whitetip shark	OCS	VU	1.69	1.00	2.08	1.67	2.35
	<i>Alopias superciliosus</i>	Smooth hammerhead shark	SPZ	VU	1.77	1.92	2.08	1.33	1.70
	<i>Alopias pelagicus</i>	Scalloped hammerhead shark	SPL	EN	1.77	1.92	2.08	1.33	1.70
	<i>Alopias vulpinus</i>	Great hammerhead shark	SPK	EN	2.08	1.77	1.92	1.33	2.00
	<i>Sphyrana lewini</i>	Pelagic thresher shark	PTH	VU	1.92	1.92	1.77	1.22	1.68
	<i>Sphyraна mokarran</i>	Bigeye thresher shark	BTH	VU	1.77	2.08	1.46	1.11	1.61
	<i>Sphyraна zygaena</i>	Common thresher shark	ALV	VU	1.92	1.92	1.77	1.67	1.68
	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Short fin mako shark	SMA	VU	2.23	2.23	1.92	1.22	1.81
Small fishes	<i>Canthidermis maculata</i>	Rough triggerfish	CNT	NA	1.00	1.00	2.00	2.33	1.26
	<i>Sectator ocyurus</i>	Bluestriped chub	ECO	NA	1.00	1.00	2.08	2.22	1.28
Turtles	<i>Lepidochelys olivacea</i>	Olive ridley turtle	LKV	VU	1.62	2.23	1.62	1.89	2.36

L. CONSIDERACIONES ECOSISTÉMICAS

1.	Introducción.....	162
2.	Impacto de las capturas.....	163
3.	Otra fauna	169
4.	Interacciones tróficas	172
5.	Ambiente físico.....	177
6.	Indicadores agrupados	179
7.	Evaluación de riesgos ecológicos	182
8.	Modelado de ecosistemas	185
9.	Acciones de la CIAT y el APICD relativas a consideraciones ecosistémicas	187
10.	Acontecimientos futuros.....	190

1. INTRODUCCIÓN

El Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (1995) estipula que los Estados y los usuarios de los recursos acuáticos vivos deberían conservar los ecosistemas acuáticos y establece que. Las medidas de ordenación deberían asegurar la conservación no sólo de las especies objetivo, sino también de aquellas especies pertenecientes al mismo ecosistema²⁷. En 2001, la Declaración de Reikiavik sobre Pesca Responsable en el Ecosistema Marino elaboró esos principios con un compromiso de incorporar un enfoque ecosistémico en la ordenación de la pesca.

En consonancia con esos instrumentos, una de las funciones de la CIAT de acuerdo a la Convención de Antigua de 2003 es “adoptar, en caso necesario, medidas y recomendaciones para la conservación y administración de las especies que pertenecen al mismo ecosistema y que son afectadas por la pesca de especies de peces abarcadas por la presente Convención, o que son dependientes de estas especies o están asociadas con ellas, con miras a mantener o restablecer las poblaciones de dichas especies por encima de los niveles en que su reproducción pueda verse gravemente amenazada”.

Por consiguiente, la CIAT ha tomado cuestiones ecosistémicas en cuenta en muchas de sus decisiones, y el presente informe sobre el ecosistema pelágico de alta mar del Océano Pacífico tropical y subtropical, que constituye el hábitat de los atunes y peces picudos, ha estado disponible desde 2003 para ayudar en la toma de decisiones de ordenación. Esta sección brinda un panorama coherente, resumiendo los conocimientos del impacto directo de la pesca sobre varias especies y grupos de especies en el ecosistema, y presenta los conocimientos del medio ambiente y de otras especies que no son afectadas directamente por la pesca, pero podrían ser afectadas indirectamente mediante interacciones depredador-preso en la red alimenticia.

Este análisis no sugiere objetivos para la incorporación de consideraciones de ecosistema en la ordenación de las pesquerías de atunes o peces picudos ni nuevas medidas de ordenación. Su propósito principal es más bien brindar a la Comisión la oportunidad de asegurar que dichas consideraciones formen parte de su agenda.

Es importante tener en cuenta que la perspectiva que tenemos del ecosistema se basa en el pasado reciente; disponemos de muy poca información sobre el ecosistema antes de que comenzara la explotación. Además, el medio ambiente está sujeto a cambios en varias escalas temporales, entre ellas las conocidas fluctuaciones de El Niño y cambios a mayor plazo recientemente reconocidos, tales como la Oscilación Decadal del Pacífico y otros cambios climáticos.

Además de reportar las capturas de las especies principales de atunes y peces picudos, el personal reporta las capturas incidentales de especies no objetivo que son o retenidas o descartadas. En la presente sección, se

¹ El Código también dispone que las medidas de ordenación deberían asegurar que se mantenga la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y se protejan las especies en peligro y que los Estados deberían evaluar los impactos de factores ambientales sobre las poblaciones y especies objetivo que pertenecen al mismo ecosistema o estén asociados a las poblaciones objetivo, o sean dependientes de las mismas, y evaluar la relación entre las poblaciones en el ecosistema.

presentan datos sobre dichas capturas incidentales en el contexto del efecto de la pesca sobre el ecosistema. Desgraciadamente, mientras que se cuenta con información relativamente buena para los atunes y peces picudos, no se dispone de información para la pesquería entera. La información es completa para los buques cerqueros grandes (de más de 363 toneladas de capacidad de acarreo) que llevan observadores bajo el Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines (APICD), y se registra información sobre capturas retenidas también para otros buques cerqueros, barcos cañeros, y gran parte de la flota palangrera. Se dispone de cierta información sobre tiburones retenidos por partes de la flota palangrera. Se incluye información sobre especies no objetivo retenidas y descartadas en el caso de los cerqueros grandes, y se cuenta con esta información para unos pocos viajes por buques de menor tamaño. Se dispone de poca información sobre las capturas incidentales y descartes de otros buques pesqueros.

2. IMPACTO DE LAS CAPTURAS

2.1. Evaluaciones de especies individuales

En otros documentos preparados para esta reunión se presenta información sobre el efecto de la pesca atunera sobre las poblaciones de especies individuales en el Océano Pacífico oriental (OPO) y evaluaciones detalladas. Una perspectiva ecosistémica requiere un enfoque en cómo la pesca puede haber cambiado varios componentes del ecosistema. Las secciones 2.2 y 2.3 del presente informe presentan información sobre la biomasa actual de cada población considerada comparada con lo que hubiera sido en ausencia de la pesca. No hay medidas directas del tamaño de la población antes de que comenzara la pesca y, en todo caso, las poblaciones hubiesen variado entre años. Además, el tamaño de la población sin explotación podría ser afectado por la abundancia de los depredadores y las presas, la cual no es incluida en los análisis de las especies individuales.

2.2. Atunes

En los Documentos SAC-08-[04b](#), [04a](#), y [04c](#) se presenta información sobre los efectos de la pesca sobre los atunes aleta amarilla, patudo, y barrilete, respectivamente, y en la reunión del Comité Científico Asesor en mayo de 2017 se presentó una actualización de los índices y una evaluación de nuevas estrategias de extracción para sobre el atún aleta azul del Pacífico. Se presentó también una actualización sobre el atún albacora..El Grupo de Trabajo sobre el atún albacora del norte del Comité Científico Internacional (ISC) terminó su [evaluación de la población](#) en 2014; su próxima evaluación está prevista para 2017.

2.3. Peces picudos

En las secciones G a J del [Informe de la situación de la pesquería 14](#) de la CIAT se presenta información sobre los efectos de la pesca atunera sobre el pez espada, el marlín azul, el marlín rayado, y el pez vela. El personal de la CIAT realizó evaluaciones de población y/o análisis de la estructura de la población para el pez espada (2007, estructura), marlín rayado del Pacífico oriental (2010, evaluación y estructura), marlín rayado del Pacífico noreste (2011, evaluación), pez espada del Pacífico sureste (2012, evaluación), y pez vela del Pacífico oriental (2013, evaluación). El grupo de trabajo del ISC para los atunes y especies afines en el Océano Pacífico norte realizó evaluaciones de las poblaciones de marlín azul del Pacífico (2016), pez espada del Pacífico norte (2014), y marlín rayado (2015).

2.3.1. Marlín negro y marlín trompa corta

No se han realizado recientemente evaluaciones de las poblaciones de estas especies, pero existen ciertos datos, publicados conjuntamente por científicos del Instituto Nacional de Investigación de Pesquerías de Ultramar (NRIFSF) del Japón y la CIAT en la serie de Boletines de la CIAT, que indican tendencias en las capturas, el esfuerzo, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

2.4. Resumen

En las Tablas A-2a y A-2b del Documento [SAC-08-03a](#) se presentan las estimaciones preliminares de las capturas (incluyendo descartes de la pesca de cerco), en toneladas, de atunes, bonitos, y peces picudos en el OPO durante 2016.

2.5. Mamíferos marinos

En el OPO, se encuentran frecuentemente mamíferos marinos, especialmente delfines manchados (*Stenella attenuata*), tornillo (*S. longirostris*), y comunes (*Delphinus delphis*), asociados con atunes aleta amarilla de entre unos 10 y 40 kg. Los pescadores con red de cerco descubrieron que podían lograr las capturas máximas de aleta amarilla en el OPO si cercaran manadas de delfines asociadas con atunes, y luego liberaran los delfines sin dejar al pescado escapar. La mortalidad incidental de delfines en esta operación fue alta en los primeros años de la pesquería, y las poblaciones de delfines fueron reducidas de sus niveles sin explotación durante las décadas de 1960 y 1970. A partir de fines de la década de los 1980 la mortalidad incidental disminuyó precipitadamente, y ahora hay evidencias de una recuperación de las poblaciones. En la [Tabla 1](#) se detallan las estimaciones preliminares de la mortalidad de delfines ocasionada por la pesca en 2016. El personal de la CIAT es responsable de la evaluación de las poblaciones de delfines asociadas a la pesquería atunera de cerco, como base para los límites de mortalidad de delfines establecidos por el Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines (APICD).

Los estudios de la asociación de atunes con delfines forman un componente importante del enfoque a largo plazo del personal para comprender las interacciones clave en el ecosistema. El grado al cual los atunes aleta amarilla y los delfines compiten por recursos, o si uno u otro se beneficia de la interacción, por qué los atunes se encuentran con mayor frecuencia asociados a delfines manchados y no con otros delfines, y por qué las especies se asocian más fuertemente en el Pacífico oriental tropical, constituyen información crítica, en vista de la gran biomasa de ambos grupos, y su altas tasas de consumo de presas. Se realizaron tres estudios para tratar estas hipótesis: un estudio de rastreo simultáneo de delfines manchados y atunes aleta amarilla, un estudio de interacciones tróficas que compara sus presas y patrones diarios de alimentación, y un estudio espacial de las características oceanográficas correlacionadas con la asociación atún-delfín. Estos estudios demostraron que la asociación no es ni permanente ni obligatoria, y que los beneficios de la asociación no se basan en ventajas alimenticias. Apoyan la hipótesis que una especie, o ambas, reducen el riesgo de depredación mediante la formación de grupos grandes de especies mixtas. La asociación es más prevalente donde el hábitat de los atunes se encuentra comprimido a las aguas superficiales someras y cálidas de la capa de mezcla por la zona de oxígeno mínimo, una capa gruesa de aguas pobres en oxígeno debajo de la capa de mezcla. La asociación ha sido observada en áreas con condiciones oceanográficas similares en otros océanos, pero es más prevalente y consistente en el Pacífico oriental tropical, donde la zona de oxígeno mínimo es la más hipoxica y extensa del mundo.

TABLA 1. Mortalidad de delfines y otros mamíferos marinos ocasionada por la pesca en el OPO durante 2016.

Especie y población	Mortalidad incidental	
	número	toneladas
Delfín manchado de altamar		
Nororiental	127	8.3
Occidental/sureño	111	7.2
Delfín tornillo		
Oriental	243	10.8
Panza blanca	89	5.4
Delfín común		
Norteño	82	5.8
Central	36	2.6
Sureño	9	0.6
Otros mamíferos*	5	0.5
Total	702	41.2

*“Otros mamíferos” incluye las siguientes especies y poblaciones, con las mortalidades observadas correspondientes: delfines no identificados 4 (0.2 t) y delfín de Risso (*Grampus griseus*) 1 (0.3 t).

Durante agosto-diciembre de 2006, científicos del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de EE.UU. realizaron un crucero de investigación como parte del proyecto STAR (*Stenella Abundance Research*). La meta principal de este estudio plurianual es investigar tendencias en el tamaño de las poblaciones de delfines que son capturadas incidentalmente en la pesquería de cerco en el OPO. Se tomaron datos de los estudios de transectos lineales a gran escala sobre la distribución y el tamaño y composición de manadas de cetáceos para estimar la abundancia de los delfines. Los datos oceanográficos son recolectados para caracterizar el hábitat y su variación a lo largo del tiempo. Los datos de la distribución y abundancia de los peces presa y los calamares, las aves

marinas, y las tortugas marinas caracterizan todavía más el ecosistema en el que viven estos delfines. El estudio de 2006 cubrió las mismas zonas y usó los mismos métodos que los estudios anteriores. Los datos del estudio de 2006 produjeron nuevas estimaciones de abundancia, y se analizaron de nuevo los datos previos para producir estimaciones revisadas, para 10 especies y/o poblaciones de delfines en el OPO entre 1986 y 2006. Las estimaciones de 2006 para el delfín manchado nordeste de altamar fueron algo mayores, y para el delfín tornillo oriental sustancialmente mayores, que aquéllas de los estudios previos en 1998-2000. Las estimaciones de incremento de estas dos poblaciones mermadas, y del delfín manchado costero mermado, podrían indicar que se están recuperando, pero la población del delfín manchado de altamar occidental-sureño podría estar disminuyendo. Las estimaciones de abundancia de 1998-2006 de los delfines manchado costero, tornillo panza blanca, y de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) mostraron una tendencia creciente, mientras que aquéllas de los delfines listado (*S. coeruleoalba*), común de hocico corto (*Delphinus delphis*), tonina (*Tursiops truncatus*), y de Risso (*Grampus griseus*), fueron generalmente similares a estimaciones previas obtenidas con los mismos métodos. Ya que NMFS no ha realizado más estudios desde 2006, durante 2014 y 2015 se realizó un modelado de las tendencias de la abundancia relativa de delfines usando datos de observadores a bordo de buques cerqueros. Se concluyó que es poco probable que los índices de abundancia relativa derivados de estos datos sean fiables para especies directamente asociadas al proceso de pesca (como los delfines en el OPO). Son no sólo susceptibles a los problemas usuales de cambios en el comportamiento de pesca, sino que también no existe una distinción clara entre un índice de la asociación atún-delfín y de la abundancia de delfines. Esta investigación, así como formas alternativas de dar seguimiento a las poblaciones de delfines, fueron publicadas en 2016². En 2016, se convocó un taller de la CIAT sobre métodos para dar seguimiento a la condición de las poblaciones de delfines del Océano Pacífico oriental tropical. El propósito del taller fue reunir expertos mundiales en el campo de estimación de abundancia de mamíferos marinos a fin de: 1) revisar la metodología de transectos lineales desde buques más reciente, y 2) discutir opciones alternativas apropiadas para las poblaciones de delfines del OPO, incluyendo el uso de imágenes de alta resolución de unmanned aircraft y genética de parentesco estrecho. [Aquí](#) se encuentran un informe y los documentos informativos del taller.

Científicos del NMFS han calculado estimaciones de la abundancia de varias otras especies de mamíferos marinos a partir de datos de cruceros de investigación realizados entre 1986 y 2000 en el OPO. De las especies no afectadas significativamente por la pesquería atunera, las ballenas piloto de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*) y tres poblaciones de delfines comunes presentaron tendencias crecientes en abundancia durante esos 15 años. La mayor abundancia aparente de estos mamíferos podría haber causado una disminución en la capacidad de carga del OPO para otros depredadores que comparten su dieta, entre ellos el delfín manchado. La abundancia estimada de la ballena de Bryde (*Balaenoptera edeni*) también aumentó, pero coinciden muy poco las dietas de estas ballenas barbadas y de los depredadores de alto nivel afectados por las pesquerías. La abundancia estimada del delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) no demostró ninguna tendencia clara a lo largo del tiempo, y las estimaciones de abundancia del cachalote (*Physeter macrocephalus*) tendieron a disminuir durante 1986-2000.

Ciertos mamíferos marinos son afectados adversamente por la reducción en la disponibilidad de alimento durante eventos de El Niño, especialmente en ecosistemas costeros. Ejemplos documentados incluyen delfines y pinnípedos frente a Perú, pinnípedos en las Islas Galápagos, y ballenas de Bryde frente a Perú. Las ballenas grandes pueden desplazarse en reacción a cambios en la productividad y distribución de sus presas.

2.6. Tortugas marinas

Las tortugas marinas son capturadas en los palangres cuando toman el cebo en los anzuelos, se traban al dar accidentalmente con un anzuelo, o se enredan en una línea. Hay pocas estimaciones de la mortalidad incidental de tortugas causada por la pesca con palangre o red de trasmalle. En la [cuarta reunión del Grupo de Trabajo](#)

² Lennert-Cody, C.E., M.N. Maunder, P.C. Fiedler, M. Minami, T. Gerrodette, J. Rusin, C.V. Minte-Vera, M. Scott, and S.T. Buckland. 2016. Purse-seine vessels as platforms for monitoring the population status of dolphin species in the eastern tropical Pacific Ocean. *Fisheries Research* 178: 101-113.

sobre Captura Incidental de la CIAT en enero de 2004 se informó que la captura incidental de tortugas por la flota palangrera japonesa en el OPO en 2000 consistió de 166 tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*), de las cuales 25 estaban muertas, y unas 6,000 tortugas de todas las otras especies, principalmente golfinas (*Lepidochelys olivacea*), de las cuales aproximadamente la mitad estaba muerta. En la [sexta reunión del Grupo de Trabajo en febrero de 2007](#), se informó que la flota española de palangre de superficie que pesca pez espada en el OPO tuvo en promedio 65 interacciones y 8 mortalidades por millón de anzuelos durante 1990-2005. Es probable que las tasas de mortalidad sean similares para otras flotas que pescan atún patudo, y posiblemente mayores que aquéllas flotas que pescan albacora y pez espada a menor profundidad noche. Unos 23 millones de los 200 millones de anzuelos calados cada año en el OPO por buques palangreros de aguas lejanas están dirigidos hacia el pez espada en palangres poco profundos. En mayo de 2017 tuvo lugar la [séptima reunión del grupo de trabajo](#), y se discutieron los informes de capturas incidentales e interacciones con tortugas marinas

Además, existe una flota considerable de buques palangreros artesanales que pescan atunes, peces picudos, tiburones y dorado (*Coryphaena spp.*) en el OPO. Desde 2005, miembros del personal de la CIAT y de otras organizaciones, junto con los gobiernos de varias naciones costeras de Latinoamérica, han participado en un programa para reducir las tasas de enganche y la mortalidad de tortugas marinas en estas pesquerías. En la [sección 9.2](#) se presenta información adicional sobre este programa.

Las tortugas marinas son capturadas ocasionalmente en redes de cerco en la pesquería atunera del OPO. La mayoría de las interacciones ocurren cuando las tortugas se asocian con objetos flotantes, y son capturados cuando el objeto es cercado; en otros casos, una red calada alrededor de un cardumen de atunes no asociados, o un cardumen asociado con delfines, captura tortugas marinas que están presentes. La tortuga golfinas es, por mucho, la especie de tortuga marina capturada con mayor frecuencia por buques cerqueros; la siguen la tortuga verde (*Chelonia mydas*), y, muy ocasionalmente, las tortugas caguama (*Caretta caretta*) y carey (*Eretmochelys imbricata*). Desde 1990, cuando los observadores de la CIAT comenzaron a registrar interacciones con tortugas, se ha registrado mortalidad de solamente tres tortugas laúd (*Dermochelys coriacea*). Algunas tortugas no son identificadas por estar demasiado lejos del buque o porque no había suficiente luz para permitir al observador identificarla. A veces las tortugas marinas se enredan en malla debajo de dispositivos agregadores de peces (plantados) y se ahogan. En unos pocos casos, son sacadas del agua por el aparejo de pesca mientras están enmalladas, y pueden caer de la red de alturas considerables y ser heridas, o ser pasadas por la pasteca hidráulica. En la Tabla 2 se presentan las estimaciones preliminares de la mortalidad de tortugas, en número, causada por buques cerqueros grandes durante 2016, por tipo de lance (sobre objetos flotantes (OBJ), atunes no asociados (NOA), y delfines (DEL))

La pesca atunera de cerco es probablemente una causa de mortalidad de tortugas marinas menos importante que otros tipos de actividad humana, entre ellas el aprovechamiento de huevos y adultos, utilización de playas, contaminación, enmalle en detritos en el mar, ingestión de los mismos, y los impactos de otras pesquerías.

Las poblaciones de las tortugas golfinas y caguama están clasificadas como vulnerables, las de las tortugas verde y caguama están designadas como en peligro, y las de carey y laúd como en peligro crítico, por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

2.7. Tiburones y otros peces grandes

Los tiburones y otros peces grandes son capturados por buques cerqueros y palangreros. El tiburón sedoso o jaquetón (*Carcharhinus falciformis*) es la especie de tiburón capturada con

TABLA 2. Mortalidades de tortugas marinas ocasionadas por buques cerqueros grandes en el OPO durante 2016.

	Tipo de lance			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Golfinas	4	-	-	4
Verde del Pacífico oriental	-	-	-	-
Caguama	-	-	-	-
Carey	-	-	-	-
Laúd	-	-	-	-
No identificada	2	-	-	2
Total	6	-	-	6

mayor frecuencia en la pesquería de cerco. Las pesquerías palangreras también capturan tiburones sedosos. Es necesario un análisis de ambas pesquerías para estimar el impacto de la pesca sobre la población o poblaciones.

Entre mayo de 2007 y junio de 2008 científicos de la CIAT y del NMFS realizaron un proyecto para obtener y archivar muestras de tejido de tiburones, rayas y otros peces grandes, para análisis genéticos. Se están usando los datos de las muestras archivadas en estudios de la estructura de las poblaciones de estos grupos a gran escala, información esencial para las evaluaciones de las poblaciones y que falta generalmente en todo el Océano Pacífico. Los resultados preliminares de un análisis del tiburón sedoso indicaron que, para los fines de la ordenación, los tiburones sedosos en el OPO deberían ser divididos en dos poblaciones, una al norte y la otra al sur de la línea ecuatorial. Además, los resultados de un estudio de ADN mitocondrial en 2013 señalan una ligera divergencia genética entre los tiburones sedosos del Pacífico occidental y oriental, lo cual apoya una ordenación separada de estas dos poblaciones. Por contraste, una comparación exploratoria reciente de las tasas de captura de tiburón sedoso en las pesquerías de cerco del OPO y el Océano Pacífico Occidental y Central (OPOC) ([SAC-08-08a\(i\)](#)) muestra tendencias consistentes para los juveniles de la especie a través del Pacífico. Esto sugiere que podría existir cierto grado de conectividad de poblaciones de tiburones sedosos a través del Pacífico, y que podría ser necesario revisar los supuestos actuales acerca de la estructura de la población.

Existen evaluaciones o indicadores de condición de población (SSI) de tan sólo cuatro especies de tiburones en el OPO: sedoso (CIAT: [SAC-05 INF-F](#), [SAC-08-08a\(i\)](#)), azul (*Prionace glauca*) ([Grupo de trabajo sobre tiburones del ISC](#)), marrajo dientuso (*Isurus oxyrinchus*) ([Grupo de trabajo sobre tiburones del ISC](#)), zorro (*Alopias vulpinus*) (NMFS), y zorro ojón (*Alopias superciliosus*). Áreas mas allá de la jurisdicción nacional ([Proyecto Atún ABNJ](#)). Posteriormente en 2017, el [Proyecto Atún ABNJ](#) terminará una evaluación a escala del Pacífico del tiburón marrajo sardinero (*Lamna nasus*) en el hemisferio sur. Se ignoran los impactos de las capturas incidentales sobre las poblaciones de otras especies de tiburones en el OPO.

En la [Tabla 3](#) se presentan las estimaciones preliminares de las capturas (incluidos los descartes de la pesquería de cerco), en toneladas, de tiburones y otros peces grandes en el OPO durante 2016 (aparte de aquéllos mencionados en lo anterior) por buques cerqueros grandes. No se dispone de datos completos de buques cerqueros pequeños, palangreros y otros.

Las tasas de captura de especies aparte de los atunes en la pesquería cerquera son diferentes para cada tipo de lance. Con unas pocas excepciones, las tasas de captura incidental son máximas en lances sobre objetos flotantes, seguidos por lances no asociados y, en un nivel mucho más bajo, lances sobre delfines. Las tasas de captura incidental de delfines son máximas en lances sobre delfines, seguidos por lances no asociados y, en un nivel mucho más bajo, lances sobre objetos flotantes. En general, las tasas de captura incidental de rayas (Mobilidae), y mantarrayas (Dasyatidae) son máximas en lances no asociados, seguidos por lances sobre delfines, y mínimas en lances sobre objetos flotantes, aunque en 2015 y 2016 la tasa de captura incidental fue mayor en los lances sobre delfines que en los lances no asociados. Debido a estas diferencias, es necesario seguir los cambios en la frecuencia de los distintos tipos de lance para poder interpretar los cambios en los datos de captura incidental. En la Tabla A-7 del Documento [SAC-08-03a](#) se detalla el número estimado de lances cerqueros de cada tipo realizados durante 1999-2016 en el OPO.

TABLA 3. Capturas, en toneladas, de tiburones y otros peces grandes en el OPO por buques cerqueros grandes con observador a bordo, 2016

	Tipo de lance			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Tiburón sedoso (<i>Carcharhinus falciformis</i>)	477	37	65	579
Tiburón oceánico punta blanca (<i>C. longimanus</i>)	4	<1	<1	4
Tiburones martillo (<i>Sphyrna</i> spp.)	59	4	2	65
Tiburones zorro (<i>Alopias</i> spp.)	2	5	7	14
Otros tiburones	46	6	4	56
Mantarrayas (Mobulidae)	4	22	32	58
Rayas látigo del Pacífico (Dasyatidae)	<1	<1	<1	1
Dorado (<i>Coryphaena</i> spp.)	1101	6	<1	1107
Peto (<i>Acanthocybium solandri</i>)	416	1	<1	417
Salmón (<i>Elagatis bipinnulata</i>) y jurel (<i>Seriola lalandi</i>)	53	6	8	67
Otros peces grandes	540	7	<1	547

La reducción de la captura incidental es una meta de la ordenación pesquera ecosistémica. Un estudio publicado recientemente³ analizó la proporción de captura incidental a captura objetivo, en una gama de tamaños de lance. El estudio demostró que la proporción de captura incidental total a captura de atún y captura incidental de tiburón sedoso disminuyó a medida que aumentó el tamaño de lance. La proporción de captura incidental fue máxima en lances que capturan menos de 10 t.

En octubre de 2006, el NMFS convocó una reunión técnica sobre la reducción de la captura incidental en la pesquería de cerco en el OPO. Los asistentes apoyaron una propuesta de investigación de métodos para reducir la captura incidental de los tiburones, alejándolos de los objetos flotantes antes de calar la red. Apoyaron también una serie de experimentos de campo sobre aparejos y técnicas para reducir la captura incidental; incluirían modificación y manipulación de los plantados, una evaluación de indicadores de comportamiento y fisiológicos de estrés, y sacar los animales vivos de la red y de la cubierta (por ejemplo, rejas clasificadoras, puertas de burbujas, y bombas de vacío). Una tercera idea fue usar los datos de la CIAT para determinar si los factores espaciales, temporales, y ambientales pueden ser usados para predecir las capturas incidentales en los lances sobre plantados y para determinar en cuál grado las vedas de temporada o zona serían eficaces para reducir dichas capturas incidentales.

Un [examen reciente de la captura incidental](#) (página 156) en las pesquerías cerqueras de atunes tropicales a escala mundial versó sobre las acciones y conceptos disponibles para reducir la captura incidental de tiburones. Estos incluyen vedas espaciales y estacionales, controles del esfuerzo, prohibición de descarga de tiburones, límites de tamaño para tiburones, cuotas de captura incidental de tiburones por buque, un mandato de liberar inmediatamente todo tiburón subido a bordo, establecer mejores procedimientos para tratar los tiburones durante la liberación, y la capacitación de las tripulaciones en estos procedimientos.

Se convocó la [séptima reunión del grupo de trabajo sobre captura incidental](#) antes de la octava reunión del Comité Científico Asesor, y se presentaron actualizaciones de las investigaciones de tiburones en el OPO.

El dorado (*Coryphaena hippurus*) es una de las especies más importantes capturadas en las pesquerías artesanales de las naciones costeras del OPO. Es también capturado incidentalmente en la pesquería atunera de cerco en el OPO. Bajo la Convención de Antigua y su enfoque ecosistémico a la pesca, es por lo tanto apropiado que el personal de la CIAT estudie la especie, con miras a determinar el impacto de la pesca, y recomendar medidas de conservación apropiadas para este importante recurso en caso necesario. En este contexto, algunos

³ Dagorn, L., J.D. Filmalter, F. Forget, M.J. Amandé, M.A. Hall, P. Williams, H. Murua, J. Ariz, P. Chavance, and N. Bez. 2012. Targeting bigger schools can reduce ecosystem impacts of fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 69: 1463-1467

Miembros de la CIAT costeros de la región han solicitado que se realice una investigación colaborativa con el personal de la CIAT para poder contar con información científica sólida para este propósito.

La CIAT celebró su [primera reunión técnica](#) sobre el dorado en 2014. La reunión tuvo tres objetivos: 1) promover la sinergia en los Miembros de la CIAT para una investigación regional del dorado en el OPO; 2) revisar la situación actual con respecto a los conocimientos del dorado e identificar los conjuntos de datos disponibles en las pesquerías/regiones del OPO; y 3) formular un plan de investigación colaborativa futura. Hasta la fecha, este esfuerzo colaborativo incluye: análisis de las estadísticas de captura comerciales disponibles, mejora de los programas de recolección de datos de campo, investigación de tendencias estacionales, e identificación de unidades de pesca. Además, se está analizando los datos de pesca de dorado disponibles de los Miembros de la CIAT y otras naciones a fin de desarrollar indicadores de condición de población (SSI) que potencialmente podrían formar una base para un asesoramiento sobre la ordenación de la especie en el OPO (ver [SAC-05-11b](#)). Se continuó el trabajo en 2015, y se celebró una [segunda reunión técnica](#) con el objetivo de contestar dos preguntas importantes: 1) ¿cuáles supuestos acerca de la estructura del stock son razonables para una ordenación regional del dorado?; y 2) ¿a cuáles indicadores de condición del stock se debe dar seguimiento como base para el asesoramiento científico para la ordenación regional? Las colaboraciones permitieron al personal de la CIAT producir una evaluación exploratoria de la población ([SAC-07-06a\(i\)](#)) y una evaluación de estrategias de ordenación (MSE) exploratoria ([SAC-07-06a\(ii\)](#)) para el dorado en el Océano Pacífico sudeste. En 2016, se celebró una [tercera reunión técnica](#), y los participantes discutieron (1) la priorización de la recolección de datos de pesquerías de datos escasos, (2) indicadores de condición de población potenciales para pesquerías de datos escasos, y (3) la evaluación de necesidades de fuentes de datos e indicadores de condición de población usando herramientas de MSE.

3. OTRA FAUNA

3.1. Aves marinas

Hay aproximadamente 100 especies de aves marinas en el OPO tropical. Algunas aves marinas se asocian con depredadores epipelágicos cerca de la superficie del agua, tales como peces (especialmente atunes) y mamíferos marinos. Estos depredadores arrean a las presas a la superficie para atraparlas en la interfaz entre el agua y el aire, donde las aves las pueden alcanzar. La mayoría de las especies de aves marinas capturan sus presas a menos de medio metro de la superficie del mar o en el aire (peces voladores (Exocoetidae) y calamares (principalmente Ommastrephidae)). Los depredadores subsuperficiales causan que las aves puedan conseguir las presas más fácilmente no sólo al arrearlas a la superficie, sino también al herirlas o desorientarlas y al dejar restos después de alimentarse de presas grandes. Las oportunidades de alimentación de algunas especies de aves marinas dependen de la presencia de cardúmenes de atunes alimentándose cerca de la superficie.

Las aves marinas son afectadas por la variabilidad del ambiente oceánico. Durante el Niño de 1982-1983, las poblaciones de aves marinas en todo el Océano Pacífico tropical y noreste padecieron fracasos de reproducción y mortalidades masivas, o migraron a otros lugares en busca de alimento. Algunas especies, empero, aparentemente no son afectadas por eventos de El Niño. En general, las aves marinas que se alimentan en las zonas de afloramiento del OPO tropical y la Corriente de Perú padecen fracasos de reproducción y mortalidades debido a falta de alimento durante eventos de El Niño, mientras que aquéllas que se alimentan en zonas menos afectadas por El Niño podrían resultar relativamente ileas.

Según el *Report of the Scientific Research Program under the U.S. International Dolphin Conservation Program Act* (Informe del Programa de Investigación Científica bajo la Ley sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines de EE.UU.), preparado por el NMFS en septiembre de 2002, no hubo tendencias temporales significativas en las estimaciones de abundancia del período de 1986-2000 de ninguna especie de ave marina en el OPO tropical, excepto una tendencia decreciente en caso del petrel de Tahití (*Pseudobulweria rostrata*). Se están revisando la condición y las tendencias de las poblaciones de albatros de las Galápagos (*Phoebastria irrorata*), patinegro (*P. nigripes*), y de Laysan (*P. immutabilis*).

Algunas aves marinas, especialmente los albatros y petreles, son susceptibles a la captura en los anzuelos

cebados en las pesquerías palangreras pelágicas. Datos de rastreo por satélite y de observaciones en el mar han identificado la importancia del Área de la CIAT para los albatros de las Galápagos, de Laysan, y ojero (Thalassarche melanophrys), más varias especies que se crían en Nueva Zelanda pero que se alimentan frente a Sudamérica. El albatros de las Galápagos es motivo de preocupación especial, por ser endémico del OPO y anidar únicamente en Galápagos. Los datos de observadores en buques artesanales no indicaron interacciones del albatros de Galápagos con las faenas de pesca de estos buques. Los datos de la pesquería palangrera pelágica de EE.UU. en el Pacífico nordeste indican que ocurren capturas incidentales de albatros patinegro y de Laysan. Se dispone de pocos datos comparables de las pesquerías palangreras en el Pacífico central y sudeste. En la [sexta reunión del Grupo de Trabajo](#) en febrero de 2007, se informó que la flota española de palangre de superficie que pesca pez espada en el OPO tuvo en promedio 40 interacciones con aves marinas por millón de anzuelos durante 1990-2005, casi todas de las cuales resultaron en mortalidad. En 2007, el Grupo de Trabajo sobre Evaluaciones de Poblaciones de la CIAT identificó áreas de vulnerabilidad a la pesca industrial de palangre para varias especies de albatros, y propuso medidas de mitigación. La CIAT ha adoptado medidas sobre aves marinas ([sección 9.3](#)); además, el Acuerdo sobre la Conservación de Albatros y petreles (ACAP) y BirdLife International han actualizado sus mapas de la distribución de aves marinas en el OPO, y han recomendado medidas de mitigación para las aves marinas ([SAC-05 INF-E](#), [SAC-07-INF-C\(d\)](#))..

3.2. Alimento

Los grupos taxonómicos de alimento que ocupan los niveles tróficos medios en el OPO son obviamente componentes importantes del ecosistema, formando un vínculo entre los productores primarios en la base de la red trófica y los depredadores de nivel trófico superior, como los atunes y peces picudos. Los efectos indirectos sobre estos depredadores causados por la variabilidad ambiental son transmitidos a los niveles tróficos superiores por medio de los grupos taxonómicos de alimento. Sin embargo, se sabe poco acerca de las fluctuaciones en abundancia de la gran variedad de especies de presas en el OPO. Científicos del NMFS registraron datos sobre la distribución y abundancia de grupos de presas comunes, entre ellos peces linterna (Myctophidae), peces voladores, y ciertos calamares, en el OPO tropical durante 1986-1990 y 1998-2000. Las estimaciones de abundancia media de todos los grupos taxonómicos de peces, y en menor grado los calamares, aumentaron durante 1986-1990; fueron bajas de nuevo en 1998, y luego aumentaron hasta 2000. Su interpretación de este patrón fue que los eventos de El Niño en 1986-1987 y 1997-1998 ejercieron efectos negativos sobre estas poblaciones de presas. Durante los cruceros STAR de NMFS en 2003 y 2006 se obtuvieron más datos sobre estos grupos taxonómicos.

Una investigación reciente⁴ por un científico en el NMFS se enfocó en evaluar el uso de hábitat de varias familias de peces mesopelágicos durante varias etapas de vida en el OPO para ayudar a comprender su papel en el ecosistema. El trabajo incluyó también una descripción de cambios ontogenéticos en abundancia y la distribución horizontal de las larvas de especies comunes de peces mesopelágicos afectados por el evento de El Niño en 1997-1998 seguido por el Niña en el área del estudio de CalCOFI (*California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*). Dentro de la región de muestreo de CalCOFI, los peces mesopelágicos (2 especies de Myctophidae y 1 especie de Phosichthyidae), con preferencia de condiciones de agua cálida tuvieron una abundancia larval mayor, estuvieron más cerca de la costa durante el Niño, y fueron menos abundantes y estuvieron más lejos de la costa durante la Niña. Se observó generalmente el patrón contrario en los peces mesopelágicos (3 especies de Bathylagidae y 4 especies de Myctophidae) que prefieren condiciones de agua fría.

Los cefalópodos, especialmente los calamares, desempeñan un papel central en la mayoría de las redes alimenticias pelágicas marinas al conectar las biomassas masivas de micronecton, particularmente los peces mictófidos, con muchos depredadores oceánicos. En vista del alto flujo trófico que pasa por la comunidad de calamares, se cree importante un esfuerzo investigativo concertado sobre los calamares para comprender su papel como presa y depredador clave. En 2013, se dedicó un volumen especial de la revista *Deep Sea Research*

⁴ Bowlin, N.M. 2016. Ontogenetic changes in the distribution and abundance of early life history stages of mesopelagic fishes off California. Doctoral thesis. 229p. UC San Diego

II, Topical Studies in Oceanography (Vol. 5) al papel de los calamares en los ecosistemas pelágicos. El volumen cubre cinco áreas principales de investigación: calamares como presas, calamares como depredadores, el papel de los calamares en los ecosistemas marinos, fisiología, cambio climático, y el calamar de Humboldt o gigante (*Dosidicus gigas*) como ejemplo reciente de plasticidad ecológica en una especie de cefalópodo.

El tamaño y la distribución geográfica de las poblaciones del calamar de Humboldt en el OPO han aumentado en los últimos años. Por ejemplo, extendió su distribución geográfica al norte a las aguas frente a Alta California central desde 2002 hasta mediados de 2010. Además, en 2002 los observadores en buques atuneros de cerco reportaron incrementos de las capturas incidentales de la especie con los atunes, principalmente el barrilete, frente al Perú. Las etapas juveniles de este calamar constituyen una presa común de los atunes aleta amarilla y patudo, y de otros peces depredadores, y el calamar de Humboldt es también un depredador voraz de peces pequeños y de cefalópodos en toda su zona de distribución. Han sido observados atacando a los atunes aleta amarilla y barrilete en una red de cerco. Estos calamares no sólo han afectado los ecosistemas a los cuales se han expandido, sino que se piensa que son capaces de afectar la estructura trófica en las regiones pelágicas. Cambios en la abundancia y distribución geográfica del calamar de Humboldt podrían afectar el comportamiento de alimentación de los atunes y otros depredadores, cambiando quizás su vulnerabilidad a la captura.

En 2016, un estudio⁵ documentó un aumento de la producción de cefalópodos en el OPO usando depredadores oportunistas como muestreadores biológicos el ecosistema. Fue observado un aumento sensible de la frecuencia de cefalópodos en la dieta del atún aleta amarilla durante un periodo de 50 años y en las dietas de múltiples especies de depredadores entre los años 1990 y 2000. Los resultados de este estudio sugieren que han ocurrido cambios temporales en la producción de cefalópodos en el OPO.

Algunos peces pequeños, muchos de los cuales son alimento para los depredadores más grandes, son capturados por buques cerqueros en el OPO. Las melvas (*Auxis spp.*), por ejemplo, son presas comunes de muchos de los animales que ocupan los niveles tróficos superiores en el OPO tropical. En el modelo del ecosistema del OPO tropical ([Sección 7](#)), las melvas forman el 10% a más de la dieta de ocho especies o grupos de depredadores. Pequeñas cantidades de melvas son capturadas por buques cerqueros en alta mar, y por pesquerías artesanales locales en algunas regiones costeras de América Central y del Sur. La gran mayoría de las melvas capturadas por buques atuneros de cerco es descartada en el mar. En la Tabla 4 se presentan las estimaciones preliminares de las capturas (incluidos los descartes de la pesca de cerco), en toneladas, de peces pequeños, por buques

TABLA 4. Capturas de peces pequeños, en toneladas, por buques cerqueros grandes con observador a bordo en el OPO, 2016

	Tipo de lance			Total
	OBJ	NOA	DEL	
Peces ballesta (Balistidae) y cachúas (Monacanthidae)	444	2	<1	446
Otros peces pequeños	38	2	<1	40
Melvas (<i>Auxis spp.</i>)	189	23	<1	212

cerqueros grandes con observadores a bordo en el OPO durante 2016.

3.3. Peces larvales y plancton

Desde hace muchos años, el personal del Southwest Fisheries Science Center del NMFS captura peces larvales en el OPO con redes de arrastre de superficie. De las 314 categorías taxonómicas identificadas, se descubrió que 17 tenían la mayor probabilidad de mostrar los efectos de cambios ambientales. La frecuencia, abundancia, y

⁵ Hunsicker, M.E., Essington, T.E., Olson, R.J., Duffy, L.M., Galván-Magaña, F., Reum, J.C.P. Submitted 2017. Ecological Reports

distribución de estos grupos clave no mostró ninguna tendencia temporal consistente. Investigaciones recientes⁶ demuestran una pendiente longitudinal en la estructura comunal de los conjuntos de ictioplanctón la charca cálida, con la abundancia, riqueza de especies, y diversidad de especies altas en el este (donde la termoclina es poco profunda y la productividad primaria es alta) y bajas pero variables en el oeste (donde la termoclina es profunda y la productividad primaria es baja).

Las poblaciones de fitoplancton y zooplancton en el OPO tropical son variables. Por ejemplo, las concentraciones de clorofila en la superficie del mar (un indicador de afloramientos de fitoplancton) y la abundancia de copépodos fueron reducidas marcadamente durante el Niño de 1982-1983, especialmente al oeste de 120°O. Similarmente, las concentraciones de clorofila en la superficie disminuyeron durante el Niño de 1986-1987 y aumentaron durante la Niña de 1988 debido a cambios en la disponibilidad de nutrientes.

La composición por especies y tamaños del zooplancton es a menudo más variable que la biomasa de zooplancton. Cuando aumenta la temperatura del agua, las especies de agua cálida a menudo reemplazan las especies de agua fría en lugares particulares. La abundancia relativa de copépodos pequeños frente al norte de Chile, por ejemplo, aumentó durante el Niño de 1997-1998, mientras que la biomasa de zooplancton no cambió.

Los copépodos forman a menudo el componente predominante de la producción secundaria en los ecosistemas marinos. Un estudiante del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional en La Paz (Méjico), realizó un análisis⁷ de la estructura trófica entre la comunidad de copépodos pelágicos en el OPO, usando muestras recolectadas por científicos del proyecto STAR del NMFS. Se usaron los valores del isótopo estable de nitrógeno de copépodos omnívoros en un análisis separado de la posición trófica del atún aleta amarilla, tratando los copépodos como sustituto de la variabilidad isotópica en la base de la red alimenticia (ver la sección siguiente).

4. INTERACCIONES TRÓFICAS

Los atunes y peces picudos son depredadores generalistas de gran alcance con requisitos energéticos elevados, y como tal, son componentes clave de los ecosistemas pelágicos. No se entienden bien las relaciones ecológicas entre estos grandes depredadores pelágicos, y entre ellos y los animales de niveles tróficos más bajos. A la luz de la necesidad de evaluar las implicaciones de las actividades de pesca sobre los ecosistemas subyacentes, es esencial adquirir información exacta sobre los vínculos tróficos y los flujos de la biomasa por la red de alimentación en los ecosistemas del océano abierto, así como conocimientos básicos de la variabilidad natural impuesta por el medio ambiente.

Históricamente, los conocimientos de la ecología trófica de los peces depredadores se basaron en análisis del contenido de los estómagos y, más recientemente, en indicadores químicos. Los depredadores pelágicos grandes son considerados muestreadores eficaces de los organismos micronécticos, que son mal muestreados por redes y arrastres. Los estudios de las dietas han descubierto muchos de los vínculos tróficos clave en el OPO pelágico, y han formado la base para la representación de las interacciones de la red de alimentación en un modelo de ecosistema ([Boletín de la CIAT, Vol. 22, No. 3](#)) para explorar los efectos indirectos de la pesca sobre el ecosistema. Por ejemplo, estudios en las décadas de 1990 y 2000 descubrieron que la presa más común de los atunes aleta amarilla capturados por buques cerqueros en alta mar fue las melvas (*Auxis spp.*), el cangrejo rojo (*Pleuroncodes planipes*), calamares de Humboldt, un pez mesopelágico (*Vinciguerria lucetia*), y varios peces epipelágicos. El atún patudo se alimenta a mayor profundidad que el aleta amarilla y barrilete, y consume principalmentecefalópodos y peces mesopelágicos. Se informó, a fines de los años 1950, que la presa más importante del barrilete fue, en general, los crustáceos eufásidos mientras que a principios de los 1990 el pequeño pez mesopelágico *Vinciguerria lucetia* pareció predominar en la dieta. Los atunes que se alimentan cerca de la

⁶ Vilchis, L.I., L.T. Ballance, and W. Watson. 2009. Temporal variability of neustonic ichthyoplankton assemblages of the eastern Pacific warm pool: Can community structure be linked to climate variability? Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers 56(1): 125-140

⁷ López-Ibarra, G.A., 2008. Estructura trófica de los copépodos pelágicos en el océano Pacífico oriental tropical. Doctor en Ciencias Tesis. Instituto Politécnico Nacional, Méjico

costa utilizan a menudo presas diferentes a aquéllos capturados mar afuera.

Los estudios históricos de la dieta de los atunes en el OPO se basaban en datos cualitativos de pocas muestras, con poca o ninguna indicación de la importancia relativa de las presas. Los estudios contemporáneos, en cambio, usan índices de dieta, típicamente importancia por volumen o peso, importancia numérica, y frecuencia de presencia de presas, para cuantificar la composición de la dieta, a menudo en conjunto con indicadores químicos, tales como análisis de isótopos estables y ácidos grasos. Un capítulo titulado “Bioenergética, ecología trófica, y separación por nichos de los atunes⁸” fue publicado en 2016 en la revista *Advances in Marine Biology*. Revisa los conocimientos actuales de la bioenergética y dinámica de alimentación de los atunes a escala global, con énfasis en los atunes aleta amarilla, patudo, barrilete, albacora, y aleta azul del Atlántico en siete océanos o regiones oceánicas. El consumo de alimento está en equilibrio con los gastos bioenergéticos para respiración, crecimiento (incluyendo producción de góndadas), acción dinámica específica, egestión, y excreción. Cada especie de atún parece tener una estrategia de alimentación generalizada, en el sentido que sus dietas fueron caracterizadas por una alta diversidad de presas y una baja abundancia general de tipos de presa individual. Las diferencias ontogenéticas y espaciales en las dietas son sustanciales, y se han observado cambios interdecadales significativos en la composición de las presas. Cambios en dieta de taxones de presas más grandes a más pequeños subrayan cambios a escala ecosistémica en la disponibilidad y diversidad de las presas, y tiene implicaciones para cambios en los requisitos bioenergéticos en el futuro. La falta de datos a largo plazo limita la capacidad de predecir los impactos de cambios climáticos sobre el comportamiento de alimentación de los atunes, y existe por lo tanto la necesidad de una recolección sistemática de datos de alimentación como parte del seguimiento rutinario de estas especies.

Se han desarrollado nuevos métodos estadísticos para analizar datos complejos y multivariados de contenido de estómagos mediante una colaboración internacional, *Climate Impacts on Oceanic Top Predators-Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research* (CLIOTOP-IMBER), [grupo de trabajo 3](#) (Rutas tróficas en ecosistemas del océano abierto), para evaluar la trofodinámica de los depredadores ápice marinos. Esta metodología parece prometedora para el análisis de relaciones biológicas, medioambientales, temporales, y espaciales en un marco de modelado de árbol de clasificación que predice la composición de las presas de los depredadores. Se usó el método en dos estudios recientes del atún aleta amarilla y el tiburón sedoso en el OPO, comentados a continuación, para inferir cambios espaciales (leta amarilla y tiburón sedoso) y temporales (leta amarilla) basados en datos de contenido de estómagos.

Las muestras de estómago de un depredador generalista ubicuo, como el atún aleta amarilla, pueden ser usadas para inferir cambios en las poblaciones de presas mediante la identificación de cambios en el comportamiento de alimentación a lo largo del tiempo. Las poblaciones de presas que soportan depredadores de alto nivel varían a lo largo del tiempo (ver [3.2 Alimento](#)), y algunas presas ejercen una presión de depredación considerable sobre los animales que ocupan los niveles tróficos más bajos (incluyendo las primeras etapas de vida de peces grandes). Un análisis exhaustivo de la depredación por el atún aleta amarilla a escala decadal en el OPO fue publicado en 2014⁹. Se tomaron muestras de 6,810 peces capturados en 433 lances cerqueros durante dos períodos de dos años separados por una década. Simultáneamente, reducciones generalizadas de la producción biológica, cambios en la composición de las comunidades de fitoplancton, y una expansión vertical e intensificación de la zona de oxígeno mínimo parecieron modificar las redes alimenticias en los océanos tropicales y subtropicales (ver [5. Ambiente físico](#)). Se usó un enfoque de árbol de clasificación modificado, antes mencionado, para analizar covariables espaciales, temporales, ambientales, y biológicas que explican los patrones de depredación del aleta amarilla durante 1992-1994 y 2003-2005. En el caso de la mayoría de la población de aleta amarilla en el OPO fue aparente un cambio importante en la dieta durante la década. Los peces fueron más abundantes (en peso) a principios de los años 1990, mientras que los

⁸ Olson, R.J., J.W. Young, F. Ménard, M. Potier, V. Allain, N. Goñi, J.M. Logan, and F. Galván-Magaña. 2016. Bioenergetics, trophic ecology, and niche separation of tunas. In B. E. Curry (ed.), *Advances in Marine Biology*, 74 p. 199-344. Academic Press, UK.

⁹ Olson, R.J., L.M. Duffy, P.M. Kuhnert, F. Galván-Magaña, N. Bocanegra-Castillo, and V. Alatorre-Ramírez. 2014. Decadal diet shift in yellowfin tuna *Thunnus albacares* suggests broad-scale food web changes in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 497: 157-178

cefalópodos y crustáceos predominaron una década más tarde. Como grupo, los peces epipelágicos disminuyeron del 82% de la dieta en 31%, mientras que las especies mesopelágicas aumentaron de 9% a 29% durante la década. Gráficas espaciales de dependencia parcial señalaron expansiones de la distribución de *Vinciguerria lucetia*, el calamar de Humboldt (*Dosidicus gigas*), y el cangrejo *Pleuroncodes planipes*, reducciones de la distribución de melvas (*Auxis* spp.) y *Lactoria diaphana*, y una desaparición casi completa de *Cubiceps* spp. de la dieta. Los datos de las tasas de depredación sugiere que las biomassas de *V. lucetia* y *D. gigas* aumentaron en la primera mitad de la década de 2000 y que la distribución de *D. gigas* aparentemente se extendió mar afuera además de hacia el norte y el sur (ver [3.2 Alimento](#)).

A fin de mejorar los conocimientos del papel del tiburón sedoso en el ecosistema, se realizó en 2014 un análisis de la variabilidad especial, basado en el contenido de los estómagos de 289 tiburones sedosos capturados incidentalmente en lances sobre objetos flotantes, principalmente dispositivos agregadores de peces (plantados) flotando a la deriva, en la pesquería atunera de cerco en el OPO. El conjunto de datos es novedoso porque es difícil obtener datos biológicos de tiburones carcarinidos del océano abierto, y porque incluye datos de tiburones sedosos capturados en una región amplia del OPO tropical. El análisis de árbol de clasificación descubrió un cambio espacial fuerte en la dieta, con patrones de alimentación distintos en las regiones oriental (costera) y occidental (alta mar). Se observaron proporciones mayores de presas asociadas a plantados que de presas no asociadas a plantados en la dieta en todo el OPO, pero especialmente en la región de alta mar. Los atunes aleta amarilla y tiburones sedosos compartieron algunos de los mismos recursos de presas durante los dos bienios separados por una década, por ejemplo, calamar de Humboldt, peces voladores, jureles y pámpanos, y tetraodontiformes. Al igual que en el caso del aleta amarilla, es probable que los factores espaciales y temporales jueguen un papel en la determinación de los hábitos de depredación del tiburón sedoso, pero las muestras fueron insuficientes para comprobar si la dieta de los tiburones ha cambiado a lo largo del tiempo. El análisis produjo una descripción exhaustiva de la depredación por el tiburón sedoso en el OPO, al mismo tiempo que demostró la necesidad de una mayor cobertura de muestreo espacial y temporal, y presente información importante sobre el componente dinámico de las interacciones tróficas del tiburón sedoso, que puede ser usada para mejorar los modelos ecosistémicos en el futuro. Se publicó un manuscrito en 2015⁹.

Mediante una colaboración con el grupo de trabajo 3 de CLIOTOP, se realizó un análisis global de las interacciones depredador-presa para los atunes aleta amarilla, patudo, y albacora, usando datos tomados durante un periodo de 40 años de los océanos Pacífico, Índico, y Atlántico, para evaluar cuantitativamente patrones tróficos amplios a escala macro en los ecosistemas pelágicos. Un análisis de más de 14,000 estómagos de atunes, usando un método de árbol de clasificación modificado, descubrió por primera vez el alcance global de la dieta de los peces depredadores pelágicos y patrones globales de diversidad de micronecton. Los calamares omastrífidos fueron consistentemente uno de los grupos de presas más importantes por peso para todas las especies de atunes y en la mayoría de los océanos. Fueron aparentes diferencias interespecíficas en las presas, con los peces escómbridos epipelágicos y paralepidídos mesopelágicos globalmente importantes para los atunes aleta amarilla y patudo, respectivamente, mientras que los crustáceos eupásidos que migran verticalmente son importantes para el atún albacora en los océanos Atlántico y Pacífico. La diversidad de dietas mostró patrones globales y regionales entre especies de atunes. En el Océano Pacífico occidental y central, caracterizado por productividad baja, se detectó una alta diversidad de presas de micronecto, mientras que fue evidente una diversidad baja de presas en aguas costeras altamente productivas donde ocurre afloramiento. La variabilidad de los patrones espaciales de las dietas fue máxima en los atunes aleta amarilla y patudo, mientras que se observó una pendiente de diversidad latitudinal, con menos diversidad, en regiones templadas para el atún albacora. Estos resultados sugieren que la expansión actual de aguas más cálidas y menos productivas en los océanos del mundo podría cambiar las oportunidades alimenticias de los atunes debido a cambios regionales en la abundancia y

⁹ Duffy, L., R. Olson, C. Lennert-Cody, F. Galván-Magaña, N. Bocanegra-Castillo, and P. Kuhnert. 2015. Foraging ecology of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, captured by the tuna purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean. *Marine Biology* 162(3): 571-593

composición de las presas. Este trabajo fue aceptado para publicación a principios de 2017¹⁰.

Los estudios de ecología trófica se han enfocado en entender redes de alimentación enteras, inicialmente con descripciones de las conexiones interespecíficas entre las comunidades de depredadores, formadas por los atunes, tiburones, peces picudos, el dorado, peto, salmón, y otros. En general, es evidente una repartición considerable de recursos entre los componentes de estas comunidades, y los investigadores buscan comprender la escala espacial de los patrones tróficos que se pueden observar, así como la influencia de la variabilidad climática sobre estos patrones. En 2012 se publicó un análisis de la depredación por un grupo de depredadores ápice (incluyendo tiburones, peces picudos, atunes, y otros peces y mamíferos) sobre los atunes aleta amarilla y barrilete en el OPO. Las tasas de depredación sobre el aleta amarilla y barrilete fueron altas para los tiburones y peces picudos, y esos animales consumieron atunes de una amplia gama de tamaños, incluyendo subadultos capaces de hacer una contribución importante a la producción reproductora de las poblaciones de atunes. Los atunes tropicales en el OPO actúan más como mesodepredadores que no depredadores ápice.

Mientras que los estudios de la dieta han contribuido mucho a los conocimientos de la materia, los análisis de isótopos estables son un complemento útil al contenido de los estómagos para delinear la estructura compleja de las redes de alimentación marinas. El contenido de los estómagos representa una muestra de solamente las horas más recientes de alimentación en el momento en el que fue capturado el animal, y bajo las condiciones necesarias para su captura. Los isótopos estables de carbono y nitrógeno, en cambio, integran información sobre todos los componentes de la dieta entera en el tejido del animal, brindando así un historial reciente de las interacciones tróficas e información sobre la estructura y dinámica de las comunidades ecológicas. AA-CSIA (*compound-specific stable isotope analysis*, o análisis de isótopos estables por compuesto) de los aminoácidos brinda una mayor comprensión. En muestras de tejido de consumidores, los aminoácidos “fuente” (por ejemplo, fenilalanina, glicina) retuvieron los valores isotópicos en la base de la red de alimentación, y los aminoácidos “tróficos” (por ejemplo, ácido glutámico) fueron enriquecidos en ^{15}N aproximadamente un 7.6% con respecto a la línea de referencia. En AA-CSIA, el tejido de los depredadores por sí mismo es suficiente para estimaciones de la posición trófica, y no es necesario un análisis separado de la composición isotópica de la base de la red de alimentación. Un análisis reciente de la distribución espacial de los valores de los isótopos estables del atún aleta amarilla en relación con aquéllos de los copépodos indicó que la posición trófica del atún aleta amarilla aumentó con distancia de la costa en el OPO, una característica de la red de alimentación nunca detectada en la dieta. Esto es probablemente resultado de diferencias en la longitud de la cadena alimentaria debidas a la composición por especies del fitoplancton (especies de tamaño de célula pequeño) en las aguas oligotróficas de alta mar comparada con las especies de diatóomas más grandes en las aguas orientales más productivas.

CSIA fue utilizado recientemente en el OPO y otras regiones mediante una beca de investigación del programa CAMEO (*Comparative Analysis of Marine Ecosystem Organization*), implementado conjuntamente por NMFS y la División del Ciencias Oceánicas de la Fundación Nacional para la Ciencia de EE.UU. La investigación colaborativa entre la CIAT, la Universidad de Hawái, la Institución Scripps de Oceanografía, y el Instituto Oceánico de Hawái busca desarrollar el análisis isotópico de aminoácidos por compuesto como herramienta capaz de producir una evaluación insesgada de posición trófica para una amplia variedad de organismos marinos, y usar esta información para validar los resultados de modelos ecosistémicos de balance de masas trófico. Y para lograr este objetivo, la investigación combina experimentos de laboratorio y recolecciones de campo en ecosistemas contrastantes con pesquerías importantes. El componente de campo fue realizado en distintos ambientes biogeoquímicos, incluyendo el OPO ecuatorial, a fin de examinar la posición trófica de una variedad de especies individuales, desde macrozooplancton hasta peces grandes, y comparar las estimaciones de posición trófica derivadas de AA-CSIA para esas especies con los resultados del modelo ecosistémico. El proyecto comenzó en 2010 y fue extendido hasta 2014.

¹⁰ Duffy, L.M., P.M. Kuhnert, H.R. Pethybridge, J.W. Young, R.J. Olson, J.M. Logan, N. Goñi, E. Romanov, V. Allain, M.D. Staudinger, M. Abecassis, C.A. Choy, A.J. Hobday, M. Simier, F. Galván-Magaña, M. Potier, and F. Ménard. 2017. Global trophic ecology of yellowfin, bigeye, and albacore tunas: Understanding predation on micronekton communities at ocean-basin scales. Deep-Sea Research Part II. doi: 10.1016/j.dsr2.2017.03.003

La mayor parte de las muestras de la porción del OPO del estudio fueron obtenidas y almacenadas congeladas por el personal de la División de Recursos Protegidos del Centro Sudoeste de Ciencia Pesquera de NMFS, a bordo de los buques de investigación *David Starr Jordan* y *McArthur II* durante el proyecto STAR (*Stenella Abundance Research Project*) en 2006. Las muestras para el estudio abarcan casi la red alimentaria en el OPO, y todas fueron tomadas a lo largo de un transecto este-sudoeste que aparentemente abarcaba una pendiente de productividad. Los componentes incluyen macroplancton (dos crustáceos eufásidos, *Euphausia distinguenda* y *E. tenera*), micronectón mesopelágico (dos peces mictófidos, *Myctophum nitidulum* y *Symbolophorus reversus*), cefalópodos (dos especies de calamares pelágicos, *Dosidicus gigas* y *Sthenoteuthis oualaniensis*), y micronectonívoros y neotonívoros pequeños y grandes (atunes barrilete, aleta amarilla, y patudo capturados a bordo de buques cerqueros comerciales que pescaron en el OPO durante 2003-2005).

Se realizaron análisis de isótopos estables de tejidos inertes y aminoácidos en varios especímenes de cada una de las especies arriba detalladas. Los valores $\delta^{15}\text{N}$ del tejido inerte variaron marcadamente en función de las pendientes de longitud y latitud. No hubo tendencias longitudinales marcadas, pero los valores $\delta^{15}\text{N}$ aumentaron consistentemente con aumentos de latitud. En cambio, las estimaciones de posición trófica basadas en los valores $\delta^{15}\text{N}$ de los aminoácidos variaron poco intraespecíficamente a través del transecto muestreado. Estos dos resultados sugieren que la variabilidad en la red alimentaria se debe probablemente a variabilidad biogeoquímica en la base de la red alimentaria más que a diferencias en las dietas dentro de la red alimentaria. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ crecientes con latitud corresponden a altas tasas de denitrificación asociadas a la gran zona de oxígeno mínimo en el OPO. Comparaciones entre especies de posición trófica absoluta basadas en estimaciones de AA-CSIA con estimaciones basadas en dieta del modelo del ecosistema del OPO (Boletín de la CIAT, [Vol. 22, No. 3](#)) señalaron subestimaciones para los depredadores que ocupan los niveles trófico más altos, es decir, los tres atunes y dos calamares. Estas subestimaciones se deben probablemente a que el enriquecimiento trófico previamente aceptado de 7.6 ‰ para fenilalanina y ácido glutámico, derivado de experimentos de laboratorio con productores primarios y consumidores invertebrados, no es adecuado para los depredadores de niveles más altos. Se desarrolló de este trabajo una tesis de maestría, y un manuscrito fue publicado en 2017¹¹.

Estudios previos sugieren que diferencias en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de aminoácidos fuente y tróficos pueden ser usadas para examinar cambios históricos en la posición trófica de muestras archivadas, para investigar cómo, por ejemplo, los efectos potenciales de extracciones por la pesca sobre la dinámica trófica del sistema. Donde los datos históricos de dieta son insuficientes o faltan, una AA-CSIA de especímenes archivados podría ser la única forma de determinar el estatus trófico pasado de especies clave de depredadores y presas. En vista de la importancia de análisis ecosistémicos retrospectivos, se está desarrollando la capacidad de realizar estos análisis mediante un examen exhaustivo de los posibles artefactos de métodos de conservación de muestras sobre las submuestras de especies clave. En este estudio de dos años, muestras musculares tomadas de tres atunes aleta amarilla y tres calamares de Humboldt fueron fijadas en formol, y almacenadas a largo plazo en etanol. Se congelaron durante dos años muestras emparejadas para comparar con las muestras conservadas. La duración de la conservación y el congelado varió de una semana a dos años, y todas las muestras conservadas mostraron un aumento uniforme en los valores de $\delta^{15}\text{N}$, y los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de varios aminoácidos (treonina, fenilalanina, y valina) fueron significativamente diferentes entre las muestras conservadas y congeladas. Se está realizando experimento adicional para evaluar si el cambio de los valores de $\delta^{15}\text{N}$ fue causado por ser fijados en formol o conservados en etanol. Estos datos sugieren que se use cautela y se realicen investigaciones adicionales para estudios futuros que busquen realizar AA-CSIA en tejidos conservados en formol-etanol.

A principios de 2016, una propuesta por un equipo formado por miembros del CLIOTOP WG3 fue aceptado por el Comité Científico Directivo de CLIOTOP. Este trabajo acompaña el análisis global de dieta de los atunes arriba descrito. El equipo representa un esfuerzo colaborativo internacional para avanzar de estudios tróficos regionales de depredadores marinos ápice a un estudio comparativo global de redes alimenticias oceánicas

¹¹ Hetherington, E.D., R.J. Olson, J.C. Drazen, C.E. Lennert-Cody, L.T. Ballance, R.S. Kaufmann, and B.N. Popp. 2017. Spatial variability in food web structure in the eastern tropical Pacific Ocean based on compound-specific nitrogen isotope analysis of amino acids. Limnology and Oceanography. 62, 541-560

usando la composición de isótopos estables de las mismas tres especies de atunes incluidas en el trabajo sobre dietas: aleta amarilla, patudo, y albacora. El equipo evaluó las diferencias isotópicas entre océanos, regiones, y especies de atún. Se usaron modelos predictivos para realizar una comparación interoceánica de un sustituto de posición trófica basado en valores de isótopos estables. La sustitución se basa en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los atunes menos diferencias regionales conocidas de los valores base de $\delta^{15}\text{N}$ derivados de un modelo acoplado de circulación oceánica-biogeoquímica-isótopos. Se usaron métodos similares de $\delta^{13}\text{C}$ con valores corregidos por lípidos para examinar diferencias regionales en los orígenes de producción primaria basada en carbono. Se incluyeron variables ambientales (TSM, clorofila A, productividad primaria neta, y profundidad de la capa de mezcla) para explorar la influencia de procesos oceanográficos globales sobre la composición isotópica de las especies de atunes y la longitud de la cadena alimenticia. Un borrador de manuscrito de este trabajo está en preparación y será remitido a una revista para publicación en 2017.

5. AMBIENTE FÍSICO¹²

Las condiciones ambientales afectan a los ecosistemas marinos, la dinámica y capturabilidad de los atunes y peces picudos, y las actividades de los pescadores. Los atunes y peces picudos son pelágicos durante todas las etapas de la vida, y los factores físicos que afectan al Océano Pacífico tropical y subtropical pueden ejercer efectos importantes sobre su distribución y abundancia. Se cree que las condiciones ambientales causan una variabilidad considerable en el reclutamiento de los atunes y peces picudos. Las evaluaciones de las poblaciones realizadas por la CIAT a menudo han incorporado el supuesto que las condiciones oceanográficas podrían afectar el reclutamiento en el OPO.

Distintos tipos de perturbaciones climáticas podrían afectar la pesca de distintas formas. Se cree que una termoclina poco profunda en el OPO contribuye al éxito de la pesca atunera de cerco, actuando tal vez de barrera térmica para los cardúmenes de atunes pequeños, manteniéndolos cerca de la superficie del agua. Cuando la termoclina se hunde, como durante un evento de El Niño, los atunes parecen ser menos vulnerables a la captura, y las tasas de captura disminuyen. Temperaturas superficiales del mar (TSM) cálidas o frías pueden asimismo causar que estos peces móviles se desplacen a un hábitat más favorable.

El ambiente oceánico varía en una variedad de escalas temporales, de estacional a interanual, decadal, y mayores (por ejemplo, fases o regímenes climáticos). La causa dominante de variabilidad en las capas superiores del OPO es conocida como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El ENOS es una fluctuación irregular que afecta al Océano Pacífico tropical entero y la atmósfera global. Resulta en variaciones de los vientos, la precipitación, profundidad de la termoclina, circulación, productividad biológica, y la alimentación y reproducción de peces, aves y mamíferos marinos. Los eventos de El Niño ocurren a intervalos de entre 2 y 7 años, y son caracterizados por vientos alisios más débiles, una termoclina más profunda, y TSM anormalmente elevadas en el OPO ecuatorial. La fase contraria de El Niño, denominado comúnmente La Niña, es caracterizada por vientos alisios más fuertes, una termoclina menos profunda, y TSM más bajas. La investigación ha documentado una conexión entre el ENOS y la tasa de producción primaria, la biomasa de fitoplancton, y la composición por especies del fitoplancton. Durante los episodios de El Niño disminuye el afloramiento de agua subsuperficial, rica en nutrientes, lo cual lleva a una reducción notoria en la producción primaria y secundaria. El ENOS también afecta directamente a los animales en los niveles tróficos medianos y altos. Los investigadores han concluido que el Niño de 1982-1983, por ejemplo, incrementó la profundidad de la termoclina y nutriclina, redujo la producción primaria, redujo la abundancia de zooplancton, y al final redujo las tasas de crecimiento, el éxito reproductivo, y la supervivencia de varias aves, mamíferos, y peces en el OPO. Sin embargo, en general los moradores del océano se recuperan en períodos cortos, porque su ciclo vital está adaptado para responder a un hábitat variable.

El personal de la CIAT emite informes trimestrales de los datos oceanográficos y meteorológicos mensuales medios del OPO, incluyendo un resumen de las condiciones actuales del ENOS. Según los informes mensuales

¹² Parte de la información en esta sección proviene de Fiedler, P.C. 2002. *Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENOS and decadal variability*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 244: 265-283.

del *Climate Diagnostics Bulletin* del Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU. para junio de 2016, un El Niño fuerte se debilitó con la transición a condiciones neutras de ENOS, y para diciembre de 2016 persistían condiciones débiles de La Niña.

La variabilidad a escala decadal (o sea, de 10 a 30 años) también afecta al OPO. A fines de la década de 1970 ocurrió en el Pacífico Norte un cambio importante en las condiciones físicas y biológicas. Este cambio de clima fue detectado en el OPO tropical también, mediante pequeños aumentos de las TSM, un debilitamiento de los vientos alisios, y un cambio moderado en los niveles de clorofila en la superficie. Algunos investigadores han reportado otro cambio importante en el Pacífico Norte en 1989. La variabilidad en el océano causada por el clima ha sido descrita a menudo en términos de “regímenes” caracterizados por promedios y patrones relativamente estables en las variables físicas y biológicas. Análisis realizados por el personal de la CIAT indican que el atún aleta amarilla en el OPO ha pasado por regímenes de reclutamiento bajo (1975-1982) y alto (1983-2001), y posiblemente otro intermedio (2002-2012). Se estimó que los reclutamientos en 2013 y 2014 fueron superiores al promedio, pero los valores estimados son altamente inciertos. Se cree que el mayor reclutamiento durante 1983-2001 se debe a un cambio a un régimen de productividad más alta en el Océano Pacífico. Las fluctuaciones decadales en el afloramiento y transporte de agua son simultáneas con el patrón de ENOS más frecuentes y tienen efectos en toda la cuenca sobre las TSM y la pendiente de la termoclina que son similares a los que causa el ENOS, pero a escala temporal mayor.

Literatura revisada por pares reciente brinda pruebas fuertes de que han resultado cambios a gran escala en la producción biológica y hábitat como consecuencia del forzamiento físico en el Océano Pacífico subtropical y tropical. Se cree que estos cambios son capaces de afectar comunidades de presas. La producción primaria ha disminuido en regiones vastas oceánicas en la última década o décadas. Un estudio¹³ publicado en 2008, que usó datos del color del océano tomados con sensores remotos («Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor» (SeaWiFS)), señaló que, en el Pacífico norte y sur, las aguas superficiales más oligotróficas han aumentado en área 2.2 y 1.4% por año, respectivamente, entre 1998 y 2006. Estos incrementos estadísticamente significativos en los giros oligotróficos ocurrieron concurrentemente con aumentos significativos de las TSM medias. En el Pacífico norte, la dirección de expansión fue hacia el noreste, entrando en el Pacífico oriental hasta aproximadamente 120°O y al sur hasta aproximadamente 15°N. La productividad primaria neta también ha disminuido en los océanos tropicales y subtropicales desde 1999. Se reconoce al mecanismo como una mayor temperatura del agua en la capa superior del océano y una estratificación vertical incrementada, que afectan la disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento del fitoplancton. También existen pruebas fuertes que los productores primarios han cambiado la composición de sus comunidades y su estructura por tamaño en las últimas décadas. El tamaño de las células de fitoplancton es pertinente a la dinámica de depredación de los atunes porque las redes alimenticias que tienen picofitoplancón en la base necesitan más pasos tróficos para alcanzar depredadores de un tamaño dado que las redes alimenticias que comienzan con nanofitoplancón más grande (por ejemplo, diatomeas). La eficacia de la transferencia de energía es más baja para las redes alimenticias basadas en picofitoplancón que para aquellas basadas en nanofitoplancón, es decir, para una cantidad dada de producción primaria, menos energía alcanzará un aleta amarilla de un tamaño dado en el primero que en el segundo porque la eficacia de transferencia trófica anual media en cada paso es relativamente constante. Un estudio¹⁴ publicado en 2012 usó TSM detectadas a distancia por satélite y concentraciones de clorofila-a para estimar la composición por talla mensual de las comunidades de fitoplancón durante 1998-2007. Con el componente estacional excluido, el tamaño mediano de la célula de fitoplancón estimado para el Pacífico subtropical 10°-30°N y 10°-30°S disminuyó un 2,2% y 2,3%, respectivamente, durante el periodo de nueve años. La expansión de la zona de oxígeno mínimo (ZOM) es el tercer factor que demuestra cambio en el ecosistema a escala capaz de afectar las comunidades de presas. La ZOM es una capa gruesa de oxígeno bajo a profundidades

¹³ Polovina, J.J., E.A. Howell, and M. Abecassis. 2008. Ocean's least productive waters are expanding. *Geophysical Research Letters* 35(3): L03618

¹⁴ Polovina, J.J., and P.A. Woodworth. 2012. Declines in phytoplankton cell size in the subtropical oceans estimated from satellite remotely-sensed temperature and chlorophyll, 1998–2007. *Deep Sea Research Part II* 77–80(0): 82-88

intermedias, que es generalmente subóbica ($\sim 10 \mu\text{mol kg}^{-1}$) en el OPO tropical. Series de tiempo¹⁵ de la concentración de oxígeno disuelto a profundidad desde 1960 hasta 2008 mostraron una expansión vertical e intensificación de la ZOM en los océanos Atlántico y Pacífico tropical oriental y central, y en otras regiones de los océanos del mundo. Las consecuencias biológicas potenciales de una ZOM creciente^{16,17} son numerosas, pero para los atunes epipelágicos la compresión del hábitat puede tener implicaciones profundas. Una reducción de la profundidad de la ZOM limita la distribución vertical de los atunes y otros peces epipelágicos en una capa superficial estrecha, comprimiendo su hábitat de alimentación y cambiando las comunidades de alimento. Mejores oportunidades de alimentación para todos los depredadores pelágicos podrían cambiar las rutas tróficas y afectar la composición por especies de las presas. Además, con una ZOM menos profunda, las presas mesopelágicas que migran en dirección vertical, tales como el pez foscófido *Vinciguerria lucetia*, peces mictófidos, y los calamares omastréfidos, ocurrirían probablemente a profundidades menores durante el día y serían más vulnerables a los depredadores epipelágicos. Estos son algunos de los taxones que más aumentaron en la dieta del aleta amarilla en el OPO tropical entre 1992-1994 y 2004-2005 (ver [4. Interacciones tróficas](#)).

6. INDICADORES AGRUPADOS

El reconocimiento de las consecuencias de la pesca para los ecosistemas marinos ha fomentado una investigación considerable en los últimos años. Han sido propuestos numerosos objetivos para evaluar los impactos de la pesca sobre los ecosistemas y para definir la sobrepesca desde una perspectiva ecosistémica. Mientras que se han usado los puntos de referencia principalmente para la ordenación de especies objetivo individuales, se cree que un primer paso factible sería aplicar medidas de desempeño y puntos de referencia a especies no objetivo. Ejemplos actuales incluyen límites de mortalidad incidental de delfines en la pesquería cerquera del OPO bajo el APICD. Otra área de interés es la posibilidad de elaborar indicadores útiles de desempeño basados en propiedades a nivel de ecosistema. Han sido propuestos varios indicadores ecosistémicos, entre ellos la estructura del tamaño de la comunidad, índices de diversidad, riqueza y uniformidad de especies, índices de solape, espectros tróficos de la captura, abundancia relativa de una especie o un grupo indicador, y numerosos indicadores ambientales. Se opina generalmente que se debería usar indicadores múltiples a nivel de sistema, pero existen dudas sobre la suficiencia de los conocimientos prácticos de la dinámica de estos indicadores, y sobre la existencia de un fundamento teórico para identificar puntos de referencia precautorios o límite basados en las propiedades de los ecosistemas. El uso de indicadores ecosistémicos para la ordenación de pesquerías todavía no es común.

Métricas ecológicas. Se usó una variedad de métricas ecológicas en un estudio publicado en 2012¹⁸ para evaluar los efectos ecológicos de la pesca de cerco en el OPO durante 1993-2008. Se hicieron comparaciones de la captura de especies objetivo y no objetivo (incidental), tanto retenida como descartada, por tres tipos de lance cerquero sobre la base de tiempo de reemplazo, diversidad, biomasa (peso), número de individuos, y nivel trófico. Las comparaciones previas consideraron solamente el número de individuos y solamente animales descartados, sin tener en cuenta el tamaño del cuerpo, las características del ciclo vital, o posición en la red alimentaria. Durante 1993-2008, la biomasa media extraída fue 17.0, 41.1 y 12.8 t/lance en lances sobre delfines, objetos flotantes, y no asociados, respectivamente. De estas cantidades, la captura incidental por tipo de lance fue 0.3% sobre delfines, 3.8% sobre objetos flotantes, 1.4% sobre atunes asociados, y 2.1% para todos los métodos combinados. La tasa de descarte fue 0.7% sobre delfines, 10.5% sobre objetos flotantes, 2.2% sobre atunes asociados, y 5.4% para todos los métodos combinados. Añadiendo el 0.7% estimado para los buques más

¹⁵ Stramma, L., G.C. Johnson, J. Sprintall, and V. Mohrholz. 2008. Expanding oxygen-minimum zones in the tropical oceans. *Science* 320(5876): 655-658

¹⁶ Stramma, L., S. Schmidtko, L.A. Levin, and G.C. Johnson. 2010. Ocean oxygen minima expansions and their biological impacts. *Deep Sea Research Part I* 57(4): 587-595

¹⁷ Stramma, L., E.D. Prince, S. Schmidtko, J. Luo, J.P. Hoolihan, M. Visbeck, D.W.R. Wallace, P. Brandt, and A. Körtzinger. 2012. Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change* 2(1): 33-37

¹⁸ Gerrodette, T., R. Olson, S. Reilly, G. Watters, and W. Perrin. 2012. Ecological metrics of biomass removed by three methods of purse-seine fishing for tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. *Conservation Biology*. 26 (2): 248-256.

pequeños, la tasa de descarte total fue 4.8%. Esta tasa es baja comparada con las estimaciones globales de 7.5% para los palangres atuneros, 30.0% para las redes de arrastre pelágicas, y 8.0% para todas las pesquerías combinadas.

Tiempo de reemplazo es una medida del tiempo necesario para reemplazar la biomasa extraída por la pesca. Niveles de extracción insostenibles pueden conducir a disminuciones mayores de la probabilidad de persistencia de animales de vida larga, fecundidad baja, y madurez tardía que de especies de crecimiento rápido y fecundidad alta. A diferencia de las métricas de nivel trófico, las métricas de tiempo de reemplazo fueron sensibles a categorías de animales con proporciones relativamente altas de biomasa a producción de biomasa (B/P), como el atún patudo, los tiburones, y los cetáceos. El tiempo de reemplazo medio para las extracciones totales fue mínimo para los lances sobre delfines (promedio 0.48 años), intermedio para los lances no asociados (0.57 años), y máximo para los lances sobre objetos flotantes (0.74 años). No hubo tendencias temporales en el tiempo de reemplazo medio de las descargas, y los tiempos de reemplazo medios de los descartes fueron más variable que aquellos de las descargas. Los tiempos de reemplazo medios de los descartes en lances sobre delfines fueron aproximadamente siete veces aquellos de los descartes en los lances sobre objetos flotantes o no asociados porque la tasa de reproducción de los delfines es baja.

Diversidad. La pesca cambia la diversidad al extraer selectivamente las especies objetivo. La relación entre la diversidad de las especies extraídas y los efectos sobre la diversidad y estabilidad del ecosistema del cual son extraídas podría ser compleja. Una mayor diversidad de la captura podría estar asociada a menos efectos indeseables sobre el ecosistema, aunque la complejidad de las interacciones competitivas y tróficas entre especies dificulta la determinación de la relación entre la diversidad de la captura y la diversidad y estabilidad del ecosistema. El índice de diversidad de Shannon para extracciones totales fue mínimo para los lances sobre delfines (promedio 0.62), intermedio para los lances no asociados (1.22), y máximos para los lances sobre objetos flotantes (1.38). La diversidad de las descargas de los lances sobre delfines aumentó en promedio 0.023/año de 0.45 a 0.79, debido principalmente a un aumento del porcentaje de atún barrilete en la captura de <1% a >7% y una disminución correspondiente del porcentaje de aleta amarilla. La diversidad de las descargas y los descartes en lances no asociados disminuyó, y la diversidad de las extracciones totales disminuyó un 0.024/año, de 1.40 a 1.04.

Biomasa. Las cantidades y características relativas de la biomasa extraída por cada uno de los métodos de pesca varió en función de cómo se midió la extracción. Las descargas de los lances sobre objetos flotantes fueron máximas para todas las cuatro medidas de extracción, pero fueron particularmente altas cuando se midió sobre la base del número de individuos o tiempo de reemplazo. La cantidad y composición de los descartes varió entre los métodos de pesca. Los descartes de las especies de atunes objetivo formaron la mayor proporción de los animales extraídos, independientemente de si se midió en biomasa, número de individuos, o unidades de nivel trófico. Los descartes de cetáceos en los lances sobre delfines y de tiburones en lances sobre objetos flotantes y no asociados fueron mayores cuando se midieron en unidades de tiempo de reemplazo que cuando se midieron en otras unidades debido a las bajas tasas de reproducción de estos animales.

Estructura trófica y niveles tróficos de la captura: Los enfoques ecosistémicos a la ordenación de la pesca ponen énfasis de nuevo en lograr representaciones fieles de los vínculos tróficos y los flujos de biomasa por la red alimenticia en los sistemas explotados. La estructura de la red alimenticia y las interacciones entre sus componentes desempeñan un papel demostrable en la determinación de la dinámica y productividad de los ecosistemas. En la ecología de las redes tróficas se usan los niveles tróficos (TL) para caracterizar el papel funcional de los organismos, para facilitar las estimaciones del flujo de energía o masa por las comunidades, y para elucidar aspectos de la trofodinámica del funcionamiento de los ecosistemas. En la [Figura L-1](#) se presenta un diagrama simplificado, con NT aproximados, de la red trófica del OPO tropical pelágico. Las ballenas dentadas (Odontoceti, NT medio 5.2), depredadores de calamar grande (atún patudo grande y pez espada, NT medio 5.2) y tiburones (NT medio 5.0) son depredadores ápice. Los otros atunes y peces piscívoros grandes, delfines (NT medio 4.8), y aves marinas (NT medio 4.5) ocupan NT ligeramente más bajos. Peces epipelágicos menores (melvas y peces voladores (NT medio 3.2), por ejemplo), cefalópodos (NT medio 4.4), y peces

mesopelágicos (NT medio 3.4) son el alimento principal de muchos de los depredadores de alto nivel en el ecosistema. Los peces pequeños y crustáceos se alimentan de dos grupos de zooplancton, y el microzooplancton herbívoro (NT 2) se alimenta de los productores, fitoplancton y bacterias (NT 1).

En los ecosistemas pelágicos explotados, las pesquerías dirigidas hacia peces piscívoros grandes funcionan de depredadores ápice del sistema. A lo largo del tiempo, la pesca puede causar una disminución de la composición por tamaño general de la captura, y en general, los NT de los organismos pequeños son más bajos que los de los más grandes. El NT medio de los organismos capturados por una pesquería es un indicador útil de cambios en el ecosistema y de su sustentabilidad, porque integra una variedad de información biológica sobre los componentes del mismo. Se está prestando mayor atención al análisis del NT medio de las capturas de la pesca desde que un estudio demostró que, según estadísticas de descargas de FAO, el NT medio de los peces e invertebrados descargados a nivel mundial disminuyó entre 1950 y 1994, y la hipótesis de los autores del estudio es que esto perjudica los ecosistemas. Sin embargo, algunos ecosistemas han cambiado en la otra dirección, de comunidades de NT bajo a comunidades de NT más alto. En vista de la utilidad potencial de este enfoque, se estimaron los NT medios de una serie de tiempo de capturas y descartes anuales por especie desde 1993 hasta 2014 para tres modalidades de pesca cerquera y la pesquería cañera en el OPO. Se calcularon las estimaciones mediante la aplicación de los NT del modelo de ecosistema del OPO ([Sección 7](#)), ponderados por los datos de captura por pesquería y año correspondiente a todos los grupos del modelo de las bases de datos de la CIAT de atún, captura incidental, y descartes. Los NT del modelo ecosistémico se basaron en datos de dieta de todos los grupos de especies y balance de masas entre los grupos. Los NT medios ponderados de las capturas sumadas de todas las pesquerías de cerco y de caña fueron similares y bastante constantes de año a año ([Figura L-2](#): promedio PS-LP). Una leve tendencia decreciente de los lances no asociados, equivalente a 0,05 TL durante el período de 21 años, resultó de las proporciones crecientes de barrilete y decrecientes de aleta amarilla en la captura, no de capturas crecientes de especies de bajo nivel trófico. Por lo tanto, no es considerada una disminución ecológicamente perjudicial porque fue causada por proporciones crecientes de barrilete en la captura a lo largo del tiempo. En general, los NT de los lances no asociados y la pesquería de caña fueron inferiores al promedio, y aquéllos de los lances sobre delfines superiores al promedio en la mayoría de los años ([Figura L-2](#)). Los NT de los lances sobre objetos flotantes variaron más que los de los otros tipos de lance y las otras pesquerías, debido principalmente a la variabilidad interanual de las cantidades de patudo y barrilete capturadas en esos lances. Los NT de los lances sobre objetos flotantes estuvieron positivamente relacionados con el porcentaje de la captura total formado por patudo grande y negativamente relacionado con el porcentaje de la captura formado por barrilete.

Se estimaron también por separado NT medios para la serie de tiempo de capturas retenidas y descartadas de la pesquería de cerco en cada año del período de 1993 a 2014 ([Figura L-3](#)). Las capturas descartadas fueron mucho menores que las capturas retenidas, y por lo tanto los patrones de los NT de las capturas totales (retenidas más descartadas) ([Figura L-2](#)) fueron determinados principalmente por los NT de las capturas retenidas ([Figura L-3](#)). Los NT de las capturas descartadas variaron más entre años que aquéllos de las capturas retenidas, debido a la diversidad de especies en las capturas incidentales. La disminución considerable de los NT medios de los descartes en los lances sobre delfines durante el período de 21 años ([Figura L-3](#)) se debió en gran parte a un aumento de las proporciones de peces de presa pequeños (melvas (*Auxis* spp.) y peces epipelágicos misceláneos) y rayas (Rajiformes, principalmente mantarrayas, *Mobulidae*) de niveles tróficos más bajos. En 2014, los NT medios de los descartes en lances sobre delfines aumentaron en aproximadamente 0.2 NT de aquellos en 2013, debido principalmente a un aumento de la proporción de delfines mesopelágicos (TL 4.65) y manchados (TL 5.03) descartados y una disminución de la proporción de rayas descartadas. En el caso de los lances no asociados, las marcadas disminuciones interanuales del NT durante 1997 se debieron a una mayor captura incidental de rayas (NT 3.68), que se alimentan de plancton y otros animales pequeños que ocupan NT bajos, una disminución de las capturas de tiburones grandes (NT 4.93-5.23), y un aumento de los peces presa, por ejemplo, *Auxis* spp. (NT 3,86) en la captura incidental. En 2014, los NT medios de los descartes en lances no asociados también aumentaron en aproximadamente 0.2 NT de aquellos en 2013, debido principalmente a un aumento de la proporción de barrilete y una disminución de la proporción de melvas descartadas. En el caso de los lances sobre objetos flotantes, los descartes de patudo están relacionados con NT medios más

altos de la captura descartada.

7. EVALUACIÓN DE RIESGOS ECOLÓGICOS

La sustentabilidad ecológica a largo plazo es un requisito de la ordenación de la pesca basada en ecosistemas. La pesca afecta directamente las poblaciones de no sólo las especies objetivo, sino también las especies capturadas incidentalmente. Se ignora la vulnerabilidad a la sobrepesca de muchas de las poblaciones capturadas incidentalmente en las pesquerías atuneras del OPO, y los datos biológicos y de la pesca son severamente limitados en el caso de la mayoría de estas poblaciones. El personal de la CIAT aplicó en años recientes una versión del análisis de productividad y susceptibilidad (APS), usado para evaluar pesquerías en otras regiones oceánicas en los últimos años, para estimar la vulnerabilidad de especies no objetivo y de datos escasos capturadas por la pesquería de cerco en el OPO. APS considera la vulnerabilidad de una población como una combinación de su productividad y su susceptibilidad a la pesca. La productividad de una población es la capacidad de la población de recuperarse si es mermada, y es una función de las características del ciclo vital de la especie. La susceptibilidad de una población es el grado al cual la pesca puede impactarla negativamente, es decir, la propensión de una especie de ser capturada por una pesquería y padecer mortalidad debido a la misma. Los índices de productividad y susceptibilidad de una población son determinados por derivar una puntuación de entre 1 (baja) y 3 (alta) relativa a un conjunto estandarizado de atributos para cada índice. Las puntuaciones de los atributos individuales son entonces promediadas para cada factor e ilustradas en una gráfica de dispersión x-y. La escala del eje x en la gráfica de dispersión está invertida porque se considera que las especies o poblaciones con una puntuación alta de productividad y baja de susceptibilidad (o sea, en el origen de las gráficas) son las menos vulnerables. Al punturar los atributos, se evalúa la calidad de los datos asociados con de cada atributo, y se ponderan los atributos por la puntuación de calidad de datos. Se considera que las poblaciones con una puntuación de productividad (p) baja y una puntuación de susceptibilidad (s) alta corren un riesgo de ser mermadas, mientras que el riesgo es bajo para aquellas con una puntuación de productividad alta y una puntuación de susceptibilidad baja. Se calculan puntuaciones de vulnerabilidad (v) a partir de las puntuaciones de p y s como la distancia euclíadiana entre el origen de la gráfica de dispersión x-y y el punto del dato:

$$v = \sqrt{(p - 3)^2 + (s - 1)^2}$$

A fin de examinar la utilidad de los índices de productividad y susceptibilidad para evaluar la vulnerabilidad a la sobrepesca de los peces, mamíferos, y tortugas capturados incidentalmente en el OPO, se realizó una evaluación preliminar de tres « pesquerías » de cerco en el OPO en 2010, usando 26 especies que forman la mayor parte de la biomasa extraída por los buques cerqueros de clase 6 (más de 363 t de capacidad de acarreo) durante 2005-2009. Se usaron en el APS preliminar nueve atributos de productividad y ocho de susceptibilidad, con base en la metodología de APS establecida¹⁹, y algunas fueron modificadas para mayor consistencia con los datos de las pesquerías atuneras en el OPO. Se compiló información correspondiente a los atributos de productividad para cada especie de una variedad de fuentes publicadas e inéditas y de datos de la pesca del OPO (o sea, no adoptadas de ASP previos) para aproximar mejor la distribución de las características del ciclo vital observadas en las especies encontradas en el OPO. Se derivaron los umbrales de puntuación para los atributos de productividad dividiendo los datos compilados en tercios iguales. Los criterios de puntuación para los atributos de susceptibilidad fueron tomados del APS ejemplar y modificados en caso apropiado para un mejor ajuste a las pesquerías del OPO. Sin embargo, surgieron problemas al intentar comparar las estimaciones de susceptibilidad de las especies para todas las distintas pesquerías ([Informe de la Situación de la Pesquería 8](#)). En 2012, se modificó el APS para incluir siete especies adicionales, con base en datos de 2005-2011 ([Informe de la Situación de la Pesquería 10](#)).

Se realizaron tres modificaciones del ASP para la reunión del Comité Científico Asesor en mayo de 2015: 1) se modificaron los procedimientos para determinar cuáles especies incluir en el análisis; 2) se combinaron los

¹⁹ Patrick, W.S., P. Spencer, J. Link, J. Cope, J. Field, D. Kobayashi, P. Lawson, T. Gedamke, E. Cortés, O. Ormseth, K. Bigelow, and W. Overholz. 2010. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing. Fish. Bull. U.S. 108: 305-322.

valores de susceptibilidad para cada pesquería para producir un valor general de susceptibilidad para cada especie; y 3) se modificó el uso de información de captura y captura incidental en la formulación de s . La lista de atributos de productividad sigue sin modificar ([Tabla L-1](#)), mientras que la lista de atributos de susceptibilidad sido revisada debido a esta tercera modificación ([Tabla L-2](#)). A continuación se describen brevemente estas tres modificaciones. En el resto de la presente sección, el término "captura" significará captura en el caso de las especies de atunes y captura incidental en el caso de las otras especies.

La primera modificación fue establecer un procedimiento de dos pasos para identificar y excluir especies poco comunes, con base en la biomasa capturada por pesquería. Sin embargo, como medida precautoria, se retuvo o se incluye ahora en el análisis toda especie poco común clasificada como «vulnerable», «en peligro», o «casi amenazada» en la Lista Roja de la IUCN. Actualmente, el APS incluye 32 especies ([Tabla L-3a](#)); se incluirán en el futuro ocho especies susceptibles adicionales, dos mantarrayas y seis tiburones.

La segunda modificación fue combinar los valores de susceptibilidad para cada especie de todas las pesquerías para producir una susceptibilidad a la pesquería de cerco para cada especie. Se calculó una puntuación de susceptibilidad combinada preliminar para una especie, s_j^1 , como la suma ponderada de los valores de susceptibilidad de cada pesquería para esa especie ([Tabla L-3a](#)), con ponderación igual a la proporción de lances en cada pesquería:

$$s_j^1 = \sum_k s_{jk} p_k$$

donde

s_j^1 es la susceptibilidad combinada para la especie j

s_{jk} es la susceptibilidad de la especie j en el tipo de lance k , computada usando solamente los atributos en la Tabla L-2. s_{jk} varía de 1 (mínimo) a 3 (máximo). En el caso de una especie con capturas < 5% en tipo de lance k , $s_{jk} \equiv 1$, a menos que se hubiese computado un s_{jk} para uno de los APS previos (Informes de la Situación de la Pesquería [8](#) y [10](#)), en cuyo caso se usó este s_{jk} ; de lo contrario se supuso que si las capturas fueron menores del 5% en una pesquería, la especie era tan sólo mínimamente susceptible a esa pesquería. Un APS previo ([Informe de la Situación de la Pesquería 10](#)) usó información de tendencias de la captura como atributo adicional para calcular el s_{jk} , pero se eliminó esta información del s_{jk} en este caso porque, siguiendo la metodología de APS establecida, los otros atributos de susceptibilidad no varían a lo largo del tiempo (pero ver más adelante).

$p_k = \left(\frac{N_k}{\sum_k N_k} \right)$ y N_k es el número total de lances (clase-6) de tipo de lance k en 2013

s_j^1 toma en cuenta el esfuerzo de pesca por tipo de lance, aún para los tipos de lance con poca o ninguna captura de una especie. En la [Figura L-4a](#) se presenta una gráfica preliminar de APS usando s_j^1 , y en la [Tabla L-3a](#) se presentan los valores de s_{jk} , s_j^1 y v_1 . Una preocupación con respecto a s_j^1 para algunas especies es que la variación en el s_{jk} computado a partir de los atributos en la Tabla L-2 no se correlaciona bien con diferencias observadas entre tasas de captura por tipo de lance, lo cual sugiere que los atributos en la [Tabla L-2](#) no capturan la susceptibilidad completa de la especie j ; en general se supone que tasas de captura altas deberían reflejar una mayor susceptibilidad total. Además, los s_{jk} no explican tendencias a largo plazo.

Se realizó la tercera modificación, el uso de información de captura en la formulación de s , para intentar explicar las diferencias en las tasas de captura observadas entre tipos de lance, por especie, y para explicar las tendencias a largo plazo de la abundancia. Se computaron dos formulaciones de susceptibilidad alternativas preliminares como "prueba de concepto" para estas ideas. La primera, s_j^2 , modifica s_j^1 para tomar en consideración las tasas de captura actuales, que se supone ser un sustituto alternativo para la susceptibilidad y para reflejar los efectos integrados reales de los atributos de susceptibilidad en la [Tabla L-2](#):

$$s_j^2 = \sum_k s_{jk}^* p_k$$

donde

s_j^2 es la susceptibilidad combinada para la especie j , ajustada para las tasas de captura recientes

s_{jk}^* es el promedio de s_{jk} y la susceptibilidad basada en la tasa de captura: $s_{jk}^* = \frac{1}{2}(s_{jk} + s_{cps_jk})$

s_{jk} es como se define para s_j^1

s_{cps_jk} es la susceptibilidad basada en la tasa de captura y toma un valor de 1, 2 o 3, asignado como sigue. Si la especie no es una especie de atún objetivo, se usa la captura por lance, en número de animales por lance, para asignar un valor a s_{cps_jk} :

$$\begin{cases} 1 \text{ para } cps_{jk} = 0 \\ 2 \text{ para } 0 < cps_{jk} < 1.0 \\ 3 \text{ para } cps_{jk} \geq 1.0 \end{cases}$$

Si la especie es una especie de atún objetivo, entonces se asignan los valores siguientes a s_{cps_jk} :

	DEL	NOA	OBJ
Patudo	1	2	3
Aleta amarilla	3	3	3
Barrilete	2	3	3

cps_{jk} es la captura por lance para la especie j en el tipo de lance k (= captura de clase 6 (en número de animales) dividida por el número de lances de clase 6), en el año más reciente (2013). Se usó captura por lance en lugar de captura total a fin de controlar por diferencias en el esfuerzo entre los tipos de lance.

p_k es como se define para s_j^1

En la [Figura L-4b](#) se presenta una gráfica APS preliminar usando s_j^2 y en la [Tabla L-3b](#) se presentan los valores de s_{jk}^* , s_j^2 y v_2 . s_j^2 podría ser afectado por diferencias en la abundancia entre especies porque la captura por lance es afectada por la abundancia. Clasificar cps_{jk} por rango podría ayudar a minimizar este problema. Las reglas actuales para clasificar cps_{jk} por rango para especies de atunes no objetivo se basaron en la idea que una captura nula equivale a susceptibilidad mínima, una captura que aumenta por menos de un animal por lance equivale a susceptibilidad moderada, y una captura que aumenta por una tasa de esfuerzo de un animal o más por lance equivale a susceptibilidad alta. No obstante, estas reglas son una "prueba de concepto" y podrían ser modificadas.

La segunda formulación alternativa de susceptibilidad, computada para especies aparte de atunes objetivo y delfines, s_j^3 , se ajusta por tendencias a largo plazo:

$$s_j^3 = \sum_k s_{jk}^{**} p_k$$

donde

s_j^3 es la susceptibilidad combinada para especie j , ajustada por tendencias a largo plazo

s_{jk}^{**} es el promedio de s_{jk} y las susceptibilidades a tendencias: $s_{jk}^{**} = \frac{1}{2}(s_{jk} + s_{trend_jk})$;

s_{jk} es como se define para s_j^1

s_{trend_jk} es la susceptibilidad a tendencias para la especie j en tipo de lance k , obtenida como sigue:

$$\begin{cases} 1.0 \text{ si la especie } j \text{ no ocurre en el tipo de lance } k \\ 1.5 \text{ si } trend_{jk} \text{ no es significativa o es significativa pero creciente} \\ 3.0 \text{ si } trend_{jk} \text{ es significativa pero decreciente} \end{cases}$$

$trend_{jk}$ es la pendiente de la regresión de $cps_{jk,y}$ y año y , a partir del inicio de la toma de datos (que puede variar por especie). Se computó $trend_{jk}$ para especies para las cuales no existen evaluaciones completas (o indicadores de ordenación) y para las cuales no se ha determinado que los datos de la pesca no son adecuados para la estimación de tendencias; es decir, para especies aparte de las tres especies de atún objetivo y las especies de delfines (pero ver más adelante). Una tendencia significativa fue cualquier pendiente con un valor $p < 0.05$.

$cps_{jk,y}$ es la captura por lance de especie j para el tipo de lance k en el año y

En la [Figura L-4c](#) se presentan una gráfica preliminar de APS usando s_j^3 para especies aparte de las tres especies de atunes objetivo y de las especies de delfines, y en la [Tabla L-3c](#) se presentan los valores de s_{jk}^{**} , s_j^3 y v_3 . Para el futuro, se podría ampliar s_j^3 para incluir las tres especies de atunes objetivo mediante la estimación de tendencias a partir de la biomasa reproductora, y a las especies de delfines mediante el uso de tendencias estimadas a partir de estimaciones históricas de la abundancia basadas en transectos lineales. Una preocupación acerca de s_j^3 es que las tendencias estimadas a partir de la captura por lance podrían no seguir de forma fiable los cambios de la abundancia (tal como se demostró en el caso de los delfines en el Documento [SAC-05-11d](#)).

Las tres medidas de susceptibilidad, s_j^1 , s_j^2 , y s_j^3 , son consideradas preliminares y representan ideas de "prueba de concepto" para ilustrar varias opciones para computar susceptibilidad ajustada a la pesquería de cerco del OPO. Estas medidas junto con los datos de capturas disponibles para especies no objetivo por arte de pesca serán revisadas con el nuevo Especialista en Ecosistemas en agosto de 2016. Este trabajo ayudará a facilitar mejoras futuras del APS existente en el OPO y/o ayudar en el desarrollo de una nueva ERE.

En respuesta a solicitudes hechas por participantes en la séptima reunión del Comité Científico Asesor en 2016 de extender la ERE a otras pesquerías que operan en el OPO, el personal de la CIAT produjo tres documentos separados para elucidar los detalles para mejorar los APS de la CIAT. El primer documento describe un análisis preliminar de metadatos para la pesquería atunera palangrera a gran escala en el OPO ([SAC-08-07b](#)), prerequisito para producir un APS para esta pesquería, ya que (1) una lista de especies que interactúan con la pesquería es un componente esencial del APS, y (2) son necesarios datos de captura y esfuerzo para parametrizar los atributos de susceptibilidad en un APS. En el segundo documento ([SAC-08-07c](#)), se comenta la resolución de redundancia en los atributos de productividad de los APS, con miras a mejorar APS futuros, y el tercer documento ([SAC-08-07d](#)) ilustra un APS preliminar para la pesquería atunera palangrera a gran escala en el OPO, tomando en cuenta los resultados de los dos documentos precursores.

En vista de que la importancia de los enfoques holísticos a la ordenación ecosistémica de la pesca va en aumento a nivel mundial, y la CIAT cuenta con un mandato bajo la Convención de Antigua de considerar los efectos directos e indirectos de la pesca sobre el ecosistema (ver introducción), en 2016 el personal de la CIAT participó en la reunión conjunta de OROP atuneras sobre la implementación del enfoque ecosistémico a la pesca, convocada por el Proyecto de Atún Océanos Comunes ABNJ, que es implementado por la FAO y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Los objetivos de la reunión fueron (1) establecer comunicación entre los miembros de cada OROP atunera sobre las dificultades de implementar un enfoque ecosistémico a la pesca (EEP), (2) resumir los avances en cada OROP atunera con respecto al EEP, y (3) proponer soluciones potenciales por caso específico hacia la implementación del EEP a nivel operacional. La evaluación de riesgos ecológicos es un componente de los EEP usados por muchas de las OROP atuneras, con el objetivo de identificar y priorizar investigaciones de especies clasificadas como 'en riesgo' o 'altamente vulnerables'. En la reunión se discutieron los tipos de ERE que podrían ser usados como marco común entre las OROP atuneras, aunque los participantes señalaron que el EEP es una herramienta de ordenación que debe ser iniciada a nivel de Comisión. Se está elaborando un informe que detalla los resultados de la reunión.

8. MODELADO DE ECOSISTEMAS

Es evidente que los distintos componentes de un ecosistema interactúan. La ordenación ecosistémica de la pesca es facilitada por la elaboración de modelos ecosistémicos multiespecíficos que representan las interacciones ecológicas entre las especies o gremios. Nuestros conocimientos del complicado laberinto de conexiones en los ecosistemas del océano abierto están en su etapa temprana, y, por lo tanto, la mayor utilidad de los modelos de ecosistema actuales es como instrumentos descriptivos para explorar los efectos de una mezcla de hipótesis y conexiones establecidas entre los componentes del ecosistema. Los modelos de ecosistema necesitan mantener un equilibrio entre representaciones simplistas por un lado y una complejidad imposible de manejar por el otro.

El personal de la CIAT ha desarrollado un modelo del ecosistema pelágico en el OPO tropical (Boletín de la CIAT, [Vol. 22, No. 3](#)) para explorar cómo la pesca y la variación climática podrían afectar los animales en los niveles tróficos medianos y altos. El modelo tiene 38 componentes, entre ellos las principales especies explotadas (atunes, por ejemplo), grupos funcionales (tiburones y peces voladores, por ejemplo), y especies sensibles (tortugas marinas, por ejemplo). Algunos grupos taxonómicos están subdivididos en categorías (marlines grandes y pequeños, por ejemplo). La resolución taxonómica del modelo es más fina en los niveles tróficos superiores, pero la mayor parte de la biomasa del sistema está en los niveles tróficos medianos y bajos. Se estimaron las descargas y descartes para cinco “artes” de pesca: caña, palangre, y tres tipos de lances cerqueros: sobre atunes asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados. El modelo está enfocado en las regiones pelágicas; no describe adecuadamente los ecosistemas locales costeros.

La mayor parte de la información que describe las interacciones interespecíficas en el modelo provino de un proyecto conjunto CIAT-NMFS, el que incluyó estudios de los hábitos alimenticios de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo, delfines, tiburones pelágicos, peces picudos, dorados, petos, salmones, y otros. El objetivo del proyecto fue contribuir a los conocimientos de la asociación atún-delfín, y se adoptó un diseño de muestreo a nivel de comunidad.

Investigaciones recientes por Griffiths *et al.* (2013)²⁰ demostraron sistemas de control de “cintura de avispa” en dos grandes ecosistemas marinos. Se ha usado el modelo ecosistémico para evaluar los posibles efectos de variabilidad en los procesos forzados desde abajo por el medio ambiente sobre los niveles tróficos medianos y altos del ecosistema pelágico. Se incorporaron en el modelo series de tiempo predeterminadas de biomasa de productores para aproximar los cambios en la producción primaria documentados durante eventos de El Niño y La Niña, y se simuló la dinámica de los demás componentes del ecosistema. Se usó el modelo también para evaluar las contribuciones relativas de la pesca y el medio ambiente en la formación de la estructura del ecosistema en el OPO pelágico tropical. Se hizo esto usando el modelo para predecir cuáles componentes del ecosistema podrían ser susceptibles a efectos de la pesca de arriba hacia abajo, dada la importancia aparente de la variabilidad ambiental en la estructuración del ecosistema. En general, los animales con tasas de cambio relativamente bajas fueron afectados más por la pesca que por el medio ambiente, y aquéllos con tasas relativamente altas más por el medio ambiente que por la pesca.

Se cree generalmente que la estructura de los ecosistemas marinos es controlada por uno de dos mecanismos: control « abajo-arriba » (impulsado por recursos), en el cual la dinámica de los productores primarios (por ejemplo, fitoplancton) controla la producción y biomasa en los niveles tróficos superiores, o control « arriba-abajo » (impulsado por consumidores), en los que la depredación por depredadores de alto nivel trófico controla la abundancia y composición de las presas en los niveles tróficos inferiores. En años relativamente recientes se ha reconocido también el control de « cintura de avispa ». Esto se refiere a una combinación de forzamiento abajo-arriba y arriba-abajo por un pequeño número de especies abundantes, altamente productivas, y de vida corta, en niveles tróficos intermedios (por ejemplo, sardinas y anchoas) que forman una « cintura » estrecha que regula el flujo de energía en el sistema. Estas especies ejercen un control depredador arriba-abajo sobre los flujos de energía del zooplancton, pero también un control abajo-arriba porque proporcionan energía para los

²⁰ Griffiths, S., R. Olson, and G. Watters. 2013. Complex wasp-waist regulation of pelagic ecosystems in the Pacific Ocean. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 23(4): 459-475

depredadores de alto nivel trófico. Se ha supuesto que el control de « cintura de avispa » ocurre principalmente en sistemas costeros altamente productivos pero con pocas especies (por ejemplo, regiones de afloramiento), que pueden ser altamente inestables y donde pueden ocurrir cambios de régimen natural rápidos en períodos breves. Se usó el modelo de ecosistema del OPO tropical en conjunto con un modelo de una región frente al litoral este de Australia donde se capturan atunes y peces picudos para examinar la posible dinámica de forzamiento de estos sistemas. Estos dos ecosistemas pelágicos, grandes y ricos en especies, también muestran una estructura parecida a la « cintura de avispa », en el sentido que los cefalópodos y peces en niveles tróficos intermedios, de vida corta y crecimiento rápido, forman la enorme mayoría de la biomasa. Se observaron los efectos forzantes más importantes al modificar las biomassas de los peces epipelágicos y mesopelágicos de nivel trófico mediano en los modelos, lo cual causó cascadas tróficas dramáticas tanto hacia arriba como hacia abajo en el sistema. Estos ecosistemas pelágicos tropicales parecen poseer una estructura compleja en la cual varios grupos de cintura y rutas tróficas alternativas de productores primarios a depredadores ápice pueden causar efectos impredecibles cuando se modifican las biomassas de grupos funcionales particulares. Estos modelos destacan los posibles mecanismos de estructuración en los sistemas pelágicos, que tienen implicaciones para las pesquerías que explotan estos grupos (por ejemplo, la pesca del calamar), así como para las pesquerías de depredadores ápice, como los atunes y peces picudos, que se alimentan de las especies de « cintura de avispa ».

9. ACCIONES DE LA CIAT Y EL APICD RELATIVAS A CONSIDERACIONES ECOSISTÉMICAS

Tanto la Convención de la CIAT como el APICD tienen objetivos que versan sobre la incorporación de consideraciones ecosistémicas en la ordenación de las pesquerías atuneras en el OPO. Acciones tomadas en el pasado incluyen:

9.1. Delfines

- a. Desde hace muchos años se evalúa el impacto de la pesquería sobre las poblaciones de delfines, y los programas para reducir o eliminar ese impacto han tenido un éxito considerable.
- b. Se ha limitado la mortalidad incidental de todas las poblaciones de delfines a niveles insignificantes con respecto al tamaño de las poblaciones.

9.2. Tortugas marinas

- a. Se ha compilado una base de datos sobre todos los avistamientos, capturas, y mortalidades de tortugas marinas reportadas por observadores.
- b. En junio de 2003, la CIAT adoptó una *Recomendación sobre tortugas marinas*, en la que se contempla “el desarrollo de un programa de tres años que podría incluir la reducción de capturas incidentales de tortugas marinas, investigaciones biológicas de tortugas marinas, perfeccionamiento de artes de pesca, educación de la industria y otras técnicas para mejorar la conservación de tortugas marinas.” En enero de 2004, el Grupo de Trabajo sobre Captura Incidental propuso un programa detallado que incluye todos estos elementos e insta a todas las naciones con buques que pescan atunes en el OPO a que provean a la CIAT información sobre interacciones de las pesquerías con tortugas marinas en el OPO, incluyendo capturas tanto incidentales como directas, y otros impactos sobre las poblaciones de tortugas marinas. En junio de 2004, la CIAT adoptó la [Resolución C-04-07](#) sobre un programa de tres años para mitigar el impacto de la pesca atunera sobre las tortugas marinas; incluye disposiciones sobre la toma de datos, medidas de mitigación, educación de la industria, fomento de capacidad, e informes.
- c. La [Resolución C-04-05](#), adoptada por la CIAT en junio de 2004, contiene disposiciones relativas a la liberación y tratamiento de tortugas marinas capturadas en redes de cerco. Prohíbe también a los buques desechar bolsas y otra basura plástica en el mar, y encarga al Director estudiar y formular recomendaciones acerca del diseño de plantados, particularmente el uso de malla de red sujetada bajo el agua a los mismos.
- d. La [Resolución C-07-03](#), adoptada por la CIAT en junio de 2007, contiene disposiciones acerca de la

instrumentación de programas de observadores en pesquerías bajo el amparo de la Comisión que podrían ejercer un efecto sobre las tortugas marinas y actualmente no son acatadas. La resolución exige que los pescadores fomenten la recuperación y reanimación de tortugas marinas de caparazón duro comatosas o inactivas antes de devolverlas al agua. Se dirige a los CPC con buques de cerco o palangre que pesquen especies abarcadas por la Convención de la CIAT en el OPO evitar a evitar encuentros con las tortugas marinas, reducir las mortalidades mediante el uso de una variedad de técnicas, y realizar investigaciones sobre la modificación de los diseños de los plantados y las artes de palangre y las prácticas de pesca.

- e. En respuesta a una solicitud de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros del Ecuador, un programa fue establecido por World Wildlife Fund, la CIAT, y el gobierno de Estados Unidos, para mitigar la captura incidental y reducir la mortalidad de tortugas marinas causadas por la pesca con palangre. Un elemento clave de este programa es la comparación de las tasas de captura de atunes, peces picudos, tiburones, y dorado capturados con anzuelos J con las tasas de captura con anzuelos circulares. Los anzuelos circulares no enganchan tantas tortugas como los anzuelos J, usados tradicionalmente en la pesca palangrera, y la probabilidad de herir gravemente a las tortugas que muerden los anzuelos circulares es menor porque son más anchos y suelen engancharse en la mandíbula inferior, en lugar de internarse en el esófago y otras áreas, evento más peligroso y más común con los anzuelos J. Se difundieron además a las flotas palangreras de la región procedimientos y herramientas para liberar tortugas marinas enganchadas y enmalladas.

Al fin de 2008, el programa de intercambio de anzuelos y de observadores, que comenzó en Ecuador en 2003, fue activo en Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, y Perú, y está en desarrollo en Chile, con talleres en muchos puertos. El programa en Ecuador se está realizando en conjunto con el gobierno y la Overseas Fishery Cooperation Foundation de Japón, mientras que en los otros países es financiado por agencias de EE.UU. Los resultados iniciales señalan que, en las pesquerías dirigidas hacia los atunes, peces picudos y tiburones, ocurrió una reducción importante en las tasas de enganche de las tortugas marinas con los anzuelos circulares, y que menos anzuelos se alojaron en el esófago u otras áreas perjudiciales para las tortugas. Las tasas de captura de las especies objetivo son, en general, similares a aquéllas de los anzuelos J. Se realizó también un experimento en la pesquería de dorado con anzuelos circulares más pequeños; las tasas de enganche de tortugas disminuyeron, pero menos que en las pesquerías de atunes, peces picudos y tiburones. Además, miembros del personal de la CIAT y otros dirigieron talleres e hicieron presentaciones en todos los países que participan en el programa.

9.3. Aves marinas

- a. La Recomendación [C-10-02](#), adoptada por la CIAT en octubre de 2010, reafirmó la importancia que los miembros de la CIAT y los no miembros cooperantes apliquen, en caso apropiado, el *Plan de Acción Internacional para reducir las capturas incidentales de aves marinas en la pesca con palangre* de la FAO (PAI – Aves marinas). Los gobiernos detallados en la recomendación acordaron notificar a la CIAT de su instrumentación del PAI-Aves Marinas, incluyendo, según proceda, la situación de su Plan de Acción Nacional para reducir la captura incidental de las aves marinas en las pesquerías de palangre. Se acordó además que los gobiernos exigirán de sus buques palangreros que pescan Especies gestionadas por la CIAT en zonas específicas (detalladas en el Anexo 1 de la recomendación) usar al menos dos de un conjunto de ocho medidas de mitigación determinadas. Además, se alentó a los miembros y no miembros cooperantes de la CIAT a establecer programas nacionales para asignar observadores a buques palangreros de su pabellón o que pescan en sus aguas, y adoptar medidas dirigidas a asegurar que las aves marinas capturadas vivas durante las faenas de pesca con palangre sean liberadas vivas y en las mejores condiciones posibles.
- b. La resolución [C-11-02](#), adoptada por la CIAT en julio de 2011, reafirmó la importancia de aplicar el PAI-Aves marinas (ver 9.3.a), y dispone que los Miembros y No miembros cooperantes (CPC) requerirán de sus buques palangreros de más de 20 metros de eslora total y que pesquen especies abarcadas por la CIAT en el OPO usar al menos dos de las medidas de mitigación detalladas, y establece estándares técnicos mínimos para dichas medidas. Alienta a los CPC a emprender, conjunta e individualmente, investigaciones para

desarrollar y refinar los métodos para mitigar la captura incidental de aves marinas, y remitirán a la CIAT cualquier información derivada de estos esfuerzos. Además, alienta a los CPC a establecer programas nacionales para la asignación de observadores a bordo de los buques de palangre que enarbolen su pabellón o que pesquen en sus aguas, con el propósito de, entre otros, obtener información sobre las interacciones de las aves marinas con las pesquerías de palangre.

9.4. Otras especies

- a. En junio de 2000, la CIAT adoptó una resolución sobre la liberación de tiburones, rayas, peces picudos, dorados, petos, y otras especies no objetivo.
- b. La [Resolución C-04-05](#), adoptada por la CIAT en junio de 2006, encarga al Director buscar fondos para la reducción de la mortalidad incidental de atunes juveniles, para desarrollar técnicas y/o equipo para facilitar la liberación de peces picudos, tiburones y rayas de la cubierta o de la red, y para realizar experimentos para estimar las tasas de supervivencia de peces picudos, tiburones y rayas liberados.
- c. La [Resolución C-11-10](#), adoptada por la CIAT en julio de 2011, prohíbe la retención a bordo, transbordo, descarga, almacenamiento, venta, u ofrecimiento de venta del cadáver de tiburones oceánicos punta blanca, en parte o entero, en las pesquerías abarcadas por la Convención de Antigua, y requiere que se liberen con prontitud ilesos, en la medida de lo posible, tiburones punta blanca cuando sean aproximados al costado del buque.
- d. La Resolución C-15-04, adoptada por la CIAT en julio de 2015, prohíbe retener a bordo, trasbordar, descargar, almacenar, vender, u ofrecer para la venta rayas Mobulidae (que incluyen las rayas Manta y Mobula), en parte o enteras, y requiere que los buques liberen toda raya Mobulidae viva siempre que sea posible. Los requisitos establecidos en la resolución no se aplican a pesquerías a pequeña escala y artesanales exclusivamente para consumo interno. El número de descartes y liberaciones de rayas Mobulidae y su condición (viva o muerta) será reportado a la CIAT a través de los programas de observadores.
- e. La resolución [C-16-05](#), adoptada en julio de 2016, establece que el personal científico de la CIAT desarrollará un plan de trabajo para realizar evaluaciones completas de poblaciones para el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*, *S. zygaena* y *S. mokarran*). Los CPC requerirán de sus pescadores recolectar y remitir datos de captura de tiburones sedosos y martillo, y remitirán los datos a la CIAT de conformidad con los requisitos de notificación de datos de la CIAT. Los CPC requerirán que los buques cerqueros de su pabellón sigan todos los requisitos de liberación segura para todos los tiburones, excepto aquellos retenidos a bordo del buque. Los CPC prohibirán a los buques palangreros de su pabellón que pesquen atún y pez espada en el Área de la Convención el uso de líneas tiburoneras.
- f. La resolución [C-16-06](#), adoptada en julio de 2016, prohíbe la retención a bordo, transbordo, descarga, o almacenamiento, de cualquier parte o del cuerpo entero de tiburones sedosos capturados en el Área de la Convención por buques de cerco. Los CPC requerirán que todo buque palangrero cuya licencia de pesca no incluya como objetivo de pesca a los tiburones y que capture tiburones incidentalmente, limite la captura incidental de tiburones sedosos a un máximo del 20% de la captura total por viaje de pesca en peso. Los CPC requerirán que sus pesquerías multiespecíficas que usen palangres de superficie²¹ limiten la captura de tiburones sedosos de menos de 100 cm de talla total al 20% del número total de tiburones sedosos capturados durante el viaje. En el caso de aquellas pesquerías multiespecíficas que usen palangres de superficie y que hayan capturado más del 20% de tiburones sedosos por peso en promedio, los CPC prohibirán el uso de reinales de acero durante un periodo de tres meses consecutivos cada año.

9.5. Dispositivos agregadores de peces (plantados)

- a. La resolución [C-16-01](#), adoptada por la CIAT en junio de 2016, enmienda y reemplaza la Resolución [C-15-03](#), adoptada por la CIAT en julio de 2015. Requiere que todos los buques cerqueros, cuando pesquen sobre

²¹ Para los fines de la presente resolución, los palangres de superficie son aquellos en los que la mayoría de los anzuelos pescan a profundidades de menos de 100 m y están dirigidos a especies distintas del pez espada.

plantados en el Área de la Convención, reúnan y notifiquen información sobre los mismos, incluyendo un inventario de los plantados presentes en el buque, y que especifiquen, para cada plantado, su identificación, tipo, y características. Adicionalmente, para cada actividad relacionada con un plantado, se debe reportar la posición, fecha, hora, tipo de actividad, identificación del plantado, y los resultados de cualquier lance en términos de captura y captura incidental. Se pueden recolectar los datos a través de una bitácora dedicada, modificaciones de hojas de datos regionales, u otros procedimientos nacionales de notificación.. El personal de la CIAT analizará los datos obtenidos, a fin de identificar cualquier elemento adicional necesario para evaluar los efectos del uso de plantados sobre el ecosistema, y presentará recomendaciones iniciales para la ordenación de los plantados en el OPO. Las recomendaciones incluirán métodos para limitar la captura de atunes patudo y aleta amarilla pequeños asociados a la pesca sobre plantados. Los CPC requerirán que los propietarios y armadores de sus buques pesqueros cerqueros aplicables identifiquen todo plantado sembrado o modificado por dichos buques, de conformidad con un sistema de identificación de la Comisión. A fin de reducir el enmallamiento de tiburones, tortugas marinas, o cualquier otra especie, se especifican principios para el diseño y uso de plantados. Se prohíbe lanzar una red de cerco sobre atunes asociados con un tiburón ballena vivo, si se observa el animal antes del lance. Se ha establecido un grupo de trabajo sobre plantados y sus objetivos son recolectar y compilar información sobre plantados, revisar los requisitos de recolección de datos, compilar información sobre los acontecimientos en otras OROP atuneras sobre los plantados, compilar información sobre avances en la información científica más actual sobre plantados, incluyendo información sobre plantados no enmallantes, preparar informes anuales para el Comité Científico Asesor, e identificar y revisar posibles medidas de ordenación.

9.6. Todas especies

- a. Se está recabando datos sobre las capturas incidentales por buques cerqueros grandes, y se insta a los gobiernos a proveer información sobre las capturas incidentales de otros buques.
- b. Se han recabado datos sobre la distribución espacial de las capturas incidentales y las proporciones de captura incidental a captura para análisis de opciones de políticas de reducción de capturas incidentales.
- c. Se ha recabado información para evaluar medidas para reducir las capturas incidentales, tales como vedas, límites de esfuerzo, etc.
- d. Se han realizado evaluaciones de preferencias de hábitat y el efecto de cambios ambientales.
- e. Se han adoptado requisitos para los CPC para asegurar que, a partir del 1 de enero de 2013, un mínimo de 5% del esfuerzo de pesca realizado por sus buques palangreros de más de 20 metros de eslora total lleve un observador científico.

10. ACONTECIMIENTOS FUTUROS

Es poco probable, al menos en el futuro cercano, que se disponga de evaluaciones de las poblaciones de la mayoría de las especies de captura incidental. Es posible que en lugar de evaluaciones formales se puedan desarrollar índices para evaluar tendencias en la condición de estas especies. La experiencia del personal de la CIAT con los delfines sugiere que la tarea no es trivial si se desea una precisión relativamente alta.

La mejor forma de facilitar la ordenación ecosistémica de la pesca podría ser a través de un enfoque multifacético que implica el desarrollo y seguimiento de indicadores biológica y ecológicamente significativos para especies indicadoras clave y la integridad del ecosistema. Los indicadores ecológicos podrían ser índices agrupados que describen la estructura del ecosistema entero (diversidad, por ejemplo), o componentes específicos (nivel trófico de la captura, por ejemplo). Los indicadores biológicos pueden generalmente estar relacionados con una sola especie, tal vez aquellas de importancia ecológica clave, y tener la forma de puntos de referencia usados comúnmente en la pesca (por ejemplo, F_{RMS}), CPUE, u otras medidas sencillas tales como cambios en el espectro de tamaños. Sin embargo, los indicadores usados dependen fuertemente de la fiabilidad de la información disponible del nivel de especie a ecosistema.

La distribución de las pesquerías de atunes y peces picudos en el OPO es tal que incluye probablemente varias

regiones con características ecológicas diferentes. Es posible que, dentro de éstas, masas de agua, características oceanográficas o topográficas, influencias del continente, etcétera, generen heterogeneidad que afecte la distribución de las distintas especies y su abundancia relativa en las capturas. Sería ventajoso incrementar los conocimientos de estos estratos ecológicos para poder usarlos en nuestros análisis.

Es importante continuar los estudios de los ecosistemas en el OPO. La capacidad de resolver problemas relacionados con la pesca y el ecosistema crecerá con el número de variables de hábitat, grupos taxonómicos y niveles tróficos estudiados y con series de tiempo de datos más largas.

Los trabajos futuros incluirán por lo tanto las metas siguientes para abordar efectos ecosistémica todos de las pesquerías que operan en el OPO:

1. Gestión de bases de datos para (a) cotejar y reestructurar los datos de palangre para producir ERE mejoradas y (b) poblar las bases de datos ecológica y de ciclo vital para parametrizar APS y modelos ecosistémica los.
2. Continuación de evaluaciones ecológicas rápidas para especies no objetivo de datos escasos mediante (a) refinamiento de APS para la pesquería palangrera de alta mar, (b) extender APS a otras pesquerías (por ejemplo, a la pesquería palangrera artesanal), (c) desarrollar un APS acumulativo para todas las pesquerías del OPO, (d) realizar una evaluación preliminar de riesgos SAFE para las pesquerías del OPO, y (e) finalizar un enfoque de evaluación de riesgos para las pesquerías que faenan en el OPO.
3. Desarrollo de propuestas de investigación para (a) un programa de seguimiento ecológico para dar seguimiento especies clave por las ERE, y (b) continuación de muestreo biológico (por ejemplo, muestras de estómago y tejido para análisis de isótopos estables) para evaluar las interacciones depredador-presa y niveles tróficos.
4. Realizar investigaciones de campo sobre experimentos de consumo y evacuación de especies clave para mejorar los datos biológicos usados en las ERE y los modelos ecosistémicos.
5. Evaluar y pronosticar los impactos de la pesca sobre la dinámica del ecosistema y especies clave mediante modelos ecosistémicos y simulaciones de modelos espacial y temporal.
6. Continuación de informes de estimación de captura incidental e índices ecológicos agrupados.