



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA, CIENCIAS
BIOLÓGICAS, OCEANOGRÁFICAS Y RECURSOS
NATURALES

“INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR
EN LAS CAPTURAS DEL ATÚN BIGEYE EN EL OCÉANO
PACÍFICO ORIENTAL DURANTE EL PERÍODO 1987 - 2016”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA EN OCEÁNICA Y CIENCIAS
AMBIENTALES

SHARON FRANSHESKA MUÑOZ RECALDE

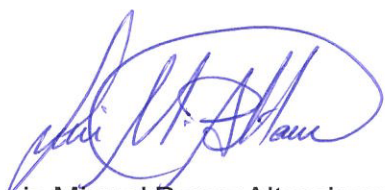
GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

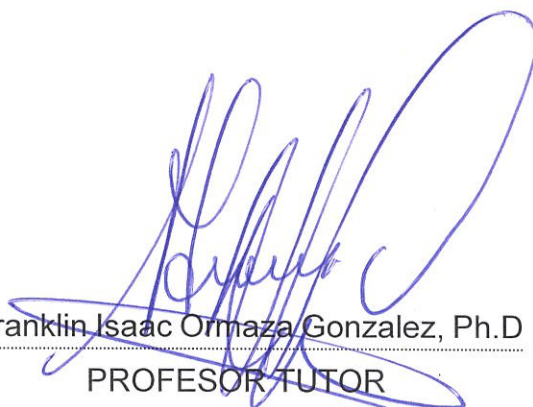
Mis más sinceros agradecimientos a mis padres y hermano quienes me han permitido llegar hasta aquí y a quienes debo mi esfuerzo y dedicación, ya que sin su apoyo no habría alcanzado esta meta. A mis compañeros, amigos, que de una u otra forma me ayudaron a crecer como ser humano acompañándome durante esta maravillosa etapa universitaria, en especial a Divar Castro, quien siempre estuvo alentándome y ayudándome a levantar tras cada resbalón. A todos mis profesores, quienes con su enseñanza supieron orientarme a través de toda mi carrera como estudiante, y principalmente a mi maestro y tutor Franklin Ormaza, quien supo guiarme durante mis últimos años de estudio.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Luis Miguel Perez Altamirano, Msc.

PROFESOR EVALUADOR

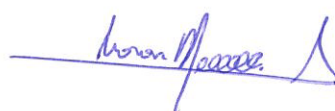


Franklin Isaac Ormaza Gonzalez, Ph.D

PROFESOR TUTOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Sharon Fransheska Muñoz Recalde

.....
Nombre del Autor

RESUMEN

La temperatura superficial del mar (TSM) está constantemente influyendo sobre la dinámica de las especies marinas, la pesca se ha visto siempre limitada por este parámetro. Las capturas del bigeye (*Thunnus obesus*), una de las principales especies de atún dentro del comercio internacional, pueden verse afectadas por la presencia de eventos extremos como El Niño o La Niña (1997 – 1998, 2000 - 2002), los cuales generan un incremento o disminución, respectivamente, en la temperatura superficial y subsuperficial del océano. Se ha empleado la metodología de Pearson para hallar el grado de correlación (R^2) entre el número de capturas del bigeye en el Océano Pacífico oriental (OPO) y la temperatura superficial del mar de las regiones Niño 1+2, Niño 3 y Niño 3.4, durante el período 1987 – 2016. La hipótesis planteada fue que la respuesta de esta especie al cambio físico-químico del medio se percibe tiempo después, por lo que se procedió a desfasar un año la data de capturas. Los resultados demuestran un comportamiento lineal inversamente proporcional (pendiente negativa), lo cual sugiere que las bajas temperaturas (entre 22.5 a 24 °C en la región Niño 1+2, entre 25 a 26.5 °C en la región Niño 3 y entre 26 a 27.5 °C en la región Niño3.4), provocarían aumentos en el número de capturas de esta especie y viceversa. El factor de correlación (R^2) entre la series de TSM de la región Niño 1+2, Niño 3 y Niño3.4 y el número de capturas fue de 0.18, 0.16 y 0.15 respectivamente, con lo que se obtiene sobre 16 % de afectación en las capturas del bigeye provocada por las temperaturas del océano. Se realizó el mismo procedimiento entre los datos de TSM tomados por las boyas del proyecto TAO/TRITON (en longitud 95° y 110° W, latitud 0°, 2°, 5°, 8° N y 2°, 5°, 8° S) y las capturas realizadas por Ecuador; en este caso las mejores correlaciones se dieron con la data de capturas sin desfazar, con un R^2 máximo de 0.22 (22 %). Los resultados evidencian una importante correlación entre estas variables, demostrando el alto impacto de las condiciones oceanográficas sobre la pesca.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iii
DECLARACIÓN EXPRESA	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE GENERAL	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
1. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1. Pesca y desembarques de atún en el Ecuador	3
1.2. Artes de Pesca	6
1.3. Artes de pesca pasivas	7
1.4. Artes de pesca activas	8
1.5. Otras artes de pesca	9
1.6. Impactos generados por las artes de pesca	11
1.7. Bigeye tuna (BET)	12
1.8. El Niño Southern Oscillation	14
1.9. El Niño (Fase cálida)	15
1.10. La Niña (Fase fría)	15
1.11. Regiones Niño	16
CAPÍTULO 2	18
2. METODOLOGÍA	18
2.1. Recopilación de datos	18
2.2. Procesamiento de datos	18
CAPÍTULO 3	20
3. RESULTADOS	20
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	28

INTRODUCCIÓN

La pesca representa una de las actividades más tradicionales y sobresalientes en los países costeros alrededor del mundo, generando empleo a aproximadamente 56.6 millones de personas y altos ingresos al año tanto por importaciones como exportaciones; según datos de la FAO, hasta el año 2014 la producción mundial de pesca sumó un total de 93.4 millones de toneladas; solo en los países en desarrollo los ingresos netos (exportaciones menos importaciones) ascendieron a 42000 millones de dólares. Asia ocupa el primer lugar con el 84 % de la población mundial dedicada a este sector, en segundo puesto África con el 10 %, seguida por América Latina y el Caribe con el 4 % [1]. En el Ecuador esta actividad comenzó a desarrollarse de manera comercial a partir de los años 50, incrementándose a lo largo del tiempo gracias a la enorme riqueza faunística que posee; con la pesca ya introducida en el país, nace en la provincia de Manabí la industria atunera [2]; actualmente se cuenta con 114 embarcaciones dedicadas a esta actividad. Según los registros del Banco Central del Ecuador (BCE), el atún representa alrededor del 2 % del total de las exportaciones no petroleras del país, el cual ocupaba hasta el año 2014 el puesto número 25 entre los principales países productores de la pesca de capturas marinas con 663 439 toneladas [1] [3] [4]. Para el año 2016 las capturas totales mundiales de atunes alcanzaron los casi 7.7 millones de toneladas, gracias a las aproximadamente 4.6 millones de embarcaciones que existen en la actualidad [1], de estas capturas la gran mayoría es destinada a la producción para conservas; en el Ecuador las exportaciones de enlatados de pescado representaron el 8.2% de las exportaciones no petroleras en el año 2015 [3]. Actualmente el atún, en sus varias presentaciones existentes en el mercado, siendo la más común la enlatada, es un producto de alto consumo y ha llegado a formar parte de una dieta básica en la población mundial, es por esto que cada vez se ven implementadas mejores tecnologías que se suponen incrementar la eficacia en la captura y producción de esta especie, pero además de las innovaciones aplicadas en las diferentes artes de pesca (tema que será detallado en el capítulo 1) y flotas disponibles existe una variable bastante importante a tomar en cuenta en esta industria, que condiciona en gran medida el número de capturas, esta es la variable oceanográfica. El tema se ha estudiado y reportado

en varias publicaciones [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13], y es que la temperatura del océano juega un rol crítico en el comportamiento de las especies que allí habitan; eventos “anormales” y extremos como El Niño o La Niña provocan alteraciones en las condiciones oceanográficas generando un incremento o disminución en la temperatura superficial del mar (TSM) [14] [15] [16], como consecuencia a esto, las especies se ven obligadas a migrar hacia el norte, sur, este, oeste o simplemente hacia aguas más profundas dependiendo de su condición de supervivencia, ya que los niveles de Oxígeno disuelto disminuyen al incrementarse la temperatura. Se ha comprobado que los eventos mencionados ocasionan que el número de capturas de atún aumente o decrezca, dependiendo de la intensidad de estos, ya sea en presencia de Niño con una TSM muy elevada o en una Niña con una TSM muy baja, debido a que en ambos casos estas especies encuentran temperaturas extremas y les es difícil sobrevivir en estas aguas en donde normalmente habitan y por lo general las embarcaciones salen a pescar; en búsqueda de un ambiente más confortable, el atún se desplaza de un lugar a otro, dificultando su captura, por consiguiente si esta disminuye, la producción y exportación también, afectando de esta manera la economía del país.

El presente trabajo se enfoca en analizar las capturas de una de las tres principales especies de atún en el Océano Pacífico, el Bigeye (*Thunnus obesus*) o BET (Bigeye tuna) por su siglas en inglés, aunque es el que menor número de capturas presenta entre estas, no deja de ser relevante en el tema de comercialización mundial, es por esto que se expone como objetivo primario demostrar al lector la importancia que asumen las variables oceanográficas en todo lo que al tema de pesca se refiere, mediante el análisis estadístico de la correlación entre la variable TSM en las diferentes regiones del Pacífico Oriental y la variable capturas.

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se detallarán los tópicos de interés que van a ser mencionados o están involucrados de cierta manera en los capítulos siguientes, guardando relación con el presente estudio.

1.1. Pesca y desembarques de atún en el Ecuador

La pesquería de atún en el Ecuador representa una de las principales actividades económicas para el país, se inició en el año 1952 en el puerto de Manta y para el año 2002 ya contaba con 106 barcos, de 33 plantas enlatadoras y 19 empacadoras [2]; en la actualidad el país lidera con la mayor flota de cerco, captura y capacidad de procesamiento en el OPO.

La ley de Pesca y Desarrollo pesquero rige desde el año 1975, y es aquella que regula las actividades pesqueras tanto de flotas artesanales como industriales. A beneficio futuro del país la autoridad pesquera establece vedas como un mecanismo de acción para el control de las capturas y de esta manera evitar una sobreexplotación, pero estas no se cumplen a cabalidad ya sea por factores socioeconómicos o políticos.

La Subsecretaria de Pesca registra 368 barcos que forman parte de la flota Industrial, entre los cuales están los atuneros; mientras que los artesanales suman un total de 36490 embarcaciones entre las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y los Ríos. La flota artesanal es aquella que recibe capacitación constante con el objetivo de mejorar la técnica de captura y calidad en el producto.

El 90% de la pesca de atún que realiza la flota ecuatoriana se concentra en la región Niño 1+2, alrededor de las Islas Galápagos y frente a Perú. Gran parte de las capturas provenientes de flotas artesanales se comercializan en el mercado interno, mientras que las provenientes de flotas industriales son procesadas y destinadas principalmente a exportación. Las exportaciones de atún se han incrementado año tras año, siendo las conservas el producto más representativo, con el continente americano como principal destino, seguido por el europeo [17] [18].

Exportaciones Totales	Atún y Pescado			
	Valor USD		Valor	Partic.
	TM	FOB	Unitario	en valor
2011	72	257.4	3 550.8	2.70%
2012	85	324.3	3809.7	3.30%
2013	76	265.3	3486.9	2.40%

Tabla 1. Exportaciones atún y pescado dentro del período 2011 – 2013

Fuente: “DESEMBARQUES ARTESANALES DE ATUNES EN LACOSTA ECUATORIANA PERIODO 2007- 2013” INP

La gran mayoría de lances se realiza sobre FAD (detallado en subcapítulo Otras artes de pesca), lo que resultó en un incremento del 36 % en las capturas medias anuales de las principales especies de atún entre el 2012 y 2015, con un total de 70307 toneladas, repartidas entre un 10.7% en yellowfin (aleta amarilla), 70.8% skipjack (barrilete), y 18.5% bigeye (patudo). El 85.6% de estas capturas fueron obtenidas mediante pesca asociada a FAD, mientras que el 12.2% restante se obtuvo sobre pesca no asociada (brisas). [18] [19]

	2012	2013	2014	2015	Total	%
Enero	1022	8873	2141	6141	18177	6.5
Febrero	4679	8435	8999	11195	33308	11.8
Marzo	7453	7440	5564	8058	28515	10.1
Abril	8045	5166	4242	8572	26025	9.3
Mayo	5730	5522	5856	9255	26363	9.4
Junio	7007	6633	7034	5918	26592	9.5
Julio	5963	5068	7596	7067	25694	9.1
Agosto	2086	2257	3608	3129	11080	3.9
Septiembre	4191	2060	3920	4750	14921	5.3
Octubre	5441	5537	7839	10713	29530	10.5
Noviembre	4958	6732	6813	7082	25585	9.1
Diciembre	5688	3761	3099	2888	15436	5.5
Total	62263	67484	66711	84768	281226	100,0
%	22,1	24,0	23,7	30,1	100,0	
Promedio	5189	5624	5559	7064	23436	

Tabla 2. Captura anual de atún (skipjack, yellowfin y bigeye) registrada a bordo de barcos cerqueros

Fuente: “REPORTE DE LA ACTIVIDAD DE PESCA DE LA FLOTA ATUNERA CERQUERA ECUATORIANA REGISTRADA POR EL PROGRAMA NACIONAL DE OBSERVADORES ECUADOR (PROBECUADOR), PERÍODO 2012 – 2015” INP

Para el período 2012 – 2015 el bigeye registró una captura media anual de 4324 toneladas, de este total el 99.2% se obtuvo mediante lances de pesca realizados sobre FAD, y el 0.8% a lances de pesca sobre pesca no asociada (detallado en subcapítulo Otras artes de pesca) [18] [19].

	Asociado Objetos	Asociado Delfín	No Asociado	Total	%
Enero	1787	0	60	1847	3,6
Febrero	3484	0	73	3557	6,9
Marzo	5186	0	150	5336	10,3
Abril	5210	0	4	5214	10,0
Mayo	6317	0	2	6319	12,2
Junio	6628	0	21	6649	12,8
Julio	5638	0	69	5707	11,0
Agosto	2100	0	0	2100	4,0
Septiembre	2093	0	0	2093	4,0
Octubre	6960	0	8	6968	13,4
Noviembre	4150	0	13	4163	8,0
Diciembre	1934	0	3	1937	3,7
Total	51487	0	403	51890	100,0
%	99,2	0,0	0,8	100,0	
Promedio	4291	0	34	4324	

Tabla 3. Capturas de bigeye por tipo de lance, Asociado Objetos (OBJ), Asociado Delfín (DEL) y No Asociado (NOA), período 2012 – 2015.

Fuente: “REPORTE DE LA ACTIVIDAD DE PESCA DE LA FLOTA ATUNERA CERQUERA ECUATORIANA REGISTRADA POR EL PROGRAMA NACIONAL DE OBSERVADORES ECUADOR (PROBECUADOR), PERÍODO 2012 – 2015” INP

	BET		
	EPO	WCPO	Total
2000	148,557	132,063	280,620
2001	130,546	133,661	264,207
2002	132,806	155,958	288,764
2003	115,175	127,368	242,543
2004	110,722	178,060	288,782
2005	110,514	140,895	251,409
2006	117,328	151,534	268,862
2007	94,260	137,061	231,321
2008	103,350	145,276	248,626
2009	109,255	144,547	253,802
2010	95,408	129,377	224,785
2011	89,460	152,801	242,261
2012	102,687	154,260	256,947
2013	86,063	141,692	227,755
2014	95,964	152,186	248,150
2015	104,425	128,180	232,605
2016	91,572	*	91,572

Tabla 4. Capturas anuales de atún patudo (bigeye tuna), por todas las artes combinadas, en el Océano pacífico (EPO se refiere al Pacífico oriental y WCPO al Pacífico occidental y central, período 2000 – 2016.

Fuente: Elaboración propia, basada en “THE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN IN 2016”, IATTC

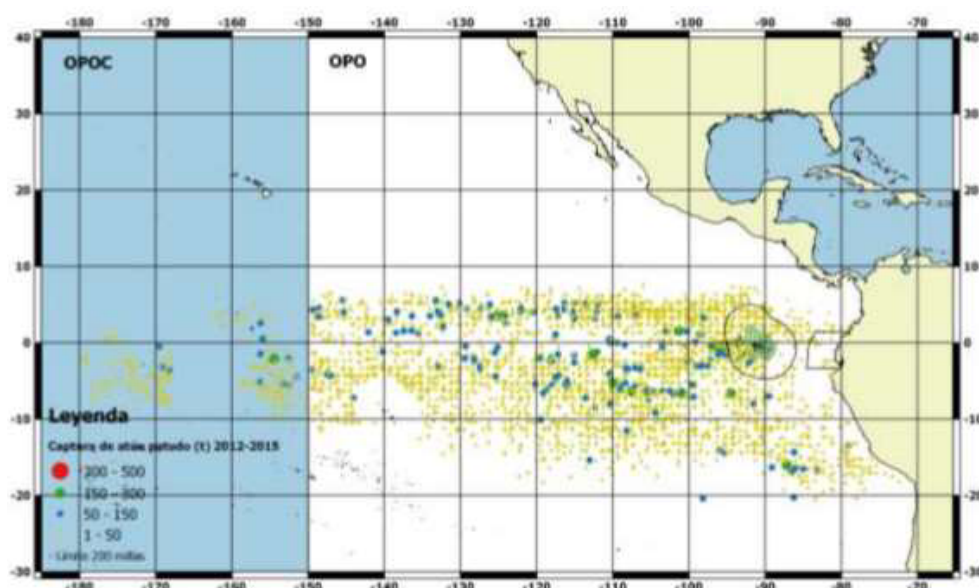


Figura 1.1 Capturas retenidas de bigeye durante 2012 – 2015

Fuente: “REPORTE DE LA ACTIVIDAD DE PESCA DE LA FLOTA ATUNERA CERQUERA ECUATORIANA REGISTRADA POR EL PROGRAMA NACIONAL DE OBSERVADORES ECUADOR (PROBECUADOR), PERÍODO 2012 – 2015” INP

Las capturas de la especie bigeye en todo el océano Pacífico se han visto incrementadas en los últimos años. El promedio de captura para el período 1987 – 2016 fue de 104000 toneladas. [19]

Actualmente el Instituto Nacional de Pesca (INP) trabaja en conjunto con la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), de la cual Ecuador forma parte desde 1997, manteniendo un registro estadístico de toda la información proveniente de la flota atunera ecuatoriana dedicada a la captura de las principales especies comerciales, el yellowfin (*Thunnus albacares*), skipjack (*Katsuwonus pelamis*) y bigeye (*Thunnus obesus*), que pescan en las costas del Ecuador continental, insular y aguas internacionales, mediante la técnica de cerco tipo purse seine (PS), con el objetivo de analizarla y contribuir al mejor manejo de estos recursos. [20]

1.2. Artes de Pesca

El arte de pesca puede definirse como la técnica que se emplea para la captura de especies marinas. Son varios los métodos utilizados dependiendo de la zona y el volumen o especie a captar.

Estas artes se pueden clasificar en dos principales, cuando el arte va en busca de la especie objetivo se llaman activas, y cuando la especie objetivo va hacia el arte se llaman pasivas. [21]

1.3. Artes de pesca pasivas

Las artes de pesca pasivas se enfocan en la captura a pequeña escala y son muy utilizadas de manera artesanal, estas se pueden clasificar en redes, sedales y anzuelos, y nasas y trampas (flota artesanal).

En la primera clasificación están, las redes de agalladera o de enmalle, este tipo de redes se fabrican con fibras sintéticas y como su nombre lo dice atrapan al pez por las agallas operando en aguas someras o en profundidades altas ya sea ancladas al fondo marino o flotando libremente. Por otro lado está el trasmallo que a simple vista parece una red de agalladera, con la diferencia de que mientras esta consta de un solo paño de malla, el trasmallo cuenta con tres en donde los peces quedan atrapados, este tipo de red es por lo general usado en aguas cercanas a la costa.

Dentro de la segunda clasificación (sedales y anzuelos) están las líneas de mano y el palangre. Las primeras son fabricadas con nylon y se basan en atraer al pez mediante carnadas visibles ya sean naturales o artificiales. El palangre también hace uso de carnadas, pero se basa en atraer al pez mediante el olor haciendo que este ingiera el anzuelo y quede atrapado en él. El material o grosor de la cuerda así como el tipo de carnada y anzuelo son algunos de los parámetros que dependen del tipo de pesquería que se esté realizando. Los sedales y anzuelos son usados tanto a pequeña como a gran escala según la capacidad de la embarcación. Los palangres pelágicos o de deriva son usados para la captura de especies tales como el atún. [21]

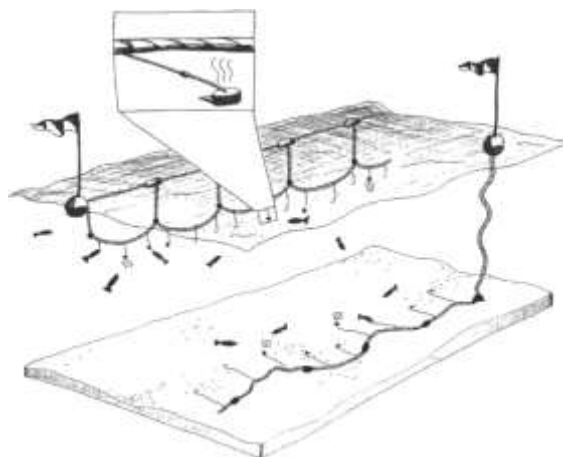


Figura 1.2 Principio de captura del palangre

Calado de deriva (arriba) y calado de fondo (abajo).

Fuente: FAO, disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y3427s/y3427s04.htm>

En la última clasificación están las nasas y las trampas. El principio básico de captura de la nasa es también mediante carnadas, pero aquí la carnada estará dentro de una jaula abierta de varios lados, por donde la especie objetivo entrará atraída por el

alimento y quedará atrapada. Las jaulas pueden estar hechas de materiales como madera, metal o plástico y están generalmente caladas en el fondo. Las trampas son más grandes que las nasas y no usan carnada, sino que capturan a la especie objetivo dirigiéndola hacia un compartimento en donde se le imposibilita la salida, el atún es una de las especies entre otras que suele capturarse con este tipo de arte. [21]

1.4. Artes de pesca activas

Entre las artes de pesca activas están las lanzas y arpones, arrastres y dragas, redes de tiro, chinchorros, y redes de cerco.

Las lanzas y arpones representan una de las técnicas más antiguas de pesca, el principio es muy básico, se visualiza a la especie objetivo desde una distancia muy corta y se dirige hacia esta la lanza o arpón de modo que lo hiera e imposibilite su movimiento. Estas artes son operadas desde buques o tierra.

Las redes de arrastre junto con las dragas son redes compuestas por mallas, que capturan a las especies mediante arrastre. Estas redes son manipuladas por las embarcaciones de manera que se mantengan siempre abiertas para la captura, la operación se realiza en el fondo marino.

Las redes de tiro son una especie de combinación entre las redes de arrastre y de cerco, la cual se explicará más adelante. Básicamente atrapa a los peces encerrándolos en una malla que se ha ido acortando mediante tensión de cables sujetos a esta. La profundidad de operación varía según la especie a capturar.

Los chinchorros también son redes que atrapan cardúmenes de peces mediante paredes hechas de mallas similares a las de agalladera, pero mucho más finas. Estos se manejan desde una embarcación cerca de la playa.

Las redes de cerco usan el mismo principio que los chinchorros, se basan en mallas que encierran a los cardúmenes, pero estas se usan aguas medias y además cuentan con anillas metálicas que se cierran desde abajo, formando un tipo de bolsa y evitando que los peces escapen por el fondo. Estas redes son operadas desde buques que a menudo emplean sonares para ubicar a los grupos de peces y dar un mejor seguimiento a la captura. El atún es una especie objetivo de este arte de pesca. [21]

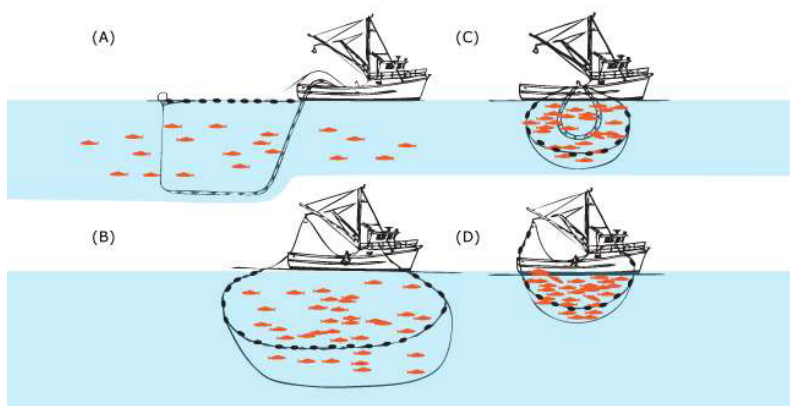


Figura 1.3 Principio de captura de una red de cerco

(A) Se extiende la red con pesas y boyas, rodeando a los peces, (B) luego el cable de cordón en el fondo de la red es estirado, cerrando el fondo, (C) entonces se concentra la captura dentro del bolso y finalmente (D) esta es transportada hasta el barco mediante redes más pequeñas.

Fuente: Monterey Fish Market, disponible en:

http://www.montereyfish.com/pages/methods/p_seining.html

1.5. Otras artes de pesca

Además de las artes detalladas en los párrafos anteriores existen otros métodos que se adicionan a algunas de estas con el objetivo de lograr una captura más eficiente. En algunas variedades de redes se hace uso de la luz, mediante lámparas que son adecuadas a los barcos, estas atraen a los peces y una vez concentrados en una sola área son capturados. Los hábitats artificiales como arrecifes, balsas o simples boyas son parte de una técnica llamada FAD (fish aggregating devices) por sus siglas en inglés, la CIAT se refiere a esta como OBJ [19], y funcionan como dispositivos de concentración, haciendo que peces pequeños se agreguen al área donde estos hábitats hayan sido implementados atraídos por la idea de un sitio donde pueden refugiarse y protegerse de los depredadores, pero estos ya han descubierto el escondite de sus presas, entonces también se aglomeran en estos puntos en busca de alimento y es aquí donde los pescadores aprovechan capturando a todas estas especies. El equipo o método de pesca utilizado para complementar esta técnica dependerá de la profundidad a la que se ubique el dispositivo (aguas superficiales, medias o profundas) y puede incluir cualquiera de las artes ya descritas anteriormente. [23] [24]

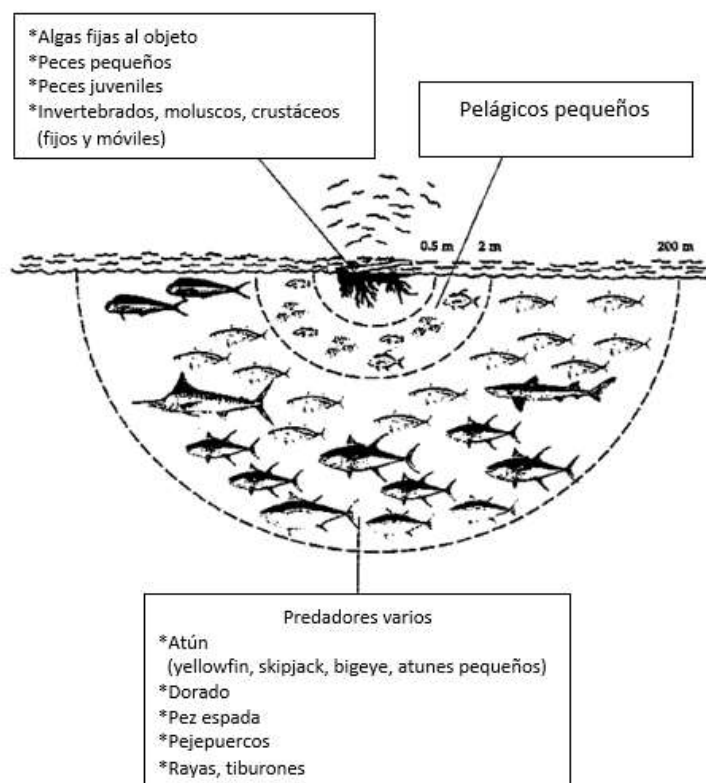


Figura 1.4 Vida marina relacionada al objeto flotante (FAD)

Fuente: Elaboración propia, basada en FAO, disponible en:

<http://www.fao.org/fishery/equipment/fad/en>

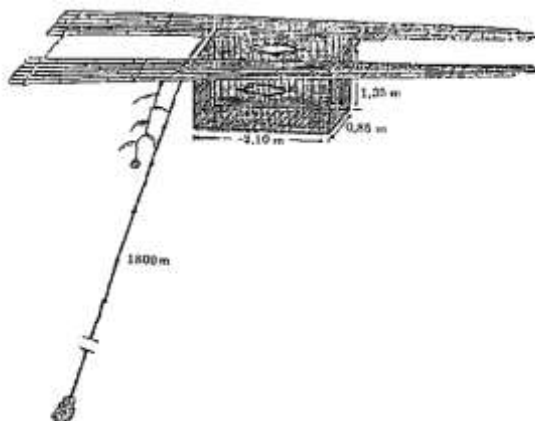


Figura 1.5 Trampa flotante (FAD)

La trampa puede estar adherida a balsas flotantes, la cual atrae a los pelágicos pequeños.

Fuente: FAO, disponible en: <http://www.fao.org/fishery/equipment/fad/en>

La pesca de atún ayudada de los delfines (DEL) es también bastante común debido a la asociación que hay entre estas dos especies (cardumen – manada). Los cardúmenes

de atún buscan protección de sus depredadores y la encuentran nadando junto a los delfines, así mismo se ayudan de estos para la localización de alimento. Ciertas teorías mencionan que esto es un mecanismo de ayuda mutua y que la asociación se vuelve más fuerte en condiciones oceánicas donde la distribución de la presa es menos homogénea, es decir su localización se torna difícil para lo cual se requieren buenas habilidades del predador, que en la mayoría de los casos es el atún. [25]

La pesca no asociada (NOA) o not associated fishing (en su traducción al inglés) se refiere a la pesca que se realiza por medio de las “brisas”; cuando los peces nadan cerca de la superficie provocan movimientos en las aguas que se encuentran justo encima de ellos, este movimiento es visible para las embarcaciones pesqueras cercanas, las cuales proceden a realizar la captura de la especie objetivo.

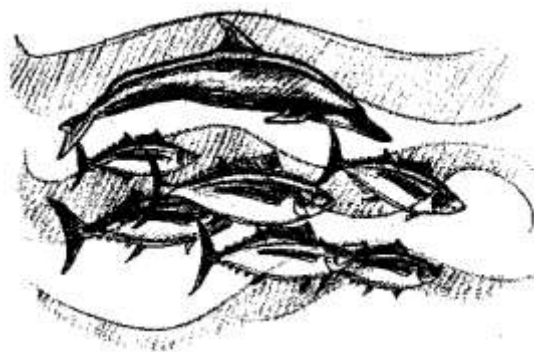


Figura 1.6 Ilustración de un delfín nadando junto a un grupo de atunes

Los barcos pesqueros aprovechan esta asociación para capturar al bigeye. Esta es la denominada pesca asociada a delfines o DEL.

Fuente: Institute of Marine Science, disponible en: <http://www.forsea.org/tunastud.html>

Otros tipos de prácticas como los explosivos y químicos son también usados para la pesca, pero prohibidos en zonas como el Pacífico oriental por el alto impacto negativo que ocasionan al medio [21].

1.6. Impactos generados por las artes de pesca

La pesca, como cualquier otra actividad comercial desarrollada por el ser humano tendrá consecuencias sobre el ecosistema. Todos estos artes de pesca generan impactos directos o indirectos que pueden darse hacia la misma especie objetivo o a aquellas que infortunadamente se ven involucradas en el proceso de captura. Las redes de arrastre provocan la destrucción de hábitats de fondo como lo son los arrecifes de coral, los cuales tienen un período de recuperación bastante largo. Por otro lado está la pesca fantasma que se refiere a artes que son abandonados o que han sido perdidos;

trasmallos, nasas y redes atrapados entre el fondo rocoso continuarán capturando y matando especies mientras no sean retirados del agua, de aquí, pero no solo en este caso puede desprenderse la captura incidental, que no es aquella especie objetivo, pero es capturada de forma accidental al quedar atrapada por el arte en acción, este tipo de pesca puede o no ser aprovechada por el pescador dependiendo de si es comercializable, no comercializable, legal o ilegal.

Todo lo que concierne al proceso de pesca puede causar contaminación al aire debido a las emisiones provocadas por los gases de combustión, así como el desecho de equipos viejos y vertidos de químicos al mar; este tema es regulado en el Código de Conducta. [26]

1.7. Bigeye tuna (BET)

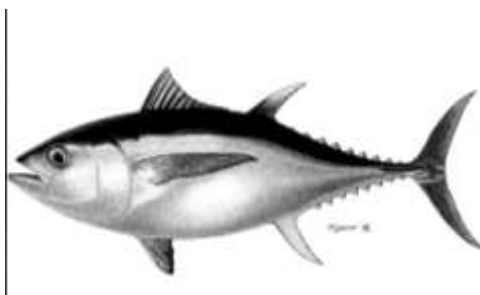


Figura 1.7 Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*)

Ilustración del bigeye del Pacífico oriental, de aproximadamente 130 cm de longitud.

Fuente: "Physiological and behavioural thermoregulation in bigeye tuna (*Thunnus obesus*) (1992)

El Bigeye (*Thunnus obesus*) también conocido como ojo grande o patudo ocupa el tercer puesto entre las especies de atún más comercializadas según datos publicados por la CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical) y el INP (Instituto Nacional de Pesca) [19] [29]. Se caracteriza por tener una cabeza grande, cuerpo redondeado y ojos grandes, bien desarrollados, los cuales le permiten una buena visión aun con poca luz, ya que generalmente habita debajo de la capa fótica. Su distribución vertical, comportamiento, entre otros difiere un poco de sus similares (Skipjack, Yellowfin). El bigeye está regido en su distribución vertical y horizontal principalmente por la temperatura y profundidad de la termoclina, así que se ve estrechamente ligado a las variaciones que ocurren en el clima del océano; se lo puede encontrar en zonas tropicales y templadas de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, en este último su distribución durante el día varía; en el Pacífico Oriental se los puede encontrar la mayor parte del tiempo entre los 200 y 350 m [28] [30].



Figura 1.8 Distribución geográfica del Bigeye tuna

Distribución geográfica del Bigeye representadas en rojo.

Fuente: Elaboración propia, basada en FAO, disponible en:

<http://www.fao.org/fishery/species/2498/en>

Los peces más jóvenes pueden pesar entre 29 a 48 kg y suelen distribuirse durante el día cerca de la isoterma de 15 °C alcanzando profundidades mayores a los 200 m, los adultos llegan a pesar más de 145 kg y habitan por debajo de los 500 metros, en donde la temperatura alcanza los 7 °C, mientras que para el atardecer asciende a aguas someras y cálidas, debido a la migración diurna de sus presas; su rango óptimo de temperatura está entre los 17 y 22 °C [28] [30]; los machos llegan a medir hasta más de 200 cm de longitud. Puede vivir hasta los 16 años de edad y su dieta se basa en peces epipelágicos y mesopelágicos, crustáceos y cefalópodos. Esta especie sobrevive en aguas profundas y frías, y a diferencia de las demás especies de atún, puede tolerar ambientes con poco oxígeno ($44.64 \times 10^{-6} \text{ mol O}_2 \text{ Kg}^{-1}$); según estudios su sangre presenta una mejor afinidad con este, y usando la termorregulación mantiene su temperatura corporal por encima de la temperatura del agua que le rodea. [31] [27]. Su migración se ve influenciada generalmente por la TSM. El desove de esta especie se da a lo largo de todo el año en las regiones tropicales del Océano Pacífico, aunque se ha registrado un desove estacional en latitudes altas, presentándose picos entre abril y septiembre en el hemisferio norte y entre marzo y abril en el hemisferio sur; los peces picudos grandes y ballenas dentadas son sus principales depredadores [30]. Actualmente la mayoría de las capturas comerciales que se realizan de esta especie en el Océano Pacífico son por flotas de cerco y palangre, con más de 56 mil y más de 36 mil toneladas respectivamente registradas en el OPO [19].

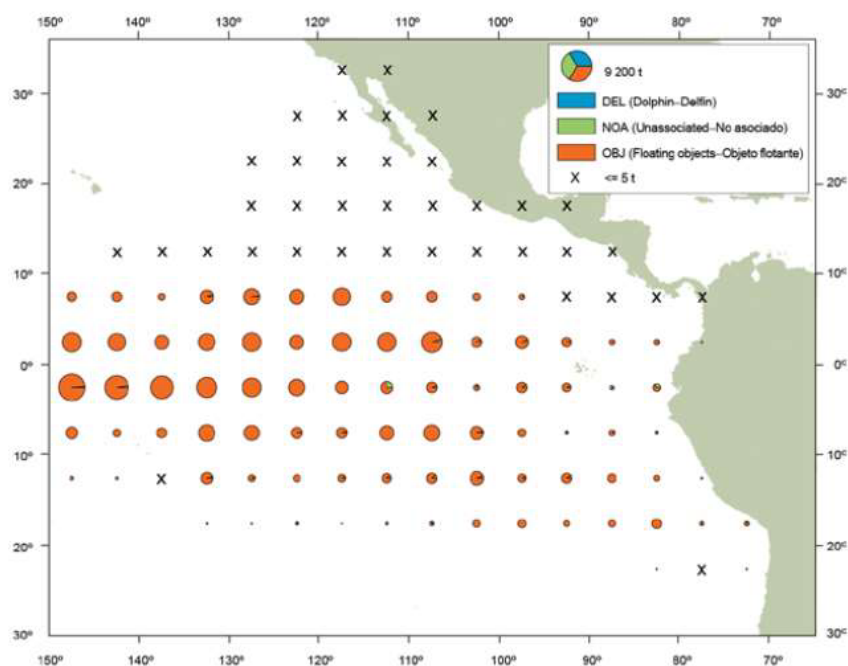


Figura 1.9 Distribución anual de las capturas cerqueras del bigeye

Distribución anual de las capturas cerqueras por tipo de lance (DEL NOA y OBJ) durante el año 2016.

Fuente: “THE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN IN 2016” IATTC

El uso de los FAD ha ayudado a que las capturas de esta especie por redes de cerco incrementen, así como las capturas que se realizan en las áreas costa afuera de Sudamérica; según datos de la CIAT el promedio de captura de esta especie en el OPO para el período 1987 – 2016 fue de 104 mil toneladas. La gran mayoría de las capturas registradas en el año 2016 provienen de la zona comprendida entre las latitudes 5 ° N y 5 ° S del Pacífico oriental [19].

1.8. El Niño Southern Oscillation

ENOS (El Niño Southern Oscillation) por sus siglas en inglés, es una alteración de las condiciones normales en la interacción Océano - Atmósfera que se inicia en el Océano Pacífico Tropical y afecta directa e indirectamente a todo el globo por medio de lo que se conoce como teleconexiones. Los eventos que se producen provocan oscilaciones tanto en el océano como en la atmósfera, manifestándose con dos fases. Durante "El Niño" el océano presenta una fase cálida, mientras que en la atmósfera se la llama fase negativa, por otro lado durante "La Niña" el océano se encuentra en una fase fría y la atmósfera en una fase positiva. El período de recurrencia de estos eventos es aproximadamente de 2 a 7 años [32].

1.9. El Niño (Fase cálida)

Esta fase del ciclo ENOS provoca anomalías positivas, es decir aumentos en la TSM, así como un desplazamiento más profundo de la termoclina. Aun no se sabe a ciencia cierta cuál es el origen de este acontecimiento, pero los estudios realizados hasta el momento se lo atribuyen al debilitamiento de los vientos provenientes del sureste, lo que ocasiona que una gran masa de agua cálida se acumule en el Pacífico occidental y viaje por el Pacífico central avanzando hasta las costas del Pacífico oriental en un lapso de 2 o 3 meses si las condiciones son las adecuadas, provocando aquí un aumento en el nivel del mar y lluvias muy intensas en países como Ecuador y Perú [32].

Los impactos que se generan en el Ecuador debido a este evento son más negativos que positivos, empezando por el desequilibrio económico del país producto de las inundaciones que se presentan en la región Costa, que afectan tanto al sector agrícola, ganadero y pesquero, como a todo tipo de construcción vial o edificación, así mismo a servicios básicos como el alcantarillado y agua potable. Estas inundaciones traen como consecuencia a largo plazo epidemias como la malaria o el dengue acabando con múltiples vidas humanas.

El impacto también se da en el ecosistema marino debido a la alteración de las condiciones del medio afectando a los organismos que allí habitan y que son sensibles a estos cambios. Durante El Niño la termoclina se profundiza evitando que las aguas frías asciendan hacia la superficie reduciendo la cantidad de nutrientes que son el alimento de muchas especies, provocando la migración de algunas de estas. Como consecuencia de las elevadas temperaturas la concentración de oxígeno se ve afectada principalmente en aguas superficiales, donde su valor disminuye debido a la liberación de este gas hacia la atmósfera, mientras que las mayores concentraciones se ven profundizadas, lo que resulta en una alteración de toda la cadena trófica [11] [12] [14] [32] [34].

1.10. La Niña (Fase fría)

La fase fría, comúnmente llamada “La Niña” obtuvo su nombre debido a que se presenta con condiciones opuestas a la fase cálida (El Niño). Este evento provoca anomalías negativas en el Pacífico Ecuatorial oriental, es decir que la temperatura superficial del mar (TSM) disminuye y la termoclina asciende, volviéndose menos profunda de lo normal, otra característica importante de esta fase es la notable disminución del nivel del mar en las costas de países como Colombia, Ecuador y Perú. Durante La Niña la corriente de Humboldt se fortalece produciéndose las surgencias, lo que se traduce a un ascenso de aguas frías hacia la superficie y por lo tanto un aumento en la cantidad

de nutrientes. La circulación atmosférica también se ve alterada por lo cual las intensas lluvias que eran provocadas en el Ecuador por El Niño se ven reducidas [33]

Como ya se ha mencionado, contrario a la fase cálida, en La Niña se produce un déficit de lluvias, esto afecta directamente a los sectores agrícola y ganadero, e indirectamente al sector comercial y a la población en general, ya que debido a la escasez de agua los sembríos se echan a perder, y por otro lado los animales mueren por la falta de alimento, teniendo como consecuencia un aumento en el precio de los productos que se derivan de estos sectores.

Pero este evento no solo genera impactos negativos, también están los positivos y el más relevante es aquel que se da en el sector pesca gracias a la gran cantidad de nutrientes que surgen con las aguas frías, lo cual favorece las capturas tanto de aquellas especies que buscan condiciones confortables y que son características de aguas con bajas temperaturas, como de aquellas que atraídas por la alta riqueza biológica llegan hasta estas aguas en busca de alimento. Simultáneamente se da también la disminución y migración de ciertas especies locales, debido a las alteraciones provocadas en el medio marino. [35] [36]

1.11. Regiones Niño

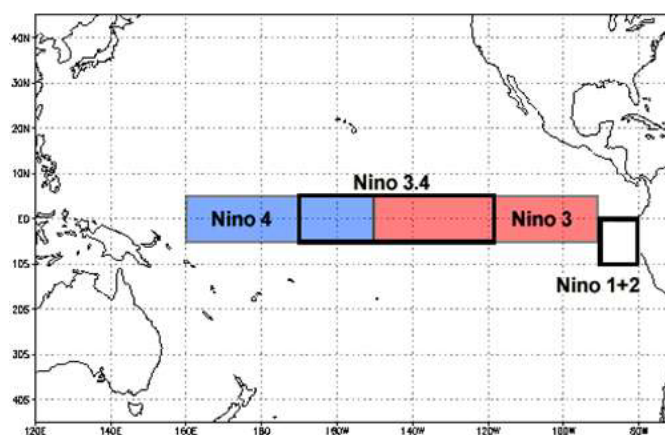


Figura 1.10 Regiones Niño

Regiones Niño definidas.

Fuente: NOAA, disponible en

<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>

La zona del Pacífico ecuatorial ha sido dividida en cuatro regiones que permiten un mejor entendimiento de los procesos oceánicos que involucran los eventos El Niño y La Niña, estas se describen a continuación.

Niño 1+2: esta región es la más pequeña de las cuatro, se localiza en el Pacífico oriental y cubre toda la zona de 0° A 10° S en latitud y de 80° a 90° W en longitud, incluyendo las costas de Perú y Ecuador, junto con las islas Galápagos.

Niño 3: cubre la zona de 5° N a 5° S en latitud y de 90° a 150° W, suele presentar las mayores anomalías de temperatura superficial del mar.

Niño 3.4: esta es una subregión conformada por parte de la región 3 y parte de la región 4, localizada en el Pacífico central, cubre la zona de 5° N a 5° S en latitud y de 120° a 170° W en longitud. Las temperaturas superficiales del mar de esta región son las más usadas en torno a los estudios de eventos Niño, sus anomalías son utilizadas como indicadores de la presencia de eventos cálidos o fríos. Cuando en esta región se presenta una anomalía mayor o igual a $+ 0.5$ y se mantiene por 5 meses o más se anuncia un evento Niño, del mismo modo si la anomalía es de $- 0.5$ se anuncia entonces una Niña.

Niño 4: se ubica en el Pacífico occidental y cubre la zona de 5° N a 5° S en latitud y de 150° W a 160° E en longitud, al igual que la región 3 tiende a presentar las anomalías más altas de TSM [37].

Para el presente estudio se ha optado por trabajar con las regiones Niño 1+2, Niño 3 y Niño 3.4, por considerarlas de mayor relevancia para el objetivo de la investigación.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla la metodología utilizada en cuanto a la obtención y procesamiento de datos.

2.1. Recopilación de datos

Las series de datos para las capturas del Bigeye tuna fueron obtenidas de la publicación que realiza anualmente la CIAT o IATTC (en inglés) [19], en la que reporta en detalle acerca de la pesca que se realiza en el Océano Pacífico oriental.

Las series de TSM se obtuvieron desde la página web de la NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) [38]. Se utilizó parte de la data que se encuentra disponible por regiones (Niño 1+2, Niño 3 y Niño 3.5), así como también del proyecto TAO/TRITTON [39], el cual consiste en un conjunto de boyas estratégicamente ubicadas a lo largo del Pacífico ecuatorial. Se escogieron aquellas que se encuentran dentro de las regiones de interés (95°, 110°, 125°, 140° y 155°W), obteniéndose así los datos de 34 boyas en total. Debido a la baja cantidad de capturas que se registran por parte de la flota ecuatoriana en las zonas alejadas de las costas del Pacífico oriental, y luego del análisis de los resultados que se detallarán en el siguiente capítulo, se han descartado las boyas ubicadas en 125°, 140° y 155°W, trabajando finalmente con aquellas localizadas en 95° y 110°W. Es importante recalcar que en este caso hubo data inexistente para ciertos meses y ciertos años, por lo que se procedió a trabajar con lo disponible.

2.2. Procesamiento de datos

Los datos disponibles en las páginas web de la NOAA se muestran diarios y mensuales, por lo que se procedió a encontrar promedios anuales, para de esta manera poder trabajar con la data de capturas anuales (que son las disponibles).

Se realizaron gráficas representativas con las series disponibles de TSM y número de capturas. Para las gráficas que involucran a las capturas totales (todas las artes de pesca de todos los países) se utilizaron los datos de temperatura por regiones, y para las capturas totales por Ecuador se utilizaron los datos de TSM provenientes de las boyas. Todos estos datos de captura se refieren al Océano Pacífico oriental.

Se aplicó la metodología del coeficiente de correlación de Pearson (R), con este fue posible determinar el índice de relación lineal entre las dos variables de interés. El coeficiente de determinación, o en este caso también llamado regresión lineal (R^2) es

un número dado entre 0 y 1, el cual al multiplicarlo por 100 indica el porcentaje de correlación entre dos variables. La variable independiente fue TSM y la dependiente descarga de pesca.

Se procedió a trabajar con desfases de un año para la data de capturas, ya que se planteó como hipótesis que “la respuesta de las especies al cambio físico-químico del medio no se aprecia sino hasta un año después”, lo cual influiría en el número de capturas (esto puede observarse gráficamente en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3), es decir la correlación entre las variables se realizó con un año de diferencia (TSM 1987, captura 1988). Se realizó un análisis comparativo entre estos resultados y los arrojados luego de la correlación sin desfase.

Las gráficas fueron realizadas con la ayuda de la aplicación Excel y el programa RStudio.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Los resultados se analizaron de forma secuencial, primero se obtuvieron gráficas representativas para ambas series de datos (figuras 3.1, 3.2 y 3.3) en las que se puede observar el comportamiento de las temperaturas superficiales del mar de las regiones Niño 1+2, Niño 3 y Niño 3.4 y las capturas de bigeye en distintos puntos geográficos del OPO durante el período 1987 – 2016.

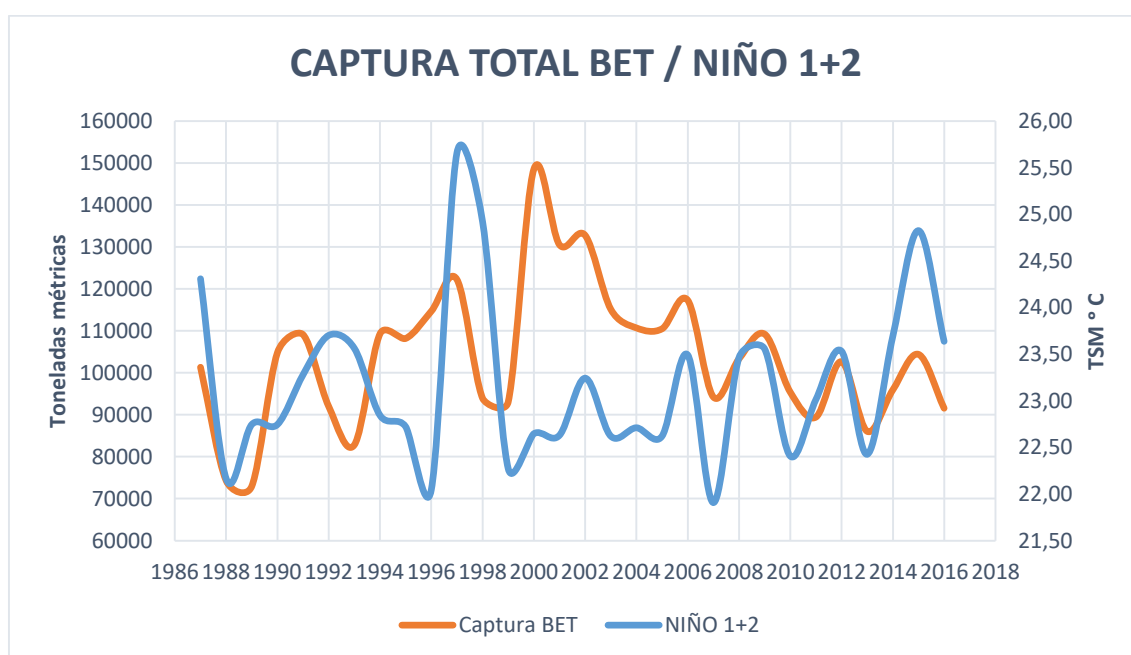


Figura 3.1 Comparación Captura Total BET – Niño 1+2

Curvas para la captura total de Bigeye en el OPO y la TSM en la región Niño 1+2, para el período 1987 - 2016.

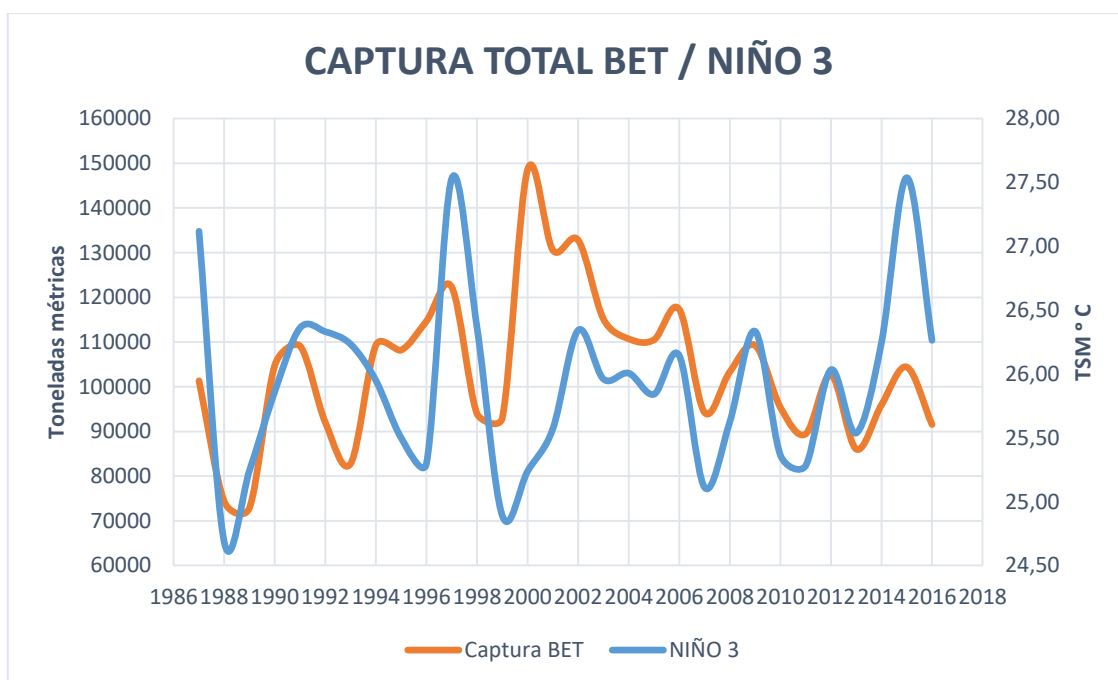


Figura 3.2 Comparación Captura Total BET – Niño 3

Curvas para la captura total de Bigeye en el OPO y la TSM en la región Niño 3, para el período 1987 - 2016.

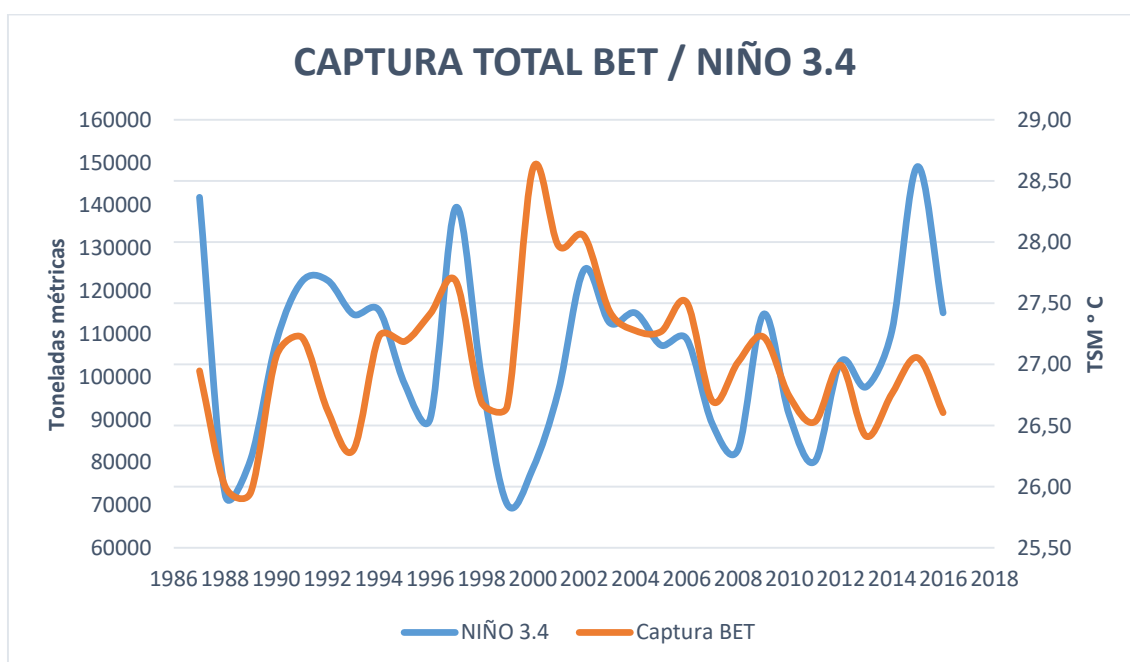


Figura 3.3 Comparación Captura Total BET – Niño 3.4

Curvas para la captura total de Bigeye en el OPO y la TSM en la región Niño 3.4, para el período 1987 - 2016.

Las curvas resultantes muestran un ligero desfase entre ellas, aunque aparentemente presentan un comportamiento contrario en ciertos años; se observa por ejemplo en el 2000, (para las tres figuras) un pico en la curva de capturas, y a su vez una baja en la TSM, lo que indicaría que las bajas temperaturas representan mayores capturas. En presencia de eventos extremos como el ocurrido en el 97-8 [11], el cual resultó en un aumento brusco de la TSM, el número de capturas decae, esto es apreciable en el 99, (para las tres figuras) un año después del evento; para el mismo año la temperatura empieza a decrecer, mientras el número de capturas ha aumentado para el 2000. Este análisis cualitativo confirmaría la hipótesis acerca de la respuesta tardía de las especies frente a los cambios en su entorno. Para corroborar esto se realizó también un análisis cuantitativo.

Con los antecedentes expuestos fue plausible proceder a establecer el grado de correlación lineal entre TSM y número de capturas, desfasando un año esta última.

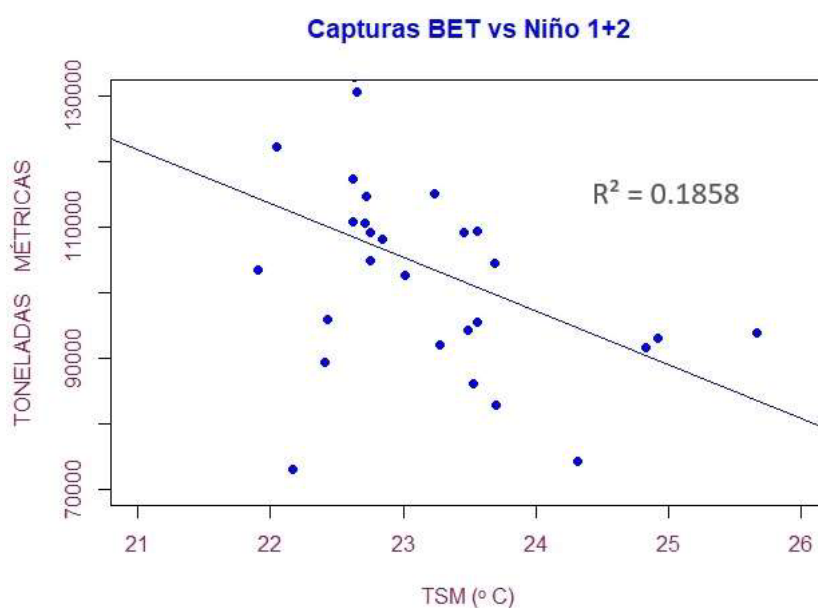


Figura 3.4 Tendencia y correlación Captura Total BET – Niño 1+2

Tendencia para la captura total de Bigeye en el OPO versus la TSM en la región Niño 1+2, para el período 1987 - 2016.

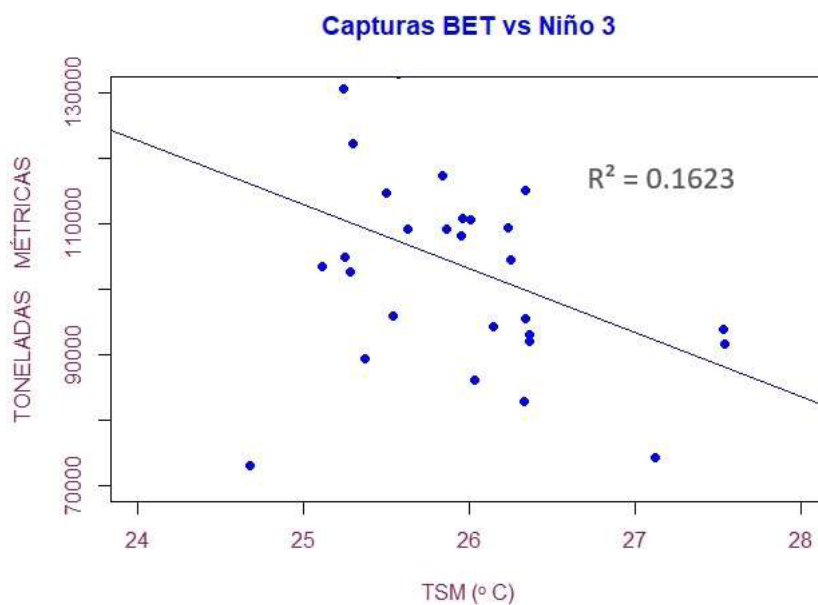


Figura 3.5 Tendencia y correlación Captura Total BET – Niño 3

Tendencia para la captura total de Bigeye en el OPO versus la TSM en la región Niño 3, para el período 1987 – 2016.

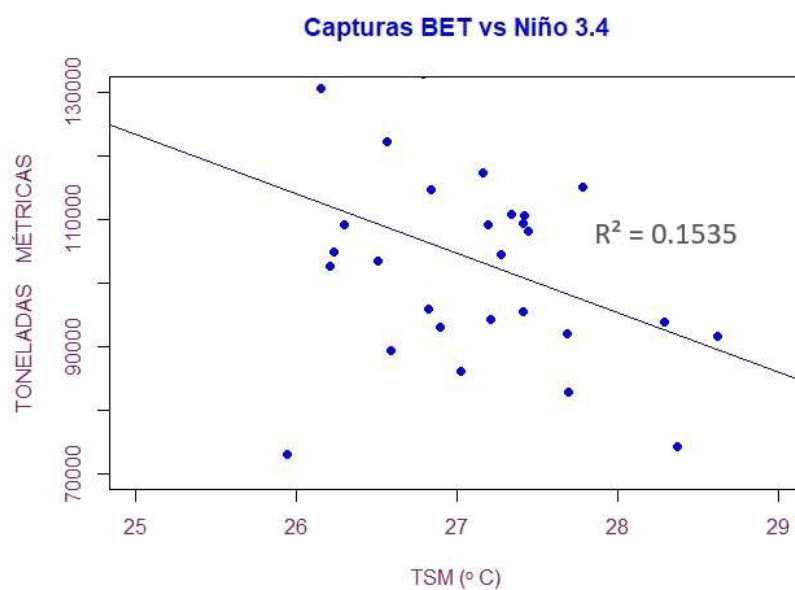


Figura 3.6 Tendencia y correlación Captura Total BET – Niño 3.4

Tendencia para la captura total de Bigeye en el OPO versus la TSM en la región Niño3.4, para el período 1987 – 2016.

La correlación encontrada entre las capturas de bigeye en el OPO y las temperaturas superficiales del mar en las regiones Niño 1+2 (figura 3.4), Niño 3 (figura 3.5) y Niño 3.4 (figura 3.6) nos indica una tendencia negativa, con ciertos puntos alejados de esta, que pueden deberse a eventos Niño fuertes. Los resultados demuestran que a medida que la temperatura aumenta, las capturas decrecen, lo cual corrobora lo demostrado en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3; por tanto, se estima que para la región Niño 1+2 (figura 3.4) el número de capturas va a decrecer cuando la TSM supere los 24 °C, por el contrario si esta está por debajo de este mismo valor, el número de capturas va a aumentar. 24 °C sería la “temperatura límite”, para la región Niño 1+2, de la misma manera se estima que para las regiones Niño 3 y Niño 3.4 estas serían 26.5 y 27.5 °C respectivamente. Esto sugiere que en un evento Niña existiría una mejor disponibilidad de recursos pesqueros, aunque esto no sea necesariamente cierto, debido a que como ya se lo mencionó, la pesca está limitada por otros factores como las vedas, la producción energética, etc. De todas formas la tendencia es clara e indica que en condiciones frías o en eventos Niña moderados la pesca de esta especie se ve favorecida. Los valores de correlación (R^2) fueron de 0.18 para la región Niño 1+2 (figura 3.4), 0.16 para la región Niño 3 (figura 3.5) y 0.15 para la región Niño 3.4 (figura 3.6), lo que se traduce en un promedio de 16 % de afectación en el número de capturas dado por la condición oceanográfica (TSM).

Finalmente se elaboraron tablas comparativas (Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3) para los factores de correlación entre las capturas realizadas por la flota ecuatoriana y las TSM tomadas por las boyas más cercanas a las costas ecuatorianas.

Latitud Longitud	0	2N	2S	5N	5S	8N	8S
110 W	0.0209	0.0098	0.0186	0.0423	0.0209	0.009	0.0003
110 W (desfasado)	0.0838	0.0008	0.0045	5.00E-05	0.0004	0.0467	0.0453

Tabla 5: Correlaciones Captura Ecuador – TSM 110W

Valores de R^2 para los casos de captura total por Ecuador versus la TSM registrada por las boyas ubicadas en la longitud 110W y latitudes que se indican. La fila correspondiente a desfasado se refiere a los valores de R^2 obtenidos al desfasar un año la variable capturas.

Latitud Longitud	0	2N	2S	5N	5S	8N	8S
95 W	0.2213	0.0456	0.1877	0.0358	0.0853	0.0095	0.1385
95 W (desfasado)	0.0353	0.0023	0.0355	0.0198	0.0004	0.0157	0.0796

Tabla 6: Correlaciones Captura Ecuador – TSM 110W

Valores de R^2 para los casos de captura total por Ecuador versus la TSM registrada por las boyas ubicadas en la longitud 95W y latitudes que se indican. La fila correspondiente a desfasado se refiere a los valores de R^2 obtenidos al desfasar un año la variable capturas.

Latitud Longitud	0	2N	2S	5N	5S	8N	8S
95 W	0.2213	0.0456	0.1877	0.0358	0.0853	0.0095	0.1385
110 W	0.0209	0.0098	0.0186	0.0423	0.0209	0.009	0.0003

Tabla 7: Correlaciones Captura Ecuador - TSM

Valores de R^2 para los casos de captura total por Ecuador (sin desfasar) versus la TSM registrada por las boyas ubicadas en las latitudes y longitudes que se indican.

Al trabajar con las TSM tomadas de las boyas ubicadas en la longitud 110°W, (Tabla 5) los resultados fueron variados en cuanto a las correlaciones entre los datos de captura desfasados y no desfasados. Para las latitudes 2°N, 2°S, 5°N y 5°S las mejores correlaciones se dieron con los datos de captura sin desfasar, y para las latitudes 0°, 8°N y 8°S las mejores correlaciones se dieron con los datos de captura desfasados; aun así los valores de R^2 para este último caso fueron muy bajos, alcanzando un valor máximo de 0.08, es decir una correlación del 8 %. Para el caso de las boyas ubicadas en la longitud 95°W (Tabla 6) los resultados fueron aún mejores cuando se trabajó con los datos de captura sin desfasar, las latitudes 2°S, 8°S y 0° muestran los mejores resultados alcanzando en los 0° un máximo R^2 de 0.22, lo cual indica una correlación del 22 %, un valor relativamente alto que demuestra la importante influencia de la variable oceanográfica en la pesca de esta especie.

Para el caso de la captura total en el OPO, los mejores valores de correlación se mostraron al trabajar con la data de capturas desfasada (figura 3.4, 3.5 y 3.6), lo cual indica que para este caso, la respuesta a las condiciones oceanográficas se observan tiempo después. Por otro lado, en el caso de las capturas realizadas por Ecuador (Tablas 5, 6 y 7) las correlaciones resultantes sugieren que la respuesta de las especies

al medio no es de un año, sino más bien inmediata, esto no pudo ser corroborado ya que el estudio estuvo limitado a trabajar con data anual.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las capturas del atún bigeye están influenciadas hasta en un 20 % por la Temperatura Superficial del Mar, el 80 % restante puede ser debido a la suma de otros factores como: capacidad de captura de la nave pesquera, el tipo de pesca asociada, el esfuerzo pesquero real, este último se refiere a todo lo involucrado con la operatividad del buque, es decir, capacidad, tamaño, tecnología, personal a cargo, etc; otras limitantes son las habilidades de los pescadores y las vedas espaciales y temporales.
2. Las vedas se aplican con el objetivo de salvaguardar la especie, reduciendo su mortalidad y evitando la sobreexplotación, mediante la prohibición de su pesca dentro de un área y espacio de tiempo determinado, en el cual esta puede recuperarse por completo.
3. Las variaciones en la temperatura del océano generan cambios en la físico-química del medio marino, alterando el ciclo biológico de las especies. Así, la concentración de gases como el oxígeno disuelto (OD) disminuyen o aumentan su solubilidad y por ende su concentración ante el incremento o decremento de la temperatura respectivamente. Los decrementos de OD provocan desplazamientos horizontales y verticales del atún, lo que deriva en bajas tasas de reproducción, reclutamiento y supervivencia. Al contrario condiciones de anomalías negativas de temperatura (no tan agudas) es positivo para los stocks, ya que la transferencia de energía a través de la cadena trófica se incrementa, lo que redundaría en la disponibilidad de alimento para el atún. Así mismo los cambios bruscos en la temperatura del mar pueden generar estrés en las especies, con lo cual se incrementa el número de mortalidad, reduciendo la población e influyendo así en la tasa de capturas.
4. Se encontraron correlaciones estadísticas, las que demuestran una mayor concentración de capturas distribuidas de la siguiente manera:
 - a. para la región Niño 1+2, entre 22.5 a 24 °C,
 - b. para la región Niño 3, entre 25 a 26.5 °C y,
 - c. para la región Niño3.4, entre 26 a 27.5 °C,

estas representarían los rangos óptimos de TSM para la pesca en cada una de estas regiones.

5. Los resultados obtenidos al trabajar con las TSM tomadas de las boyas arrojaron los mejores valores de correlación cuando los datos de capturas no fueron desfasados que cuando sí se los desfasó, esto sugiere que el tiempo de desfase fue demasiado y que la respuesta de los stocks para este caso puede ser de tan solo meses o quizás semanas.

Recomendaciones

1. Utilizar datos de capturas que abarquen áreas más pequeñas, lo que podría aumentar visiblemente la correlación resultante. Así mismo trabajar también con datos de captura mensual o trimestral, obteniendo una reducción en el rango de error de los resultados y permitiendo una mejor visualización de la estacionalidad, con lo que se logra un mejor análisis.
2. La distribución espacial del bigeye tuna se encuentra estrechamente relacionada con los cambios en la temperatura superficial del océano y profundidad de la termoclina, por este motivo se necesita analizar los datos del perfil térmico de la zona en donde se realiza la pesca y hallar la correlación que presenta esta variable con el número de capturas.
3. La investigación científica en torno a este tema ha arrojado resultados que pueden considerarse bastante útiles para una reestructuración en el buen manejo de las pesquerías. El sector pesquero recoge altas ganancias que son generadas en su gran mayoría por las exportaciones anuales de atún. La gestión gubernamental sobre estas ganancias debería centrarse o estar mejor distribuidas en el seguimiento continuo de las investigaciones que aporten al desarrollo de mejores tecnologías y medidas que permitan tomar un mayor control sustentado en los estudios realizados y analizados en beneficio del país, aprovechando al máximo las bondades que esta especie nos brinda, sin desligarse del manejo sustentable y sostenible de los recursos naturales, sector productivo y la protección del medio ambiente.
4. Se deberían realizar estudios similares con las diferentes especies marinas que representan un impacto socio-económico para el país. Nuevas investigaciones enfocadas en la optimización de las actuales técnicas de pesca y manejo de estas especies permitirían un continuo desarrollo del ámbito científico, así mismo con el objetivo de lograr una mejor calidad en el producto final y expandir el mercado de exportación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO, *El Estado Mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos.*, Roma, 2016.
- [2] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/ecu/profile.htm>. [Último acceso: 5 Septiembre 2017].
- [3] M. A. Plaza, A. Nuñez, F. Ormaza, J. Rodríguez, J. Zambrano y J. Quijano, «ESTUDIOS INDUSTRIALES, ORIENTACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA TOMA DE DECISIONES. INDUSTRIA DE PESCA,» ESPAE - ESPOL, Guayaquil, 2016.
- [4] F. Ormaza, «Perspectivas de la investigación oceanográfica-pesquera en Ecuador,» *FOCUS*, nº 73, p. 1, 2017.
- [5] F. I. Ormaza, A. Mora y R. M. Bermúdez, *Relationships between tuna catch and variable frequency oceanographic conditions*, Guayaquil, 2016.
- [6] F. Ormaza, *Sustentabilidad de stocks, consumo per cápita e impacto de condiciones oceanográficas en las pesquerías: Status del atún.*, Guayaquil, 2016.
- [7] F. Ormaza, "Eventos oceanográficos y pesquerías del atún," *Ecuador Pesquero*, vol. 44, p. 14, 2008.
- [8] F. Ormaza, "La Niña 2008–2009: El periodo interdecadal frío y las pesquerías del dorado," *Ecuador Pesquero*, vol. 47, p. 34, 2009.
- [9] F. Ormaza, "Fenómeno La Niña, Su posible impacto en las pesquerías," *Ecuador Pesquero*, vol. 55, p. 4, 2010.
- [10] F. Ormaza, "Posibles impactos del invierno en pesquerías, Condiciones oceanográficas en el 2012," *Ecuador Pesquero*, vol. 61, p. 2, 2012.
- [11] M. Glantz, *Once burned, twice shy? Lessons learned from the 1997 - 98 El Niño*, Tokyo, 2001.
- [12] P. LEHODEY, J. ALHEIT, M. BARANGE, T. BAUMGARTNER, G. BEAUGRAND, K. DRINKWATER, J.-M. FROMENTIN, S. R. HARE, G.

- OTTERSEN, R. I. PERRY, C. ROY, C. D. V. D. LINGEN y F. WERNER, *Climate Variability, Fish, and Fisheries*, Francia, 2006.
- [13] N. Mantua, S. Hare, Y. Zhang, J. Wallace y R. Francis, *A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production*, Washington: JISAO, 1997.
- [14] L. GODDARD, S. J. MASON, S. E. ZEBIAK, C. F. ROPELEWSKI, R. BASHER y M. A. CANE, *CURRENT APPROACHES TO SEASONAL-TO-INTERANNUAL CLIMATE PREDICTIONS*, New York, 2000.
- [15] B. Giese, G. Compo, N. Slowey, P. Sardeshmukh, J. Carton, S. Ray and J. Whitaker, *The 1918/19 El Niño*, Texas: American Meteorological Society, 2010.
- [16] M. C. WU, W. L. CHANG and W. M. LEUNG, *Impacts of El Niño–Southern Oscillation Events on Tropical Cyclone Landfalling Activity in the Western North Pacific*, Hong Kong: American Meteorological Society, 2004.
- [17] C. Cabanilla, "DESEMBARQUES ARTESANALES DE ATUNES EN LA COSTA ECUATORIANA PERIODO 2007-2013," Guayaquil, 2014.
- [18] J. Pacheco, A. Romero and M. Peralta, "REPORTE DE LA ACTIVIDAD DE PESCA DE LA FLOTA ATUNERA CERQUERA ECUATORIANA REGISTRADA POR EL PROGRAMA NACIONAL DE OBSERVADORES ECUADOR (PROBECUADOR), PERÍODO 2012 – 2015," Guayaquil, 2016.
- 19 INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, «THE FISHERY FOR TUNAS AND BILLFISHES IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN IN 2016,» California, 2017.
- 20 INP, "Instituto Nacional de Pesca," [Online]. Available: <http://institutopesca.gob.ec/atun/>. [Accessed 5 Septiembre 2017].
- 21 FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-y3427s/y3427s04.htm>. [Último acceso: 28 Julio 2017].
- 22 Monterey Fish Market, "Monterey Fish Market," [Online]. Available: http://www.montereyfish.com/pages/methods/p_seining.html. [Accessed 3 Septiembre 2017].

- 23 J. Prado, "A world review of the fishing techniques used in association with fish aggregating devices in small-scale fisheries and potential interest for the Lesser Antilles countries," Rome, 2002.
- 24 FAO, "Fisheries and Aquaculture Department," [Online]. Available: <http://www.fao.org/fishery/equipment/fad/en>. [Accessed 3 Septiembre 2017].
- 25 J. Gonzalez, *Efecto de la Pesca de Atún con Delfines*, Monterrey, 1999.
- 26 FAO, *Código de Conducta para la Pesca Responsable*, Roma, 1995.
- 27 K. Holland, R. Brill, R. Chang, J. Sibert and D. Fournier, *Physiological and behavioural thermoregulation in bigeye tuna (Thunnus Obesus)*, Honolulu, 1992.
- 28 E. Josse, P. Bach y L. Dagorn, *Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys*, French Polynesia, 1998.
- 29 INSTITUTO NACIONAL DE PESCA, *ESTADÍSTICAS DE LA FLOTA ATUNERA CERQUERA ECUATORIANA 2000-2016*, Guayaquil, 2017.
- 30 FAO, "Fisheries and Aquaculture Department," [Online]. Available: <http://www.fao.org/fishery/species/2498/en>. [Accessed 6 Septiembre 2017].
- 31 T. Lowe, R. Brill and K. Cousins, *Blood oxygen-binding characteristics of bigeye tuna (Thunnus Obesus) a high-energy-demand teleost that is tolerant of low ambient oxygen*, Hawaii, 2000.
- 32 INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA, [En línea]. Available: http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/el_nino/nino_generalidades.php. [Último acceso: 28 Agosto 2017].
- 33 INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA, [En línea]. Available: http://www.inocar.mil.ec/modelamiento/el_nino/nina_generalidades.php. [Último acceso: 28 Agosto 2017].
- 34 R. Vos, M. Velasco and E. Labastida, *ECONOMIC AND SOCIAL EFFECTS OF "EL NIÑO" IN ECUADOR, 1997-8*, Quito, 1999.
- 35 F. Ormaza, "La Niña 2008–2009: El periodo interdecadal frío y las pesquerías del dorado," *Ecuador Pesquero*, vol. 37, p. 34, 2009.

- 36 F. Ormaza, "Post La Niña del 2010: Condiciones oceanográficas e impacto pesquero," *Ecuador Pesquero*, vol. 57, p. 2, 2011.
- 37 The National Center for Atmospheric Research, «Climate Data Guide,» [En línea]. Available: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>. [Último acceso: 28 Agosto 2017].
- 38 U.S. Department of Commerce, «National Oceanic and Atmospheric Administration,» [En línea]. Available: <http://www.noaa.gov/>. [Último acceso: 28 Agosto 2017].
- 39 UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE, «Data Display and Delivery - Global Tropical Moored Buoy Array,» [En línea]. Available: <https://www.pmel.noaa.gov/tao/drupal/disdel/>. [Último acceso: 28 Agosto 2017].