

Aplicación de un Modelo de Sostenibilidad para la Pesca y Sobre-Explotación del Atún Tropical en el Ecuador

John William Barzola Alvario
Johanna Lisseth Caicedo Amalla
Julio Enmanuel Villacres Real

Facultad de Economía y Negocios
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

johwibar@espol.edu.ec
jolicaic@espol.edu.ec
julvilla@espol.edu.ec

Director de Tesis:
PhD (c) Víctor Hugo González Jaramillo
vgonzal@espol.edu.ec

Resumen

El presente proyecto es un estudio por medio del modelo de biomasa-dinámica de Schaefer y Fox, en el caso atún tropical (barrilete, patudo y aleta amarilla) aplicándolos a los datos de captura y esfuerzo procedentes de la CIAT¹ caso Ecuador. Con la finalidad de encontrar el modelo que mejor se ajuste a las observaciones. Los modelos son resueltos por regresiones donde se puede estimar cual sería el óptimo de captura en el futuro.

Palabras Claves: *Captura, Esfuerzo pesquero, Índice de abundancia, Modelo determinística, Poder de pesca, Máximo rendimiento sostenible, Verosimilitud, Stock*

Abstract

This project is a study by the biomass-dynamic model of Schaefer and Fox, for tropical tunas (skipjack, bigeye and yellowfin) and applied to the catch and effort data from the CIAT case Ecuador. In order to find the model that best fits the observations. The models are solved by regressions where you can estimate what would be the optimal capture in the future.

Keywords: *Shooting, fishing effort, abundance index, deterministic model, Fishing power, maximum sustainable yield, Likelihood, Stock*

¹ (Comisión Interamericana del Atún tropical “CIAT”, 2011)

1. Introducción

El atún es una especie pelágica (viven en zonas alejadas de la costa) que habita en las aguas templadas y tropicales de los océanos Atlántico, Indico y Pacífico.

Cerca de cincuenta especies de atunes y afines han sido identificadas en los océanos del mundo. Sin embargo, son seis las especies sobre las que históricamente se ha concentrado el mayor interés de la pesquería mundial de atún debido a su abundancia e importancia comercial. En este trabajo haremos referencia a las tres especies de atún tropical, las cuales son: Aleta Amarilla, Barrilete, Patudo.

La capacidad de producción atunera de nuestras aguas es de 80.000 T.M. anuales, de las cuales muy poco se aprovechan. Los barcos pesqueros atuneros representan el 36.6% del total de nuestra flota pesquera nacional²; hasta las 60 millas de la costa solo barcos nacionales pueden hacer pesca de atún, pasada esta distancia se permite la pesca de flotas extranjeras, especialmente de Estados Unidos.

1.1. Antecedentes y Justificación

Durante los últimos 35 años, el número de barcos cañeros de cada uno de estos países ha registrado notables variaciones, observándose una drástica reducción del tamaño total de la flota cañera desde mediados de los 70s hasta su virtual extinción a comienzos del nuevo milenio.

Los datos sobre la actividad pesquera actual resultan reveladores y preocupantes a la vez. El 60% de las especies comerciales más importantes del mundo están sobreexplotadas o agotadas, y sólo el 25% de los recursos pesqueros actuales se consideran constantes. Como consecuencia del crecimiento demográfico previsto, y si se mantiene el nivel mundial de consumo de pescado, se calcula que para 2010 las capturas deberán alcanzar los 120 millones de toneladas al año. Esto supone un sustancial incremento - de entre 75 y 85 millones de toneladas- respecto al decenio de 1990.

La investigación se lleva a cabo por medio de información proporcionada por la CIAT y el INP, partiendo de la creciente demanda de productos y materia prima con respecto al atún tropical en el sector industrial, las características de explotación de estos recursos naturales han convertido los conceptos de evaluación en una vía necesaria para lograr el objetivo de desarrollo sustentable.

1.2. Objetivo General

Analizar un modelo de aplicación sobre la sostenibilidad de la pesca de las especies marinas. Caso Atún tropical

1.3. Objetivos Específicos

- Definir un modelo aplicable a la pesca y sobreexplotación del atún tropical.
- Analizar los modelos de Schaefer y Fox y su aplicación en el Ecuador mediante diferentes escenarios.
- Utilizar distintos procedimientos de estimación con el fin de determinar el desempeño de cada uno de acuerdo a su estructura, función, método de ajuste y coherencia con las características del recurso.

2. Marco Teórico

Este capítulo contiene Una descripción de la pesca del atún tropical en el Océano Pacífico Oriental, las formas de pesca, leyes y organismos reguladores, explicamos las referencias teóricas utilizadas para el desarrollo del modelo, se explica la razón por la cual se decide aplicar el modelo de máximo rendimiento sostenible de Schaefer y Fox, y se mencionan los beneficios obtenidos al aplicar dicha metodología en la pesca del atún tropical en el Océano Pacífico Oriental.

2.1. Tipos de pesca

2.1.1. Pesca Extractiva

Se orienta a la pesca de poblaciones de peces transzonales y altamente migratorias, (atunes principalmente).

Se inicia en 1952 en el Puerto de Manta y desde esa fecha ha venido creciendo al punto que para el año 2010, la industria dispone de 106 barcos, de 33 plantas enlatadoras, 19 empacadoras.

2.1.2. Pesca blanca

La pesca blanca incluye especies como: Pargo Lunar, Pargo Liso, Pargo Denton, Corvina Plateada, Robalo, Picuda y Huayaípe, cuyas poblaciones se ubican en aguas costeras y sobre la plataforma del margen continental.

2.1.3. Sector Pesca Artesanal

Comprende una amplia gama de modalidades que van desde la ancestral recolección a mano de mariscos hasta el uso de embarcaciones motorizadas que operan en aguas soneras y en mar abierto.

Pesca de recolección, que incluye a los mariscadores del área intermareal y que son recolectores de conchas, cangrejo, almejas, mejillones, pulpos, langosta, camarón, jaibas, larveros, hembras ovadas de camarón y larva de camarón.

Pesca artesanal costera emplea embarcaciones y artes que permite la pesca en mar afuera capturando peces demersales y pelágicos

Pesca artesanal oceánica opera en mar abierto con el apoyo de buques nodriza capturando peces demersales y pelágicos.

2.1.4. Pesca deportiva

La pesca deportiva en el Ecuador se realiza en aguas costeras como por ejemplo en la Puntilla de Santa Elena y en la isla La Plata y en aguas continentales, principalmente en los lagos de la región interandina.

2.1.5. Pesca de Cultivo

Cultivo de camarón: Esta actividad se inició en Ecuador hace aproximadamente tres décadas con el cultivo en estanques de la especie *Litopenaeus vannamei* la que es tolerante a los cambios de salinidad.

2.2. Clasificación de Buques

Barcos de pesca en esta parte de la tesis solo haremos referencia a los tipos de barcos que se utilizaron para la captura y procedencia de los datos como los palangreros y cerqueros.

2.2.1. Buques Palangreros

Son buques especializados en la pesca mediante palangre. Este arte de pesca consiste en la colocación de un número de anzuelos anudados a una línea principal que se lanza al mar y que dependiendo del método de pesca este palangre se posiciona en el fondo, en superficie o a media agua.

Es el método de pesca más selectivo y ecológico a pesar de que pueden llegar a tener hasta 100 kilómetros de largo.

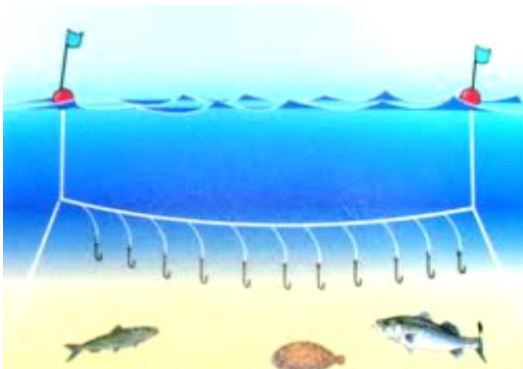


Figura1. Muestra de cómo los buques tiran sus redes.

2.2.2. Buques Cerqueros

El barco extiende la red y hace una maniobra que permite cercar el núcleo de la pesca, se recoge la eslinga cerrando por la parte inferior la red. Un palo o actualmente una grúa hidráulica soportan la pasteca o yoyo que es con que se recoge la red.



Figura 2. Buques Cerqueros.

3. Metodología

La metodología aplicada en este trabajo ha sido investigar acerca de los modelos Schaefer y Fox y elegir cual es el más conveniente para llegar a una pesca optima.

A continuación detallamos un histórico de ambos modelos y los supuestos que propone cada uno.

3.1. Perspectiva histórica y explicación del modelo

Sin embargo la postura científica prevaleciente decía que los mares eran inagotables, los datos disponibles apoyaban la creencia de la actividad pesquera solo tomaban pequeñas fracciones de la biomasa existente (Smith, 1988)

A fines del mismo siglo, a medida que se generaba más información, los investigadores por un lado demostraban que efectivamente la pesca era un factor determinante de la abundancia de los recursos, y por otro, desarrollaban los conceptos fundamentales de los modelos de evaluaciones pesqueras.

Uno de los primeros pasos en la evaluación. Fue definir los procesos que rigen los cambios en la abundancia de los recursos.

Pearl (1930)³, quien modificó el planteamiento desarrollado por Verlhust en 1700 de representar el crecimiento de una población en el tiempo como una curva sigmoidea o logística, propuso que dichos cambios

son proporcionales a dos factores: (1) al tamaño absoluto de la población y (2), al área que no ha sido utilizada por el recurso.

El razonamiento de Pearl, no explicaba como ocurrían tales ajustes en la población.

Rusell (1931)⁴, surgió que estos ajustes pueden ser expresados como tasas de cambio.

Graham (1935) basado en los trabajos de Rusell y Hjort, formulo el primer modelo pesquero cuantitativo en el que calculaba la captura optima con respecto al esfuerzo de pesca y a las características biológicas del recurso.

3.2. Modelo de Schaefer (1954,1957)

Schaefer contaba con series históricas de captura y esfuerzo, manipulando los datos apropiadamente era posible solucionar el problema de la estimación de los parámetros del modelo logístico.

De esta forma, Schaefer cambio el paradigma de Hjort en lo que ahora se conoce como producción excedente y máximo rendimiento sostenible (MRS), creando de su propuesta una de las herramientas más sencillas y mas empleadas en la evaluación y manejo de los recursos pesqueros.

3.2.1. Supuestos de Schaefer

El modelo de Schaefer asume una relación lineal entre el esfuerzo (número de viajes) y los niveles de captura.

Utilizando una ecuación lineal.

$$Y = \alpha + \beta x + u_t$$

Donde:

X: numero de captura de los barcos

U: # de viajes

β = Pendiente de la recta

α = Rendimiento al estado actual

Al realizar la regresión encontramos los parámetros alfa y beta del modelo que nos ayudaran a concluir el máximo rendimiento sostenible para el atún tropical.

La pendiente, b, debe ser negativa si la captura por unidad de esfuerzo, Y/U decrece a medida que crece el esfuerzo, esto quiere decir que el modelo se explica a tasas decrecientes.

El intercepto, α es el valor Y/U que se obtiene inmediatamente después de la primera embarcación extrae la primera captura del stock. Por lo tanto este será positivo.

3.3. Modelo de Fox (1970)

Modifica la idea original de Schaefer, en la cual se asume un comportamiento asimétrico en la relación entre

la captura y el esfuerzo en lugar de ser proporcional como lo expone Schaefer.

De hecho, esta última corrección es la más utilizada para aplicar modelos de biomasa dinámica.

3.3.1. Supuestos de Fox

El modelo de Fox, a diferencia del modelo de Schaefer, implica que la relación entre U y E es exponencial y no lineal

$$Y = \alpha e^{\beta x}$$

Linealizando logarítmicamente la ecuación anterior resulta que:

$$\ln Y = \ln \alpha + \beta x$$

En esta ecuación linealizada pueden calcularse el intercepto “a” y la pendiente “b” mediante regresión lineal del logaritmo natural del rendimiento contra el esfuerzo estandarizado, de modo que:

$$X_{MRS} = 1 / [b]$$

Tanto el modelo de Schaefer como el modelo de Fox, asumen los siguientes supuestos básicos:

- Los datos manejados de captura y esfuerzo proceden de un único efectivo unitario, en este caso el correspondiente al límite de pesca del territorio ecuatoriano y los datos fueron proporcionados por la CIAT.
- Los rendimientos, en situaciones estabilizadas del esfuerzo de pesca, son función de la abundancia y densidad del recurso (función lineal según Schaefer o exponencial según Fox).
- La abundancia del atún depende únicamente de las capturas totales que lo afectan, y no de cambios ambientales, variaciones en el reclutamiento, alteraciones del ciclo migratorio, etc.
- Existe una relación teórica que asume el modelo de biomasa dinámica de Schaefer (línea gruesa) y el de Fox (línea delgada) entre la biomasa y la producción excedente. [Figura 3]

4. Resultados

A continuación se detalla los valores de las estimaciones trimestrales del año 2001 al 2010 de capturas retenidas de las especies más comerciales de atún como la aleta amarilla, barrilete y patudo representadas en toneladas métricas denomina "C", el nivel de esfuerzo medido por el número de viajes de cada embarcación "E" y el nivel de captura por unidad de esfuerzo "U" [Tabla 1]

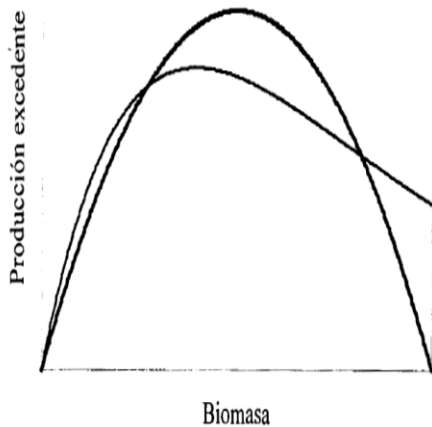


Figura 3. Relacion entre la Biomasa y la produccion excedente.

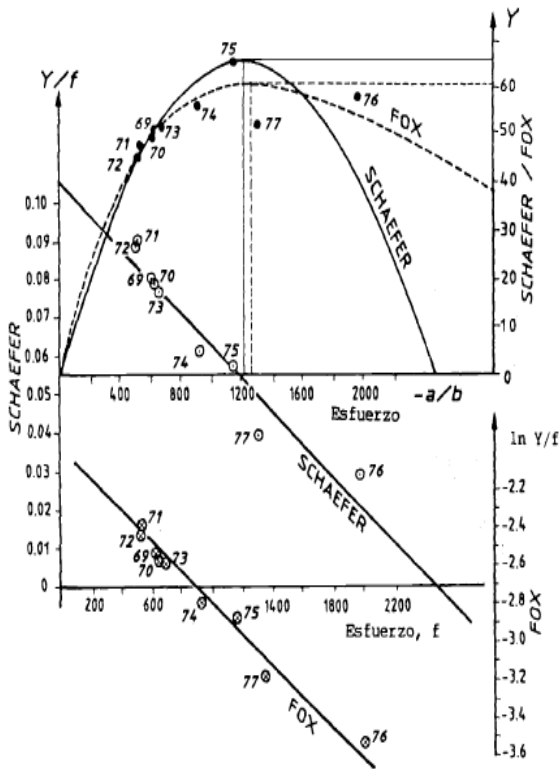


Figura 4. A que nivel de esfuerzo se obtiene la RMS.

A mayor esfuerzo la captura es diferente, se trabaja bajo tasa decreciente.

La modelación de la pesquería con fines de evaluación de su desempeño económico existen diversos componentes esenciales según el caso lo amerite. [Figura 4]

Tabla 1. Estimaciones trimestrales de la captura de peces 2001 – 2010.

AÑO	Trimestres	Aleta amarilla	Barrilete	Patudo	C	E	U	Ln(CPuE)
2001	Enero-Marzo	26010	22678	4552	53240	93	572	6
	Abril-Junio	36400	40035	9409	85844	56	1533	7
	Julio-Septiembre	41591	53314	14078	108983	40	2725	8
2002	Enero-Marzo	48402	69072	18899	136373	45	3031	8
	Abril-Junio	9836	19827	4144	33907	83	409	6
	Julio-Septiembre	17313	44141	8068	68522	53	1312	7
2003	Enero-Marzo	24767	63727	13586	102080	49	2083	8
	Abril-Junio	35539	75543	17396	128478	43	2988	8
	Julio-Septiembre	9831	23157	1772	34760	80	435	6
2004	Enero-Marzo	19692	58382	5313	83387	80	1042	7
	Abril-Junio	29924	90850	10193	130967	64	2046	8
	Julio-Septiembre	40298	125186	16381	181865	65	2798	8
2005	Enero-Marzo	16921	24217	2527	43665	91	480	6
	Abril-Junio	30700	45717	5575	81992	55	1491	7
	Julio-Septiembre	37315	55458	9857	102630	40	2566	8
2006	Enero-Marzo	43891	85788	19633	149312	68	2196	8
	Abril-Junio	11031	32596	8165	51792	115	450	6
	Julio-Septiembre	29615	80125	9963	119703	75	1596	7
2007	Enero-Marzo	33901	107412	13664	154977	60	2583	8
	Abril-Junio	42393	138307	24003	204703	73	2804	8
	Julio-Septiembre	11031	32596	8165	51792	101	513	6
2008	Enero-Marzo	19412	70000	15867	105279	79	1333	7
	Abril-Junio	22411	99199	21179	142789	47	3038	8
	Julio-Septiembre	29122	136997	30382	196501	62	3169	8
2009	Enero-Marzo	26152	143094	34176	203422	91	2235	8
	Abril-Junio	11123	48323	15608	75054	59	1272	7
	Julio-Septiembre	15435	63233	19578	98246	46	2136	8
2010	Enero-Marzo	22155	92462	28783	143400	52	2758	8
	Abril-Junio	19449	93116	38210	150775	111	1358	7
	Julio-Septiembre	14157	88880	24932	127769	80	1597	7
2010	Enero-Marzo	18719	110309	28861	157889	37	4267	8
	Abril-Junio	21796	141506	35820	199122	54	3687	8
	Julio-Septiembre	18800	144058	41162	204020	100	2040	8
2010	Enero-Marzo	8583	66467	16084	91134	64	1424	7
	Abril-Junio	13324	86491	23179	123994	34	3617	8
	Julio-Septiembre	20301	11914	30573	62788	54	1163	7
2010	Enero-Marzo	7425	25666	6797	39888	60	665	6
	Abril-Junio	14173	48852	13615	76640	66	1161	7

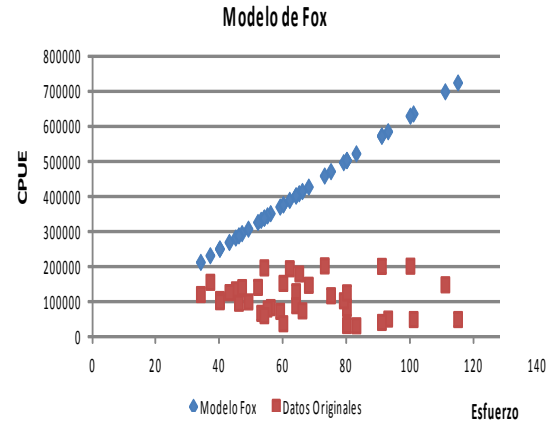
Utilizando los modelos de regresión correspondiente y la información de la base de datos, se calcularon las

regresiones para cada modelo (Schaefer y Fox), los datos finales se los muestran en la siguiente tabla. [Tabla 2]

Tabla 2. Regresiones de los modelos.

Ye_Schaefer	Ye_Fox
648206	587261
324562	353576
211519	252541
245100	284114
552166	524097
302129	334631
273106	309372
231477	271485
524592	505149
524592	505149
387176	404098
395289	410413
628491	574628
317021	347261
211519	252541
420007	429360
881836	726235
479904	473569
355361	378837
462473	460938
729608	637794
515527	498833
258976	296743
371142	391467
628491	574628
347566	372522
252006	290428
294778	328317
837073	700965
524592	505149
192133	233598
309543	340946
719211	631478
387176	404098
173317	214656
309543	340946
355361	378837
403465	416729

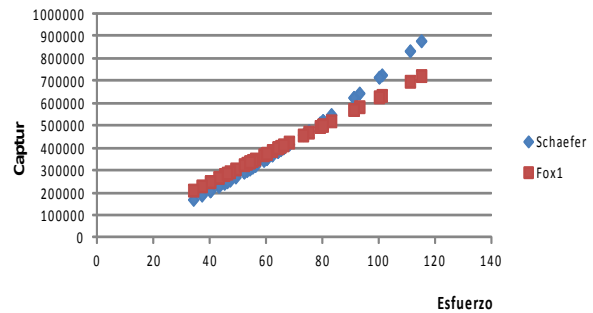
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Datos trimestrales de la CIAT

Figura 5. Modelo de Schaefer y Fox.

Al analizar conjuntamente el modelo de Schaefer y Fox, se concluye que existirá un punto de intersección en ambos modelos donde trabajan de la misma forma.



Fuente: Datos trimestrales de la CIAT

Figura 6. Intersección de los Modelos Schaefer y Fox.

Tabla 3. Rendimiento Max Sostenible (RMS), Esfuerzo Optimo (EO), Parametros de regresión (Modelos de Schaefer y Fox) ajustados a los datos.

Modelo	RMS	EO	a	b	r2ajustado
Schaefer	923,12	63,31	4018,56	31,74	0,40
Fox	421,98	48,22	6312,70	0,02	0,41

Fuente: Elaboración propia

Se observa que con los dos modelos se obtiene resultados levemente diferentes.

De acuerdo al modelo de Schaefer el nivel de la RMS es de 923,12 el esfuerzo óptimo de pesca es de 63,31, la intersección de los coeficientes “a” es de 4018,56, beta “b” de 31,74 y el R² ajustado de 0,40.

Con el modelo de Fox el nivel de la RMS es de 421,98 al que el nivel de esfuerzo óptimo es de 48,22, la intersección de los datos de los coeficientes “a” de 6312,70, beta “b” de 0,02 y el R^2 ajustado de 0,41.

Para elegir al modelo que ajusta con mayor eficiencia a los datos, se planteará la definición del R^2 a los valores a discrepar de lo cual deben cumplir la condición de ser mayores al 0,5 para su estudio.

El modelo de Fox ajusta mejor los datos pero no con una gran significancia que al modelo de Schaefer a medida que ambos no cumplen la condición de ser mayores al 0,5 por problemas a que se consta con pocos datos a estimar.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Al analizar los datos otorgados por los modelos de Schaefer y Fox se llega a la conclusión que a medida que se ha venido incrementado el nivel de esfuerzo en estos últimos años dicho incremento no es a la misma proporción para los niveles de capturas.

En el modelo de Schaefer existe una tasa de reproducción que es descendiente en el tiempo que es beta pero llegará al punto que la especie no va a crecer sino a decrecer, alcanzará el punto que por mayor sea el nivel de esfuerzo se capturará cada vez en una menor proporción a medida que el recurso no podrá regenerarse y se agote.

Pero en otro caso si no se realizaran las capturas a las especies se incrementarían provocando la disminución en una gran proporción de manera continua de los recursos de alimentación.

Pero para el caso del atún tropical en el territorio ecuatoriano y dado el esfuerzo pesquero que se ha venido dando a través del tiempo aún se puede capturar un mayor nivel de las especies.

El problema que se da al momento de calcular las variables de capturas de las diferentes especies del atún tropical es porque el atún que es una especie migratoria debido a las diferentes corrientes existentes en los mares, esas especies no se encuentran en una determina zona en todo el año, sino que depende de las diferentes estaciones que se trascurre.

Provocando que los buques industriales tengan que trasladarse a una mayor distancia, realizar un mayor nivel de esfuerzo pesquero y tener un mayor estudio de las posibles zonas donde se puede ubicar al atún para su captura; a medida que se tiene que capturar la misma ó mayor proporción de los años anteriores.

Un gran ejemplo para la aplicación de los modelos es el caso de la especie de camarón pomada, esa especie se encuentra en una determinada área en el año y depende de las aguas fijas para su captura.

Al concluir se establece un replanteamiento de los modelos considerando las distintas épocas de captura en

el Ecuador, ajustando el nivel de esfuerzo como el tiempo utilizado al momento de las capturas de las especies del atún.

6. Agradecimientos

El Presente Trabajo de Tesis está dedicado principalmente a Dios por haberme dado la vida y haberme brindado oportunidades únicas, las cuáles con el apoyo incondicional de mis padres supe aprovechar a lo largo de mi preparación.

A mis padres que siempre han sido los dos pilares fundamentales en mi vida gracias a sus enseñanzas y principios puedo tener la satisfacción de tener una meta más cumplida en mi formación profesional.

A mis amigos del alma, quiénes más que compañeros de aula se convirtieron en verdaderos hermanos que Dios puso en mi vida y de los cuales aprendí mucho.

7. Referencias

[1] Atlas de la pesquería de atún en el océano pacífico oriental (CIOP, 2005).

[2] (Comisión interamericana del atún tropical “CIAT”, 2011).