

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Estandarización de la CPUE de la flota industrial de
cerco del stock norte - centro de anchoveta peruana
(*Engraulis ringens* Jenyns 1842) entre 1996 y el 2008**

TESIS

para optar el título profesional de Biólogo con Mención en Hidrobiología y
Pesquería

AUTOR

Dante Espinoza Morriberon

ASESORA

Carmen Yamashiro Guinoza

Lima – Perú

2010

A mi padre por ser un ejemplo constante a lo largo de mi vida, a mi maravillosa madre por su apoyo incondicional y sobre todo a mis hermanas: Cristina y Rocío que gracias a su esfuerzo y dedicación pudieron brindarme una educación.

A mis sobrinos Andrea, Andrés y Joaquín por darme felicidad y esperanza para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al personal de la Dirección General de Investigaciones de Recursos Pelágicos Neríticos y Oceánicos del IMARPE: Miguel Ñiquen, Marilú Bouchón, Andrés Chipollini, Cecilia Peña, Christian García, Julio Limache por sus valiosas enseñanzas y apoyarme durante la realización de mi tesis.

Una mención especial a mis compañeros Erich Díaz y Ricardo Oliveros por todo el apoyo brindado, por su tolerancia, enseñarme todo lo aprendido y confiar en mí para el desarrollo de la presente tesis.

A mi asesora Carmen Yamashiro y a todas las personas que contribuyeron en cierta forma a poder concretar mi trabajo.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. JUSTIFICACION	5
III. OBJETIVOS.....	6
IV. ANTECEDENTES.....	7
V. MATERIALES Y METODOS	12
VI. RESULTADOS	23
6.1. CPUE obtenida	23
6.2. Modelo Lineal Generalizado (GLM)	23
6.2.1. Análisis de las variables explicadas	23
6.2.2. Análisis de las variables explicativas y uso de Modelos Aditivos Generalizados (GAMs)	26
6.2.3. Modelos Lineales Generalizados (GLMs)	29
6.3. Serie estandarizada de la CPUE.....	32
6.4. Validación de la Serie estandarizada.....	33
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	34
VIII. CONCLUSIONES.....	41
IX. RECOMENDACIONES.....	43
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.	Tabla de contingencia con el número de observaciones para cada combinación: tipo de embarcación y capacidad de bodega y el número de observaciones totales.....	51
TABLA 2.	Valores de significancia de las variables explicativas del modelo sin interacciones.....	52
TABLA 3.	Valores y obtención del mejor modelo mediante el Criterio de Akaike.....	53
TABLA 4.	Serie estandarizada (Flota estándar con capacidad de bodega entre 101-200 m3) y observada de la CPUE.....	54
TABLA 5.	Tabla de influencia de las variables explicativas del modelo final.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Histograma de frecuencia de la CPUE observada; b) Diagrama de caja del CPUE observado; c) Gráfico de probabilidad normal de la CPUE observado.....	57
Figura 2. a) Histograma de frecuencia del CPUE transformado; b) Diagrama de caja del CPUE transformado; c) Gráfico de probabilidad normal del CPUE transformado.....	58
Figura 3. Análisis del CPUE transformado versus cada una de las variables explicativas a) año, b) mes, c) capacidad de bodega, d) distancia a la costa promedio, e) latitud, f) inercia espacial.....	59
Figura 4. Residuales del modelo versus valores estimados.....	60
Figura 5. Raíz cuadrada de la desviación estándar de los residuales versus valores estimados por el modelo.....	61
Figura 6: Anchoqueta peruana (<i>Engraulis ringens</i> JENYNS 1842).....	62
Figura 7: Bitácora de Pesca utilizada para registrar información biológica y pesquera de anchoqueta a bordo de una muestra de embarcaciones de la flota industrial de cerco.....	63

Figura 8: Distribución del stock Norte-Centro de la anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>) en el mar peruano.....	64
Figura 9. CPUE (captura por duración de viaje) no estandarizada en el periodo de 1996 al 2008.....	65
Figura 10. Función de verosimilitud de la transformación Box-Cox aplicado a la CPUE versus el parámetro lambda de la función.....	66
Figura 11. Gráfica de probabilidad normal de los residuos del modelo.....	67
Figura 12. Serie de la CPUE observada y Serie de la CPUE estandarizada durante el periodo de estudio.....	61
Figura 13. Serie de la CPUE estandarizada versus biomasa de anchoveta en millones de toneladas con su valor de correlación.....	62
Figura 14. Serie de la CPUE estandarizada y biomasa de anchoveta en millones de toneladas en el periodo de estudio.....	63
Figura 15. Serie de la CPUE estandarizada versus biomasa de anchoveta en millones de toneladas con su valor de correlación obviando el año 2003.....	64
Figura 16. Serie de la CPUE estandarizada tomando en cuenta diferentes flotas estándar durante el periodo de estudio (1996-2008).....	65

RESUMEN

La pesquería de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), considerada como la pesquería monoespecífica más grande del mundo, genera beneficios sociales y económicos de gran relevancia para el Perú. Por esto, es especialmente importante implementar un adecuado manejo de esta pesquería. En este sentido, es muy útil contar con indicadores de biomasa que permitan tener una idea del estado del stock. La CPUE (captura por unidad de esfuerzo), es considerada como un índice relativo de la biomasa en una unidad de tiempo porque la teoría asume que la CPUE y la biomasa son directamente proporcionales, sin embargo, en la práctica esta proporcionalidad casi nunca se cumple. Las razones que intentan explicar la no proporcionalidad van desde la influencia de factores relacionados a los pescadores (como las características de las embarcaciones), hasta factores relacionados a la distribución de los peces. Se asume que una manera de remover tales efectos es por medio de la estandarización. La metodología en el presente trabajo para estandarizar la CPUE se basó en la teoría de los Modelos Lineales Generalizados (GLM) con el cual se trata de reproducir los valores observados en función a una serie de variables explicativas; para este propósito también se utilizaron los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) para observar el comportamiento de las variables. La medida a estandarizar fue la captura por duración de viaje, y las variables explicativas fueron el año, mes, capacidad de bodega, latitud, inercia espacial y distancia a la costa. La fuente de información para este proceso provino del Programa Bitácoras de Pesca (PBP) desarrollado en el IMARPE. El modelo obtenido explicó el 48.5% de la variabilidad del CPUE observado, lo cual es un resultado satisfactorio proviniendo de datos de la pesquería; siendo la variable con mayor influencia en el modelo la capacidad de bodega (49%), debido posiblemente a que la flota de anchoveta posee una capacidad elevada de captura y

que los recursos pelágicos tienden a hiper-agregarse incluso cuando están siendo fuertemente explotados. A su vez las correlaciones obtenidas entre la CPUE estandarizada y datos de biomasa (0.55) nos indican que el GLM es un buen método para obtener series estandarizadas de CPUE.

Palabras claves: Anchoqueta peruana, CPUE, GLM, estandarización, Programa Bitácoras de Pesca.

ABSTRACT

The Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) fishery, considered the biggest monospecific fishery in the world, produces very relevant social and economic benefits for Peru. Therefore, it is especially important to implement an adequate management of this fishery. In that sense, it is very useful to count with biomass indicators that provide an idea of the stock state. The CPUE (catch by unit effort) is considered a biomass relative index in a unit of time since theory assumes that the CPUE and the biomass are directly proportional; however, in the practice, this proportionality is hardly ever accomplished. The reasons that try to explain the no proportionality goes from the influence of the factors related to the fishermen (as the characteristics of the boats) to the influence of the factors related to fish distribution. It is assumed that one way to remove those effects is through the standardization. The methodology to standardize the CPUE used in the present study was based in the theory of the Generalized Linear Models (GLM) with reproduces the observed values in function of a series of explicative variables. For this purpose, the Generalized Linear Models (GLM) was also used to observe the performance of the variables. The measure to standardise was catch per journey length and the explicative variables were year, month, storage capacity, latitude, spatial inertia and distance to coastline. The information source for this process came from a Programme developed by the IMARPE: Programa Bitácoras de Pesca (PBP) (Programme of Fishery Logbooks). The obtained model explained the 48.5% of the observed CPUE variability, which is a satisfactory result since it came from fishery data; being the storage capacity the variable which influenced the most (49%) in the model, probably due to the elevated capture capacity of the anchovy fleet and the hyper - aggregation of the pelagic sources which occurs even when they are been highly exploited. Besides, the correlations obtained in the standardized CPUE and the

biomass data (0.55) indicate that the GLM is a good method to obtain CPUE standardized series.

Keywords: Peruvian anchovy, CPUE, GLM, standarization, Programa Bitácoras de Pesca.

I. INTRODUCCION

1.1. La Anchoveta Peruana

La anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) es la especie pelágica de mayor importancia en el Perú, debido a los grandes niveles de captura que se registran anualmente. Es una especie de aguas templadas (14° a 20°C), la cual puede alcanzar hasta 4 años de edad (Fig. 6).

En el Perú, durante la primavera y verano se encuentra a una distancia promedio de 30-40 mn de la costa, llegando a distribuirse en el otoño e invierno hasta las 80 mn. Latitudinalmente la anchoveta se distribuye entre los 4° S hasta los 37° S; existiendo en este espacio dos stocks diferenciados: el stock Norte-Centro (4° S – 15° S), donde se registran las mayores capturas y el stock Sur (16° S – 37° S), el cual es compartido con el norte del mar chileno.

La extracción de la anchoveta es la principal fuente que sustenta la pesquería peruana, siendo considerada como la pesquería mono-específica más grande del mundo, por lo que un buen manejo, administración y evaluación resulta relevante para la economía del país.

1.2. Evaluación del Recurso

Uno de los principales objetivos de la evaluación de stocks es conocer su tamaño más reciente, ya sea en términos de abundancia o biomasa. Existen dos maneras de estimar el tamaño de los stocks explotados: por métodos directos e indirectos. Mientras

que el primer tipo de métodos requiere generalmente un alto nivel de inversión (e.g. cruceros acústicos, cruceros de área barrida, prospecciones de captura y recaptura), el segundo requiere de la colección de información pesquera básica, son por lo tanto menos costosos y generan resultados de manera más continua en el tiempo.

Un índice estimado a partir de esta información es la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de una flota pesquera que ha sido propuesta como un indicador de abundancia relativa del stock objetivo; bajo la asunción de que ambos son directamente proporcionales, con la proporcionalidad determinada por el coeficiente de capturabilidad (q) (BARANOV, 1918). Sin embargo, en la práctica esta proporcionalidad casi nunca se cumple, debido a que el coeficiente de capturabilidad es variable en el tiempo (CSIRKE, 1989), por la influencia de factores relacionados al comportamiento del pez (ROSE Y KULKA, 1999) y al comportamiento de la flota pesquera.

Debido a esta no proporcionalidad se han propuesto dos tipos de relaciones alternativas: la hiperestabilidad, asociada a un comportamiento constante de la densidad y; el otro extremo, la hipoestabilidad, si la densidad disminuye más rápido que la abundancia (ROSE Y KULKA, 1999). Una solución a esta no proporcionalidad entre la CPUE y la biomasa es la estandarización de la flota pesquera, la cual consiste en la remoción de parte de los efectos que influyen en la capturabilidad (HINTON & MAUNDER, 2003).

Existen dos opciones para alcanzar la estandarización: La primera, siguiendo la metodología de SCHIMADA & SCHAEFER (1956) y BEVERTON & HOLT (1957), donde se estiman los factores de estandarización al comparar el promedio de los índices de captura de una clase particular de embarcación contra una clase estándar. Esta técnica

es limitada ya que no existe claridad con el tratamiento de la información, si existe más de una forma de clasificar la flota pesquera (GATICA Y HERNÁNDEZ, 2003). La segunda opción es utilizar Modelos Lineales Generalizados (GLM), donde se permiten incorporar variables oceanográficas, características del barco, además de interacciones entre estas variables (YÁÑEZ *et al.*, 1999), como también incorporar posibles comportamientos no lineales de las variables explicativas frente a la variable respuesta (AGENBAG *et al.*, 2003).

1.3. Modelo Lineal Generalizado (GLM)

Son una extensión de la teoría de los modelos lineales, siendo esta teoría una extensión más general. Fue propuesta por NELDER y WEDDERBURN en 1972 y surgen con la necesidad de cuantificar una supuesta relación estocástica entre una variable “Y” (variable explicada) y “K” variables X_1, X_2, \dots, X_k (variables explicativas). Esta familia unifica tanto modelos con variables respuestas continuas como con variables discretas, por lo que aparte de la distribución normal, se pueden considerar otros tipos de distribución tales como la hipergonométrica, poisson, binomial, etc. Por lo que un Modelo Lineal General es entendido como:

$$Y_i = \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i \quad i = 1, 2, \dots, T$$

La terminología del GLM es:

Y_i : observación i -ésima de la variable explicada.

$X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$: observaciones i -ésimas de las K variables explicativas.

u_i : i -ésimo término del error aleatorio

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: son los parámetros de posición

Como se observa, los modelos lineales generalizados poseen tres componentes:

- Componente aleatorio: Formado por la variable explicativa
- Componente sistemático: Conformada por el predictor lineal (βX)
- Función de enlace: Es la función que relaciona el componente sistemático con el componente aleatorio.

Existen dos métodos clásicos para estimar los parámetros desconocidos de los modelos lineales generalizados, mediante el método de máxima verosimilitud (MV) y el de mínimos cuadrados generalizados (MCG).

En la presente tesis se plantea la estandarización de la flota de anchoveta peruana mediante el uso del Modelo Lineal Generalizado (GLM) para eliminar el sesgo causado por algunas variables como capacidad de bodega, latitud, distancia a la costa entre otras, que afectarían a la relación entre el CPUE y la biomasa.

II. JUSTIFICACION

El supuesto de que la CPUE y la biomasa son proporcionales no siempre se cumple, por lo que muchas veces la CPUE no se comporta como un buen índice de la abundancia relativa.

Un incremento de la CPUE en el tiempo puede ser un efecto del incremento en la tecnología. Esto puede malinterpretarse como un incremento en la abundancia. El proceso de estandarización permitirá minimizar el efecto del incremento en la tecnología y otros factores sobre la CPUE estimada. De esta manera se harán comparables valores estimados en diferentes periodos de tiempo.

Obtener buenos índices de biomasa proporciona una alternativa de bajo costo para evaluar y manejar la pesquería de anchoveta de una manera constante en el tiempo; lo cual permite una pesca sustentable, no afectando al recurso, obteniendo mayores ingresos para las empresas y generando empleo.

La estandarización de la CPUE de la flota industrial de cerco se viene realizando en nuestro país mediante métodos convencionales como el de SCHIMADA & SCHAEFER; por lo tanto, en el presente estudio se realiza la estandarización de la flota industrial de cerco de anchoveta mediante análisis y metodologías actualizadas, como el uso de Modelos Lineales Generalizados y el uso de soportes estadísticos (S-PLUS, R).

III. OBJETIVOS

GENERAL:

- Estandarizar la CPUE de la flota industrial de cerco del stock Norte – Centro de anchoveta entre 1996 y el 2008.

ESPECÍFICOS:

- Determinar las principales variables que explican la variabilidad de la CPUE.
- Establecer si el Modelo Lineal Generalizado es un buen método para la estandarización de la CPUE de la flota industrial de cerco de anchoveta.

IV. ANTECEDENTES

4.1. Pesquería de Anchoveta en el Perú

La explotación de la anchoveta peruana para la elaboración de harina de pescado comenzó incidentalmente, luego de la segunda guerra mundial. Las plantas dedicadas a la elaboración de conservas de pescado debido a su inoperancia (por baja demanda), comenzaron a dedicarse a la elaboración de harina de pescado, específicamente de anchoveta. La demanda de harina de pescado se incrementó considerablemente en el mundo y con ésta las capturas de anchoveta, de 100 mil toneladas en 1955 a 3.3 millones de toneladas en 1960. Las capturas de anchoveta se mantuvieron alrededor de los 10 millones de toneladas hasta el colapso de la pesquería a comienzos de 1972, en la que El Niño y la sobrepesca afectaron considerablemente al stock (Clark, 1976).

Luego del colapso de la pesquería de anchoveta en 1972, las capturas se mantuvieron bajas (menos de 2 millones de toneladas), registrándose los más bajos desembarques a comienzos de la década de los ochenta debido a El Niño 1982-1983; por lo cual se dictaminó una veda de la pesca de anchoveta durante 1984. Luego de este periodo, la recuperación de la anchoveta fue progresiva hasta alcanzar una de las capturas más altas en la historia de esta pesquería en 1994, las cuales se vieron después afectadas por la presencia de El Niño 1997-1998, capturándose en 1998 menos de 2 millones de toneladas. Pero la recuperación luego de este evento ambiental fue rápida, superándose los 8 millones de toneladas capturadas en el año 2000.

En la presente década, las capturas de anchoveta se han mantenido con un promedio de 6 millones de toneladas extraídas del mar anualmente, debido principalmente a un buen manejo pesquero, a lo que contribuyó la no presencia de eventos El Niño fuertes o extraordinarios.

4.2. Estudios de esfuerzo pesquero

Uno de los principales problemas para la evaluación y manejo de este recurso es el conocer la cantidad de biomasa que existe, utilizándose para estos fines índices de abundancia relativa; posiblemente uno de los primeros en usar datos de CPUE en pesquerías se le atribuye a BARANOV en 1918.

En el Perú, los primeros estudios sobre captura y esfuerzo pesquero se realizaron gracias a las investigaciones del Instituto de Investigación de Recursos Marinos (IREMAR) creado en 1960 y antecesor del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), donde se realizaban estimaciones de la CPUE expresada en captura por viaje y captura por mes.

TSUKAYAMA (1969) introduce una nueva unidad de esfuerzo pesquero, el TRB (Tonelaje por Registro Bruto) por viaje y demuestra que su relación con el poder de pesca de la embarcación es simple y proporcional, por lo que se le puede considerar como factor ponderante adecuado en la determinación del esfuerzo de pesca. También hace una comparación entre las CPUE basadas en TRB- viaje y TRB- mes.

En 1974, el Panel de expertos de la evaluación de stock de la anchoveta peruana del IMARPE analiza y da a conocer estimados sobre el tamaño del stock de la población

de este recurso, tomando como medida de esfuerzo pesquero el TRB- viaje, obteniendo que el stock de marzo de 1973 fue sólo un tercio de lo que había sido en ese mes durante años anteriores.

En 1974, el IMARPE decidió introducir nuevos Partes de Pesca, con el propósito de obtener mejor información sobre las diversas medidas del esfuerzo de pesca y de la CPUE, tanto por áreas de pesca como por puerto de desembarque. Estos nuevos Partes de Pesca fueron llenados con regularidad hasta principios de los 80' a partir del cual se discontinuó su uso.

CSIRKE (1989) analiza los cambios mensuales del coeficiente de capturabilidad en la pesquería de anchoveta del periodo 1960 – 1982 y encuentra que la variabilidad de la capturabilidad por meses está regida por las estaciones, obteniéndose mayores valores durante el verano y menores en el otoño hasta 1972, donde el patrón de estacionalidad varió obteniéndose mayores valores de capturabilidad durante la primavera y otoño. Esta variabilidad de la capturabilidad reportada por Csirke (1989) es muy importante para explicar, en muchos casos, la no proporcionalidad entre la CPUE y la abundancia.

CSIRKE (1990) con información semi procesada de los Partes de Pesca del IMARPE de los años 1974-1977, postula 7 diferentes índices de abundancia basados en horas de búsqueda, calas con pesca, total de calas, entre otros. Hace un análisis de la CPUE basado en TRB- viaje, y menciona que no es muy aconsejable emplear este indicador de la abundancia relativa durante este periodo, debido a que cuando el recurso es escaso la flota podría aumentar sus horas de trabajo por tratar de mantener una captura promedio, con lo cual no se detectaría la disminución en la biomasa; otro

aspecto importante que menciona es el comportamiento gregario de las especies pelágicas

En 1996, el IMARPE implementa el Programa Bitácoras de Pesca (PBP) cuyo objetivo principal es la determinación de índices de abundancia relativa de los principales recursos pelágicos a cargo de la Unidad de Investigaciones en Dinámica Poblacional (UIDINP) de la Dirección de Investigaciones de Recursos Pelágicos, Neríticos y Oceánicos (DIRPNO). Con el PBP se pueden formular hasta siete diferentes índices de abundancia relativa basados en esfuerzos nominales y efectivos (captura por viaje, captura por lance, captura por capacidad de bodega, captura por duración de viaje, captura por tiempo de búsqueda total, captura por tiempo de búsqueda efectivo, captura por número de lances). Este programa se viene desarrollando con éxito hasta la actualidad.

4.3. Estandarización del CPUE

SHIMADA y SCHAEFER (1956) y BEVERTON y HOLT (1957), plantean que es necesario introducir una corrección al esfuerzo pesquero, debido a que el poder de pesca varía con la capacidad de bodega de los barcos y que a su vez la composición de tamaños varía a través del tiempo (GATICA Y HERNÁNDEZ, 2003)

GULLAND (1956) seguido por ROBSON (1966), utilizan modelos lineales para estandarizar la CPUE. Luego NELDER y WEDDERBURN (1972) dieron a conocer una extensión de los modelos lineales a una familia más general denominada Modelos Lineales Generalizados (GLM), con lo cual consideran variables respuestas con diversos tipos de distribución (Binomial, Poisson, Normal, etc.).

Como ya se mencionó, existen diversos métodos para estandarizar la CPUE, siendo el más utilizado en la actualidad el Modelo Lineal Generalizado (YAÑEZ *et al.*, 1999; PUNT *et al.*, 2000; CAMPBELL, 2004; GATICA y HERNÁNDEZ, 2003; AGENBAG *et al.*, 2003; MAUNDER y PUNT, 2004; PONS y DOMINGO, 2008; WANG *et al.*, 2008). La estandarización de la captura por unidad de esfuerzo de la flota pesquera de anchoveta ha sido utilizada con más detalle en otras partes del mundo; tenemos así la estandarización de la anchoveta sudafricana y la sardina (AGENBAG *et al.* 2003) donde utilizan una serie de variables explicativas como año, mes, hora, TSM, fase lunar, latitud entre otras, obteniendo buenos resultados para explicar la variabilidad del logaritmo de la CPUE. En Chile también se ha trabajado la estandarización de la anchoveta y sardina por medio del GLM (YAÑEZ *et al.*, 1999) analizando datos de los años 1987-92; los modelos ajustados obtenidos en este trabajo explican más de la mitad de la variación del logaritmo de la CPUE de anchoveta ($R^2 = 0,65$), y aproximadamente la mitad de la variación del logaritmo de la CPUE de sardina ($R^2 = 0,55$).

Por último, en el Perú, CAHUÍN (2003) formula la estandarización de la CPUE del stock Norte-Centro de la anchoveta peruana por medio de métodos convencionales como el de SHIMADA-SHAEFER (1956) y por medio también del Modelo Lineal General (GLM) donde obtiene buenos valores del coeficiente de determinación para el modelo.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Fuente de información

Proviene del Programa Bitácoras de Pesca (PBP) que se viene ejecutando en IMARPE desde 1996. Se trata de un programa de observadores (Ingenieros y Biólogos Pesqueros) que desarrolla el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) como parte del seguimiento de las pesquerías pelágicas, y que colecta información biológica y pesquera de anchoveta a bordo de una muestra de embarcaciones de la flota industrial de cerco (Fig. 7), cuyo objetivo principal es realizar un estudio permanente de diferentes medidas de esfuerzo pesquero que permitan un adecuado cálculo de abundancia de los principales recursos pelágicos.

5.2. Área de estudio y periodo de tiempo

La información corresponde a la región Norte - Centro del mar peruano donde la anchoveta posee un stock, considerado el de mayor concentración en las costas del mar peruano (Fig. 8), ubicado entre los 4°-15°S (JORDÁN, 1974). El periodo comprendido de la información es de 1996 al 2008.

5.3. Bases de datos

En función a la unidad de observación se han construido dos bases de datos. Una por cala u operación de pesca y la otra por viaje. La primera base contiene 27,537 observaciones y la segunda 9,280.

De la base de datos expresada en términos de viaje se pudieron estimar 6 diferentes índices de CPUE:

1. Captura por viaje (c/v): razón entre la captura por un viaje expresada en TM.
2. Captura por capacidad de bodega (c/cb): razón entre la captura de un viaje y la capacidad de bodega (en m^3) de la embarcación
3. Captura por duración de viaje (c/dv): razón entre la captura por viaje y la duración expresada en horas.
4. Captura por tiempo de búsqueda total de un viaje (c/tb): razón entre la captura de un viaje y el tiempo de búsqueda total del recurso que se da en un viaje expresado en horas.
5. Captura por tiempo de búsqueda efectivo ($c/tbito$): razón entre la captura de un viaje y el tiempo de búsqueda total antes de lances con pesca.
6. Captura por número de lances (c/nl): razón entre la captura de un viaje y el número de lances realizados.

De la base por viaje también fueron procesadas las variables explicativas las cuales tratarán de explicar la variabilidad de nuestro CPUE:

1. Año: 13 años que abarcan el periodo de 1996 – 2008
2. Mes: Sólo se tomaron en cuenta los meses en que la flota industrial estuvo operativa; por lo cual, los meses de Febrero, Agosto y Setiembre fueron obviados debido a que las capturas registradas de esos meses podrían provenir de la pesca artesanal.
3. Capacidad de bodega: Expresada como variable continua (cb) y como variable discreta ($cb2$). Para la discretización de los datos se tomó el siguiente criterio:

Categoría	Capacidad de Bodega(m ³)
1	30-100
2	101-200
3	201-300
4	301-400
5	401-mayores

4. Tipo de embarcación: Clasificada en tres categorías: (1) VIKINGAS, que son embarcaciones de madera y las más pequeñas; (2) TRADICIONALES DE ACERO, no poseen sistema de refrigeración, de acero, son las más viejas y poseen un tamaño intermedio; (3) RSW, poseen sistema de refrigeración, son las más grandes, las más equipadas y las más nuevas (Diaz, 2005).
5. Inercia espacial: Entendida como la distancia promedio de las calas a un punto medio, que en términos numéricos es entendida como:

$$I_e = \frac{\sum_{i=1}^n (\sqrt{(Lat_i - Y_0)^2 + (Lon_i - X_0)^2})}{n} \dots\dots\dots(ec.1)$$

Donde:

- I_e : Inercia espacial
- Lat_i : Latitud del lance I.
- Lon_i : Longitud del lance I.
- Y_0 : Latitud media de todos los lances del viaje i.
- X_0 : Longitud media de todos los lances del viaje i.
- n : número de lances del viaje i.

Se decidió utilizar esta variable como indicadora del área que cubre la embarcación por viaje. Casi el 98% de los valores obtenidos de inercia espacial fluctuaron entre 0.1 y 40 (valores típicos), por lo que los valores atípicos (2%) fueron igualados al valor típico extremo más cercano, ya sea 0.1 ó 40.

6. Latitud por viaje: Expresada como variable continua y como variable discreta con valores de 4° a 15°S.
7. Distancia a la costa promedio por viaje: Estos datos fueron extraídos del área isoparalitoral donde se realizaba la cala, por lo que nuestros datos están agrupados en intervalos con rango de 10mn. Nuestros datos van de 10 a 80mn y los valores mayores a 80 fueron ubicados dentro de la categoría 80mn debido a que estos datos atípicos representaban un porcentaje pequeño del total de datos.

Luego de tener la base completa se procedió a un análisis más profundo de los datos con el programa S-PLUS y R como análisis de normalidad, análisis de correlación, etc.

5.4. Obtención de la CPUE

Nuestros seis CPUEs se clasifican en nominales (c/viaje, c/capacidad de bodega) y efectivos (c/duración del viaje, c/tiempo de búsqueda, c/nº de lances, c/tiempo de búsqueda efectivo). Para la presente tesis se estandarizó la CPUE efectivo expresado como captura por duración de viaje (TM/h viaje).

5.5. El Modelo

Para este propósito se usó el software de análisis estadístico y matemático S-PLUS v6.1 y R. La CPUE fue modelada en términos anuales en función a un conjunto de variables explicativas como el año, el mes, la capacidad de bodega de la embarcación, la latitud, la distancia a la costa, entre otros; para lo cual fueron utilizados los Modelos Lineales Generalizados (GLM) y los Modelos Lineales Aditivos (GAMs) para analizar el comportamiento de cada variable explicativa frente a la variable respuesta.

5.5.1. Análisis de las variable explicada

Nuestra variable a explicar en el modelo es nuestra CPUE y como se está haciendo uso del Modelo Lineal Generalizado (GLM), éste deberá seguir una distribución normal así como los residuos obtenidos, para poder hacer uso de pruebas paramétricas como el test “F” y el criterio de Akaike para la obtención de un modelo parsimonioso. Para la normalización de nuestro CPUE se utilizó la familia de transformaciones Box-Cox, las cuales solucionan problemas de normalidad. Esta familia de transformaciones fue planteada por Box y Cox (1964) donde el lambda (λ) es un parámetro estimar; la familia es continua en lambda y ha sido utilizada en muchos trabajos para solucionar problemas de homocedasticidad, linealidad y normalidad en modelos estadísticos (PEÑA, 1986).

La transformación Box-Cox consiste en transformar el CPUE o cualquier variable con distribución desconocida a una con distribución normal:

$$W = \begin{cases} \frac{Y^{\lambda-1}}{\lambda}, & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \ln Y, & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \dots\dots\dots(\text{ ec.2})$$

Donde:

Y: Variable con distribución desconocida (CPUE)

λ : Lambda

Para hallar λ se utiliza el método de la máxima verosimilitud donde se transforma la variable “Y” por la variable “U” la cual es entendida:

$$U = \begin{cases} \frac{Y^\lambda - 1}{\lambda \bar{y}^{\lambda-1}}, & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \bar{y} \ln Y, & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \dots\dots\dots(\text{ ec.3})$$

Donde:

$\bar{y} : (Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 \dots Y_n)^{1/n}$ es la media geométrica de la variable Y.

La función de verosimilitud queda entonces dada por:

$$L(\lambda) = -\frac{n}{2} \ln \left(\sum_{i=1}^n (U_i(\lambda) - \bar{U}(\lambda))^2 \right) \dots\dots\dots(\text{ ec.4})$$

Se elige el valor del parámetro λ de tal forma que se haga máxima la función de verosimilitud. Se puede comenzar a probar lambda de (-1, 1), si no se encuentra el máximo valor en este rango simplemente se va aumentando la amplitud del intervalo de valores. Luego de haber encontrado el lambda óptimo se le procede a reemplazar en la ec. 2.

Para el análisis de normalidad de la variable explicada se hace uso del test de Kolmogorov-Smirnov en el cual, si el valor de p-value es mayor a 0,01 se acepta que la variable sigue una distribución normal. Para este análisis también se hace uso de gráficas como histogramas en los cuales se debe demostrar la simetría de los datos; también el uso de diagramas de cajas para observar la existencia de datos extremos. Otro análisis es el uso de gráficos como el de Normal de probabilidad o q-q plot, donde si la distribución de nuestra variable es normal aparecerá una línea recta, en caso los extremos de la recta no sigan una linealidad es bueno observar la presencia de datos extremos.

5.5.2. Análisis de las variables explicativas y uso de Modelos Aditivos Generalizados (GAMs)

Es necesario que las variables a introducir en el modelo sean independientes entre ellas; es decir, no exista correlación entre ellas, para lo cual se hará uso del “test de independencia del Chi cuadrado”. También se usaron gráficas que permitieron ver la relación de las variables explicativas.

Es también conveniente analizar el comportamiento de las variables explicativas frente a la transformación de la CPUE, debido a que no siempre la relación de éstas es lineal, por lo que se hace uso de los modelos aditivos generalizados (GAMs) los cuales son modelos que se ajustan mejor a la estructura no lineal de nuestros datos. Los GAMs proporcionan la función polinómica de las variables explicativas si esta no se comporta de forma lineal frente a la CPUE.

5.5.3. Modelos Lineales Generalizados (GLMs)

Para estandarizar la CPUE se buscó un modelo cuyos valores estimados traten de reproducir lo mejor posible los datos observados (no existe el modelo perfecto); además se debe analizar el tipo de variables explicativas a introducir a nuestro modelo teniendo en cuenta si son discretas o continuas, siendo para el caso de reproducir valores de CPUE, común encontrar variables de los dos tipos. Debido a esto se utilizaron los modelos lineales generalizados (GLMs) que permiten introducir tanto variables continuas como categóricas, mediante la siguiente expresión:

$$Y = f(\text{año}, \text{factores}, \varepsilon) \dots\dots\dots(\text{ec.5})$$

Donde:

Y: La CPUE o transformación de esta

ε : Error aleatorio

Se debe tener en cuenta que la variable año representa la disponibilidad del recurso, por lo que se espera que represente la variación en los cambios de abundancia de nuestra especie; debido a esto, es importante que quede aislada de las demás variables explicativas (SOTO, 2002), a su vez, que el error sea muy pequeño y posean una distribución normal.

Las variables explicativas introducidas al GLM se comportarán de manera lineal con respecto a la variable explicada en el modelo; pero muchas veces la relación entre la variable explicativa (año, mes, capacidad de bodega, entre otras) y la CPUE no es lineal, por lo que es preferible introducir al modelo la función que defina su relación ya sea cuadrática, polinómica, etc. Estas relaciones no lineales entre las variables

explicativas continuas y la explicada fueron proporcionadas por el análisis mediante Modelos Aditivos Generalizados (GAM).

En el modelo también pudieron ser incluidas las interacciones entre las variables explicativas; una interacción puede ser introducida al modelo como una nueva variable explicativa compuesta, ya que muchas veces las relaciones entre dos o más variables pueden tener un efecto significativo en la CPUE. En este caso se trató lo menos posible de interactuar la variable año frente a las demás debido a que ésta representa a los cambios de abundancia. Las interacciones introducidas solo poseyeron un significado biológico; ya que muchas veces se pueden introducir interacciones pero sin un sentido lógico, que al final resultan significativas para nuestro modelo perjudicando nuestro análisis.

Para analizar la significancia de las variables explicativas e interacciones dentro del modelo se utilizó el test “ F ”, asumiéndose $\alpha=0,01$. El criterio de Akaike también proporcionó un modelo más parsimonioso, debido a que es conveniente poseer poca cantidad de variables pero que aporten en gran medida al modelo.

La introducción de las variables al modelo también fue evaluada analizando las varianzas en la tabla ANOVA de desviaciones obtenida mediante el programa S-PLUS, el cual mostró cuales son las variables explicativas de mayor influencia en el modelo. Aquellas variables que explicaron en menos de 1,5 % al coeficiente de determinación (lo aumenten en 0,5) no fueron tomadas en cuenta en el modelo. El coeficiente de determinación (R^2) proporcionó la información de cuanto está explicando el modelo obtenido la variabilidad de la CPUE transformada. El R^2 es entendido como:

$$R^2 = \frac{\sum ((Y_e - \bar{Y})^2)}{\sum ((Y - \bar{Y})^2)} \dots\dots\dots(ec.6)$$

Donde:

Y: El CPUE transformado

Y_e: Valores de la transformación del CPUE obtenido mediante GLM

Es importante plotear los valores modelados frente a los valores observados, esperando obtener una línea recta, en caso de que nuestro modelo sea bueno, en caso contrario es necesario analizar si las variables están bien introducidas como lineales o su función polinómica en caso tuviera. La normalidad de los residuos también fue analizada, así como las diferentes hipótesis que se deben cumplir para el GLM.

5.6. Estandarización de la CPUE

Luego de obtener el modelo que reproduzca lo mejor posible a la CPUE observada, el siguiente paso fue proporcionar un valor estándar a las variables explicativas exceptuando la variable año debido a que la CPUE debe variar en función a ésta.

Se procedió a tomar los coeficientes de cada año que proporciona el modelo, y cada uno de ellos fue sumado a una constante (suma de los coeficientes de nuestros valores estándar), con lo cual se pudo observar la variación de la CPUE modelada sólo en función de la variable año. Retirando luego la transformación Box-Cox a los valores obtenidos; siendo éstos los valores de la CPUE estandarizada.

Los valores estándar para nuestro modelo fueron proporcionados por el IMARPE, los cuales fueron obtenidos observando el comportamiento de la flota histórica de anchoveta: para la variable capacidad de bodega las embarcaciones con mayor presencia en la pesquería de anchoveta son las que poseen una capacidad de 101 a 200 m³. Esta flota en su mayoría realizó sus actividades en el grado 8°S, siendo en el mes de Junio cuando las capturas representan mejor la abundancia; a unas 30 millas de distancia a la costa. La inercia espacial no se pudo analizar en la flota histórica debido a la falta de información, por lo que se decidió obtenerla de las Bitácoras de Pesca desde el año 1996, siendo el valor típico de la inercia igual a 5.

5.7. Validación de la CPUE estandarizada

Para la validación de la CPUE estandarizada, se comparó con una serie de biomasa que se obtuvo mediante un análisis estadístico de captura a la edad (MECE), esperando obtener una correlación significativa.

VI. RESULTADOS

6.1 CPUE Obtenido

En total se obtuvieron 9280 valores de CPUE distribuidos entre los años analizados, los cuales fluctuaron dentro de un rango de 0,015 a 67,01 t/horas viaje.

En relación a valores promedios por año, aquellos que presentaron mayores índices (CPUE) fueron 2007 y 2008 con un valor de 13,47 y 13,99 t/horas viaje respectivamente; y el año 1998 fue el que presentó el menor índice promedio con 1,61 t/horas viaje (Fig. 9).

6.2 Modelo Lineal Generalizado (GLM)

6.2.1 Análisis de las variables explicadas

Uno de los principales problemas del CPUE obtenido es que no posee una distribución normal, con datos agrupados hacia la izquierda (Fig. 1a), además un número considerable de datos atípicos (Fig. 1b); a su vez en los gráficos de probabilidad normal, los datos no se ajustan perfectamente a la recta, observándose que en los extremos se separan significativamente, con lo cual se podría decir que la distribución del CPUE (c/duración viaje) posee colas más gruesas que el de la distribución normal (Fig. 1c).

Para la normalización existen diversos tipos de transformaciones que se pueden aplicar, pero, normalmente cuando se trata del CPUE donde todas las observaciones

son positivas, el logaritmo es una buena solución para la asimetría y datos extremos (SOTO, 2002). Pero nuestros datos no alcanzaron la normalidad con esta transformación cambiando de una asimetría a la izquierda, a una hacia la derecha, por lo que se hizo uso de su generalización, la familia de transformaciones Box-cox.

El lambda resultante de la transformación Box-cox con el cual se obtuvo el mayor valor de la función de máxima verosimilitud para la CPUE efectiva (c/horas viaje) fue de 0,315 (Fig. 10), por lo que la nueva variable resultó explicada como:

$$Y' = \frac{Y^{0.315-1}}{0.315}$$

Esta variable Y' (llamada desde ahora dvbox), en la prueba de Kolmogorov-Smirnov obtiene un p-value de 0,033, por lo que se acepta la hipótesis de normalidad de la transformación; por lo tanto se observa una simetría de los datos (Fig. 2a) y la minimización de la presencia de datos atípicos (Fig. 2b). Es importante considerar, que cuando se trabaja con datos reales, es poco probable que las observaciones se ajusten perfectamente a una distribución conocida, por lo que es suficiente observar en el histograma que los datos transformados poseen una asimetría para asumir que siguen una distribución normal.

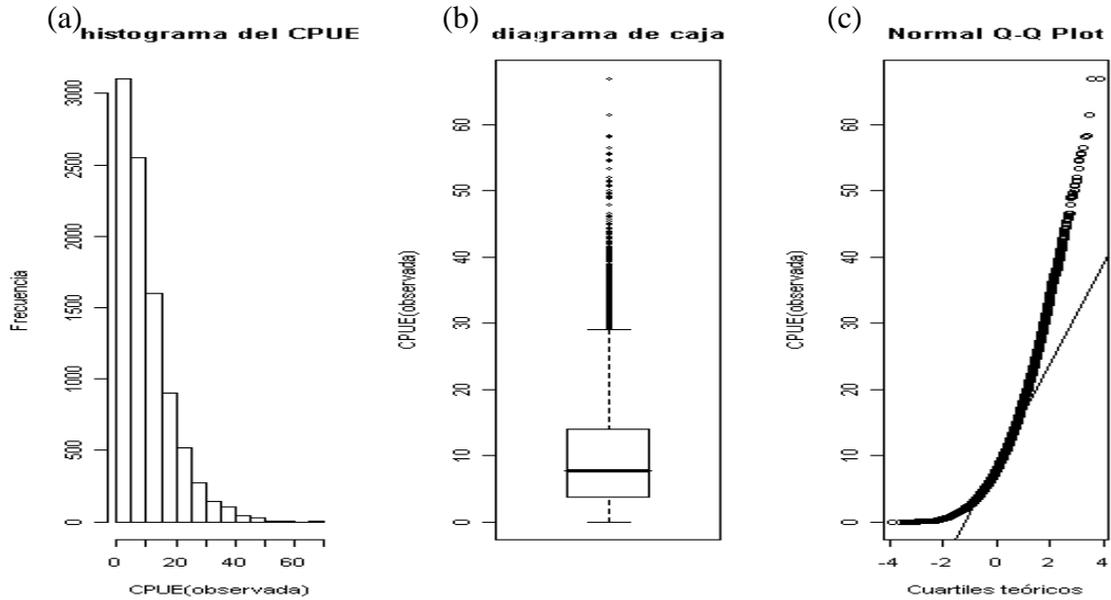


Figura 1: (a) Histograma de frecuencia de la CPUE observada; (b) Diagrama de caja de la CPUE observada; (c) Gráfico de probabilidad normal de la CPUE observada.

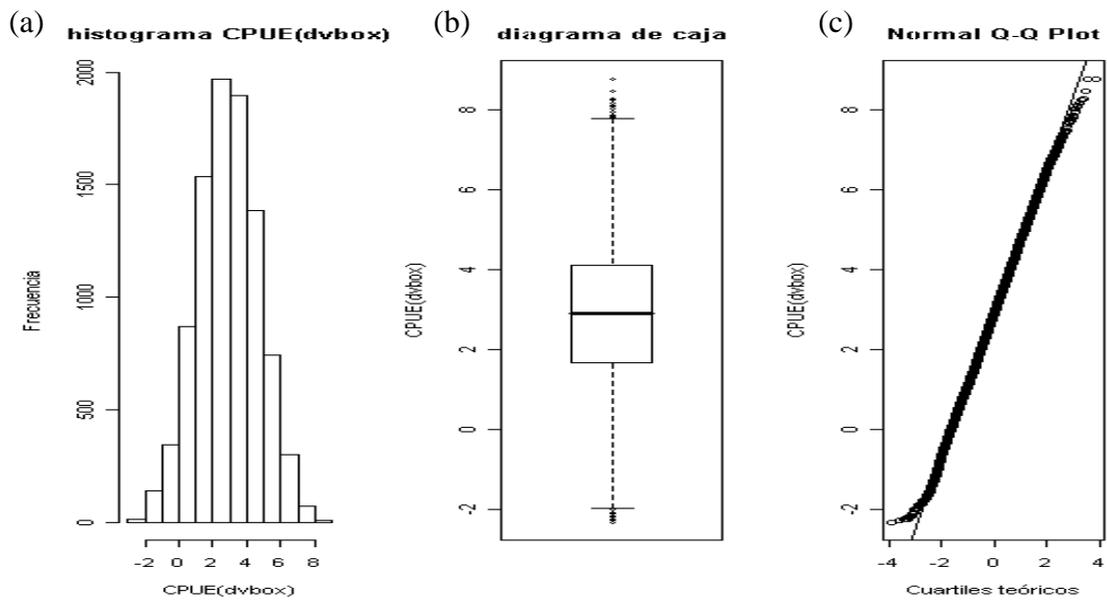


Figura 2: (a) Histograma de frecuencia de la CPUE transformada; (b) Diagrama de caja de la CPUE transformada; (c) Gráfico de probabilidad normal de la CPUE transformada.

6.2.2. Análisis de las variables explicativas y uso de Modelos Aditivos Generalizados (GAMs)

Como se mencionó es necesario conocer la independencia de las variables explicativas para introducirlas al modelo, evitando problemas de correlación que pudieran influir en los resultados.

Teniendo este criterio en cuenta debemos recordar que para la clasificación del tipo de embarcación, uno de los principales criterios a tomar es la capacidad de bodega, por lo que se decidió someter a estas dos variables a una prueba estadística más rigurosa como la del “test Chi de independencia”; el p-value resultante para esta prueba fue 0,00 por lo que se rechazó la independencia entre estas variables. Se presenta una tabla de contingencia (Tabla 1) con el número de observaciones para cada combinación (tipo de embarcación - capacidad de bodega), y el total de observaciones para cada combinación, con lo cual se comprueba una fuerte interacción entre éstas, debido a que las embarcaciones con una capacidad de bodega de 30 -100 m³ son del tipo 1 (Vikingas), de 101-500 m³ son del tipo 2 (Tradicionales de acero) y las de 501-900 m³ son del tipo 3 (RSW) , por lo que al hablar de capacidad de bodega es hablar indirectamente del tipo de embarcación. Por ultimo se decidió utilizar la capacidad de bodega y no el tipo de embarcación debido a que esta variable puede proporcionar más información.

El análisis entre la CPUE (dvbox) y las variables explicativas están representadas en la Figura 3, en la cual se puede observar el comportamiento de las variables predictivas.

Por lo tanto, se aprecia la tendencia de aumento de la CPUE luego del año 2002 y el brusco descenso en los años 1998 y 2001. Los índices más altos se obtienen durante los periodos cálidos del año debido a que el recurso se va a encontrar más cerca de la costa, sin embargo durante los periodos fríos la anchoveta se va a encontrar más dispersa por lo que es más difícil de capturar, con lo que el esfuerzo aumenta y la CPUE disminuye. A su vez, si se posee una capacidad de bodega mayor, las capturas serán mayores y la CPUE aumentará; en la Figura 3c, se puede observar que esta variable posee una relación lineal con la CPUE. En cuanto a la distancia a la costa, las CPUEs más altas se obtuvieron a 30 millas de la costa y en referencia a la latitud en el grado 8°S. La gráfica del comportamiento de la inercia espacial no explica mucho, debido a que se posee gran cantidad de datos atípicos, donde se observa una tendencia de aumento de la CPUE para valores de inercia espaciales bajos, disminuyendo de forma progresiva luego de un valor máximo.

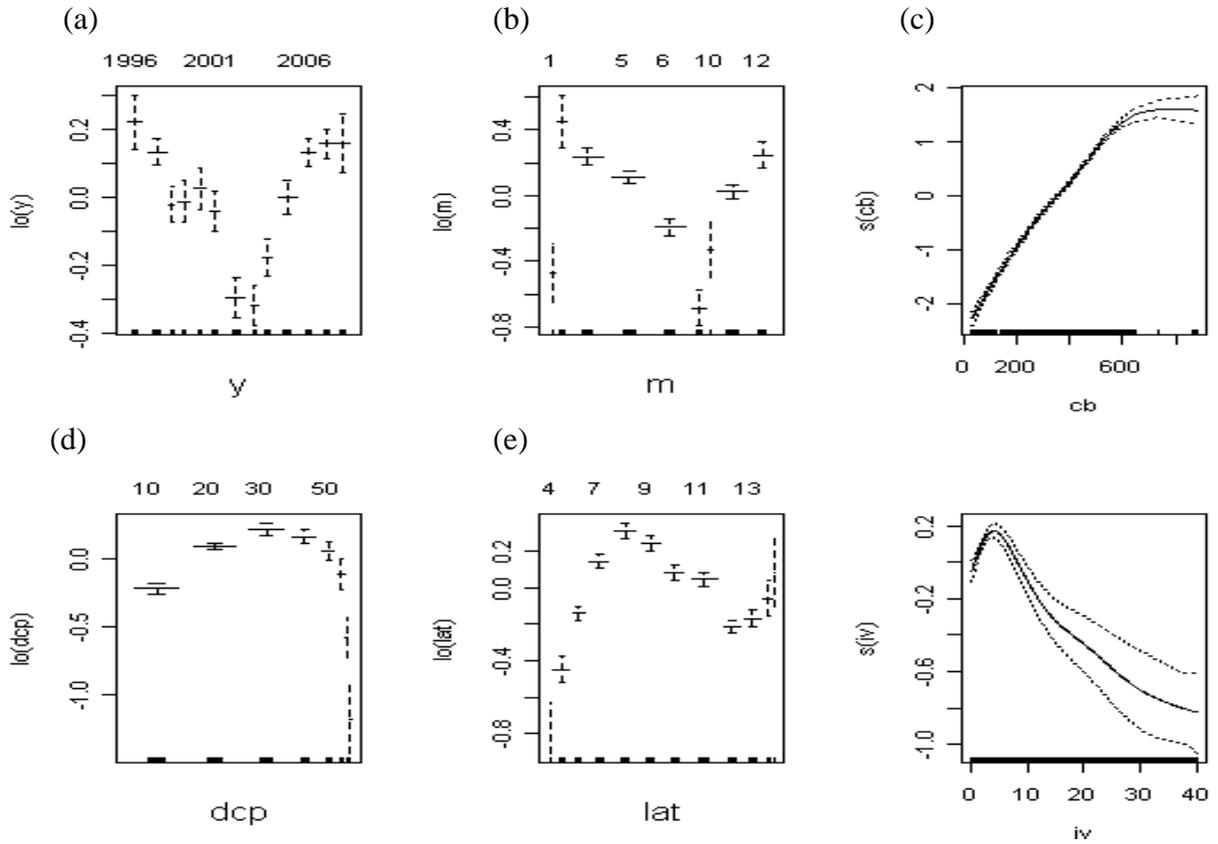


Figura 3: Análisis de la CPUE transformada versus cada una de sus variables explicativas (a) año, (b) mes, (c) capacidad de bodega, (d) distancia a la costa promedio, (e) latitud, (f) inercia espacial.

6.2.3. Modelos Lineales Generalizados (GLMs)

Un modelo preliminar sin interacciones para la CPUE efectiva, obtuvo un coeficiente de determinación de 0,417:

$$dvbox_{hijklm} \sim y_h + m_i + cb_j + lat_k + iv_l + dcp_m$$

Donde:

- $dvbox_{hijklm}$: Transformación Box-cox de la CPUE efectiva
- y_h : efecto del año h
- m_i : efecto del mes i
- cb_j : efecto de la capacidad de bodega j
- lat_k : efecto de la latitud k
- iv_l : efecto de la inercia espacial l
- dcp_m : efecto de la distancia a la costa promedio m

Todas las variables explicativas resultaron significativas, siendo la distancia a la costa promedio, la variable que obtuvo el mayor p-value en el test "F" de 0,0008 (Tabla 2).

Luego se introdujeron las interacciones que podrían aportar a nuestro modelo:

$$dvbox_{hijklm} \sim y_h + m_i + cb_j + lat_k + iv_l + dcp_m + y : m_{hi} + m : lat_{ik} + lat : cb_{kj} + dcp : lat_{mk}$$

Donde:

- $y:m_{hi}$: efecto de la interacción entre año h y mes i
- $m:lat_{ik}$: efecto de la interacción entre mes i y latitud k

$lat:cb_{kj}$: efecto de la interacción entre latitud k y capacidad de bodega j

$dcp:lat_{mk}$: efecto de la interacción entre la distancia a la costa promedio m y latitud k

En este paso se utilizó el “Criterio de Akaike” para hallar el modelo más parsimonioso, mediante el cual se rechazó a la distancia a la costa promedio y a la interacción de latitud con la distancia promedio a la costa ($dcp:lat_{mk}$) con valores de AIC de 31296,34 y 31299,56 respectivamente (Tabla 3), por lo que el modelo final resultó:

$$dvbox_{hijkl} \sim y_h + m_i + cb_j + lat_k + iv_l + y : m_{hi} + m : lat_{ik} + lat : cb_{kj}$$

La inclusión de interacciones entre las variables aportó en 8% en explicar la variabilidad de la CPUE (dvbox), resultando la mayoría de las interacciones posibles significativas en el modelo; pero se introdujo sólo aquellas que poseían un significado biológico. Considerándose que pudiera haber un efecto estacional se introdujo la interacción año:mes; asumiendo que durante los meses podría cambiar la distribución del pez se introdujo mes:latitud; y por último, teniendo en cuenta que a diferentes latitudes las capacidades de bodega de los barcos varían, la interacción latitud-capacidad de bodega.

El modelo final explicó en un 48,5% (R^2) la variabilidad de la CPUE (dvbox), siendo las variables con mayor influencia en el modelo, la capacidad de bodega (49,2%) y el año (19,7%). La interacción con mayor influencia fue año-mes (10,9%) (Tabla 5).

Los residuos no mostraron una escala excesiva, lo cual demostró que el modelo ha logrado un buen ajuste. Se puede decir que la varianza se mantiene más o menos constante con la media, porque la dispersión de los residuos osciló alrededor del cero de forma muy parecida para todos los valores ajustados, sin seguir una distribución conocida (Figura 4 y Figura 5).

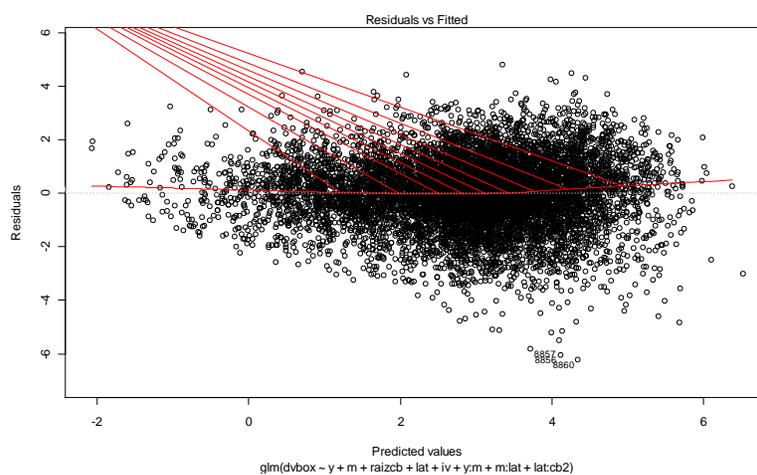


Figura 4: Residuales del modelo versus valores estimados

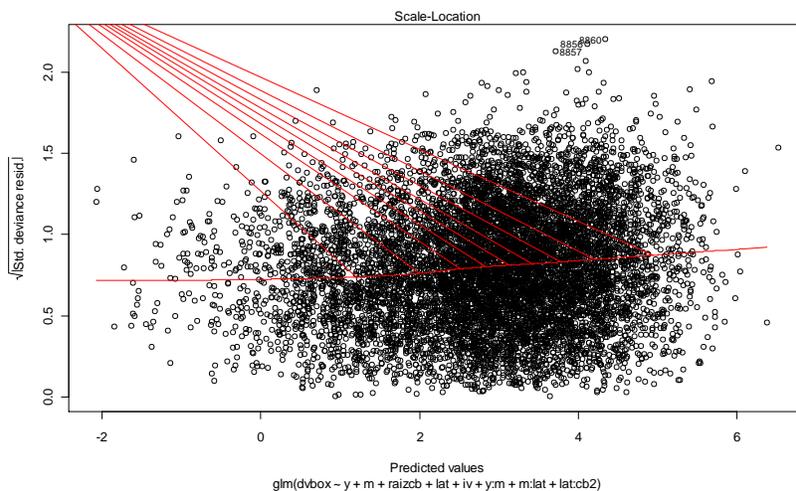


Figura 5: Raíz cuadrada de la desviación estándar de los residuales versus valores estimados por el modelo.

La distribución de los residuos en función a la transformación de la CPUE estimada no se ajustan perfectamente a la recta presentada en el gráfico de probabilidad normal; por lo que se podría mencionar que los residuos no siguen una distribución exactamente normal, sobretodo porque en el extremo izquierdo de la gráfica se separa ligeramente (Figura 11). Esta no linealidad podría deberse al porcentaje todavía no explicado por el modelo, y no a la inclusión de factores (temperatura, salinidad, etc) e interacciones que pudieran aportar de forma significativa en éste.

6.3 Serie estandarizada de la CPUE

La serie de la CPUE estandarizada sigue se ajustó a la tendencia de la serie de la CPUE observada a excepción de los años 1997, 2002 y 2007, donde las tendencias fueron opuestas. La magnitud de la variación a su vez fue distinta. El modelo representó muy bien la variabilidad de El Niño, observándose una marcada disminución de la CPUE estimada en el año 1998 debido al poco recurso existente en este periodo.

Los años que presentaron mayores índices promedios anuales fueron 2006 y 2007, con un valor de 7,049 y 7,604 t/horas viaje respectivamente; el año 1998 registró el menor índice promedio con 0,433 t/horas viaje (Figura 12).

Los coeficientes obtenidos en este modelo para la variable mes (junio) fue de 1.899; para una capacidad de bodega de 150 m³ fue de 0,004; para la latitud de 8° S fue de 2,495; para la inercial espacial de 5 fue de -0,037 debido a su relación inversa. Para las interacciones de mes: latitud y latitud: capacidad de bodega se obtuvieron coeficientes de -1,849 y 0,689 respectivamente.

Cabe destacar que la serie de la CPUE estandarizada presenta valores muy cercanos a la CPUE observada, lo cual se debería a la elección de la flota estándar; ya que si la flota estándar varía, lo mismo haría los valores estandarizados. La elección de la flota estándar es un paso crucial a seguir en la estimación, y como ya se mencionó los valores estándares fueron proporcionados por el IMARPE.

6.4 Validación de la Serie estandarizada

La serie estandarizada de la CPUE mediante los modelos lineales generalizados poseen una buena relación con la serie de biomasa obtenida mediante (MECE), con un valor de correlación de 0.55 (Figura 13 y Figura 14), siendo el año que perjudica este valor el 2003; si este año no se tomara en cuenta en la correlación se obtendría un valor de 0.72 (Figura 15).

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Programa Bitácoras de Pesca

Para entender el comportamiento de la CPUE, es importante conocer la estructura y comportamiento de la flota industrial, siendo esta información proporcionada por el Programa Bitácoras de Pesca (PBP). Pero se debe tener en cuenta que el muestreo realizado mediante el PBP posee un pequeño sesgo, debido a que la mayor cantidad de embarcaciones muestreadas son las que poseen una mayor capacidad de bodega (200 m³ a más), por la comodidad que pudieran tener los observadores a bordo en cada embarcación; por lo que se deben utilizar los datos obtenidos mediante el PBP, para hallar índices como el CPUE o indicadores del comportamiento de la flota y no utilizarlo para dar cifras exactas sobre la pesquería de anchoveta.

Aunque los viajes muestreados por el Programa Bitácoras de Pesca (PBP), como se mencionó anteriormente, solo representan aproximadamente el 2% (25 observaciones por día en temporada de pesca) del total de los viajes realizados por las embarcaciones dedicadas a la pesca de anchoveta por día, el PBP fue importante para proporcionar una CPUE que al ser estandarizada mediante el GLM, posee una buena relación con la biomasa, lo cual estaría confirmando que la muestra tomada por el PBP es significativa para hallar buenos índices de abundancia relativa.

7.2. Modelo Lineal Generalizado

La mayoría de trabajos sobre estandarización asumen que la logarimitización de la CPUE soluciona su problema de normalidad; sin embargo, en el presente estudio

alcanzar la normalidad fue uno de los puntos críticos, como lo fue en el caso del CPUE del “atún aleta amarilla” en el cual PUNSLY y NAKANO (1992) indican que la transformación logarítmica no logró ese objetivo. Por eso el uso de la familia de transformaciones Box-Cox, las cuales son una generalización de algunas transformaciones como el logaritmo, y con la cual si se obtuvo una distribución normal de la CPUE. En el estudio se trató de ser rigurosos con obtener una distribución normal de la CPUE, debido a que las pruebas de significancia utilizadas podrían no estar en lo correcto, lo cual afectaría consecuentemente al modelo. Así mismo SOTO (2002) nos menciona que aunque no se alcance la normalidad de los datos, se debe reconocer que aplicar el logaritmo mejora notablemente la distribución

El GLM explicó casi el 50% de la variabilidad de la CPUE, lo cual es un resultado satisfactorio a pesar de las pocas variables explicativas que se pudieron obtener de la información de bitácoras; el otro 50% no explicado se debería a la falta de introducción de otras variables, lo cual se explicará mas adelante; además, hay que tener presente que no existe un modelo que explique el 100% de la variable respuesta.

Un aspecto importante a tomar en cuenta para la elección del modelo fue la presencia de ceros; cuando la proporción de ceros es grande en la base de datos, el modelo correcto a utilizar es conocido como el método Delta (SOTO, 2002) en el cual se introduce un segundo componente constituido por la proporción de observaciones con CPUEs positivos, es decir con capturas no nulas. En nuestro caso, las capturas ceros solo representaron el 5% del total de datos, por lo que se procedió a la utilización de un GLM sin esta segunda componente. La mayoría de las embarcaciones al no obtener pesca, muchas veces no pueden entrar al puerto, por lo que se quedan en alta mar esperando encontrar el recurso o aumentando el número de calas en sus viajes; las

empresas a su vez esperan la información de algunas lanchas pequeñas, para tomar decisiones tales como enviar a su flota a pescar o en todo caso esperan en el puerto, por lo cual en la pesquería de anchoveta es bastante improbable obtener capturas iguales a cero, o que embarcaciones industriales de gran capacidad de bodega obtengan capturas bajas del recurso.

Como se mencionó anteriormente, de la base expresada en términos de viaje se pudieron extraer seis diferentes índices de biomasa, pero para fines prácticos en la presente tesis sólo se estandariza una CPUE (captura por horas viaje), resultando relevante estandarizar todos las CPUEs para encontrar el óptimo. Hay que tener en cuenta que no siempre que se obtengan resultados satisfactorios utilizando el GLM, se obtendrán también en la correlación con la biomasa.

7.2.1. Variables en el modelo

En un principio se esperó que la variable año sea la más influyente en el modelo, debido a que se considera que ésta explica las variaciones anuales puras de la abundancia del recurso (HERNÁNDEZ Y PERROTA, 2006). Así, mientras mayor sea la influencia del año en el modelo, menor será la influencia de las demás variables explicativas.

Muchos estudios demuestran que la influencia de los efectos temporales (año, mes e interacciones de éstos) son los que más aportan a explicar la variabilidad del CPUE (AGENBAG *et al.*, 2003; QUIROZ *et al.*, 2005; PONZ *et al.*, 2008, entre otros); sin embargo para el caso de anchoveta peruana, son las características relacionadas al barco las que aportan mas a explicar la variabilidad de la CPUE.

El efecto relacionado al poder de pesca (capacidad de bodega) es la más importante variable explicativa en el modelo (GLM), por lo que se podría afirmar, que la variación de la capacidad de bodega va a tener gran influencia en la variación del CPUE, existiendo una relación muy marcada entre las dos. En este aspecto, los resultados concuerdan con la realidad, debido a que las embarcaciones pesqueras siempre tratan de llenar su bodega a totalidad; al parecer, la especialización de la flota hace que las embarcaciones obtengan buenas capturas en sus faenas de pesca, por lo que si los barcos poseen una mayor capacidad de bodega, mayor será su captura y por lo tanto aumentará el CPUE, así existiera poco recurso. Debido a esto, es importante estandarizar el CPUE y remover el efecto de la capacidad de bodega que podría hacer malinterpretar el índice de abundancia.

El comportamiento de la anchoveta como especie pelágica y formadora de cardúmenes, a su vez influye mucho en la CPUE, debido a que tiende a hiperagregarse al ser sobre explotada (HILBORN y WALTERS, 1992), por lo que las embarcaciones podrían llenar sus bodegas sin notar una disminución en el recurso; pero este efecto no pudo ser introducido en el GLM debido a que no se posee una variable indicadora de este comportamiento. A su vez el nivel de influencia del tamaño de bodega y el comportamiento del recurso, concuerda con lo propuesto por CSIRKE (1990), quien indica que no es aconsejable utilizar variables que representen las características del barco como el TRB o en nuestro caso la capacidad de bodega, ya que se estaría enmascarando el esfuerzo extra originado por la no presencia del recurso, obteniendo CPUEs altas o constantes debido a que se encuentra muy relacionada a la capacidad de bodega, siendo más acertado utilizar unidades de esfuerzo que expliquen las características del viaje (efectivos) y no de la embarcación.

En cuanto a los efectos espaciales como la latitud y distancia a la costa, éstos fueron significativos pero aportaron muy poco a modelar la CPUE efectiva. El análisis mediante GAM indica que la anchoveta se distribuye a lo largo de la costa peruana, obteniéndose los mayores valores de la CPUE a la altura del grado 8° S , lo cual concuerda con uno de los dos núcleos de concentración de anchoveta en nuestro mar. A su vez los mayores índices se ubican a 30 mn de distancia a la costa, siendo esta zona donde históricamente la anchoveta se encuentra más concentrada. La inercia espacial a su vez aportó en el modelo, siendo su relación con la CPUE negativa, lo cual se podría explicar debido a que si los lances se realizan a una mayor distancia de separación, es decir una mayor inercia espacial, el esfuerzo en horas viaje sería mayor y la CPUE disminuiría de manera progresiva.

Se podría dejar de incorporar interacciones en el GLM debido a que podrían influir en la variable año, pero HERNÁNDEZ (2006) demuestra que la no inclusión de interacciones con el año (si es que existe) no es la solución al problema, por lo que se decidió incluir aquellas que aporten significativamente en el modelo. La interacción más significativa para el CPUE es la del año-mes, lo que permite afirmar que existe una estacionalidad marcada que influye en la captura de anchoveta, siendo los meses de abril y marzo aquellos donde se obtienen los mayores índices de la CPUE y el mes de julio el más bajo. En este caso, las capturas podrían estar enmascaradas muy aparte de la estacionalidad, por la pesca; las mayores capturas de anchoveta se obtienen en los meses de abril y mayo, por lo que en un principio se consideró al mes de mayo como el mejor mes en el cual las capturas representaban a la abundancia, pero se debe tomar en cuenta que en los primeros meses de pesca, la flota industrial ejerce un gran poder de pesca y el recurso no se encuentra tan disperso, lo cual origina grandes capturas.

Por ello se decidió establecer al mes de junio como el mes en que las capturas representan mejor la abundancia, porque la flota ya no se encuentra muy presionada por la extracción, sino que capturan de acuerdo a la disponibilidad del recurso.

Hay que tener en cuenta el porcentaje no explicado por el modelo (GLM) ya que representa un porcentaje casi del 50%. En el estudio se observa que ninguna de las variables explicativas está relacionada a los cambios en los factores oceanográficos como la TSM, la cual podría aportar de manera muy significativa al modelo, ya que sólo se dispone de factores espacio-temporales (año, mes, inercia espacial, latitud, distancia a la costa) y de características de la flota (capacidad de bodega). Cabe resaltar que los cardúmenes de anchoveta se sitúan, al parecer, con preferencia en una amplitud de temperaturas de 14,5 a 21,0 ° C (JORDÁN, 1970) pero el mar peruano es un ambiente con una marcada variabilidad (ESPINO, 2003), así los cambios en la temperatura superficial del mar estarían asociados con la variación y abundancia de los recursos. Durante los años fríos, los recursos presentan una distribución más amplia, en tanto que durante los eventos “El Niño” éstos se concentran en la costa aumentando su vulnerabilidad y por ende el rendimiento de las embarcaciones (YAÑÉZ *et al.*, 1999). La profundidad a la que el cardumen se encuentre y la profundidad de la termoclina pueden ejercer un efecto significativo sobre la CPUE; muchos de estos efectos pueden quedar enmascarados por la modelación anual, por lo que es recomendable introducir las fluctuaciones estacionales (PUNSLY, 1987). Otros factores importantes que podrían explicar en gran medida la variabilidad del modelo son los relacionados a la administración, capacidad y experiencia del personal que dirige la pesquería. No se pudieron utilizar variables relacionadas al ambiente debido a que la información de las Bitácoras de Pesca no contaban con una información total de éstas desde 1996, es a partir del año 2005 que las Bitácoras cuentan con información

completa sobre TSM, experiencia del patrón, estado del mar, rango vertical del cardumen, etc., pudiendo resultar estos factores muy influyentes en el proceso de la estandarización mediante el GLM.

7.3. Serie estandarizada

Nuestro valores estandarizados del CPUE subestiman a los de la CPUE observada, lo cual se podría explicar debido a que se hace uso de una flota estándar con una capacidad de bodega entre 101-200 m³; pero cabe resaltar, que la diferencia de escalas no es muy significativa, y además hay que considerar que se trata de índices, por lo cual solo proporcionan tendencias, no los valores absolutos.

La elección de la flota estándar es importante si en un futuro se pretende proporcionar valores de esfuerzo corregidos; por lo que en el presente estudio se plantea que la flota estándar para el Programa Bitácoras de Pesca que proporciona valores más acordes con lo observado es la que posee una capacidad de bodega entre 301-400 m³ (Figura 16), lo cual concuerda con la realidad, debido que la mayoría de embarcaciones muestreadas por el PBP se ubican dentro de este rango.

VIII. CONCLUSIONES

Las variables relacionadas al tiempo, espacio y características del barco influyen significativamente en la variabilidad de la CPUE (captura por horas viaje), siendo la capacidad de bodega, la variable que más influye en el modelo (49%) pudiéndose explicar esto, por el comportamiento de la anchoveta (hiper-agregación) y el comportamiento de la flota.

La estandarización mediante Modelos Lineales Generalizados (GLM) proporciona una serie de CPUE que posee una relación significativa con la Biomasa media (55.4%), por lo que la metodología presentada podría ser utilizada para obtener índices de Biomasa mejorados, resultando una buena alternativa.

Existe un gran porcentaje no explicado por el modelo (%50), lo que podría deberse a la falta de introducción de algunas variables relacionadas al ambiente y al factor humano, lo cual es una debilidad, por lo que se espera obtener mejores resultados introduciendo variables como temperatura superficial del mar, fase lunar, eventos El Niño, experiencia del patrón, etc.

A pesar de que la información proporcionada por el Programa Bitácoras de Pesca representa una muestra pequeña (aproximadamente 25 muestras por día) de los viajes del total de las embarcaciones industriales dedicadas a la pesca de anchoveta, éstos permiten obtener series de CPUE que al ser estandarizadas se comportan como buenos índices de biomasa (e.g. captura por horas viaje), teniendo en cuenta que no necesariamente aquella CPUE que ha sido explicada en gran medida por un GLM es la que va a poseer una mayor relación con la Biomasa.

El estudio demuestra que la flota estándar para el Programa Bitácoras de Pesca son las que poseen embarcaciones con bodegas entre 301-400 m³ y que Junio es el mes en que las capturas representan mejor la abundancia del recurso.

IX. RECOMENDACIONES

- Seguir con los muestreos a bordo de las embarcaciones industriales de cerco mediante el Programa Bitácoras de Pesca por la importancia de la información que brinda para conocer el comportamiento de la flota industrial.
- Actualizar la serie estandarizada de la CPUE todos los años.
- Estandarizar todas las CPUEs obtenidas mediante el Programa Bitácoras de Pesca.
- Incluir en el modelo propuesto variables como temperatura superficial del mar, experiencia del patrón, fase lunar, eventos “El Niño”, etc.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENBAG, J.J., RICHARDSON, A.J., DEMARCO, H., FREÓN, P., WEEKS, S., SHILLINGTON, F.A. (2003). Estimating environmental preferences of South African pelagic fish species using catch size and remote sensing data. *Progress in Oceanography* 59; 275–300.

BARANOV, I.E., (1918). On the question of the biological basis of fisheries. *Izv.nauch.-issl. ikhtiol.Inst.*, 1(1): 81–128

BEVERTON, R. AND S. HOLT. (1957). On the dynamics of exploited fish population. *Fish. Invest. London. Ser 2*, 19: 533 pp.

BOX, G. E. P. Y COX, D. R. (1964). An Analysis of transformation. *JRSS, B*: 211-243

CAHUÍN, S.,(2003). Estimación de índice de abundancia relativa de la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens* JENYNS 1842) en la región norte-centro mediante métodos convencionales y Modelo Lineal General. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

CAMPBELL, R.A., (2004). CPUE standardisation and the construction of indices of stock abundance in a spatially varying fishery using general linear models. *Fisheries Research* 70: 209–227

Clark, W.G., (1976). The lessons of the peruvian anchoveta fishery. *California cooperative oceanic fisheries investigations* 19: 57-63.

CORDO, H., (2001). Estandarización del esfuerzo de pesca ejercido sobre el Abadejo (*Genipterus blacodes*) en aguas argentinas. Periodo 1986-1996. Revista de Investigaciones en Desarrollo Pesquero. 14: 57-78.

CSIRKE, J. (1989). Changes in the catchability coefficient in the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery. In D. Pauly, P.Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. ICLARM/IMARPE/GTZ: 207 – 219 p.

CSIRKE, J. (1990). El uso de datos de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en la investigación de recursos pelágicos en el instituto del mar del Perú (IMARPE). Doc.Int. IMARPE, 24 p.

DÍAZ, E., (2005). Eficiencia de la flota pesquera en función a la distribución espacial de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) entre 1998 y el 2001. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

ESPINO, M. (2003). Estrategia de gestión ambiental para el Pacífico Oriental con especial mención a la pesquería peruana. Tesis para optar el grado académico de Magister en Geografía con mención en Ordenamiento y Gestión Ambiental. Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 102p.

GATICA, C. (2002). Análisis de las tasa de captura de jurel (*Trachurus symmetricus*) en la zona centro-sur de Chile (1987-1999). Invest. Mar., Valparaíso, 30(2): 45-56.

GATICA, C. HERNÁNDEZ, A., (2003). Tasas de captura estandarizadas como índice de abundancia relativa en pesquerías: enfoque por Modelos Lineales Generalizados. Invest. Mar., Valparaíso, 31(2): 107-115.

GULLAND, J.A. (1956). On the fishing effort in English demersal fisheries. U.K. Fish. Invest., Ser. 2, 20(5): 1-41.

HERNÁNDEZ, D. Y PERROTA, R., (2006). Influencia de las interacciones con el factor año en los índices anuales de abundancia obtenidos por modelos lineales generales utilizando datos de captura por unidad de esfuerzo. Rev. Invest. Desarr. Pesq. N° 18: 57-73.

HILBORN, R. AND WALTERS, C.J. (1992). Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall. New York, 570 pp.

HINTON, M.G., AND MAUNDER, M. (2003). CPUE methods for standarizing and how to select them. Inter-American Tropical Tuna Commission.

JORDÁN, R., (1972). Resultados de la primera marcacion experimental de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en el mar. Inst. Mar. Peru, Inf., (39):1-23.

MAUNDER, M., PUNT, A., (2004). Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. Fisheries Research 70 : 141–159

NELDER, J. A., WEDDERBURN, R. W., (1972). Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society Series A 135: 370–384

PEÑA, D. AND PEÑA, J.I. (1986). Un contraste de normalidad basado en la transformación Box-Cox. Estadística Española. Nº 110: 33-46.

PONS, M., AND A. DOMINGO. (2008a). Actualización de la estandarización de la CPUE del tiburón azul (*Prionace glauca*) capturado por la Flota de palangre pelágico de Uruguay (1992-2006). SCRS/2007/81.

PUNT, A.E., WALKER, T.I., TAYLOR, B.L., Y PRIBAC., F., (2000). Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. Fish. Res., 45: 129-145.

PUNSLY, R.G., (1987). Estimation of the relative annual abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean during 1970-1985. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 19: 265-306.

QUIROZ, J.C., WIFF, R., and MONTENEGRO, C., (2005). Factores que afectan las tasas de captura de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) en la zona norte de Chile. Invest. Mar., Valparaíso, 33(1): 43-55.

ROSE, G.A. , and KULKA D.W. (1999). Hyperaggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-increased as the northern cod (*Gadus morhua*) declined. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56 (Suppl. 1): 118 – 127.

ROBSON, D.S. (1966). Estimation of relative fishig power of individual ships. Research Bull., Inter. Comm. NW-Atl. Fish., 3: 5-14.

SCHIMADA, B. M., AND M. B. SCHAEFER. (1956). A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical pacific. Ocean. Bull. Inter.-Amer. Trop. Tuna Comm. 1(7): 347-469.

SHELTON J.H., RANSOM A.M., and ALISTAIS D. (2001). Is catch-per-unit-effort proportional to abundance?. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58 : 1760 – 1772.

SOTO, M., (2002). Manual de Estandarización de series de CPUE con S-plus

SPARRE, P. Y S.C. VENEMA. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2: 420 pp.

TSUKAYAMA, I. (1969). Una nueva medida de la pesca por unidad de esfuerzo en la pesquería de anchoveta. Boletín Inst. Mar Perú. Vol. 2. (4): 129 – 156 p.

VENABLES, W.N. AND DICHMONT, C.M., (2004). GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. Fisheries Research 70: 319–337

XIAO, Y. AND PUNT, A.E., (2004). Models in fisheries research: GLMs, GAMS and GLMMs. Fisheries Research 70: 137–139.

WANG, S., SEMBA, Y., AND NISHIDA, T., (2008). CPUE standardization of swordfish (*Xiphias gladius*) caught by Taiwanese longline fishery in the Indian Ocean. IOTC-2008-WPB-10.

YAÑEZ, R.E., ESPÍNDOLA R., FRÉON, P., BARBIERI, M.A., AND GUERRERO, S. (1999).
Estandarización de tasas de captura de pesquerías pelágicas de la zona norte de Chile
durante 1987-92. Invest. Mar., Valparaíso, 27: 53-63.

XI. TABLAS

Tabla 1: Tabla de contingencia con el número de observaciones para cada combinación: tipo de embarcación y capacidad de bodega y el número de observaciones totales

	Capacidad de bodega estratificada					
Tipo de Embarcación	1	2	3	4	5	Total
1	505	34	0	0	1	540
2	1	781	1194	2132	1360	5468
3	0	20	37	230	2291	2578
Total	506	835	1231	2362	3652	8586

Tabla 2: Tabla de significancia de las variables explicativas del modelo sin interacciones

	Grados de libertad	Desviación	Grados de libertad Residuales	Desviación Residual	Valor F	Sign.
NULL			9279	29487.8		
Año	12	2826.2	9267	26711	123.9822	0.0000
Mes	8	736.6	9259	25975	48.4712	0.0000
Cap. bodega	1	7506.8	9258	18918	3714.8030	0.0000
Latitud	11	454.2	9247	18464	21.7386	0.0000
Inercia espacial	1	865.9	9246	17598	455.8315	0.0000
Dist. a la costa	7	47.1	9239	17551	3.5449	0.0008

Tabla 3: Valores y obtención del mejor modelo mediante el Criterio de Akaike.

Modelo	Pasos	Grados de libertad	Desviación Residual	Grados de libertad	Desviación residual	AIC
1				8984	14930.53	31342.57
2	-dcp:lat	66	143.86352	9050	15074.4	31299.56
3	-dcp	7	17.52225	9057	15091.92	31296.34

Tabla 4: Serie estandarizada (Flota estándar con capacidad de bodega entre 101-200 m³) y observado de la CPUE

Año	CPUE (estandarizada)	CPUE (observada)	Biomasa Media (millones t)
1996	4.4392243	9.064253	8.056
1997	2.7678183	9.556752	5.276
1998	0.4330447	3.689228	4.069
1999	5.1666448	9.209254	7.291
2000	5.7542992	11.729038	9.246
2001	3.9975614	8.643054	9.509
2002	5.3191721	8.43236	9.263
2003	2.5293260	6.981702	9.762
2004	5.3359691	8.377251	11.168
2005	6.0536348	11.767465	11.281
2006	7.0498650	13.469211	10.328
2007	7.6037088	11.973546	10.468
2008	6.2774147	13.986276	9.002

Tabla 5: Tabla de influencia de las variables explicativas del modelo final

	Grados Libertad	Desviación	% Influencia en el modelo	G. L. desviación residual	Desviación residual	Valor F	Sign.
NULL				9279	29538		
Año	12	2826.2	19.7087825	9267	26711	140.3563	0.000
Mes	8	736.6	5.13675226	9259	25975	54.8727	0.000
Cap. Bodega	1	7056.8	49.2112861	9258	18918	4205.4093	0.000
Latitud	11	454.2	3.16740819	9247	18464	24.6095	0.000
Inercia espacial	1	865.9	6.03843847	9246	17598	516.0322	0.000
año:mes	62	1556	10.8509184	9184	16042	14.956	0.000
mes:lat	83	419.6	2.9261217	9101	15622	3.0124	0.000
lat:bodega	44	424.5	2.96029233	9057	15198	5.7493	0.000

XII.FIGURAS



Figura 6: Anchoveta peruana (*Engraulis ringens* JENYNS 1842)

(a)

BITÁCORA DE PESCA

LANCHAS: _____ MATRÍCULA: _____ PUERTO DE SALIDA: _____ FECHA DE SALIDA: _____ FECHA DE LLEGADA: _____
 PUERTO DE LLEGADA: _____ PLANTA DE DESMARRQUE: _____ CAP. BOQUA: _____ CAPTURA OFICIAL: _____
 TIPO DE RED: ANCHOVETERA (13mm) SARDINERA (38mm) OTROS:

DÍA	HORAS	ACTIVIDADES	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	D.	CAPTURA (T)	COMPOS. POR ESPECIES	DÍA	HORAS	ACTIVIDADES	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	D.	CAPTURA (T)	COMPOS. POR ESPECIES
	21:00							00:00					
	22:00							01:00					
	23:00							02:00					
	00:00							03:00					
	01:00							04:00					
	02:00							05:00					
	03:00							06:00					
	04:00							07:00					
	05:00							08:00					
	06:00							09:00					
	07:00							10:00					
	08:00							11:00					
	09:00							12:00					
	10:00							13:00					
	11:00							14:00					
	12:00							15:00					
	13:00							16:00					
	14:00							17:00					
	15:00							18:00					
	16:00							19:00					
	17:00							20:00					
	18:00							21:00					
	19:00							22:00					
	20:00							23:00					
	21:00							00:00					
	22:00							01:00					
	23:00							02:00					

ACTIVIDADES

→ SALIDA

↔ VIAJANDO

↔ BUSCANDO

//// CALANDO

← LLEGADA

ESPECIES (%)

A ANCHOVETA

S SARDINA

J JUREL

C CABALLA

O OTROS

DETECCION

E ECOSONDA

S SONAR

R RADIO

V VISUAL

INTERACCION CON CETACOS

N° CALA	ESPECIE	N° APROX. PRES. CAPT.	FOTOS

NOMBRE DEL PATRON: _____

RESPONSABLE: _____

(b)

BITÁCORA DE PESCA

LANCHAS: ESTRELLA PS 10414PA Matrícula: Pisco Puerto de Salida: Pisco Fecha de Salida: 01-11-2000 Fecha de Llegada: 02-11-2000
 Puerto de Llegada: Pisco Planta de Desmarrque: Sifraga Pisco Cap. Boqua: 421 Captura Oficial: 367
 Tipo de Red: Anchovetera (13mm) Sardinera (38mm) Otros:

DÍA	HORAS	ACTIVIDADES	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	D.	CAPTURA (T)	COMPOS. POR ESPECIES	DÍA	HORAS	ACTIVIDADES	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	D.	CAPTURA (T)	COMPOS. POR ESPECIES
	00:00							00:00					
	01:00							01:00					
	02:00							02:00					
	03:00							03:00					
	04:00							04:00					
	05:00							05:00					
	06:00							06:00					
	07:00							07:00					
	08:00							08:00					
	09:00							09:00					
	10:00							10:00					
	11:00							11:00					
	12:00							12:00					
	13:00							13:00					
	14:00							14:00					
	15:00							15:00					
	16:00							16:00					
	17:00							17:00					
	18:00							18:00					
	19:00							19:00					
	20:00							20:00					
	21:00							21:00					
	22:00							22:00					
	23:00							23:00					

ACTIVIDADES

→ SALIDA

↔ VIAJANDO

↔ BUSCANDO

//// CALANDO

← LLEGADA

ESPECIES (%)

A ANCHOVETA

S SARDINA

J JUREL

C CABALLA

O OTROS

DETECCION

E ECOSONDA

S SONAR

R RADIO

V VISUAL

INTERACCION CON CETACOS

N° CALA	ESPECIE	N° APROX. PRES. CAPT.	FOTOS

NOMBRE DEL PATRON: ALDO ROMERO

RESPONSABLE: LUIS CHANG ROQUE

CALA # 1: PISCAGUAYA DE ANCHOVETA CALA # 2: PISCAGUAYA DE ANCHOVETA CALA # 3: PISCAGUAYA DE ANCHOVETA CALA # 4: PISCAGUAYA DE ANCHOVETA

Figura 7: Bitácora de Pesca utilizada para registrar información biológica y pesquera de anchoveta a bordo de una muestra de embarcaciones de la flota industrial de cerco.

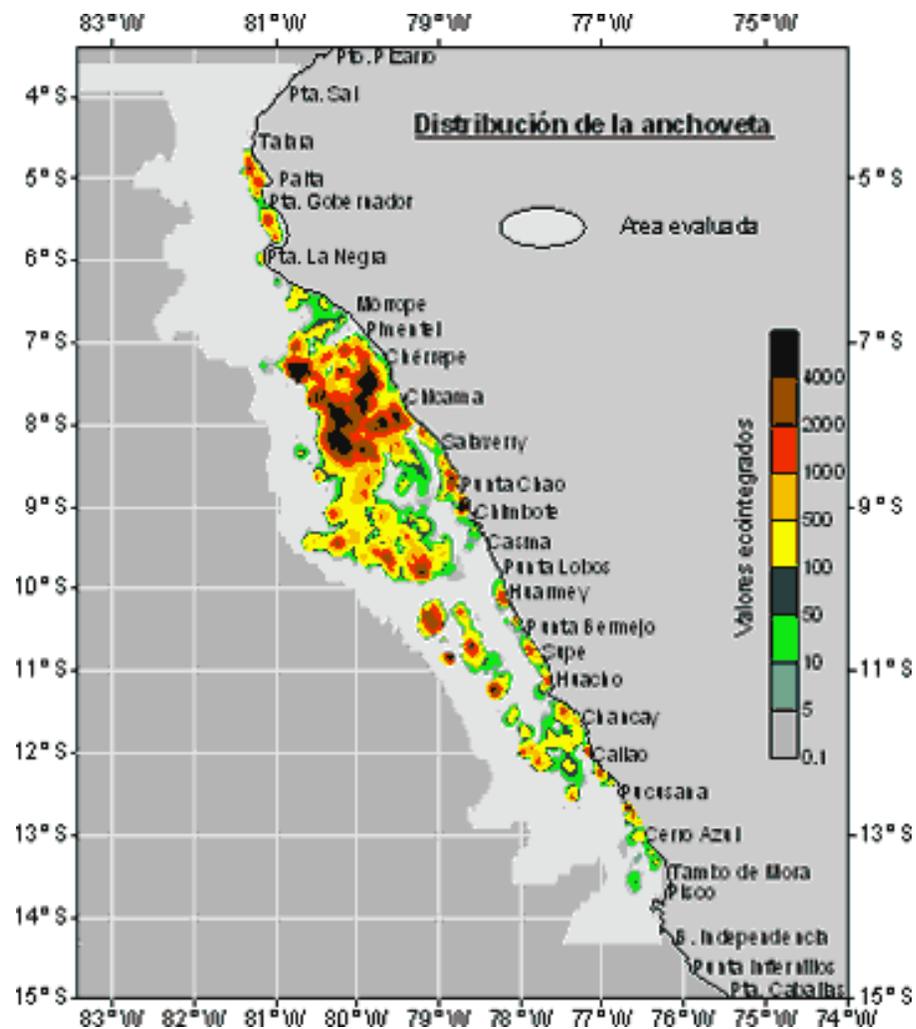


Figura 8: Distribución del stock Norte-Centro de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el mar peruano

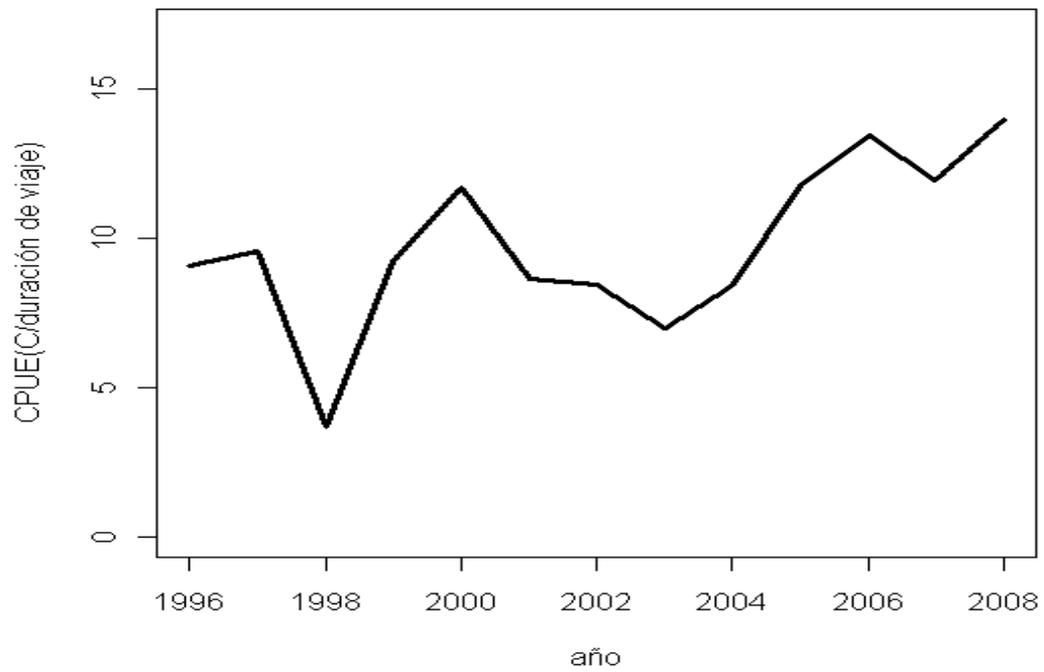


Figura 9: CPUE (captura por duración de viaje) no estandarizada en el periodo de 1996 al 2008.

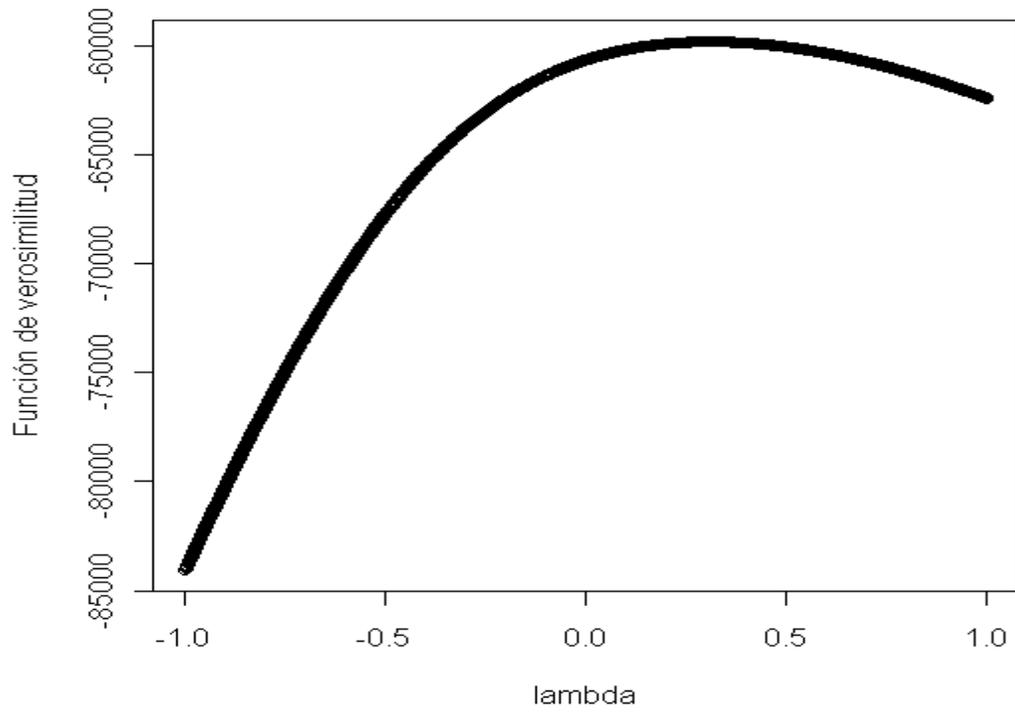


Figura 10: Función de verosimilitud de la transformación Box-Cox aplicado a la CPUE versus el parámetro lambda de nuestra función.

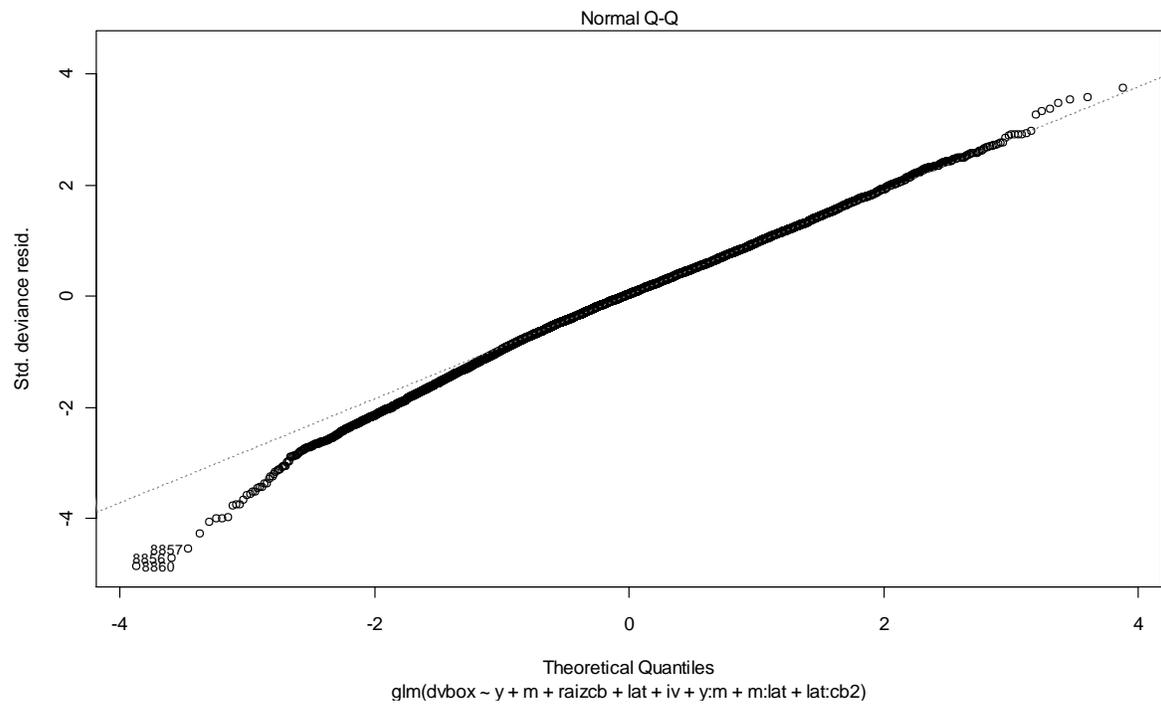


Figura 11: Gráfica de probabilidad normal de los residuos del modelo

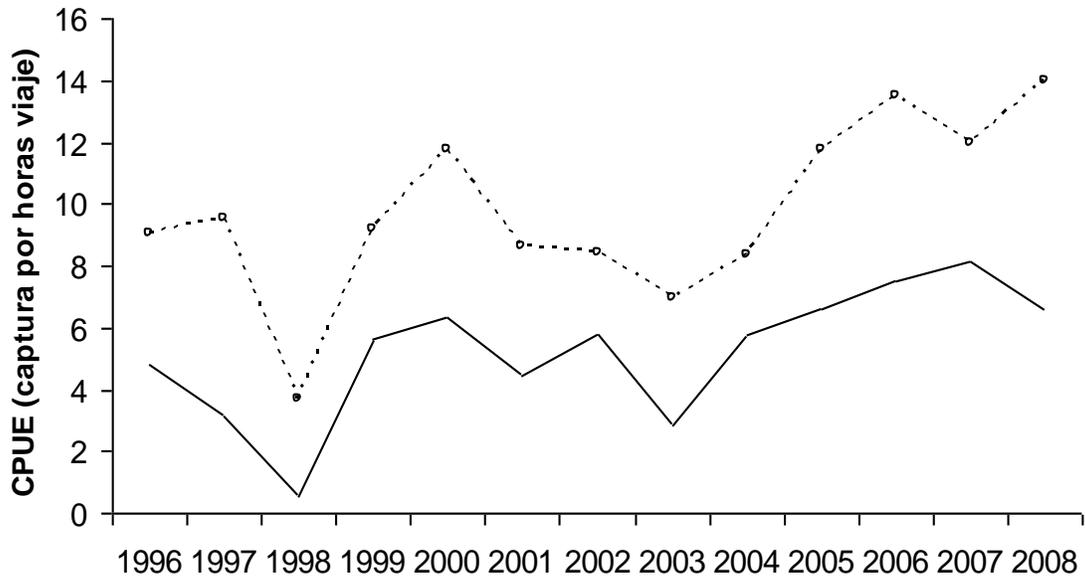


Figura 12: Serie de la CPUE observada (círculos con líneas punteadas) y Serie de la CPUE estandarizada (línea continua) durante el periodo de estudio.

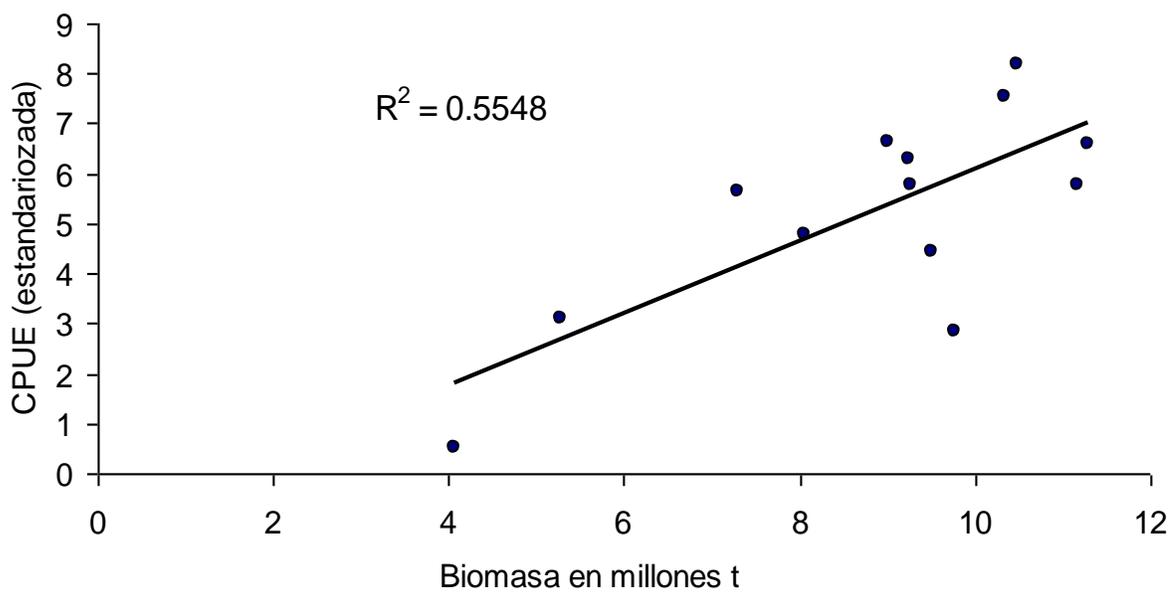


Figura 13: Serie de la CPUE estandarizada versus biomasa de anchoveta en millones de toneladas con su valor de correlación.

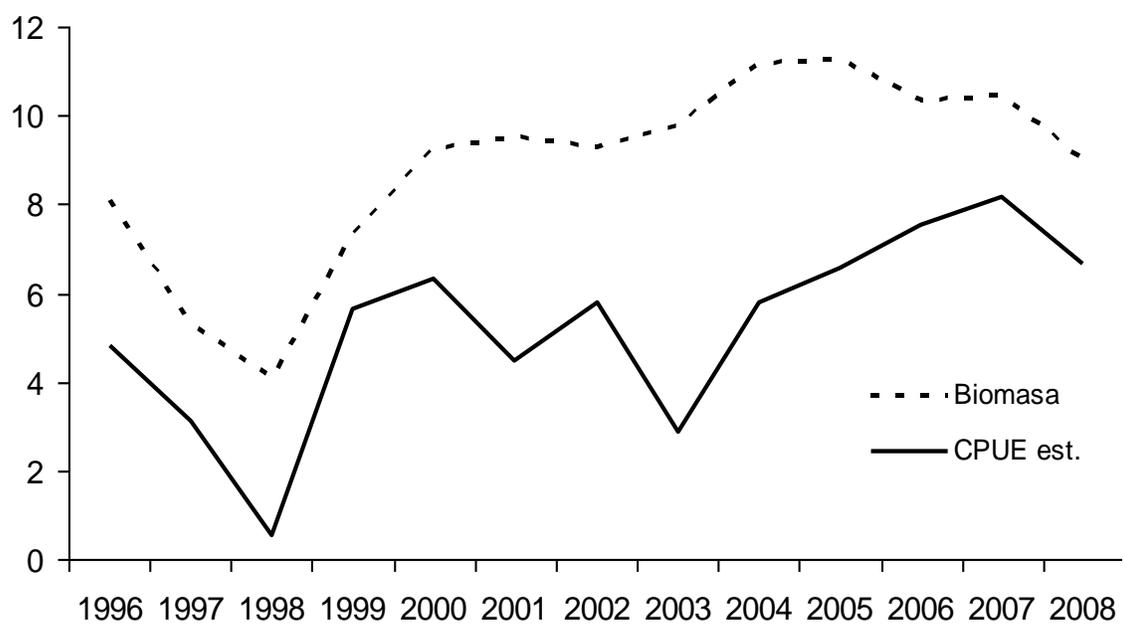


Figura 14: Serie de la CPUE estandarizada (línea continua) y biomasa de anchoveta en millones de toneladas (línea punteada) en el periodo de estudio.

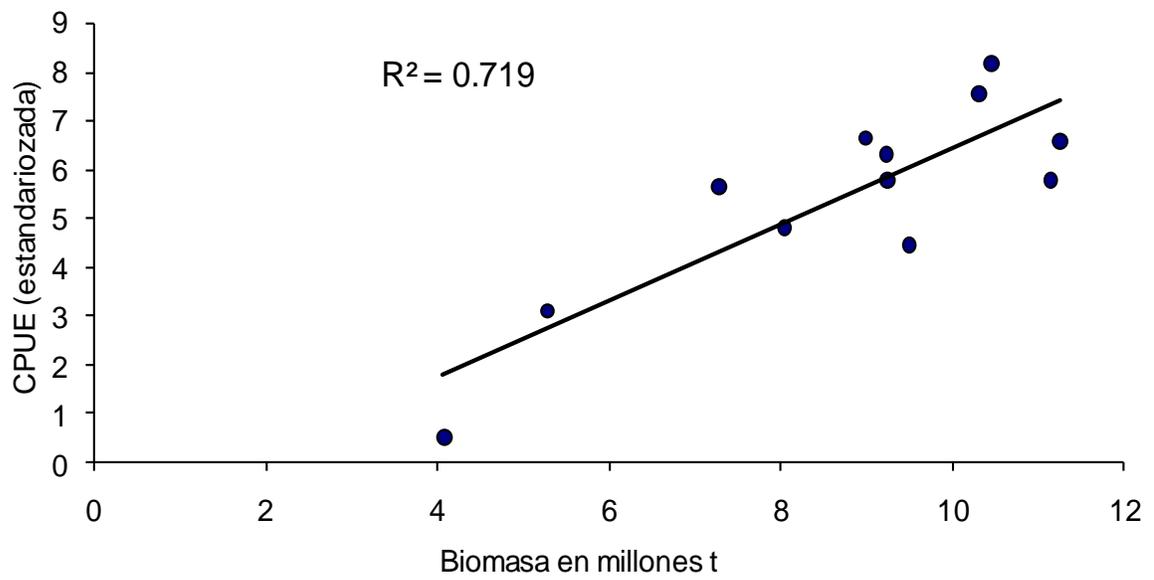


Figura 15: Serie de la CPUE estandarizada versus biomasa de anchoveta en millones de toneladas con su valor de correlación obviando el año 2003.

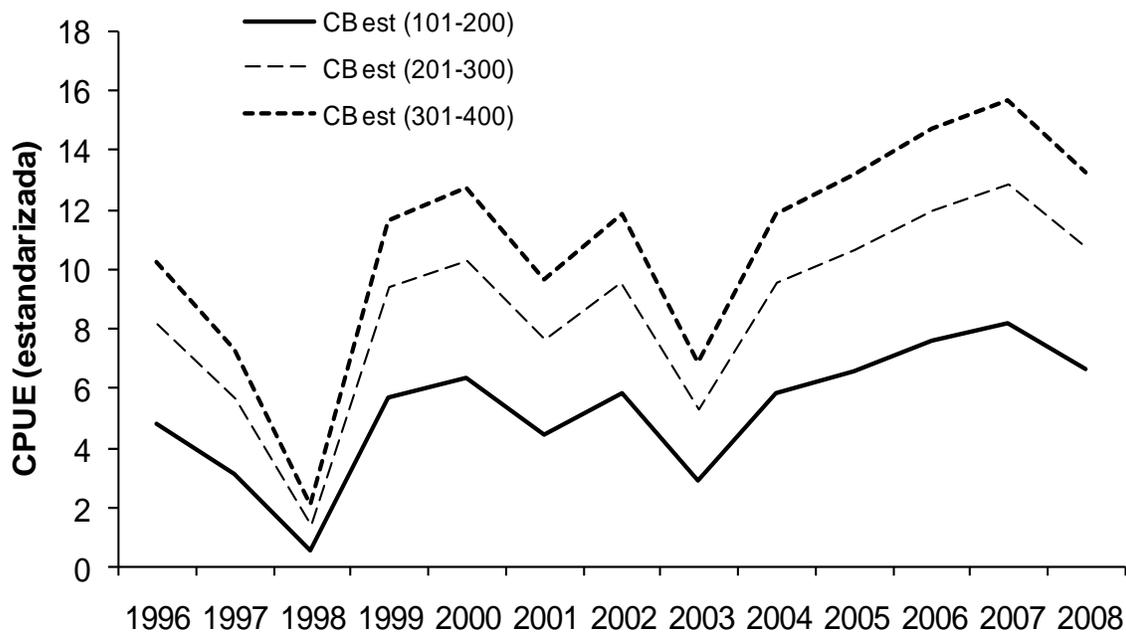


Figura 16: Serie de la CPUE estandarizada tomando en cuenta diferentes flotas estándar durante el periodo de estudio (1996-2008).