

ESTANDARIZACIÓN DE LA CPUE DE LA TORTUGA CABEZONA, CARETTA CARETTA, EN EL ATLÁNTICO SUR OCCIDENTAL.

Maite Pons ¹, Andrés Domingo ¹, Gilberto Sales ², Fernando Niemeyerfietler², Phillip Miller & ¹Bruno Giffoni ³

En este trabajo se estandariza la CPUE de la tortuga cabeza, Caretta caretta, en el Atlántico Sur Occidental por medio de GLM utilizando una aproximación Delta Lognormal con datos del programa de observadores de la flota de palangre pelágico de Brasil y Uruguay. Se analizaron un total de 4.276 lances de pesca entre abril de 1998 y noviembre de 2007 con un esfuerzo total de 6.272.344 anzuelos observados. Se consideraron como variables explicativas para el modelo de estandarización el año, trimestre, temperatura, área, arte de pesca y eslora, tanto como factores de efecto único como sus interacciones de primer nivel. Las variables retenidas en el modelo final de estandarización de la CPUE son el año, zona, arte, año trimestre y año* zona para las capturas positivas y año, trimestre, zona, temperatura, arte, año* trimestre, año* zona y temperatura* arte para la proporción de capturas positivas. La CPUE de tortugas marinas muestra oscilaciones a lo largo del tiempo con un incremento hacia el 2007.*

Palabras claves

Estandarización, CPUE, GLM, Caretta caretta, Atlántico Sur Occidental

¹ Recursos Pelágicos, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Constituyente 1497, CP 11200, Montevideo, Uruguay; adomingo@dinara.gub.uy

² Centro TAMAR / ICMCB, Av Farol Gargia DÁvila s/n Praia do Forte, Mata de São João, Bahia, Brasil; gilsales@tamar.org.br

³ Fundação Pró Tamar, Rua Antônio Athanazio nº 273, Itaguá, CEP: 11680-000, Ubatuba, São Paulo, Brasil; bruno@tamar.org.br

INTRODUCCIÓN

La pesca de palangre pelágico en Uruguay y Brasil esta dirigida principalmente a la captura del pez espada (*Xiphias gladius*), atunes (*Thunnus spp.*) y algunas especies de tiburones (principalmente *Prionace glauca*). La pesca de palangre pelágico es una de las principales causas de mortalidad de juveniles y adultos de tortugas marinas en el mundo (Spotila et al 2000; Hall et al 2000; Laurent et al 2001; Yeung 2001; Lewison y Crowder 2007) y en el Atlántico Sur Occidental (ASO) esta interacción ha sido reportada en varios estudios (Achaval et al. 2000, Kotas et al. 2003, Domingo et al. 2003, 2004, 2005, 2006, Sales et al. 2004, Lopez Mendilaharsu et al. 2007, Giffoni et al. 2008). Las mayores capturas incidentales de tortugas marinas se han observado para la tortuga cabezona, *Caretta caretta*, seguida de la tortuga siete quillas, *Dermochelys coriacea*.

No existen hasta el momento trabajos previos de estandarización de CPUE de tortugas marinas. En el presente estudio se estandariza la CPUE de la tortuga cabezona, *C. caretta*, capturadas por la flota de palangre pelágico de Uruguay y Brasil en el ASO con datos del programa de observadores de ambos países mediante la utilización de Modelos Lineales Generalizados (GLM). El objetivo es que los resultados de este trabajo contribuyan a futuras evaluaciones de la población de *C. caretta*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos analizados fueron colectados por observadores a bordo del Programa Nacional de Observadores a Bordo de la Flota Atunera Uruguaya (PNOFA), Programa Nacional de Observadores de Bordo da Frota Pesqueira do Brasil (PROBORDO), observadores del Instituto Albatroz y del Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (NEMA) de Brasil. La región de pesca analizada está comprendida entre los paralelos 19° S y 37° 30' S, por ser ésta el área utilizada conjuntamente por las flotas de ambos países entre abril de 1998 y noviembre de 2007.

Para cada uno de los lances se registró: la fecha, posición geográfica (latitud y longitud) y temperatura (°C) al inicio de la calada, esfuerzo (en número de anzuelos) y número de tortugas cabezonas capturadas. Se calculó la CPUE como número de individuos cada 1000 anzuelos (ind./1000anz.).

Se utilizó también información de cada embarcación: potencia del motor (hp), eslora (m) y capacidad de carga (TRB); y se realizó un análisis de correlación de Pearson entre estas variables. Además se consideró el tipo de arte de pesca utilizado en dos categorías: monofilamento de poliamida o multifilamento de nylon.

Se delimitaron áreas basado en la distribución de las tortugas cabezonas en la zona donde opera la flota atunera utilizando un análisis de *Classification and Regression Tree* (CART) (Breiman et al. 1984). Las variables independientes utilizadas fueron la latitud y la longitud en escala decimal y la variable dependiente fue la CPUE de la tortuga cabezona.

Se consideró la estacionalidad en cuatro trimestres: 1 (Enero-Marzo), 2 (Abril-Junio), 3 (Julio-Septiembre) y 4 (Octubre-Diciembre).

La abundancia relativa de la tortuga cabezona se estandarizó por medio de GLM utilizando una aproximación *Delta Lognormal*. Los modelos fueron ajustados con el paquete estadístico Splus 7.0 (Insightful Corporation 2005). Se utilizó una aproximación paso a paso donde cada factor es testeado uno a uno a partir de un modelo nulo (sin variables explicativas). La selección final de los factores incluidos en el modelo se evaluó según: 1) test de Chi-cuadrado de Pearson (X^2) el cual permite eliminar las variables poco significativas y 2) el porcentaje relativo de la desviación explicada por la adición de cada factor al modelo, solo aquellos factores cuya desviación supera el 5% de la desviación total fueron seleccionados. Se presentan las tablas de los análisis de desviaciones para las capturas positivas y para la proporción de capturas positivas.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 4.276 lances de pesca entre abril de 1998 y noviembre de 2007 con un esfuerzo total de 6.272.344 anzuelos observados. Más de 4000 tortugas cabezonas se capturaron en dicho período.

En la **Figura 1** se muestra el árbol obtenido mediante el análisis de CART, donde se observa la división espacial de la CPUE en tres grupos, con una división a los 30,5° de latitud Sur y una división a los 51,3° de longitud Oeste al sur de los 30.5° S. Por lo tanto las zonas utilizadas para la estandarización de la CPUE son: **zona 1**, principalmente aguas jurisdiccionales uruguayas, comprendiendo el área de quiebre de la plataforma continental y talud, al sur de los 30.5° S y al oeste de los 51.3° W, con los valores de CPUE más altos (2 ind./1000 anz.); **zona 2**, también por debajo de los 30.5° S, al este de la zona 1, comprende aguas más oceánicas e incluye la Elevación de Río Grande, con valores de CPUE intermedios (1 ind./1000 anz.); y **zona 3**: al norte de la zona 1 y 2, es un área más amplia incluye la región de la cadena de montes submarinos Vitória-Trindade, con los menores valores de CPUE (0.2 ind./1000 anz.) (**Fig. 2**).

En cuanto al análisis de las características de las embarcaciones se observó una alta correlación entre las mismas (**Tabla 1**) y por lo tanto, para la estandarización, se utilizó únicamente la eslora como factor explicativo ya que de ésta variable se poseían mayor número de datos.

Se consideraron entonces como variables explicativas para el modelo de estandarización el año, trimestre, temperatura, área, arte de pesca y eslora (**Tabla 2**), tanto como factores de efecto único como sus interacciones de primer nivel.

En la **Figura 3** se observa la media de la CPUE de *C. caretta* y su interacción con las variables explicativas categóricas. Existe una gran variabilidad entre años con los mayores valores medios de CPUE en el 2007; también se observan grandes diferencias entre la CPUE media por zonas con los valores más altos de CPUE para la zona 1 como ya fue observado en el análisis de CART. En cuanto al la estacionalidad los mayores valores medios de CPUE ocurrieron en el segundo trimestre; y respecto a las características de la embarcación se observan mayores valores de CPUE en barcos menores de 24 m. de eslora y con arte de monofilamento (**Fig. 3**).

La **Tabla 3** muestra el análisis de desviación para *C. caretta*, con los valores de X^2 para el ajuste de la CPUE. Las variables que presentan mayor variabilidad y que aparecen como significativas en el análisis son el año, la zona y el arte de pesca para las capturas positivas y el año, la temperatura y la zona para la proporción de positivos en la captura. La temperatura aparece como significativa en la probabilidad de capturar tortugas no así en la CPUE de capturas positivas (**Tabla 3**).

Según los criterios considerados los factores retenidos en el modelo final de estandarización de la CPUE son el año, zona, arte, año*trimestre y año*zona para las capturas positivas y año, trimestre, zona, temperatura, arte, año*trimestre, año*zona y temperatura*arte para la proporción de capturas positivas (**Tabla 4**). La distribución de los residuos se ajusta bien a una distribución normal con pequeñas desviaciones de la normalidad hacia los valores más pequeños (**Fig. 4**).

La estimación anual de la CPUE y su desvío estándar se muestran en la **Tabla 5** y en el gráfico de la **Figura 5**. Los valores de CPUE variaron entre 0.35 ind./1000anz. en el 2003 y 1.67 ind./1000anz. en el 2007. La CPUE estandarizada muestra tendencias y valores similares a la CPUE nominal, a diferencia del año 2004 donde las tendencias son opuestas (**Fig. 6**).

DISCUSION

La CPUE de tortugas marinas muestra oscilaciones a lo largo del tiempo con un decrecimiento de la abundancia hasta el 2005 y un incremento hacia el 2007. Los valores de CPUE media anual registrados en el 2007 (1,13 ind./1000 anz.) son los mayores registrados para la flota palangrera de Uruguay y Brasil hasta el momento (Domingo et al. 2006; López-Mendilaharsu et al. 2007; Giffoni et al. 2008).

Las tortugas cabezonas presentes en el área de estudio están representadas por individuos de diferentes playas de anidación (Caraccio et al. 2008). En este sentido las variaciones anuales pueden estar relacionadas con el reclutamiento de diferentes poblaciones.

Estudios previos han determinado que la mayoría de las tortugas cabezonas capturadas por la flota palangrera de Brasil y Uruguay, en el ASO, son individuos juveniles y sub-adultos (la mayoría entre 50 y 70 cm. de largo curvo estándar de caparazón) (López-Mendilaharsu et al. 2007). El presente trabajo por lo tanto estandariza la CPUE de un rango de tallas muy definido de su población.

Este es el primer trabajo sobre estandarización de la CPUE de tortugas marinas en este estadio pelágico que incluye diferentes variables que afectan su capturabilidad. El mismo contribuye como una línea de base, junto con otros estudios, para las futuras evaluaciones de dichas poblaciones. Es importante lograr más series estandarizadas de diferentes estadios de vida, para poder evaluar la población de *C. caretta* en el Océano Atlántico.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHAVAL F., Y.H. Marin & L.C. Barea. 2000. Captura incidental de tortugas marinas con palangre pelágico oceánico en el Atlántico Sud-occidental. En: G. Arena & M. Rey. (Eds.). Captura de grandes peces pelágicos (pez espada y atunes) en el Atlántico Sud-occidental, y su interacción con otras poblaciones. INAPE – PNUD URU/92/003. Pp. 83-88. Montevideo, Uruguay.
- BREIMAN L., Friedman J.H., Olshen R.A. & C.J Stone. 1984. Classification and Regression Trees. New York: Chapman and Hall. New York.
- CARACCIO M. N., Domingo A., Márquez A., Naro-Maciel E., Miller P. & A. Pereira. 2008. Las aguas del Atlántico Sudoccidental y su importancia en el ciclo de vida de la tortuga cabeza (*Caretta caretta*): evidencias a través del análisis del *adnmt*. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. SCRS/2007/124.
- DOMINGO A., A. Fallabrino, R. Forselledo & V. Quiricci. 2003. Incidental capture of loggerhead (*Caretta caretta*) and leatherback (*Dermochelys coriacea*) sea turtles in the Uruguayan long-line fishery in Southwest Atlantic. En Seminoff, J.A. (Comp.) 2003. Proceedings of the 22nd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS – SEFSC – 503, PP. 308.
- DOMINGO A., A. Fallabrino & M. Laporta. 2004. Incidental capture and space-time distribution of sea turtles in the Uruguayan longline fishery in South West Atlantic. En: Abstracts of the 4th World Fisheries Congress, Vancouver, Canada. Pag. 58.
- DOMINGO A., L. Bugoni & L. Prosdocimi. 2005. Diagnóstico de Situación: Las Pesquerías y su Interacción con las Tortugas Marinas en el océano Atlántico Sur Occidental (ASO), Grupo de Especialistas de Tortugas Marinas del ASO. Montevideo. Uruguay. 22pp.
- DOMINGO, A., G. Sales, B. Giffoni, P. Miller, M. Laporta & G. Maurutto. 2006. Distribución y composición de tallas de las tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*) que interactúan con el palangre pelágico en el atlántico sur. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 59(3): 992-1002.
- GIFFONI B., A. Domingo, G. Sales, F. Niemeyer Fiedler, P. Miller. 2008. Interacción de tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*) con la pesca de palangre pelágico en el Atlántico Sudoccidental: una perspectiva regional para la conservación. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. SCRS/2007/168
- HALL, M.A., D.L. Alverson & K.I. Metuzals. 2000. By-Catch: Problems and Solutions. Marine Pollution Bulletin Vol. 41 (1-6): 204-219.

- KOTAS, J. E., Dos Santos, S., de Azevedo, V. G., Gallo & B. M. G., Barata. P. C. R., 2003. Incidental capture of loggerhead (*Caretta caretta*) and leatherback (*Dermochelys coriacea*) sea turtles by the pelagic longline fishery off southern Brazil. *Fishery Bulletin*. 102:393-399.
- LAURENT, L., J.A. Camiñas, P. Casale, M. Deflorio, G. De Metrio, A. Kapantagakis, D. Margaritoulis, C.Y. Politou, J. Valeiras. 2001. Assessing marine turtle bycatch in European drifting longline and trawl fisheries for identifying fishing regulations. Project-EC-DG Fisheries 98-008. Joint project of BIOINSIGHT, IEO, IMBC, STPS and University of Bari. Villeurbanne, France, 267 p.
- LEWISON, R. L.; Crowder, L. B. 2007. Putting Longline Bycatch of Sea Turtles into Perspective. *Conservation Biology*, volume 21, N° 1, 79-86.
- LÓPEZ-MENDILAHARSU M., G. Sales, B. Giffoni, P. Miller, F. Niemeyer Fiedler & A. Domingo. 2007. Distribución y composición de tallas de las tortugas marinas (*Caretta caretta* y *Dermochelys coriacea*) que interactúan con el palangre pelágico en el Atlántico Sur. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 60(6): 2094-2109.
- SALES G., B.B. Giffoni, P.C.R. Barata & G. Maurutto. 2004. Interação de tartarugas marinhas com a pesca de espinhel pelágico na costa brasileira – 1999-2003. Resúmenes del la II Reunión Sobre Investigación y Conservación de Tortugas Marinas del Atlántico Sur Occidental-ASO. San Clemente del Tuyú, Argentina.
- SPOTILA J. R., R. R. Reina, A. C. Steyermark, P. T. Plotkin & F. V. Paladino. 2000. Pacific leatherback turtles FACE extinction. *Nature*. 405: 529-530.
- YEUNG, C. 2001. Analysis of marine turtle bycatch by the U.S. Atlantic pelagic longline fleet. NOAA Tech. Memo. NMFSSEFSC- 455: 120–142.

Tabla 1. Análisis de correlación entre las variables características de las embarcaciones.

Características de la embarcación	n	potencia (hp)	eslora	TRB
potencia (hp)	97	1		
Eslora	102	0,85	1	
TRB	83	0,72	0,87	1

*n = número de observaciones

Tabla 2. Resumen de las variables independientes utilizadas en el modelo de estandarización.

Variable	Tipo	Observaciones
Año	Categórica (10)	Período: 1998-2007
Trimestre	Categórica (4)	Trimestre 1: Enero-Marzo Trimestre 2: Abril-Junio Trimestre 3: Julio-Setiembre Trimestre 4: Octubre-Diciembre
Temperatura superficial del agua	Continua	En grados Celsius (° C) rango: 9-32° C
Zona	Categórica (3)	Ver figura 2
Eslora	Categórica (2)	1: < 24 m. 2: ≥ 24 m.
Arte de pesca	Categórica (2)	1: monofilamento 2: multifilamento

Tabla 3. Análisis de desviaciones para la CPUE de *C. caretta*, p valor del test X^2 y sus respectivos grados de libertad (gl.). Cada variable es testeada una a una a partir de un modelo nulo sin variables explicativas.

positivos	gl.	Desv. Res	%dev.tot	$p(X^2)$
NULO		983.7973		
Año	9	836.0817	25.68	0.0000
trimestre	3	814.8320	3.69	0.0001
zona	2	670.3251	25.12	0.0000
temperatura	1	669.3254	0.17	0.3174
arte	1	549.3129	20.86	0.0000
eslora	1	548.2986	0.17	0.3139
Año*trimestre	21	492.3243	9.73	0.0001
Año*zona	15	460.8912	5.46	0.0077
Año*temperatura	9	458.9263	0.34	0.9920
trimestre*temperatura	3	450.7846	1.42	0.0432
zona:temperatura	2	437.1270	2.37	0.0011
temperatura:arte	1	436.3516	0.13	0.3785
temperatura:eslora	1	433.463	0.54	0.0780
Ano:arte	5	426.3217	1.20	0.2263
Ano:eslora	7	419.5385	1.18	0.4518
zona:trimestre	6	418.0118	0.26	0.9577
trimestre:arte	3	415.8561	0.37	0.5407
trimestre:eslora	3	409.1031	1.17	0.0802
zona:arte	2	408.8526	0.04	0.8823
zona:eslora	2	408.5710	0.05	0.8687

Proporción de positivos	gl.	Desv. Res	%dev.tot	$p(X^2)$
NULO		1572.037		
Año	9	1369.565	15.88	0.0000
trimestre	3	1268.649	7.91	0.0000
zona	2	1096.766	13.48	0.0000
temperatura	3	897.469	15.63	0.0000
arte	1	825.430	5.64	0.0000
eslora	1	816.672	0.67	0.0031
Año*trimestre	22	681.620	10.59	0.0000
Año*zona	16	617.459	5.03	0.0000
Año*temperatura	18	570.698	3.67	0.0002
trimestre*temperatura	9	542.369	2.22	0.0008
zona:temperatura	5	513.462	2.27	0.0000
temperatura:arte	3	443.223	5.51	0.0000
temperatura:eslora	3	439.412	0.30	0.2826
Ano:arte	5	412.570	2.11	0.0001
Ano:eslora	7	365.473	3.69	0.0000
zona:trimestre	6	352.418	1.02	0.0422
trimestre:arte	3	331.594	1.63	0.0001
trimestre:eslora	3	303.785	2.18	0.0000
zona:arte	2	303.554	0.02	0.8910
zona:eslora	2	296.951	0.52	0.0368

Tabla 4. Desviaciones del modelo final respecto al modelo nulo para la CPUE de *C. caretta*.

Capturas positivas	Grados de libertad	Desviación
Modelo Nulo	1334	1135.261
Modelo Final año + zona + arte + año*trimestre + año*zona	1283	562.7618

Proporción de positivos	Grados de libertad	Desviación
Modelo Nulo	271	1572.037
Modelo Final año + trimestre + zona + temperatura + arte + año*trimestre + año*zona + temperatura*arte	212	565.9267

Tabla 5. CPUE anual media estimada de *C. caretta* y su respectivo desvío estándar (DS).

año	CPUE	DS
1998	1.29	0.67
1999	0.67	0.22
2000	0.55	0.19
2001	1.23	0.59
2002	1.05	0.42
2003	0.35	0.23
2004	0.44	0.25
2005	0.37	0.14
2006	0.87	0.53
2007	1.67	1.13

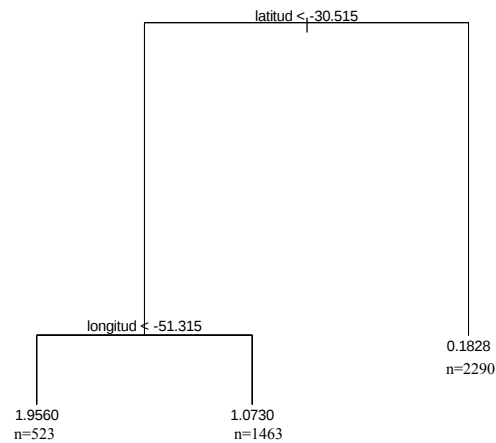


Figura 1. Árbol de regresión obtenido del análisis de CART. Los datos pertenecientes al criterio de decisión expuesto en cada nodo del árbol van hacia la izquierda y el resto hacia la derecha. En cada hoja terminal se observa el valor medio de CPUE y el número de observaciones (“n”).

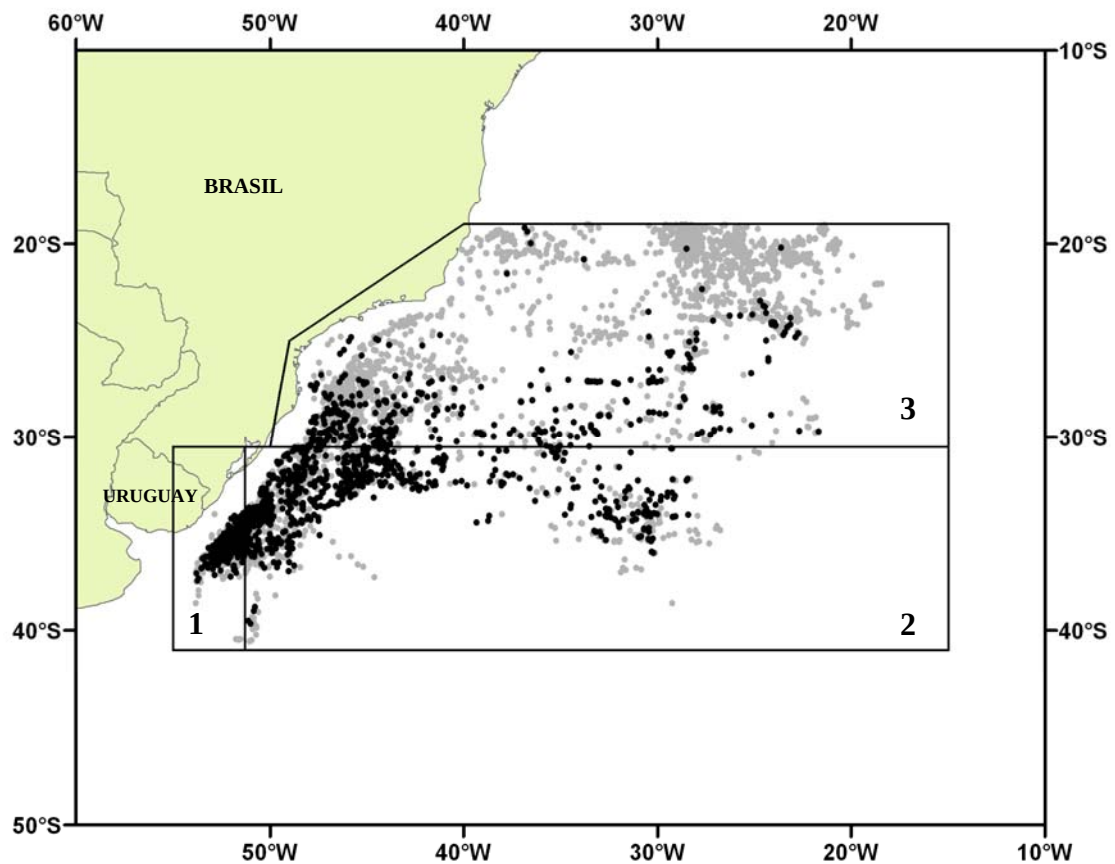


Figura 2. Zonas utilizadas en el modelo de estandarización. Todos los puntos representan los lances de pesca observados. Los puntos negros los lances en donde se registró captura de *C. caretta*.

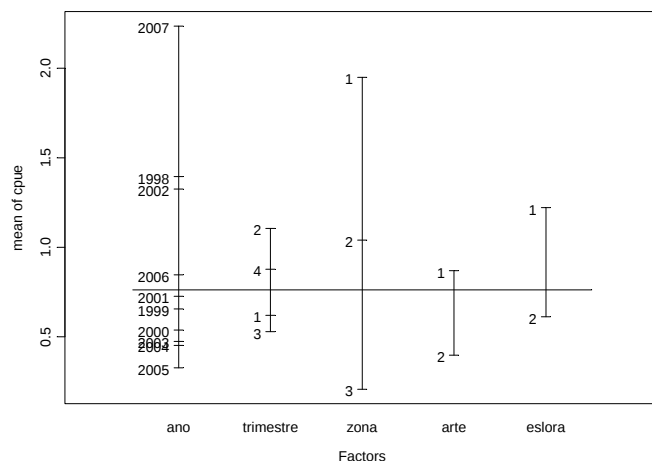


Figura 3. Media de la CPUE de tortugas cabezonas para cada nivel de las variables categóricas.

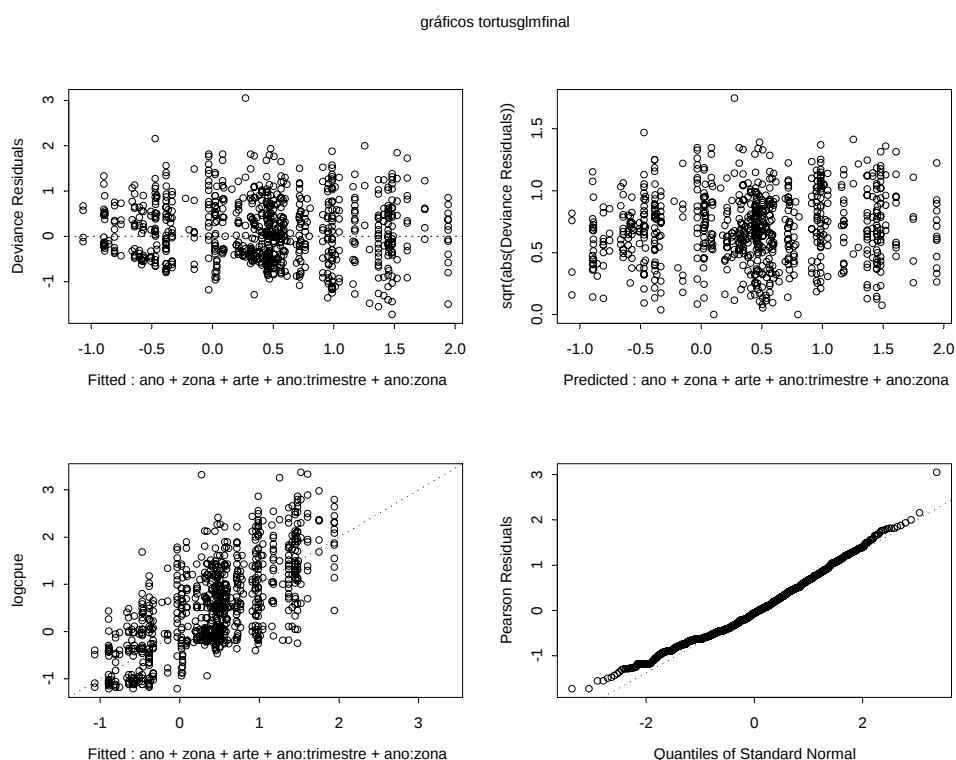


Figura 4. Los gráficos de la fila superior muestran los residuos de las desviaciones frente a los valores ajustados (izquierda) y frente a los valores predichos (derecha); en la fila inferior la variable respuesta frente a los valores ajustados (izquierda) y gráfico de probabilidad normal de los residuos de Pearson (derecha) del modelo final de estandarización de la CPUE de *C. caretta*.

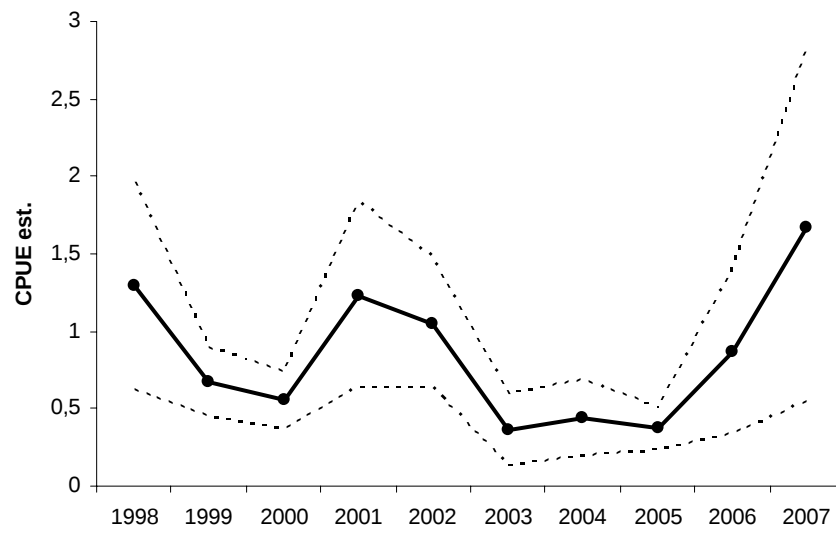


Figura 5. CPUE estandarizada de *C. caretta* en el Atlántico Sur Occidental para el período 1998-2007. Las líneas punteadas representan el desvío estándar de dicha estimación.

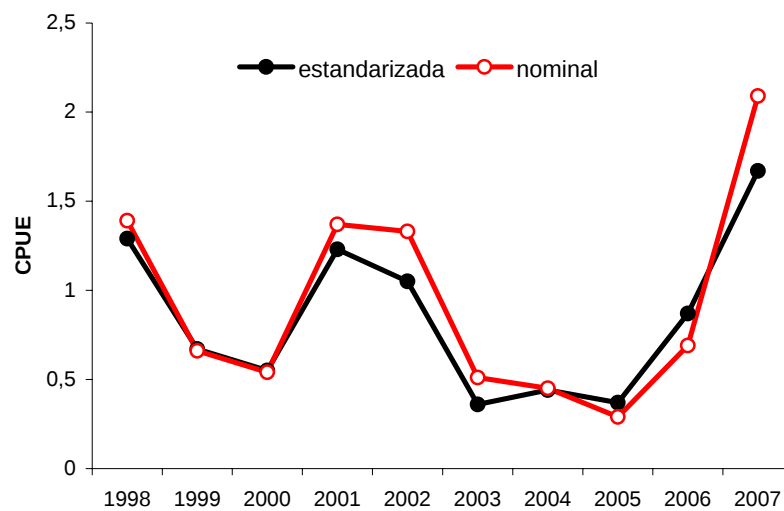


Figura 6. CPUE nominal y estandarizada de *C. caretta* en el Atlántico Sur Occidental para el período 1998-2007.