INIDEP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Número	Páginas	Fecha de aprobación
0M 0 33	17	28 FEB 2013

Dirección: DIRECCIÓN DE PESQUERIAS PELAGICAS Y MEDIO AMBIENTE

Programa / Gabinete: Pesquerías de Peces Pelágicos

Actividad: PPEL.16. Análisis de la estrategia de puesta y crianza de la población bonaerense de anchoita en el área de El Rincón

ANALISIS DE LAS AREAS DE DESOVE Y CRIANZA DE ANCHOITA (*Engraulis anchoita*) UTILIZANDO MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Se analizó en el periodo 1993-2008 la relación entre las abundancias de huevos y larvas de anchoita con determinadas variables físicas, mediante el empleo de modelos lineales generalizados (GLM), con el objetivo de detectar, utilizando dicha metodología, cuales son las variables que intervienen en las áreas de desove y crianza donde se observan las mayores concentraciones de huevos y larvas. Se analizaron datos provenientes de 19 campañas de evaluación de anchoita, realizados entre octubre y noviembre en la región bonaerense, y en diciembre en el área patagónica. Se consideraron las variables número de huevos (NH) y de larvas (NL), temperatura (T5) y salinidad (S5) en 5 m de profundidad, año (A), profundidad (P) y el índice de Simpson (IS). Los GLM se llevaron a cabo considerando una distribución binomial negativa donde las variables regresoras fueron NH o NL, según el análisis, y las explicatorias fueron las restantes variables. La distribución de los huevos y larvas de las poblaciones bonaerense y patagónica de anchoita no fue homogénea. Por el contrario, se observó un gran número de estaciones con un número muy bajo o nulo de individuos y viceversa, pocas estaciones con valores muy elevados de huevos y larvas. En el análisis de la población bonaerense, luego de aplicar los GLM, las variables explicatorias seleccionadas para huevos fueron la T5, S5, P e IS; mientras que para las larvas fueron T5, S5, P y A. En cuanto a la región patagónica se seleccionaron T5, S5 y la P, cuando la variable regresora fue el número de huevos; y T5, P y A cuando lo fue el número de larvas. Los porcentajes de explicación del modelo fueron bajos, variando el valore de devianza entre 6 y 15%. Se puede concluir que el empleo de GLM en el análisis de la distribución cuantitativa de huevos y larvas de anchoita fue una herramienta apropiada para analizar las variables relacionadas con el desove y las áreas de crianza. De todas maneras, debe señalarse el bajo porcentaje de explicación de los modelos. Posiblemente el nivel de agregación de los datos y las variables ambientales no incorporadas sean factores que hubiesen mejorado los resultados.

Citar Indicando la fuente. El contenido no debe ser reproducido total o parcialmente sin la expresa conformidad del INIDEP

SOLICITADO POR — Institución: Dirección Nacional de Investigación — Cargo:

PREPARADO POR

Firma:

Nombre: PAJARO, MARCELO

APROBADO POR

Jefe de Programa / Gabinete

Director de área

Lic. DANIEL A. BERTUCHE
A/C Dirección
Pesq. Pelágicas y Medio Ambiente

Director Nacional de Investigación

Dr. OTTO C. WOHLER
DIRECTOR
Dirección Nacional de Investigación
INIDEP

Director del INIDEP

COPIA ELECTRONICA INIDEP

ANALISIS DE LAS AREAS DE DESOVE Y CRIANZA DE ANCHOITA (*Engraulis anchoita*) UTILIZANDO MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Marcelo Pájaro

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

COPIA ELECTRONICA INIDEP

INTRODUCCION

Engraulis anchoita representa un potencial recurso pesquero en el Atlántico Sudoccidental, constituyendo el principal componente de la dieta de varias especies comerciales, además de mamíferos y aves marinas (Angelescu, 1982). Al sur de 34°S habitan al menos dos poblaciones de anchoíta, las cuales están separadas aproximadamente en los 41°S: la primera, denominada bonaerense o norteña, y la segunda, patagónica o sureña (Hansen *et al*., 1984). Durante primavera, el stock bonaerense desova masivamente en el sector costero entre 34°S and 41°S, predominando en aguas de menos de 50 m (Sánchez y Ciechomski, 1995; Pájaro, 1998). A medida que avanza la temporada el desove se extiende hacia el sur. En diciembre se produce el máximo de la puesta de la población patagónica, en asociación con una serie de sistemas frontales de diferente intensidad a lo largo de la costa patagónica (Sánchez, 1995). De igual manera que la mayoría de los peces pelágicos de pequeño tamaño (Blaxter y Hunter, 1982), ambas poblaciones presentan una alta mortalidad embrionaria y larval (Sánchez, 1995; Pájaro *et al*., 2006) y grandes fluctuaciones anuales, estimándose la abundancia instantánea, ya sea por diferentes métodos de evaluación, como el Método Acústico o el de Producción Diaria de Huevos, entre 1.600.000 y 5.400.000 t para la población norte y entre 400.000 y 2.000.000 t para la sur (Ciechomski *et al*., 1986; Sánchez *et al*., 1996; Hansen *et al*., 2012a y b; Pájaro *et al*., 2006).

La región en que se distribuye la proporción más norteña de la población bonaerense posee una pendiente suave y profundidades medias de 80 m, estando caracterizada por el sistema de circulación del Río de la Plata (Martos *et al*., 2005). Desde el punto de vista hidrográfico, esta zona se caracteriza por la presencia de una estructura de cuña salina permanente, con aguas superficiales menos densas de origen continental, y una capa de fondo salina y densa, originada en la plataforma (Guerrero, 1998). Hacia el sur de aquella zona, entre las latitudes de 39° y 41°S se encuentra el área denominada “El Rincón”. Esta área recibe en su porción litoral aportes continentales del Río Negro y del Río Colorado, mientras que en su zona externa está influenciada por aguas que ingresan por advección desde el Golfo San Matías en el sur, con valores máximos de salinidad (Lucas *et al*., 2005). La interacción entre las descargas fluviales mencionadas y el mar adyacente genera dos sistemas frontales: uno resulta del encuentro de las aguas de plataforma con las del Río de la Plata, mientras que el otro se extiende paralelo a la línea de costa, desde la boca del Río Negro hacia Bahía Blanca, y es generado por el contraste de salinidad entre las aguas aportadas por los ríos Negro y Colorado y las aguas de plataforma (Guerrero y Piola, 1997; Guerrero, 1998). Al sur de 37°S se observa una tercera zona frontal, la cual se extiende a lo largo de las isobatas de 40-50 m. La misma separa un área homogénea costera, dentro de las isobatas anteriormente citadas, del área verticalmente estratificada del régimen de plataforma media (Lucas *et al*., 2005).

El área de Península Valdés posee varias condiciones que favorecen, en primavera y verano, la formación de frentes. Entre tales condiciones se observa una termoclina estacional, así como también una gran energía de disipación debida a las mareas. Es así que el área frontal representa el borde entre aguas estratificadas de plataforma y aquellas mezcladas por las mareas (Hansen *et al*., 2001). Martos y Sánchez (1997) describieron para la zona tres áreas frontales: un frente termohalino ubicado en la boca del Golfo San Matías, un frente de marea cercano a Península Valdés, y un tercer frente que se extiende a lo largo de la costa patagónica, próximo a Isla Escondida.

La distribución de huevos y larvas de anchoíta en las regiones bonaerense y patagónica ya ha sido ampliamente descripta por varios autores (Ciechomkski, 1969; Ciechomski *et al*., 1979,

1983; Ciechomski y Booman, 1983; Ciechomski y Sánchez, 1988; Sánchez, 1995; Sánchez y Ciechomski, 1995; Pájaro *et al*., 2008), determinándose las áreas donde se han observado los valores máximos de aquellos estadios de desarrollo y analizando la relación entre la abundancia y la hidrografía de dichas áreas (Pájaro *et al*., 2008; 2011).

La metodología basada en el empleo de modelos lineales generalizados GLM (por sus siglas en inglés: Generalized Linear Models), los cuales son una extensión de los modelos lineales clásicos realizada por Nelder y Wedderburn (1972), permite trabajar con variables de tipos continuas y discretas. Estas variables pueden pertenecer a una familia de distribuciones más amplia que la distribución normal (por ejemplo la familia binomial negativa, empleada en este trabajo), sin la necesidad del supuesto de distribución normal, y permitiendo además que la relación entre el valor esperado (media) de la variable y la combinación lineal de los parámetros (parte sistemática del modelo) no sea siempre la identidad, sino cualquier función monótona (Leonarduzzi *et al*., 2012). En el marco de los GLM podemos ajustar variables de conteo sin perder información con transformaciones matemáticas, evitando la rigidez de los supuestos de los modelos lineales clásicos. Comúnmente, un GLM, es utilizado como herramienta para considerar diversos factores que aportan a la variabilidad de un determinado índice.

El objetivo del presente trabajo es analizar, en el período 1993-2008, la relación entre las abundancias de huevos y larvas de anchoíta con determinadas variables físicas, mediante el empleo de modelos lineales generalizados. De esta manera se buscará detectar, utilizando dicha metodología, cuales variables intervienen en las áreas de desove y crianza donde se observan las mayores concentraciones de los citados estadios temprano de desarrollo.

METODOLOGIA

Desde 1993 hasta 2008 se llevaron a cabo en el INIDEP 19 campañas de evaluación de anchoíta con el objetivo de estimar la biomasa desovante de la especie en la plataforma continental argentina y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (Tabla 1). Los cruceros se realizaron entre octubre y noviembre en la región bonaerense, y en diciembre en el área patagónica. Las dos áreas de estudio incluyeron la región comprendida entre 34°S y 45°S, desde la costa hasta una profundidad aproximada a los 140 m.

Las estaciones oceanográficas se ubicaron regularmente a lo largo de las transectas acústicas, aproximadamente entre 10 y 20 millas distantes entre sí (Figura 1). Los huevos y larvas de anchoíta fueron colectados por medio de lances verticales empleando una red de plancton tipo Pairovet, con una malla de 0,225 m de diámetro y 220 µm de malla. Los arrastres verticales fueron efectuados desde el fondo (o 70 m cuando la profundidad fue mayor a este valor) hasta la superficie.

En cada estación se obtuvieron perfiles continuos de temperatura y conductividad mediante un CTD Sea-Bird 19. El procesamiento posterior de los datos se efectuó por medio de las rutinas estándar *Seasoft*, obteniéndose valores de temperatura y salinidad con una resolución vertical de 1 db. Para cuantificar la estratificación se utilizó el parámetro de estabilidad Φ (J m^{-3}) como una medida del trabajo necesario para mezclar la columna de agua (Simpson, 1981). Se usó el valor de 40 J m^{-3} como el límite entre aguas costeras homogéneas y aguas estratificadas de plataforma.

En laboratorio se separaron los huevos y larvas de anchoíta del resto de los organismos planctónicos y se cuantificaron. El área de agua filtrada en cada estación oceanográfica se calculó a partir del área de la boca de la red y del flujo de agua que filtró dicha red, dividida por la profundidad en la cual operó la Pairovet, expresado en m^{-2}. Además del número de huevos (NH) y de larvas (NL) se consideraron las variables: temperatura (T5) y salinidad (S5) en 5m de profundidad, año (A), profundidad (P) donde se realizó la estación de ictioplancton, latitud (L) y el índice de Simpson (IS). Luego de descartar las variables que presentaron alta correlación, calculada a partir del coeficiente de Kendall (técnica no paramétrica para medir el grado de correlación entre las variables de una muestra), se empleó la metodología basada en los modelos lineales generalizados (GLM), considerando una distribución binomial negativa donde las variables regresoras fueron NH o NL, según el análisis, y las explicatorias fueron las restantes variables. En nuestro caso, donde los conteos de las observaciones se dieron en períodos de tiempo o espacio

COPIA ELECTRONICA INIDEP

no homogéneos entre los valores de las variables explicatorias, fue recomendable incluir en el modelo un término adicional: la variable de exposición, también denominada "*offset*". En este trabajo se utilizó como *offset* el logaritmo natural del área filtrada por la red de plancton en cada una de las estaciones oceanográficas.

La función de probabilidad de de la distribución binomial negativa es:

$$P(y=k\mid\mu)=\frac{\Gamma(y+k)}{\Gamma(k)\Gamma(y+1)}\left(\frac{k}{\mu+k}\right)^{k}\left(1-\frac{k}{\mu+k}\right)^{y}$$

Con y = 0, 1, 2,… donde k y μ son los parámetros de la distribución.
Se tiene que:

E(Y) = μ

Var (Y) = $\mu+\frac{u^2}{k}$

Esa función de probabilidad luego se sustituye en la función logarítmica de verosimilitud:

$$log(L)=\sum_i log(f(y_i;k,\mu_i))$$

$$=\sum_i(k\cdot log(\frac{k}{\mu_i+k})+y_i\cdot log(\frac{\mu_i}{\mu_i+k})+log(\Gamma(y_i+k))$$

Se usó una función de enlace (*link*) de tipo logaritmo. La bondad de ajuste del modelo estadístico se determinó según el criterio de información de Akaike (AIC):

$$AIC=2k-2ln(L)$$

Donde k es el número de parámetros en el modelo estadístico y L es el valor máximo de la función de verosimilitud para el modelo estimado.

En modelos GLM no es posible calcular un R^2, siendo la devianza explicada por el modelo (D^2) o proporción de la varianza, lo más cercano que podemos obtener. El cálculo de D^2 se realizó de la siguiente manera:

$$D^2=\frac{DMN-DR}{DMN}\cdot 100$$

Donde: *DMN* es la devianza debida al modelo y *DR* es la devianza residual debida a la variable.

El análisis estadístico y estimación de los GLM se llevó a cabo utilizando la plataforma R (The R Foundation for Statistical Computing, 2012, versión 2.15.0).

RESULTADOS

La distribución espacial de huevos y larvas de las poblaciones bonaerense y patagónica de anchoíta, en sus áreas de puesta y crianza, no fue homogénea. Por el contrario, se observó un gran número de estaciones con muy bajo o nulo número de individuos y viceversa, pocas estaciones con valores muy elevados de huevos y larvas (Figuras 2 y 3). Por este motivo, como se

COPIA ELECTRONICA INIDEP

discutirá más adelante, se decidió realizar los GLM considerando la distribución de dichos estadios como una binomial negativa.

Región Bonaerense

Para la aplicación del GLM se consideró como variable regresora el número de huevos (Figura 4) o el número de larvas (Figura 5), mientras que las variables explicatorias utilizadas surgieron del análisis de seis variables seleccionadas como posibles variables explicatorias con el fin de eliminar las que tuvieran una alta correlación entre sí. En ambos casos los resultados mostraron una alta correlación de la latitud (L) con la salinidad (r: -0,43/-0,44; p<0,000), por lo cual se decidió eliminar la variable L.

En primer lugar se corrieron los GLM para la variable regresora número de huevos, con las 5 variables seleccionadas (Tabla 2). Luego de la primer corrida se descartó la variable año (Figura 6) por no ser significativa (p>0,068). Esto implica que el valor del coeficiente de dicha variable no fue significativamente distinto de cero y, por lo tanto, tuvo un efecto nulo sobre la variable respuesta. Finalmente, se decidió por el segundo modelo (Tabla 3) donde todas las variables fueron significativas, además de ser más sencillo (con una variable menos), y a pesar que los valores de Akaike y de devianza fueron prácticamente iguales (Tabla 2). A su vez, la regresión de dicho modelo fue significativa (p<0,005) y la comparación entre el modelo con 5 variables y este último no presentó diferencias significativas (p>0,090).

Luego se llevó a cabo el GLM con la variable regresora número de larvas, y las 5 variables explicatorios originales (Tabla 2). A diferencia de los observado con los huevos, luego de la primer corrida la variable eliminada fue el Indice de Simpson, por ser no significativa (p>0,214). Nuevamente, a pesar que los dos modelos, con 5 o 4 variables, presentaron valores de Akaike y devianza similares (Tabla 2), se optó por el segundo (Tabla 4), más sencillo, cuya regresión también fue significativa (p<0,000), y que no presentó diferencias estadísticas con el modelo anterior (p>0,25).

Región Patagónica

De manera similar que lo realizado en el sector bonaerense, se realizó un análisis de las variables elegidas como posibles variables explicatorias con el fin de eliminar las que tuvieran una alta correlación entre sí (Figura 7). Ya sea que se considerara como variable regresora el número de huevos o de larvas, en ambos casos los resultados mostraron una alta correlación de la salinidad con latitud (r: 0,58; p<0,000), y del Indice de Simpson con la profundidad (r: 0,49; p<0,000) por lo cual se decidió eliminar esas dos variables.

Se realizó una primera estimación de modelo, utilizando GLM, considerando como variable regresora el número de huevos y como variables explicatorias a las 4 variables seleccionadas (Tabla 5). Luego de la primer corrida se descartó la variable año (Figura 6) por ser no significativa (p>0,589) y se volvió a realizar el GLM. Finalmente, se decidió por el segundo modelo, más sencillo (con una variable menos), donde todas las variables fueron significativas (Tabla 6), aunque los valores de Akaike y de devianza fueron prácticamente iguales (Tabla 5). Además, la regresión de dicho modelo fue significativa (p<0,048) y la comparación entre el modelo con 4 variables y este último no presentó diferencias significativas (p>0,56).

En segundo lugar se llevó a cabo el GLM con la variable regresora número de larvas, y las 4 variables explicatorios originales (Tabla 5). A diferencia de los observado con los huevos, luego de la primer corrida se descartó la variable salinidad, por ser no significativa (p>0,493). Nuevamente, a pesar que los dos modelos, con 4 y 3 variables, presentaron valores de Akaike y devianza similares (Tabla 5), se optó por el segundo, donde todas las variables fueron significativas (Tabla 7) y la regresión también fue significativa (p<0,000), además de no presentar diferencias estadísticas con el modelo anterior (p>0,56).

DISCUSION

COPIA ELECTRONICA INIDEP

Los modelos lineales generalizados (GLM) permiten medir el efecto de una o más variables independientes sobre la variable dependiente. Los mismos poseen una gran ventaja sobre los modelos lineales usuales pues en ellos se permite la elección de la distribución de la variable dependiente dentro de una gama de distribuciones bastante rica, y además permiten un análisis estadístico del modelo en cuestión que es válido para cualquier distribución que se haya escogido para la variable dependiente.

Acerca del tipo de distribución que debe usarse para modelar la respuesta variable, Zuur *et al*. (2009) recomiendan utilizar una distribución del tipo binomial negativa cuando existe una alta sobre dispersión de los datos. Los huevos y larvas de peces, en general, presentan distribuciones de tipo contagiosas (como por ejemplo, delta, lognormal o binomial negativa, entre otras), con un alto número de casos en donde se observan pocos o ningún individuo, y un bajo número de casos donde la cantidad de huevos o larvas es muy alta. En el caso de la distribución binomial negativa, este es un modelo adecuado en determinados procesos cuando se repite una prueba varias veces hasta tener un determinado número de casos favorables. Es por tanto de gran utilidad en aquellos muestreos que procedan de esta manera. Este tipo de distribución describe aquellas series en las cuales la varianza es significativamente mayor que la media. En lo que respecta a su aplicación a los recuentos de ictioplancton, Smith (1973) y Sánchez (1995) demostraron que los resultados de conteos de huevos y larvas de sardina y de anchoíta, respectivamente, se ajustaban en forma satisfactoria a una distribución binomial negativa. Es por este motivo que en este trabajo se decidió realizar los GLM utilizando una distribución binomial negativa para describir el comportamiento del número de huevos y larvas de anchoíta en el Mar Argentino y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya.

Al utilizar como variables regresoras el número de huevos o larvas, nos encontramos con el problema de tener diferentes volúmenes o áreas de agua por observación. Una solución posibles sería trabajar con las densidades y analizar los datos con una distribución gaussiana, sin embargo, esto tiene la desventaja de que algunos valores ajustados pueden dar resultados negativos, además de que puede existir cierta heterogeneidad (Zuur *et al*., 2009). Estos autores también señalan la posibilidad de usar el volumen o el área como una variable explicatoria, pero en ese caso debería modelarse la relación funcional entre esas variables y el número de huevos o larvas. Por lo tanto, la ventaja de utilizar un *offset*, comparado con usar densidades, es que los valores ajustados serán siempre positivos, los intervalos de confianza alrededor de dichos valores ajustados también serán positivos, y se prescindirá de la heterogeneidad en el contexto de la distribución binomial negativa.

En el caso de la población bonaerense, de las 5 variables utilizadas, la temperatura (T5), salinidad (S5) y profundidad (P) fueron comunes tanto al número de huevos como al de larvas. Martos *et al*. (2005), analizando la distribución de adultos de anchoíta en la región bonaerense determinó que los cardúmenes de esta población se asociaban a ciertos valores de salinidad y temperatura. En el modelo donde la variable regresora fue el número de huevos, la cuarta variable que participó fue el Indice de Simpson (IS), descartándose la variable Año (A). Por el contrario, cuando la variable dependiente o regresora fue el número de larvas, la variable A fue significativa, pero no el IS. Si bien en los gráficos presentados (Figura 6) se observa diferencia interanual en el número de huevos, es probable que la alta dispersión de los datos no permita detectar esas diferencias, contrariamente a lo que sucede con el número de larvas, donde se apreció una diferencia más marcada a pesar de la dispersión. La relación significativa positiva de T5 y S5 y negativa de P, con el número de huevos y larvas de anchoíta en el sector bonaerense, coincide con lo indicado por varios autores que han analizado las características ambientales de las áreas de puesta y crianza de la población bonaerense de anchoíta. A lo largo de la costa bonaerense existen determinadas estructuras hidrográficas que condicionan la dinámica del ambiente costero y de plataforma interna bonaerense (Guerrero y Piola, 1997; Acha *et al*., 2004), Ellas son, el frente termohalino del Río de la Plata, el frente salino de El Rincón, y el frente térmico permanente próximo a la isobata de 50 m (Lucas *et al*., 2005). Sánchez (1995) y Pájaro *et al*. (2008; 2011) han descripto la dinámica del desove de anchoíta en la zona costera de la Provincia de Buenos Aires, destacando que las mayores densidades de huevos y larvas iniciales se ubican en el sector costero, asociado a las citadas estructuras frontales: la del Río de La Plata, el área de El Rincón (Pájaro *et al*., 2011) y el frente térmico próximo a la isobata de 50 m.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

Las densidades máximas de huevos de anchoíta en el sector bonaerense van disminuyendo a medida que aumenta la profundidad, no encontrándose prácticamente desove más allá de los 100 m. Algo similar ocurre con las larvas, aunque, a medida que avanza la temporada (diciembre-enero), es común observar bajas densidades en aguas más profundas, representadas mayoritariamente por ejemplares de mayor tamaño (Sánchez, 1995). Por otra parte, el hecho de que la variable IS explicó parte de la variación de los huevos de anchoíta pero fue descartada del modelo para larvas, se debe a que el desove al sur de 38°S se encuentra fuertemente asociado con el frente térmico de 50 m, observándose en esa franja, una alta concentración de huevos (Pájaro *et al*., 2008); sin embargo, a pesar de que allí también se registran altas densidades de larvas de anchoíta, estas últimas suelen estar más dispersas, debido a los mecanismos de difusión y advección, que operan durante más tiempo, y probablemente la asociación entre el frente térmico y las larvas no sea tan estrecha como con los huevos.

En el sector patagónico, además de eliminarse la variable latitud, se eliminó el IS, ya que el mismo presentó una alta correlación con la profundidad. En este sector, a diferencia de lo descripto en el sector bonaerense, el frente térmico de marea de primavera-verano es la única estructura dominante en esta región, y se observó su presencia a lo largo de toda el área de estudio (Martos y Sánchez, 1997), incrementándose los valores del IS a medida que aumenta la profundidad.

Nuevamente, la temperatura, profundidad y salinidad se relacionaron significativamente con el número de huevos de anchoíta en la región patagónica, descartándose la variable Año. Aquí ocurrió lo mismo que se describió para la región bonaerense. A pesar de que parece existir una diferencia entre el año 2006 y el resto, el GLM descarto dicha variable por ser no significativa, contrariamente a lo que sucedió con el número de larvas (Figura 6). Mientras que la relación entre el número de huevos y la temperatura fue positiva, la misma fue negativa con la salinidad y levemente negativa con la profundidad. La mayor densidad de huevos y larvas se observaron en esta área próximos al frente de marea en aguas estratificadas, de mayor temperatura que las aguas más costeras homogéneas (Pajaro *et al*., 2008). En cuanto a esa leve relación negativa con la profundidad, es posible que pueda deberse a que, dentro de la zona estratificada, la mayor abundancia tanto de huevos como de larvas se encuentran más próximas al frente, donde la profundidad es menor. La única diferencia con respecto al sector bonaerense fue que la relación entre el número de huevos de anchoíta y la salinidad fue negativa. La explicación a esto probablemente se encuentre en que, a medida que nos alejamos de la costa, el número de huevos disminuye y la salinidad se incrementa, debido fundamentalmente a la presencia de aguas de plataforma, con mayor salinidad (Romero *et al*., 2006).

En cuanto al número de larvas de anchoíta en la región patagónica, las variables explicatorias significativas fueron año, temperatura y profundidad. Esto implica que se observaron diferencias importantes interanuales en el número de larvas que sobrevivieron, y al igual que con el número de huevos, existió una relación positiva con la temperatura pero negativa con la profundidad. La variable salinidad no fue significativa debido a que las larvas se distribuyeron más homogéneamente entre aguas más y menos salinas.

Como conclusión hemos visto que el empleo de GLM en el análisis de la distribución cuantitativa de huevos y larvas de anchoíta reflejó algunos aspectos ya conocidos, pero también fue útil para analizar variables como la salinidad (en el sector patagónico) que *a priori* no parecía tener una relación significativa con el desove. De todas maneras, debe señalarse el bajo porcentaje de explicación de los modelos mediante el uso de GLM. El nivel de agregación de los datos y las variables ambientales no incorporadas en el modelo, como vientos, velocidad de corrientes y abundancia del fitoplancton y el zooplancton, seguramente sean factores que hubiesen mejorado el porcentaje de explicación del modelo utilizado para analizar la distribución de huevos y larvas de *Engraulis anchoita* en el Mar Argentino y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya.

BIBLIOGRAFIA

COPIA ELECTRONICA ANIDIP

ACHA, E.M.; Mianzan, H.W.; Guerrero, R.A.; Favero, M. y Bava, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America, physical and ecological processes, J. Mar. Syst., 44, 83–105.

ANGELESCU, V. 1982. Ecología trófica de la anchoíta del Mar Argentino (Engraulidae, *Engraulis anchoita*). Parte II. Alimentación, comportamiento y relaciones tróficas en el ecosistema. Series Contribución del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP, Mar del Plata. 409: 83 pp.

BLAXTER, J.H.S. y HUNTER, J.R. 1982. The biology of clupeoid fishes. Advances in Marine Biology, 20: 1-223.

CIECHOMSKI, J.D. de. 1969. Investigaciones sobre la distribución de huevos de anchoíta frente a las costas argentinas, uruguayas y sur del Brasil. Resultados de nueve campañas oceanográficas. Agosto 1967 - agosto 1969. Proyecto Desarrollo Pesquero, Serie Informes Técnicos, 25: 1-10.

CIECHOMSKI, J.D. de, BOOMAN, C.I., 1983. Distribución cuantitativa de huevos y larvas de anchoíta (*Engraulis anchoita*) en la plataforma continental, frente a las costas de la Argentina y Uruguay en el ciclo anual 1981/1982. Ser. Contrib. Inst. Nac. Invest. Des. Pesq. 431, 1-14.

CIECHOMSKI, J.D. de, SANCHEZ, R.P., 1988. Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Engraulis anchoita* en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya durante el período mayo 1986 - abril 1987. Publ. Com. Téc. Mixta Frente Marít. 4, 117-131.

CIECHOMSKI, J.D. de, SANCHEZ, R.P., EHRLICH, M.D., LASTA, C.A., 1979. Distribución de huevos y larvas de anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el Mar Argentino en diferentes épocas del año y evaluación de sus efectivos de adultos desovantes. Ser. Contrib. Inst. Nac. Invest. Des. Pesq., INIDEP, Mar del Plata, 379, 15 pp.

CIECHOMSKI, J.D. de, SANCHEZ, R.P., LASTA, C.A., 1986. Evaluación de la biomasa de adultos desovantes, distribución vertical y variación cuantitativa de la intensidad de los desoves de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) durante la primavera de 1982. Rev. Invest. Des. Pesq. (INIDEP), 5, 30-48.

CIECHOMSKI, J.D. de, SANCHEZ, R.P., LASTA, C.A., EHRLICH, M.D. 1983. Distribución de huevos y larvas de anchoíta (*Engraulis anchoita*) y de merluza (*Merluccius hubbsi*), evaluación de sus efectivos desovantes y análisis de los métodos empleados. Contribución del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, 432: 3-37.

GUERRERO, R.A. 1998. Oceanografía física del estuario del Río de La Plata y el sistema costero de El Rincón. INIDEP, Inf. Téc., 21: 29-54.

GUERRERO, R.A. y PIOLA, A.R. 1997. Masas de agua en la plataforma continental. En: El Mar Argentino y sus recursos. Tomo I. Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales., Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 107-118.

HANSEN, J.E.; COUSSEAU, M.B. y GRU, D.L. 1984. Características poblacionales de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) del Mar Argentino. Parte I. El largo medio al primer año de vida, crecimiento y mortalidad. Revista del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). 4: 21-48.

HANSEN, J.E.; MARTOS, P. y MADIROLAS, A. 2001. Relationship between spatial distribution of the Patagonian stock of Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, and sea temperatures during late spring to early summer. Fisheries Oceanography. 10:2: 193-206.

HANSEN, J.E.; BURATTI, C.C. y GARCIARENA, A.D. 2012a. Recomendación de capturas biológicamente aceptables de anchoíta patagónica durante el año 2012. Inf. Téc. Of. INIDEP N°15, 20 pp.

HANSEN, J.E.; GARCIARENA, A.D. y BURATTI, C.C. 2012b. Dinámica de la población de anchoíta bonaerense entre los años 1990 y 2011, de acuerdo con un modelo estadístico de capturas por edad. Inf. Téc. Of. INIDEP N°14, 28 pp.

LEONARDUZZI, E.; DI MARCO, E. y PAJARO, M. En prensa. Identificación de las variables que afectan la frecuencia de puesta de la población bonaerense de anchoíta (*Engraulis anchoita*) mediante el uso de Modelos Lineales Generalizados. Revista del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

COPIA ELECTRONICA INIDEP

LUCAS, A.J.; GUERRERO, R.A.; MIANZÁN, H.W.; ACHA, E.M. y LASTA, C.A. 2005. Coastal oceanographic regimes of the Northern Anchovy Continental Shelf (34-43ES). Estuarine, Coastal and Shelf Science. 65(3): 405-420.

MARTOS, P.; HANSEN, J.E.; NEGRI, R.M. y MADIROLAS, A. 2005. Factores oceanográficos relacionados con la abundancia relativa de anchoíta sobre la plataforma bonaerense (34ES-41ES) durante la primavera. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero. 17: 5-33.

MARTOS, P. y SÁNCHEZ, R.P. 1997. Caracterización oceanográfica de regiones frontales en la plataforma patagónica en relación con áreas de desove y cría de la anchoíta (*Engraulis anchoita*). Presentado en el X Coloquio Argentino de Oceanografía, 4-5 de septiembre de 1997, IADO-CONICET, Bahía Blanca.

NELDER, J. A. y WEDDERBURN, R.W.M. 1972. Generalizad linear models. J. Royal Stat. Soc., Series A, 135: 370-384.

PÁJARO, M. 1998. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie. Ph.D. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina, 273.

PAJARO, M; GUERRERO, R.; DIAZ, M.V. y BROWN, D. 2011. Distribución de huevos y larvas de anchoíta en relación con los procesos oceanográficos presentes en el área de El Rincón. Informe de Investigación INIDEP N° 61/11, 12 pp.

PÁJARO, M.; MACCHI, G.J. y LEONARDUZZI, E. 2006. Estimación de la biomasa reproductiva de anchoita (*Engraulis anchoita*) mediante la aplicación del Método de Producción Diaria de Huevos. Informe Técnico Interno DNI INIDEP NE 05/05, 23 pp.

PAJARO, M.; MARTOS, P.; LEONARDUZZI, E.; MACCHI, G.J.; DIAZ, M.V. y BROWN, D. 2008. Estrategia de puesta de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el mar argentino y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya. Informe Técnico Oficial DNI INIDEP N°11/08, 14 pp.

ROMERO, S.I.; PIOLA, A.R.; CHARO, M. y EIRAS GARCIA, C.A. 2006. Chlorophyll-*a* variability off Patagonia base on SeaWiFS data. Journal of Geophysical Research, vol. 3, 11 pp.

SÁNCHEZ, R.P. 1995. Patrones de distribución espacio-temporal de los estadios embrionarios y larvales de la anchoíta (*Engraulis anchoita* Hubbs & Marini) a micro y macroescala, su relación con la supervivencia y el reclutamiento. Doctor. Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires, 672.

SÁNCHEZ, R.P. y CIECHOMSKI, J.D. de. 1995. Spawning and nursery grounds of pelagic fish species in the sea-shelf off Argentina and adjacent areas. Scientia Marina. 59(3-4): 455-478.

SÁNCHEZ, R.P.; PÁJARO, M. y MACCHI, G.J. 1996. The application of the Daily egg Production Method to the assessment of the SW atlantic anchovy, (*Engraulis anchoita*), spawning biomass off Argentina. International Council for the Exploration of the Sea. CM 1996/h:29: 1-12 pp.+ 7 fig.

SIMPSON, J.H. 1981. The shelf-sea fronts: Implications of their existence and behaviour. Philosophical Transactions Royal Society of London. 302(A): 531-546.

SMITH. P.E. 1973. The mortality and dispersal of sardine eggs and larvae. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 164:282-292.

ZUUR, A.F.; IENO, E.N.; WALKER, N.J.; SAVELIEV, A.A. y SMITH, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. (Gail, Krickeberg, Samet, Tsiatis & Wong, eds.) Springer Science+Business Media, New York, 574 pp.

COPIA NO CONTROLADA

TABLAS

Tabla 1. Número de estaciones de Pairovet y CTD realizadas en cada campaña y fecha en la que se llevó a cabo el crucero.

AÑO	REGION	FECHA DE LA CAMPAÑA (dd/mm)	Pairovet	CTD
1993	Bonaerense	06/10-27/10	148	86
1994		05/10-28/10	169	90
1995		09/10-21/10	168	84
1996		13/10–02/11	151	95
1999		16/10-02/11	152	88
2001		06/10-31/10	84	63
2002		30/10-15/11	133	88
2003		24/10-08/11	122	85
2004		16/10-02/11	137	101
2006		29/10-15/11	134	88
2008		22/10-08/11	141	106
1993	Patagonica	23/11-10/12	96	88
1994		30/11-15/12	87	98
1995		05/12-08/12	75	60
1996		11/12-19/12	80	53
1998		09/12-17/12	68	50
1999		03/12-09/12	50	33
2004		11/12-20/12	79	48
2006		05/12-08/12	85	62

Tabla 2. Modelos lineales generalizados para analizar la relación entre las covariables explicatorios y el número de huevos y larvas de anchoíta en la región bonaerense. A: año; T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; S5: salinidad del agua de mar a 5 m; P: profundidad donde se capturaron los huevos y las larvas; IS: índice de Simpson. AIC: criterio de información de Akaike; gl: grados de libertad. En negrita se destaca el modelo elegido.

Modelos	AIC	Devianza (%)	P(>Chisq)	gl
Huevos: A+T5+S5+P+IS+Offset(ln area)	12480	6,2	0,0048	1531
T5+S5+P+IS+Offset(ln area)	12481	6,1	0,0073	1532
Larvas: A+T5+S5+P+IS+Offset(ln area)	8637,3	13,7	0,0000	1454
A+T5+S5+P+Offset(ln area)	8636,6	13,7	0,0000	1455

Tabla 3. Modelo elegido para explicar la distribución de huevos de anchoíta en el sector bonaerense, a partir de las 4 variables exploratorias consideradas. T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; S5: salinidad del agua de mar a 5 m; P: profundidad donde se capturaron los huevos; IS: índice de Simpson; EE: error estándar.

	Estimado	EE	z	P(> |z|)
(Intercepto)	-13,7225	1,3754	-9,98	0,0000
T5	0,2513	0,0411	6,11	0,0000
S5	0,3330	0,0354	9,41	0,0000
P	-0,0331	0,0030	-11,07	0,0000
IS	0,0015	0,0007	2,22	0,0261

COPIA ELECTRONICA INIDEP

Tabla 4. Modelo elegido para explicar la distribución de larvas de anchoíta en el sector bonaerense, a partir de las 4 variables exploratorias consideradas. A: año; T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; S5: salinidad del agua de mar a 5 m; P: profundidad donde se capturaron las larvas; EE: error estándar.

	Estimado	**EE**	**z**	**P(> |z|)**
(Intercepto)	-207,0410	27,6837	-7,48	0,0000
A	0,0929	0,0141	6,60	0,0000
T5	0,4200	0,0503	8,34	0,0000
S5	0,4337	0,0355	12,20	0,0000
P	-0,0205	0,0025	-8,11	0,0000

Tabla 5. Modelos lineales generalizados para analizar la relación entre las covariables explicatorios y el número de huevos y larvas de anchoíta en la región patagónica. A: año; T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; S5: salinidad del agua de mar a 5 m; P: profundidad donde se capturaron los huevos y las larvas; AIC: criterio de información de Akaike; gl: grados de libertad. En negrita se destaca el modelo elegido.

Modelos	**AIC**	**Devianza (%)**	**P(>Chisq)**	**gl**
Huevos: A+T5+S5+P+Offset(ln area)	4711,3	8,7	0,0817	602
T5+S5+P+Offset(ln area)	4709,6	8,6	0,0470	603
Larvas: A+T5+S5+P+Offset(ln area)	3479,6	16,5	0,0000	602
A+T5+P+Offset(ln area)	3477,6	16,4	0,0000	603

Tabla 6. Modelo elegido para explicar la distribución de huevos de anchoíta en el sector patagónico, a partir de las 3 variables exploratorias consideradas. T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; S5: salinidad del agua de mar a 5 m; P: profundidad donde se capturaron los huevos; EE: error estándar.

	Estimado	**EE**	**z**	**P(> |z|)**
(Intercepto)	62,0883	15,4874	4,01	0,0001
T5	0,4608	0,0777	5,93	0,0000
S5	-2,0023	0,4708	-4,25	0,0000
P	-0,0385	0,0049	-7,92	0,0000

Tabla 7. Modelo elegido para explicar la distribución de larvas de anchoíta en el sector patagónico, a partir de las 3 variables exploratorias consideradas. A: año; T5: temperatura del agua de mar en 5 m de profundidad; P: profundidad donde se capturaron las larvas; EE: error estándar.

	Estimado	**EE**	**z**	**P(> |z|)**
(Intercepto)	-120,1827	46,2859	-2,60	0,0094
A	0,0542	0,0235	2,31	0,0210
T5	0,8167	0,0882	9,26	0,0000
P	-0,0339	0,0050	-6,77	0,0000

COPIA ELECTRONICA INIDEP

FIGURAS

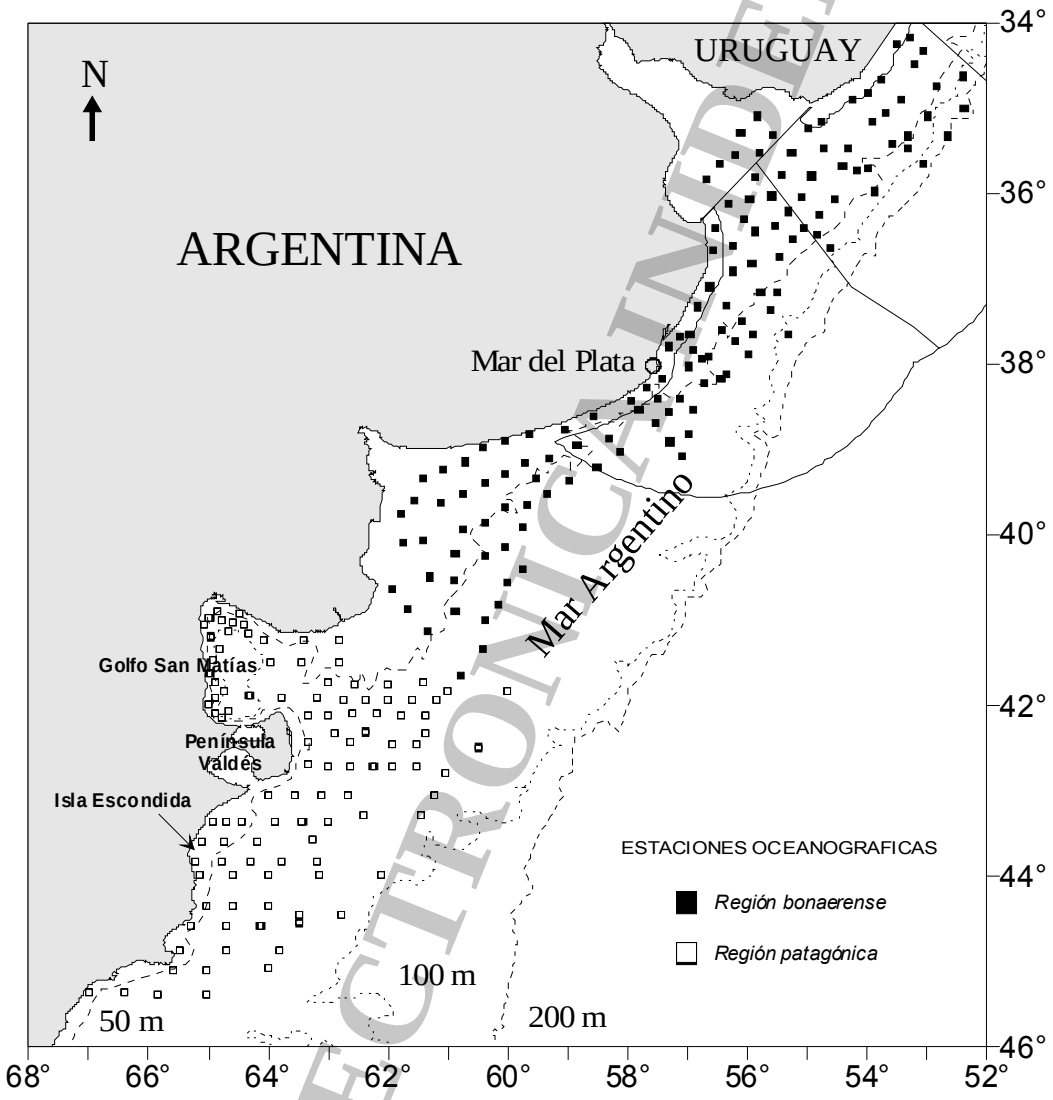

Figura 1. Distribución espacial de las estaciones oceanográficas (Pairovet y CTD).

COPIA ELECTRONICA INIDEP

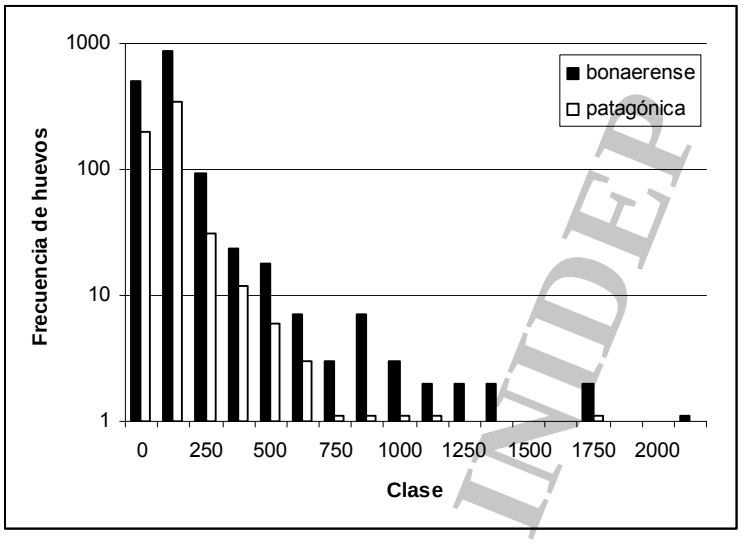

Figura 2. Distribución de huevos de anchoíta por clases numéricas en las regiones bonaerense y patagónica. Los valores representados en la ordenada hacen referencia a los logaritmos naturales del número de huevos.

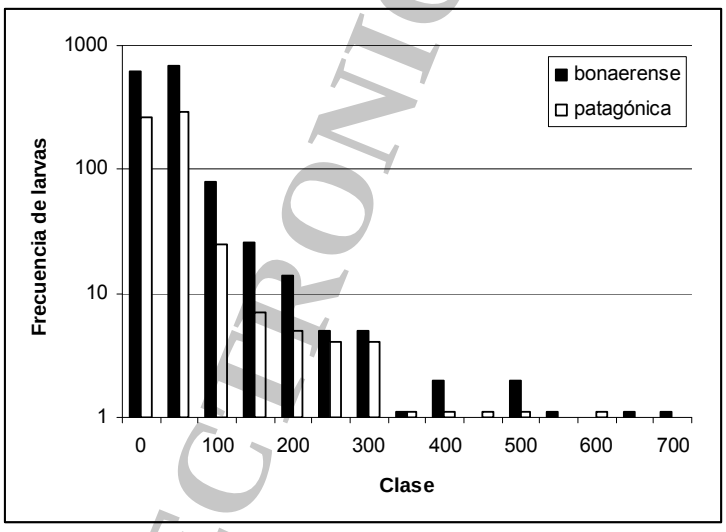

Figura 3. Distribución de larvas de anchoíta por clases numéricas en las regiones bonaerense y patagónica. Los valores representados en la ordenada hacen referencia a los logaritmos naturales del número de larvas.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

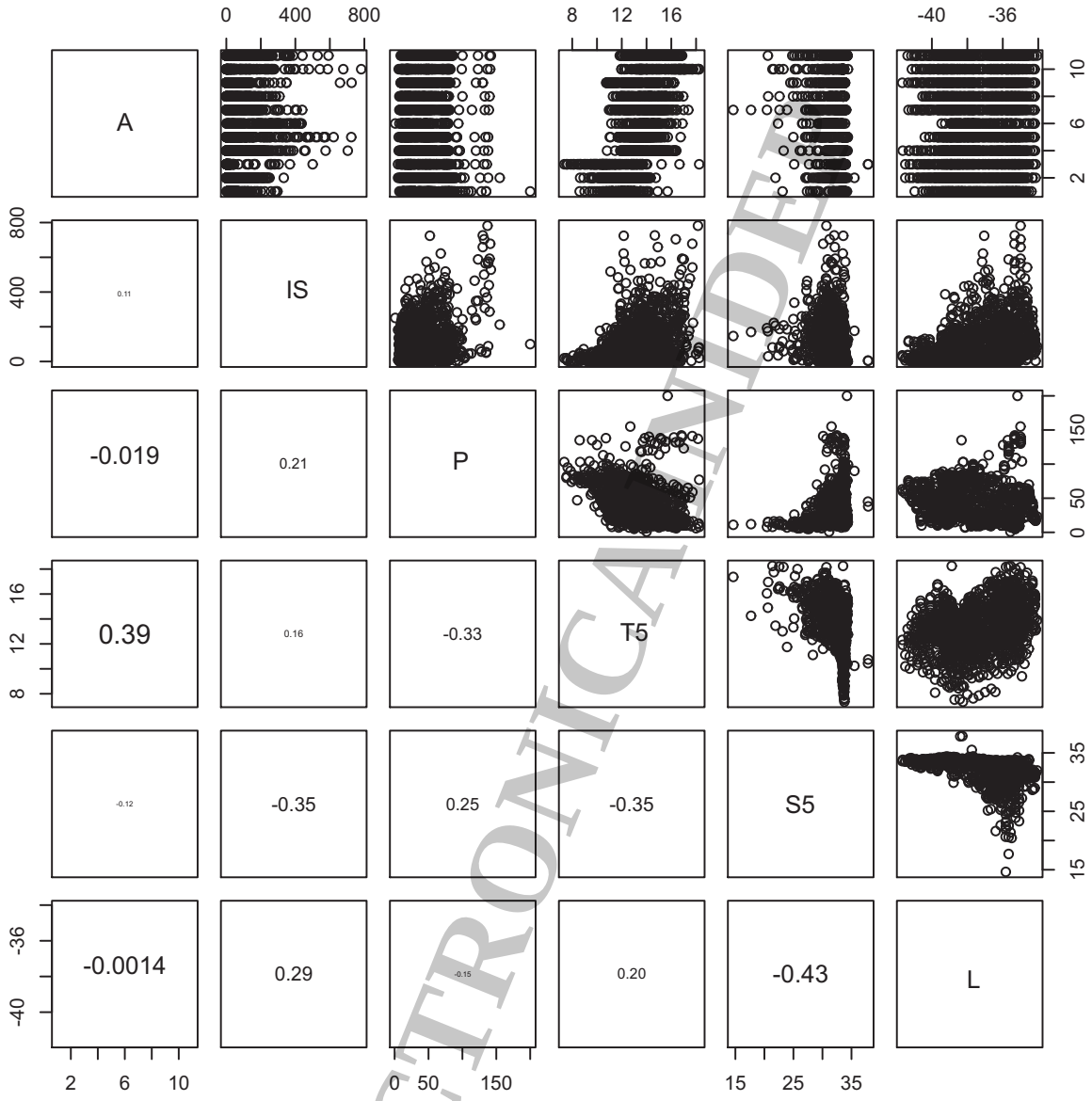

Figura 4. Correlación entre las variables exploratorias elegidas para realizar el GLM cuando la variable regresora fue el número de huevos (región bonaerense). Los números dentro de los cuadrados representan los coeficientes de correlación no paramétrica de Kendall. A. Año; IS: índice de Simpson; P: profundidad; T5: temperatura en 5 m de profundidad; S%: salinidad en 5 m de profundidad; L: latitud.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

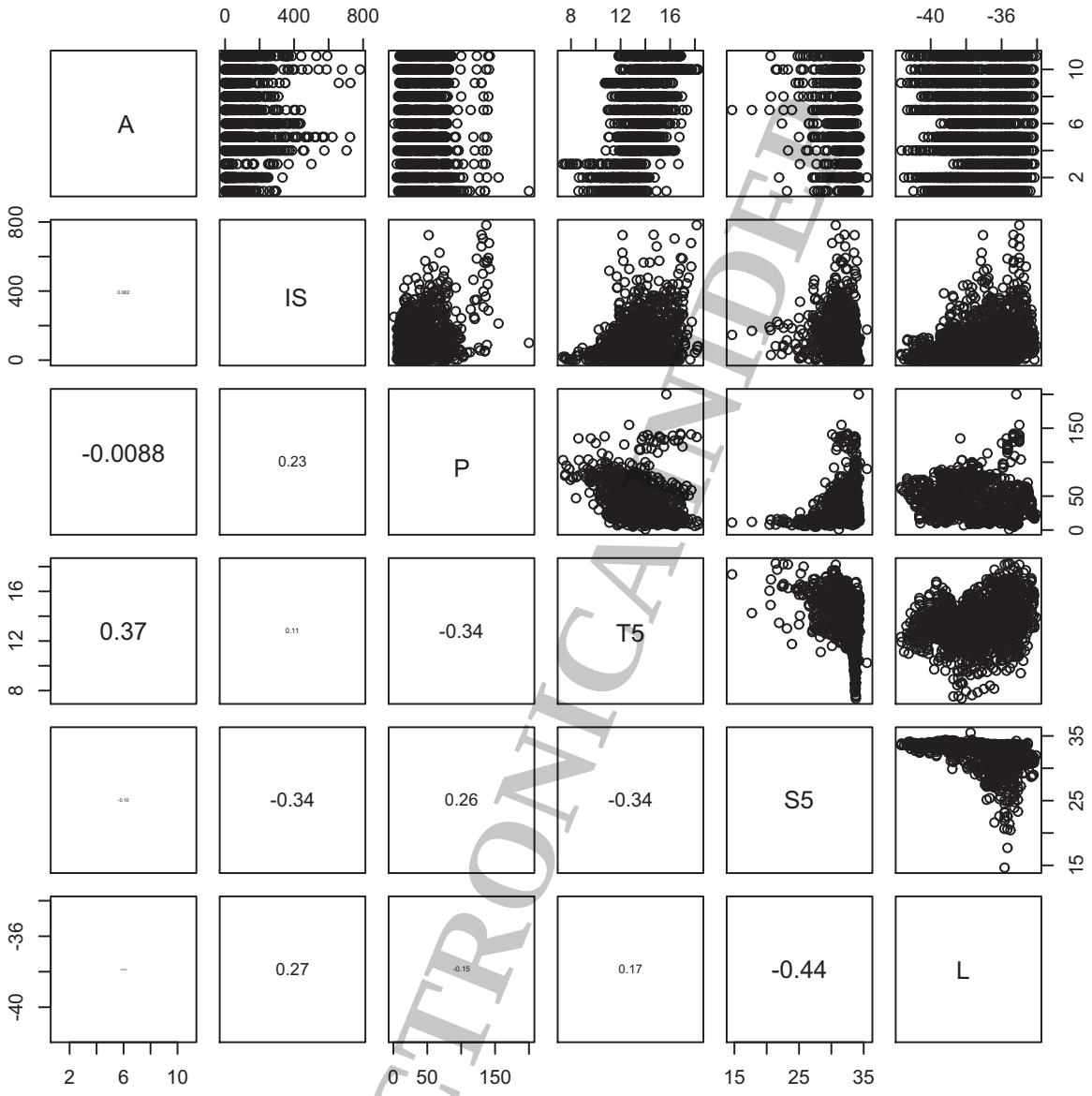

Figura 5. Correlación entre las variables exploratorias elegidas para realizar el GLM cuando la variable regresora fue el número de larvas (región bonaerense). Los números dentro de los cuadrados representan los coeficientes de correlación no paramétrica de Kendall. A. Año; IS: índice de Simpson; P: profundidad; T5: temperatura en 5 m de profundidad; S%: salinidad en 5 m de profundidad; L: latitud.

COPIA ELECTRONICA NIDEP

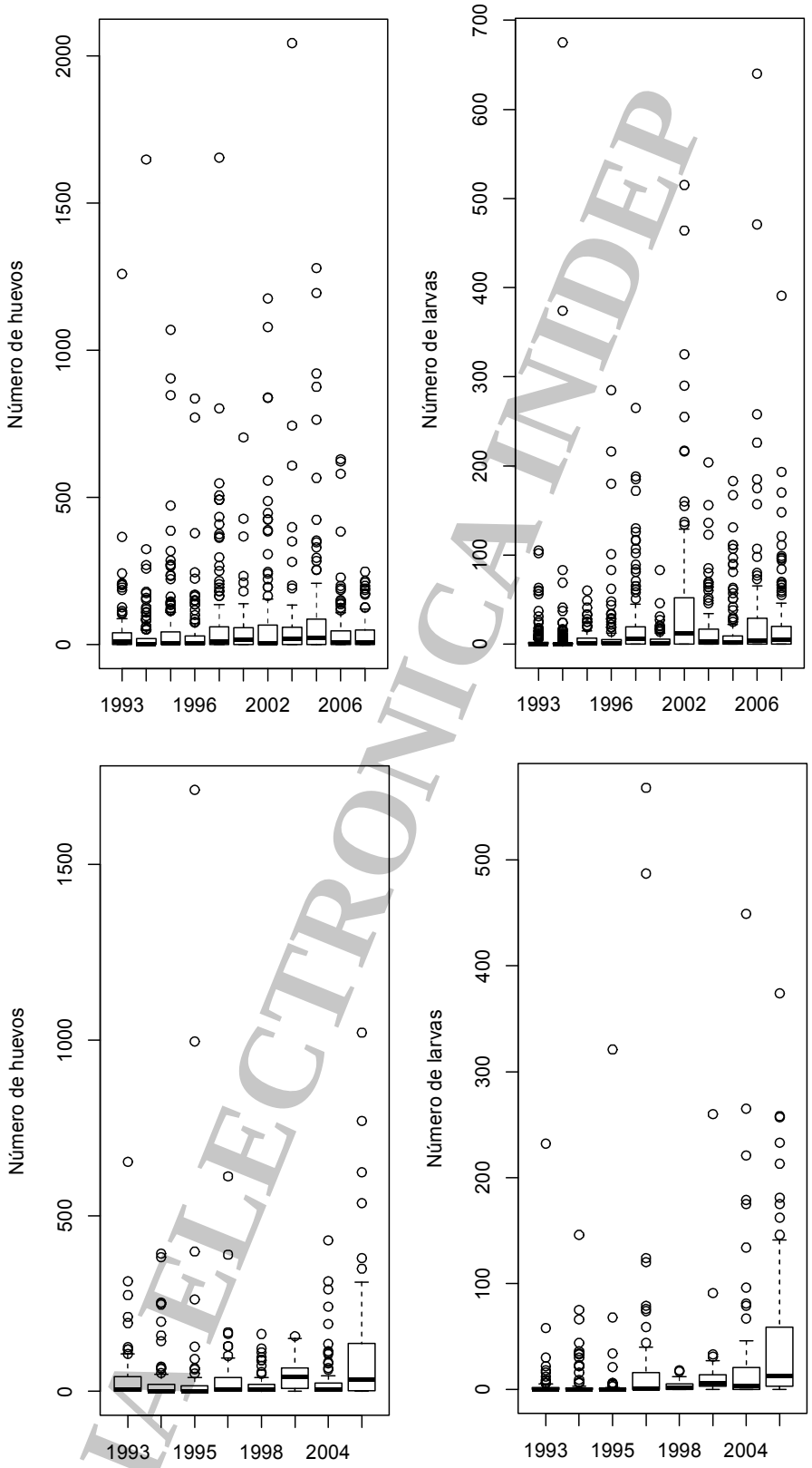

Figura 6. Gráfico *boxplot* del número de huevos y larvas de anchoíta del sector bonaerense (gráficos superiores) y del sector patagónico (gráficos inferiores) en los años analizados. La barrra horizontal gruesa dentro del gráfico representa la mediana; la caja contiene los cuartiles de 25% y 75%; las líneas punteadas tienen como límite superior los valores máximos 1,5 veces mayores a la distancia entre el primer y tercer cuartil; los círculos son los valores que superan los valores máximos.

COPIA ELECTRONICA INIDEP

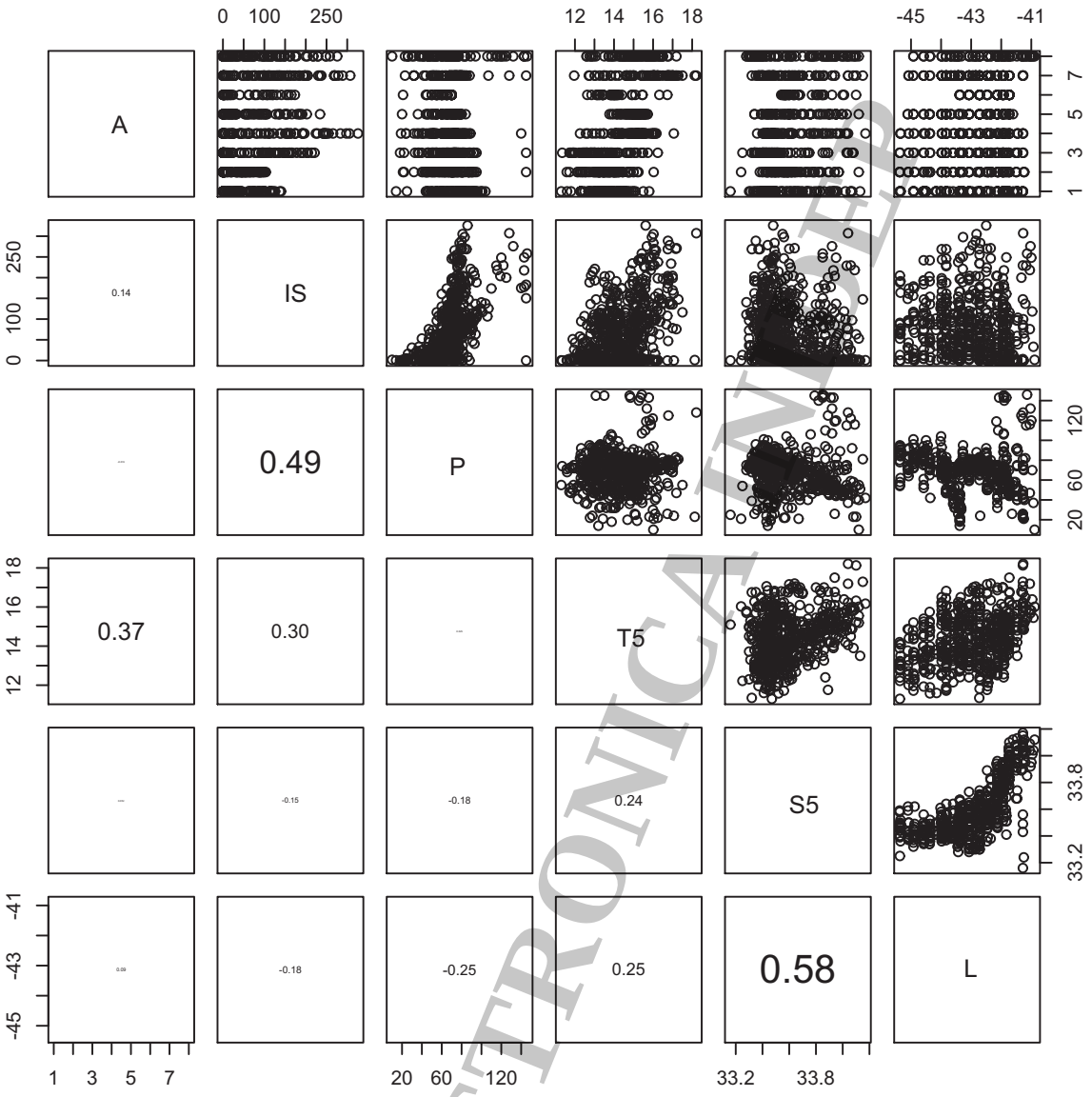

Figura 7. Correlación entre las variables exploratorias elegidas para realizar el GLM cuando la variable regresora fue el número de huevos o larvas (región patagónica). Los números dentro de los cuadrados representan los coeficientes de correlación no paramétrica de Kendall. A. Año; IS: índice de Simpson; P: profundidad; T5: temperatura en 5 m de profundidad; S%: salinidad en 5 m de profundidad; L: latitud.

COPIA ELECTRONICA INIDEP