

Efecto de la pluviosidad y del caudal de los ríos Bío-Bío e Itata sobre los desembarques de las almejas *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* en la zona centro-sur de Chile

The effect of rainfall and runoff of the Bío-Bío and Itata rivers on the landings of the clams *Protothaca thaca* and *Venus antiqua* in central-south Chile

RODRIGO M. MONTES y RENATO A. QUIÑONES¹

Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile
E-mail: 'rquinone@udec.cl

RESUMEN

Se analizó el efecto del caudal de los ríos Bío-Bío e Itata y de la pluviosidad sobre los desembarques anuales de las almejas *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* en la zona centro-sur de Chile. Se consideraron los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y los efectuados en los principales puertos más cercanos a la desembocadura de ambos ríos durante el período 1975-1994. Los desembarques anuales de *P. thaca* y *V. antiqua* se correlacionaron negativamente con la pluviosidad media anual tanto a escala regional ($r = -0,79$; $P < 0,01$) como local (Tomé, $r = -0,91$; $P < 0,01$; Coronel, $r = -0,72$; $P < 0,01$). Estas correlaciones entre las series de tiempo de desembarque y pluviosidad se obtuvieron para un desfase de 3 años, que corresponde al rango de tiempo en el cual se alcanzaría la talla de comercialización de las almejas, (i.e. 3 a 5 años), sugiriendo que la pluviosidad influye en la sobrevivencia de los primeros estados de vida de estas especies. La pluviosidad media anual explicó el 62% de la variabilidad en los desembarques anuales de almejas en la VIII Región (desfase 3 años), porcentaje que se incrementa al 92% cuando se descarta el efecto del fenómeno de El Niño 1982/1983. Se encontró una correlación significativa positiva entre el caudal medio anual del río Itata ($r = 0,77$; $P < 0,01$) y los desembarques anuales de *P. thaca* y *V. antiqua* en la VIII Región con un desfase temporal de 5 años. Por el contrario, el caudal medio anual del río Bío-Bío no se correlacionó significativamente con los desembarques anuales de almejas en la VIII Región. A escala local, se estableció una correlación significativa negativa ($r = -0,85$; $P < 0,01$) entre el caudal del río Itata y los desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé durante el período de desove (diciembre) de ambas especies, con un desfase de 5 años. Sin embargo, para el puerto de Coronel no se encontró una correlación significativa entre el caudal del río Bío-Bío y los desembarques anuales de almejas, tanto a escala anual como mensual. Los modelos de regresión lineal simple que relacionan la serie de tiempo de desembarques anuales de *P. thaca* y *V. antiqua* con la serie de tiempo de variables ambientales permiten explicar el 72% (caudal del río Itata en diciembre) y 83% (pluviosidad media anual) de la variabilidad en los desembarques en el puerto de Tomé.

Palabras clave: desembarques almejas, caudal, pluviosidad, río Bío-Bío, río Itata, Chile.

ABSTRACT

We analyzed the effects of river runoff (Bío-Bío and Itata rivers) and rainfall on annual landings of *Protothaca thaca* and *Venus antiqua* in central-south Chile (VIII Region) during 1975-1994. The environment-resource relationship was analyzed on two spatial scales: (i) whole VIII Region, and (ii) local level focusing on the closest main ports to the rivers mouth. Negative correlations were found between annual landings of *P. thaca* and *V. antiqua* and annual mean rainfall both at regional ($r = -0.79$; $P < 0.01$) and local scale (Tomé, $r = -0.91$, $P < 0.01$; Coronel, $r = -0.72$, $P < 0.01$). The lag time allowing the best correlation ($r = -0.79$; lag time = 3; $P < 0.01$) between landings time-series and rainfall time-series corresponded to the time range needed by the clams to reach the minimum commercial size (i.e. 3 to 5 years). The annual mean rainfall explained 62% of the variability of the annual clam landings in the VIII Region (lag time = 3 years) incrementing to 92% when El Niño event 1982/1983 was discarded. These findings suggest that rainfall is an important factor in the survival of early life stages of the clams. A significant positive correlation was also found between the annual mean runoff of the Itata river and the annual landings of *P. thaca* and *V. antiqua* in the VIII Region with a lag time of 5 years. In addition, a significant correlation was found between annual clams landings in Tomé and Itata's runoff during one of the principal spawning months (December) of *P. thaca* and *V. antiqua*. The lag time between these two time series corresponded to the reported clams commercial extraction age (5 years). In contrast, the annual mean Bío-Bío's runoff was not significantly correlated with the annual clams landings at any lag time both at regional or local level (Coronel). However, the monthly mean Bío-Bío's runoff was correlated to the annual landings of the VIII Region. The linear regression models between landing time-series of *P. thaca* and *V. antiqua* in Tomé port and the environmental time-series explained 72% (Itata's December runoff) and 83% (annual mean rainfall) of landings variability.

Key words: clam landings, river runoff, rainfall, Bío-Bío river, Itata river, Chile.

INTRODUCCION

La variabilidad ambiental puede influir significativamente en las fluctuaciones de la abundancia y distribución de stocks de invertebrados marinos (Bakun et al. 1982). La relación ambiente-recurso es aún más determinante en el caso de organismos con una fase larval pelágica, donde el transporte advectivo y la dispersión de la población larval pueden ser críticas en las fluctuaciones que experimenta el reclutamiento (Scheltema 1986, Boicourt 1988).

Existe evidencia que entre los factores que pueden afectar la abundancia y distribución de invertebrados bentónicos está la incorporación de agua dulce a sus hábitats, tanto a través del aporte fluvial como pluviométrico. Por ejemplo, Mitchell (1976) demostró la relación existente entre el reclutamiento del bivalvo *Venus (mercenaria) mercenaria* y la descarga de los ríos Itchen y Test en Inglaterra, y Donn (1987) estableció que el reclutamiento de *Donax serra* en playas Sudafricanas está asociado a las desembocaduras de los ríos Sundays y Gamtoos. Por otra parte, se ha encontrado una relación significativa entre la pluviosidad y la abundancia de poblaciones del bivalvo *Donax denticulatus* en playas arenosas de Puerto Rico (Sastre 1984).

En Chile, a pesar de la presencia de numerosas hoyas hidrográficas formadas por ríos pequeños, pero con grandes caudales en relación a su área de drenaje (Campos 1988), no se conoce el efecto que los ríos pudieran tener sobre las pesquerías. En el caso de la VIII Región de Chile, la necesidad de investigar el posible efecto de los ríos sobre las pesquerías se torna relevante debido a la importante incorporación de agua dulce al litoral, así como a la magnitud de los desembarques pesqueros. Desde el punto de vista del aporte de agua dulce, destaca la presencia de los ríos Itata y Bío-Bío (Fig.1) y los altos niveles de precipitaciones de la zona, que superan los 1200 mm anuales (Carrasco 1988). Asimismo, esta región aporta aproximadamente con el 59% de los desembarques pesqueros a nivel nacional (Subsecretaría de Pesca 1998).

En consecuencia, en el presente trabajo se analiza el efecto que el aporte de agua

dulce, tanto de origen fluvial como pluviométrico, produce en los desembarques de dos especies de almejas (*Protothaca thaca* y *Venus antiqua*) en la VIII Región de Chile.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

El área de estudio (Fig.1) está localizada en la zona costera de la VIII Región de Chile (36°00' y 38°30' lat. Sur aprox.) donde se encuentran los ríos Bío-Bío e Itata, con caudales medios anuales de 1076 m³/s (período 1975-1994) y 136 m³/s (período 1975-1991) al llegar al mar respectivamente (Dirección General de Aguas, datos no publicados).

Series de tiempo históricas

La estadística de desembarques de almejas para el período 1975-1994 fue obtenida de los Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA 1975-1994). Los datos fueron suavizados aplicando medias móviles de 3 años, con lo cual se reducen los componentes de variabilidad de alta frecuencia (ruido) en series de tiempo (Drinkwater et al. 1991). La media de cada uno de los tres años considerados durante el proceso de suavización se ubica al final de la tríada.

Es necesario señalar, que en los registros de desembarques de los Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca se considera a *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* como un solo recurso denominado "almeja", por lo cual en el presente trabajo se consideró el desembarque conjunto de ambas especies. Utilizando los registros directos de los desembarques por caleta de la VIII Región (SERNAPESCA, datos no publicados) de ambas especies por separado para el año 1990, es posible afirmar que *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* representan aproximadamente el 65% y 35% de los desembarques de almejas respectivamente.

Los desembarques de *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* se producen en los cuatro

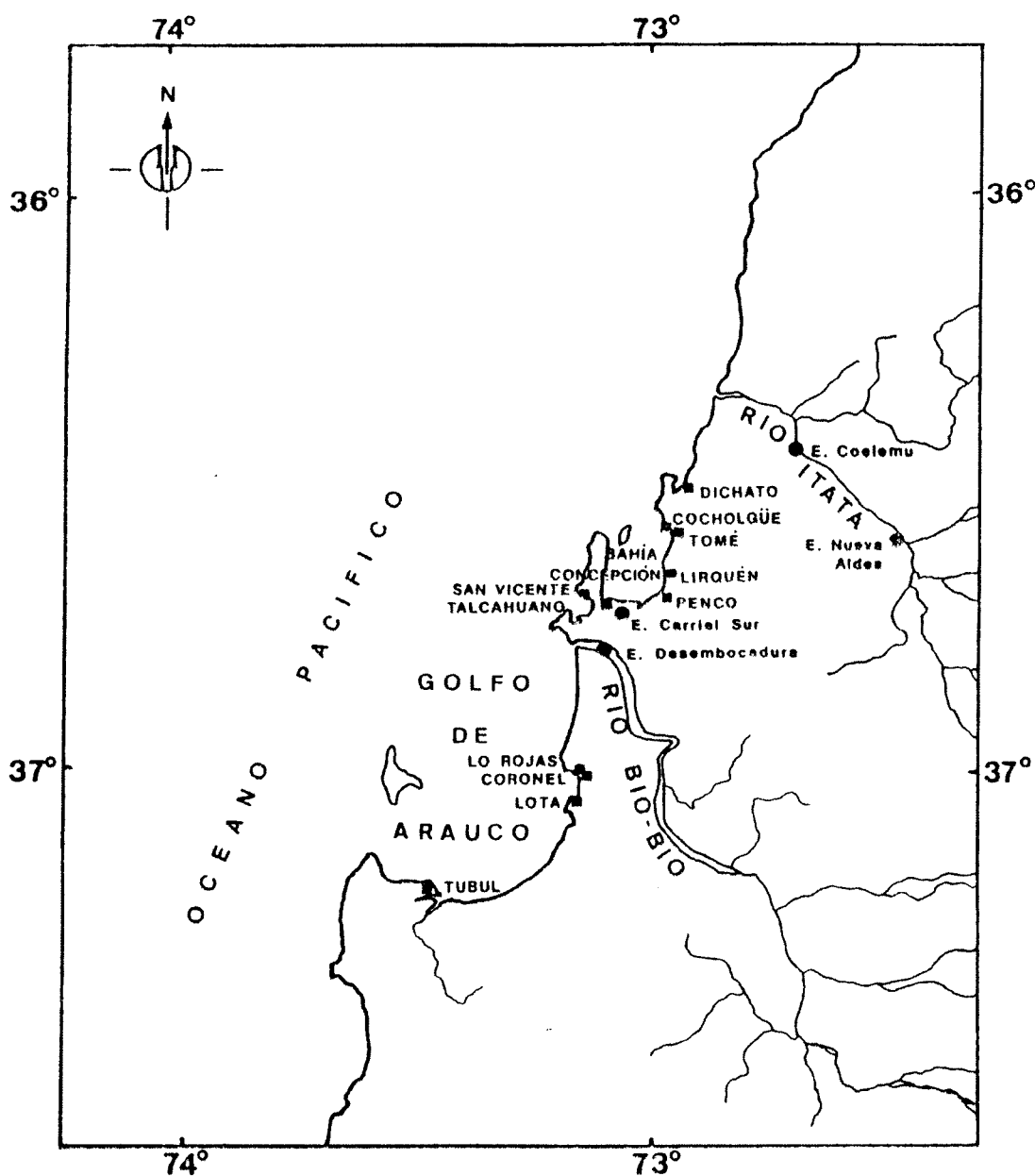


Fig. 1: Localización geográfica de las estaciones de monitoreo.

Location of the monitoring stations.

principales puertos de la VIII Región: Talcahuano, San Vicente, Coronel y Tomé (Fig. 1). Los desembarques provienen de las caletas Dichato, Cocholgue, Tomé, Penco, Lirquén, Talcahuano, San Vicente, Lo Rojas, Lota y Tubul (Fig. 1; SERNA-PESCA, datos no publicados).

El aporte hídrico de los ríos Itata y Bío-Bío se obtuvo a través de los registros de sus caudales medios mensuales y anuales en las estaciones Balsa Nueva Aldea

(36°39'S; 72°27'W) y Desembocadura (36°50'S; 73°05'W) respectivamente (Fig. 1), llevados a cabo por la Dirección General de Aguas (DGA) para el período 1975-1994. La serie de datos pluviométricos para el mismo período de tiempo se obtuvo a través de los registros diarios de la estación de Carriel Sur (36°46'S; 73°03'W; Fig. 1) realizados por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). Los registros fluviométricos y pluviométricos también fueron

suavizados con medias móviles de 3 años, al igual que la serie de desembarques.

Distribución y aspectos biológicos de Protothaca thaca y Venus antiqua

Protothaca thaca es una especie endémica de la provincia malacológica peruano-chilena, con un área de distribución geográfica que va desde Ancón (Perú) hasta el Archipiélago de Chonos (Chile) (Osorio & Bahamonde 1968). Las poblaciones de *Protothaca thaca* son dioicas y presentan entre tres y cuatro desoves anuales. Los gametos de ambos sexos se visualizan en las gónadas prácticamente durante todo el año, salvo el mes de mayo, cuando se produce la reabsorción gonadal (Vega 1979). Los individuos se estratifican dentro de los bancos según su edad, encontrándose estados juveniles en el mesolitoral y adultos en la zona infralitoral (Vega 1979).

Venus antiqua se distribuye geográficamente desde Callao, Perú (12°10'S), hasta Puerto Williams (54°00'S) en el litoral chileno, extendiéndose por la costa Atlántica hasta Uruguay (34°S) (Osorio & Bahamonde 1968). Dentro de ese rango, las poblaciones se estructuran espacialmente en unidades de gran densidad y límites acotados, conformando "bancos" en el sublitoral de playas arenosas de pendiente suave y de extensión considerable. Al interior de estos bancos, los individuos adoptan una distribución contagiosa (Jerez et al. 1991).

Venus antiqua presenta un ciclo vital caracterizado por un hábito sedentario, fecundidad alta con un amplio período de desove que va desde octubre hasta abril, alcanzando su primera madurez sexual a la talla mínima promedio de 32,4 mm y 33,0 mm para machos y hembras respectivamente, y la primera evacuación de gametos ocurre a la longitud mínima promedio de 46,6 mm en machos y 48,3 mm en hembras (Lozada & Bustos 1984).

Métodos estadísticos

Para analizar la variabilidad intraanual del caudal y de la pluviosidad se calculó una señal mensual histórica, es decir, el prome-

dio del valor de la media mensual de la variable durante los años que cubre la serie de tiempo: 18 años para el caudal del río Bío-Bío, 15 años para el caudal del río Itata y 18 años para la pluviosidad registrada en Carriel Sur.

Para analizar la relación entre las series de tiempo del caudal y pluviosidad con la serie de tiempo de los desembarques pesqueros, se efectuaron análisis de correlación producto-momento de Pearson (Zar 1984) con desfases temporales anuales ($\Delta t=1$ año), lo que permite determinar la intensidad de asociación y el grado de desfase entre ambas series de tiempo. El procedimiento de correlacionar desembarques anuales con el caudal de ríos rezagados en el tiempo ha sido utilizado exitosamente en pesquerías (e.g. Sutcliffe 1973, Sutcliffe et al. 1977, Marais 1988, Wilber 1992). De esta forma, se correlacionó la serie de desembarques de almejas de la VIII Región correspondiente al período 1977-1994 con la serie de la pluviosidad (1977-1994) y el caudal de los ríos Bío-Bío (1977-1994) e Itata (1977-1991) para el desfase L ($L = 0 \dots n$). Con esto se generaron matrices con coeficientes de correlación anuales y mensuales hasta un máximo de cinco desfases temporales. Además, se correlacionó la serie de desembarques anuales de almejas para los puertos de Tomé y Coronel con la pluviosidad y con el caudal del río más cercano para igual período de tiempo (desfase L, $L = 0 \dots n$), con el objeto de verificar las tendencias observadas a escala regional. Por otra parte, es necesario señalar que, en el contexto de analizar la relación entre el caudal de los ríos o la pluviosidad con el desembarque pesquero anual, el análisis de correlación en fase (i.e. desfase=0) no tiene una interpretación biológica debido a las escalas de tiempo involucradas.

La serie de tiempo del caudal del río Itata se construyó en base a los registros de la estación Balsa Nueva Aldea. Esta se encuentra más al interior del río Itata que la estación Coelemu, que se ubica más cercana a la desembocadura del río (Fig. 1), pero para la cual sólo existen registros mensuales de caudal para el período 1986-1988. Un análisis de correlación histórica entre

las estaciones Coelemu y Balsa Nueva Aldea del río Itata indicó que es válido para los objetivos del presente estudio utilizar la estación Balsa Nueva Aldea como una aproximación de la estación más costera de dicho río ($r=0,92$; $P<0,05$).

Para estimar la descarga de los ríos Bío-Bío e Itata en conjunto se consideraron las fluctuaciones históricas de sus caudales a través de:

$$\beta = C_{\text{BIO-BIO}} + C_{\text{ITATA}} \quad (1)$$

donde, $C_{\text{BIO-BIO}}$ corresponde al caudal del río Bío-Bío en la estación Desembocadura y C_{ITATA} es el caudal del río Itata en la estación Balsa Nueva Aldea. Considerando que estos ríos son los de mayor caudal en la VIII Región, el índice β reflejaría el principal aporte fluvial hacia la zona costera en esta región. Cabe destacar que los caudales históricos de los ríos Bío-Bío e Itata están correlacionados ($r=0,88$; $P<0,05$).

Se ajustaron modelos de regresiones lineales simples entre la serie de tiempo de desembarque de almejas con la serie de tiempo del caudal de los ríos y de la pluviosidad. Se utilizó como medida de bondad de ajuste el coeficiente de determinación (r^2). Se optó por la aplicación de estos modelos por sobre los de series de tiempo (i.e. ARIMA, Función de Transferencia) debido a que estos últimos (e.g. aproximaciones de Box-Jenkins) no son adecuados cuando la dinámica de la serie es complicada, o no se dispone de una serie lo suficientemente extensa (Prager & Hoenig 1992, Rothschild et al. 1996).

Para verificar la presencia o ausencia de alguna estructura de autocorrelación en la serie de desembarques originales, se utilizó el estadístico Q (Makridakis et al. 1983, Crawford et al. 1991) en su versión modificada Q', el cual disminuye el sesgo de rechazar la hipótesis de autocorrelación nula en pequeñas muestras (Peña 1994):

$$Q' = T(T+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{T-k} \quad (2)$$

con una distribución χ^2 con m grados de libertad, donde m es el máximo número de desfases, r_k es el coeficiente de autocorre-

lación para el k -ésimo desfase y T es el tamaño de la serie.

RESULTADOS

Caudal de los ríos Bío-Bío, Itata e Índice β

Las fluctuaciones en el caudal medio anual se presentan en las Figs. 2a, 2b y 2c para los ríos Bío-Bío, Itata e índice β respectivamente. El río Bío-Bío y el río Itata alcanzan sus máximos niveles de caudal el año 1991 (1615 m^3/s) y 1982 (248 m^3/s) respectivamente. Se observan registros mínimos de caudal el año 1989 para el río Bío-Bío (737 m^3/s) y el año 1990 para el río Itata (73 m^3/s). El índice β alcanza su valor máximo (1758 m^3/s) el año 1991 y mínimo (831 m^3/s) el año 1989.

La variabilidad mensual histórica de ambos ríos se observa en la Fig. 2d. El período mayo-septiembre se presentó como el de los meses de mayor caudal, y el período enero-abril como el de los meses con un escaso aporte de agua dulce a la zona costera.

Pluviosidad

En la serie histórica de la pluviosidad media anual en la estación Carriel Sur durante el período 1975-1994 (Fig. 3a), se observó que el año 1977 presentó el más alto aporte de aguas lluvia a la zona (4,56 mm), registrándose el nivel más bajo durante el año 1994 (2,31 mm). La señal mensual histórica de la pluviosidad en la estación Carriel Sur (Fig. 3b), presenta una clara estacionalidad, donde el período mayo-julio y noviembre-marzo representaron el máximo y mínimo nivel de agua caída respectivamente.

Desembarques pesqueros

La serie de tiempo de desembarques anuales de almejas en la VIII Región (Fig. 4) no presentó evidencias de autocorrelación para los diez primeros desfases anuales. El estadístico Q' no es de carácter significativo ($P>0,1$), lo que descarta la existencia de alguna estructura de autocorrelación dentro de la serie.

Relación caudal - desembarques en la VIII Región

Se encontró una correlación significativa para un desfase de 5 años entre los desembarques anuales de almejas y el caudal medio anual del río Itata ($r = 0,77$; Tabla 1; Fig. 5). Por otra parte, no se encontró una correlación significativa entre el caudal medio anual del río Bío-Bío y los desem-

barques anuales de almejas (Tabla 1). Al considerar una escala de tiempo mensual, se encontraron correlaciones significativas entre el caudal de los ríos Bío-Bío e Itata y los desembarques anuales de almejas con desfases que van desde 1 a 5 años (Tabla 1).

Nuestros resultados indican que a escala anual, el índice β presentó una correlación similar con los desembarques anua-

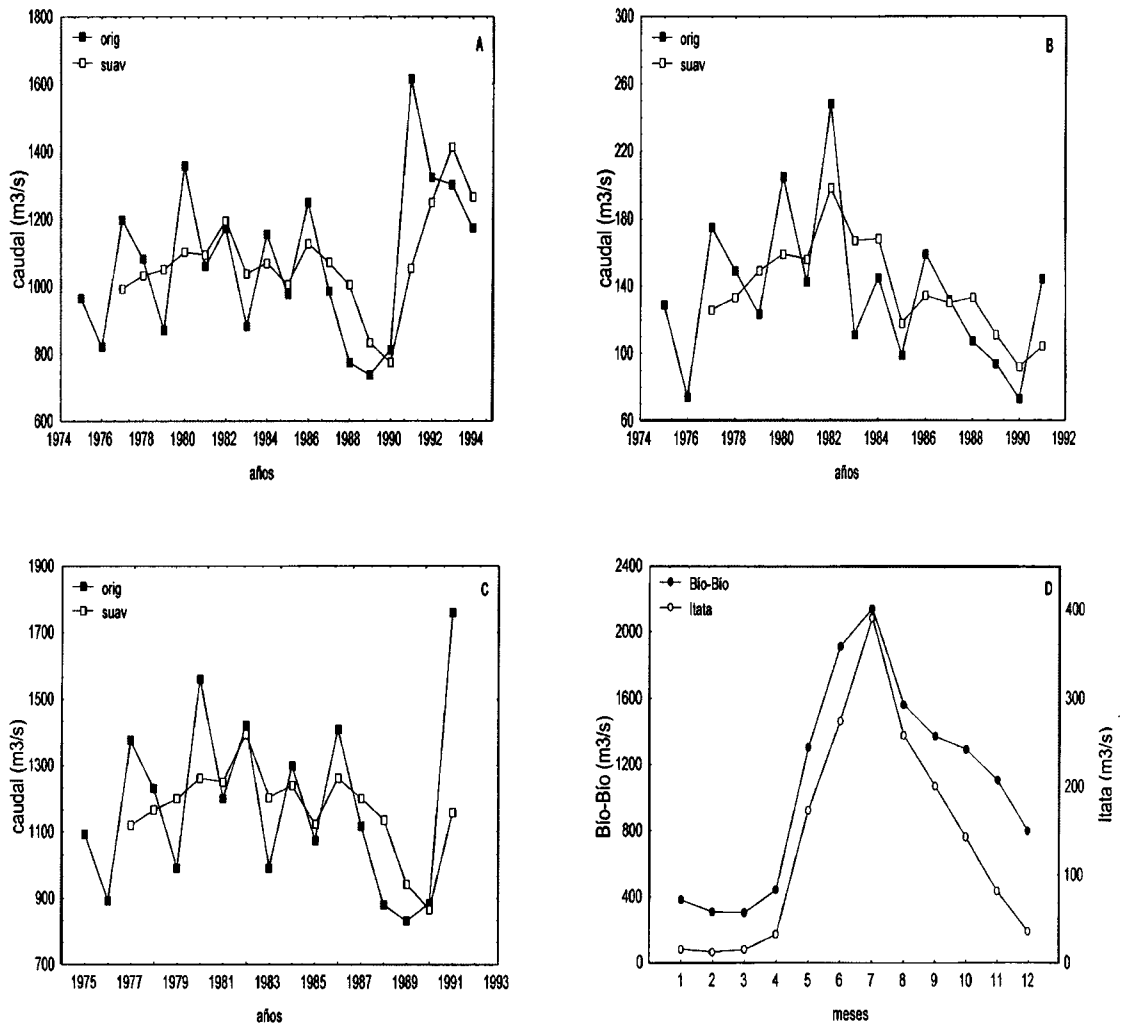


Fig. 2: Caudal medio anual (m³/s) de (a) río Bío-Bío durante el período 1975-1994, (b) río Itata durante el período 1975-1991, (c) índice β durante el período 1977-1991, y (d) señal mensual histórica del caudal de los ríos Bío-Bío e Itata calculada en base a 18 años y 15 años de información respectivamente. Serie de tiempo original (orig) y suavizada (suav).

Annual river runoff (m³/s) of (a) Bío-Bío river (1975-1994), (b) Itata river (1975-1991), (c) β index (1977-1991) and (d) monthly historical signal of the Bío-Bío and Itata river runoff based on 18 and 15 years record respectively. Original (orig) and smoothed (suav) time-series.

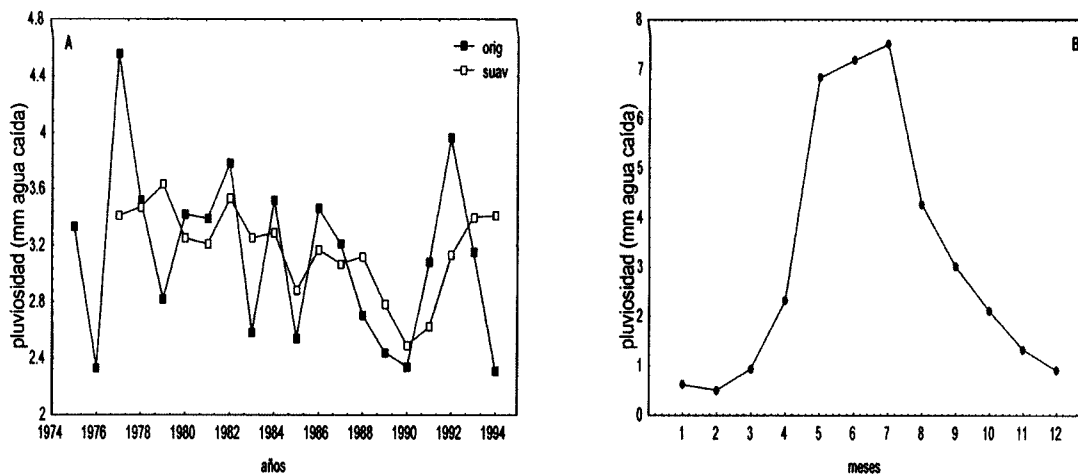


Fig. 3: (a) Pluviosidad media anual (mm de agua caída) durante el período 1975-1994. Serie original (orig) y suavizada (suav). (b) Señal mensual histórica de la pluviosidad calculada en base a 18 años de información.

(a) Annual mean rainfall (mm) during the period 1975-1994. Original (orig) and smoothed (suav) time-series. (b) Monthly historical signal of rainfall based on 18 years record.

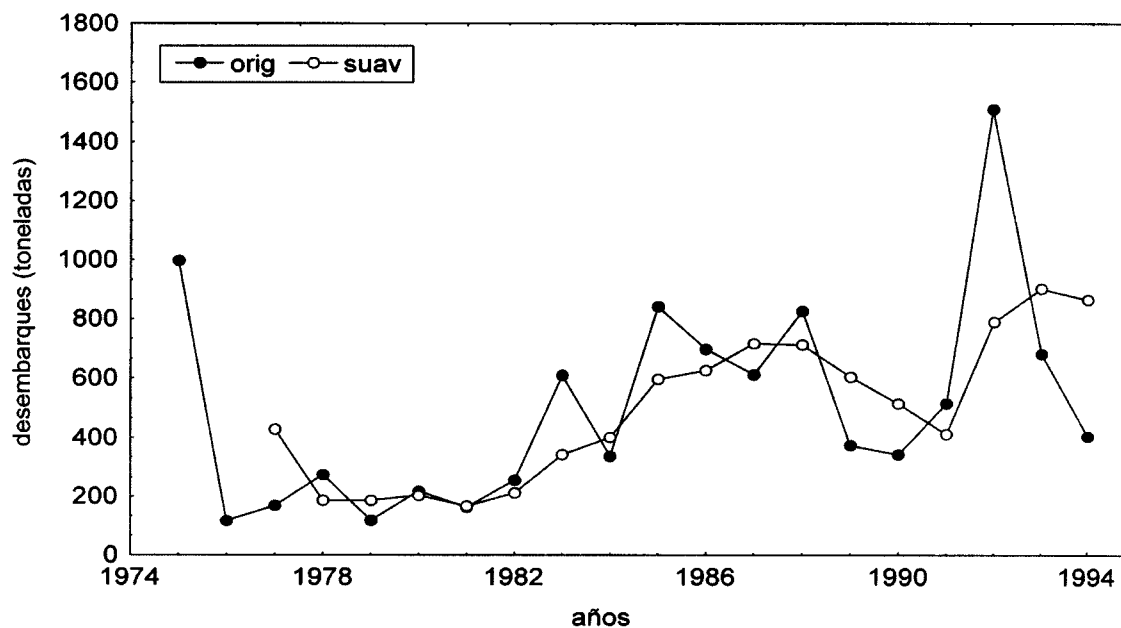


Fig. 4: Desembarques anuales de almejas en la VIII Región durante el período 1975-1994. Serie de tiempo original (orig) y suavizada (suav).

Original (orig) and smoothed (suav) time-series of the annual clam landings in the VIII Region during the period 1975-1994.

les de almejas a la producida por el río Itata por sí sólo para el mismo desfase temporal ($r = 0,78$; desfase=5 años; Tabla 2). Considerando una escala mensual, las correlaciones significativas entre los desembarques anuales de almejas y el índice β se presentan en desfases que varían entre 3 y 5 años.

Relación pluviosidad - desembarques en la VIII Región

Las medias anuales de la pluviosidad se correlacionan significativamente con los desembarques anuales de almejas cuando las series de tiempo se desfasan en dos, tres y cuatro años (Tabla 3). Considerando una escala mensual, se obtuvieron correlaciones significativas con los desembarques

anuales de almejas para todos los desfases (i.e. desfase 0 a desfase 5) (Tabla 3).

El fenómeno de El Niño 1982-1983, uno de los más intensos del siglo (Arntz & Arancibia 1989, Sharp 1993), produjo intensas lluvias en Chile y alteró considerablemente el Sistema de Corrientes de Humboldt (Jordán 1987). En consecuencia, y con el objeto de determinar la relación entre el desembarque anual de almejas durante años no afectados por el fenómeno de El Niño 1982-1983 y la pluviosidad media anual, se ajustó un modelo de regresión lineal con un desfase de tres años, descartando los datos de desembarques correspondientes a los años 1985, 1986, 1987. El modelo que se obtiene explica el 92% de la variación en los desembarques anuales de almejas (Fig. 6).

TABLA 1

Coefficientes de correlación de Pearson (r) entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y los caudales de los ríos Bío-Bío e Itata medio mensual (m) y anual (a). Desfase temporal L, L = 0...5 años. Valores significativos (i.e. $P < 0,01$) sombreados

Pearson correlation coefficients (r) for the relationship between annual clam landings in the VIII Region and Bío-Bío and Itata's mean monthly (m) and annual (a) runoff. Time lag L, L = 0...5 years. Highlighted values correspond to a significant level of $P < 0.01$

m	Río Bío-Bío						Río Itata					
	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L0	L1	L2	L3	L4	L5
ENE	-0,32	0,27	0,32	-0,45	-0,46	-0,48	-0,42	-0,33	-0,17	-0,01	0,25	0,54
FEB	0,49	0,58	0,49	0,34	0,10	0,16	-0,35	-0,21	-0,02	0,23	0,48	0,76
MAR	0,54	0,62	0,54	0,44	0,37	0,54	-0,37	-0,27	-0,11	0,16	0,38	0,67
ABR	0,56	0,64	0,56	0,38	0,28	0,51	-0,32	-0,20	-0,05	0,18	0,36	0,64
MAY	0,12	0,27	0,12	-0,06	-0,04	0,12	-0,28	-0,07	0,15	0,38	0,58	0,76
JUN	0,43	0,66	0,43	0,00	-0,16	0,12	-0,06	0,23	0,47	0,70	0,75	0,74
JUL	-0,63	-0,45	-0,63	-0,61	-0,64	-0,54	-0,56	-0,40	-0,37	-0,15	-0,07	-0,06
AGO	0,00	0,04	0,00	0,15	0,44	0,72	-0,23	-0,33	-0,43	-0,27	0,13	0,47
SEP	0,42	0,38	0,42	0,40	0,38	0,35	-0,61	-0,40	-0,24	0,05	0,39	0,61
OCT	-0,32	0,11	0,31	-0,52	-0,69	-0,77	-0,37	-0,18	-0,17	-0,12	-0,21	-0,27
NOV	-0,22	0,08	-0,22	-0,49	-0,60	-0,72	-0,11	-0,03	-0,21	-0,45	-0,66	-0,75
DIC	-0,25	0,13	-0,25	-0,56	-0,75	-0,85	-0,51	-0,53	-0,68	-0,78	-0,68	-0,58
a	0,33	0,38	0,02	-0,37	-0,44	-0,17	-0,51	-0,25	-0,08	0,26	0,54	0,77

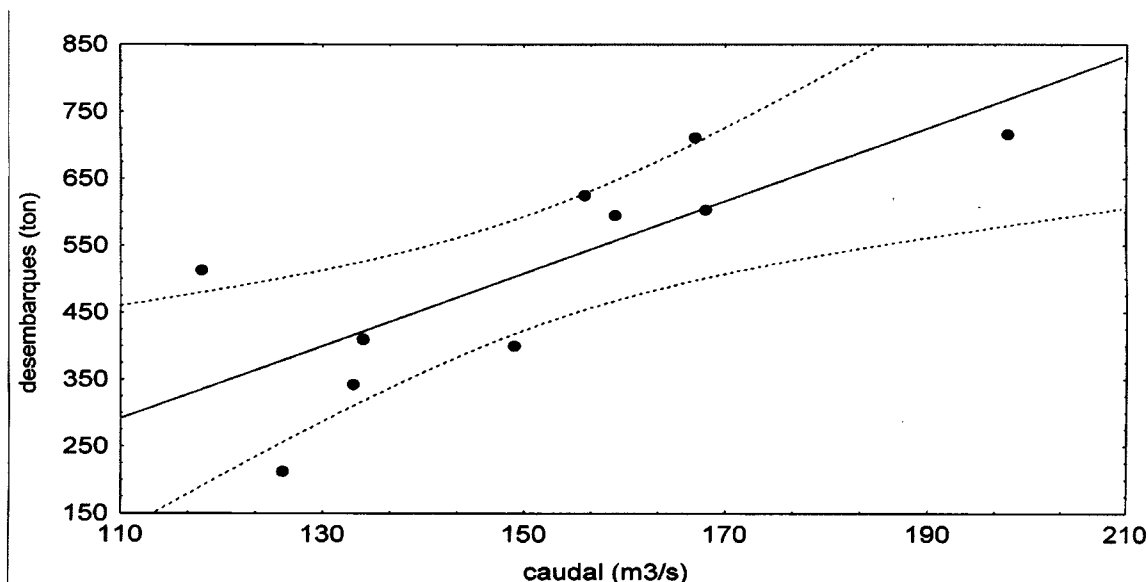


Fig. 5: Regresión lineal entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y el caudal medio anual del río Itata ($r^2 = 0,60$; $P < 0,01$; desfase = 5 años). Línea punteada corresponde a I.C. ($\alpha = 0,05$).

Linear regression analysis between annual clam landings in the VIII Region and annual mean runoff of the Itata river ($r^2 = 0.60$; $P < 0.01$; lag time = 5 years). Dotted line correspond to confidence interval ($\alpha = 0.05$).

TABLA 2

Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y el índice β medio mensual (m) y anual (a). Desfase temporal L, L = 0..5 en años. Valores significativos (i.e. $P < 0,01$) sombreados

Pearson correlation coefficients (r) for the relationship between annual clam landings in the VIII Region and mean monthly (m) and annual (a) b index runoff. Time lag L, L = 0...5 years. Highlighted values correspond to a significance level of $P < 0.01$

		Indice β					
m		L0	L1	L2	L3	L4	L5
ENE		-0,51	-0,41	-0,18	-0,13	-0,06	-0,06
FEB		-0,30	-0,14	0,18	0,45	0,63	0,75
MAR		-0,02	0,06	0,17	0,36	0,48	0,69
ABR		0,18	0,26	0,32	0,39	0,40	0,58
MAY		-0,25	0,00	0,24	0,45	0,59	0,68
JUN		0,19	0,40	0,54	0,57	0,42	0,37
JUL		-0,53	-0,36	-0,39	-0,27	-0,29	-0,17
AGO		0,09	-0,06	-0,20	-0,16	0,15	0,52
SEP		-0,28	-0,13	-0,02	0,25	0,53	0,69
OCT		-0,07	0,24	0,48	0,75	0,91	0,90
NOV		-0,20	0,01	0,05	-0,01	-0,24	-0,57
DIC		-0,42	-0,38	-0,47	-0,59	-0,71	-0,88
a		-0,35	-0,05	0,13	0,42	0,60	0,78

TABLA 3

Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y la pluviosidad media mensual (m) y anual (a). Desfase temporal L, L = 0..5 en años. Valores significativos (i.e. $P < 0,01$) sombreados

Pearson correlation coefficients (r) for the relationship between annual clam landings in the VIII Region and mean monthly (m) and annual (a) rainfall. Time lag L, L = 0...5 years. Highlighted values correspond to a significance level of $P < 0.01$

		Pluviosidad					
m		L0	L1	L2	L3	L4	L5
ENE		-0,61	-0,41	-0,22	0,09	0,01	-0,04
FEB		-0,53	-0,29	-0,07	-0,01	-0,09	-0,16
MAR		0,55	0,69	0,84	0,69	0,56	0,50
ABR		0,39	0,35	0,16	0,05	0,00	0,35
MAY		0,11	0,17	0,00	-0,19	-0,16	-0,08
JUN		-0,05	-0,23	-0,37	-0,32	-0,40	-0,57
JUL		-0,52	-0,63	-0,77	-0,61	-0,39	-0,17
AGO		-0,21	-0,28	-0,21	0,03	0,49	0,62
SEP		-0,24	-0,26	-0,29	-0,34	0,16	0,06
OCT		-0,31	-0,25	0,31	-0,46	-0,67	-0,85
NOV		0,05	0,00	-0,25	-0,56	-0,51	-0,16
DIC		0,16	0,20	0,16	0,18	0,07	-0,02
a		-0,35	-0,39	-0,70	-0,79	-0,66	-0,52

Relación caudal - desembarques por puerto

Los resultados del análisis de correlación entre los desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé y el caudal del río Itata son presentados en la Tabla 4. A nivel anual no se obtuvieron correlaciones significativas entre las series de desembarque y caudal. A escala mensual, destaca la presencia de una fuerte correlación negativa entre ambas series de tiempo asociada a la época reproductiva de ambas especies (i.e. diciembre; Vega 1979, Urban & Campos 1994, Urban 1996) con un desfase de 5 años (Fig. 7).

No se encontraron correlaciones significativas ($P < 0,01$) entre el caudal del río Bío-Bío y los desembarques anuales de almejas en el puerto de Coronel a escala anual o mensual, con la excepción del mes de julio con un desfase temporal de 1 año (Tabla 4).

Relación pluviosidad - desembarques por puerto

Al analizar la relación entre las series de tiempo históricas de pluviosidad y desembarques en el puerto de Tomé tanto a escala mensual como anual se observa que los coeficientes de correlación significativos son mayores que los que se presentan a escala regional para los mismos desfases anuales (Tabla 5). Por otra parte, la asociación entre la pluviosidad media anual y mensual y los desembarques anuales de almejas para el puerto de Coronel (Tabla 5) también presenta índices de correlación significativos aunque menores que aquellos para el puerto de Tomé. El modelo de regresión lineal ajustado describe un 83% de la variabilidad en los desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé al considerar la pluviosidad media anual con un desfase de 3 años como variable predictiva (Fig. 8; Tabla 6).

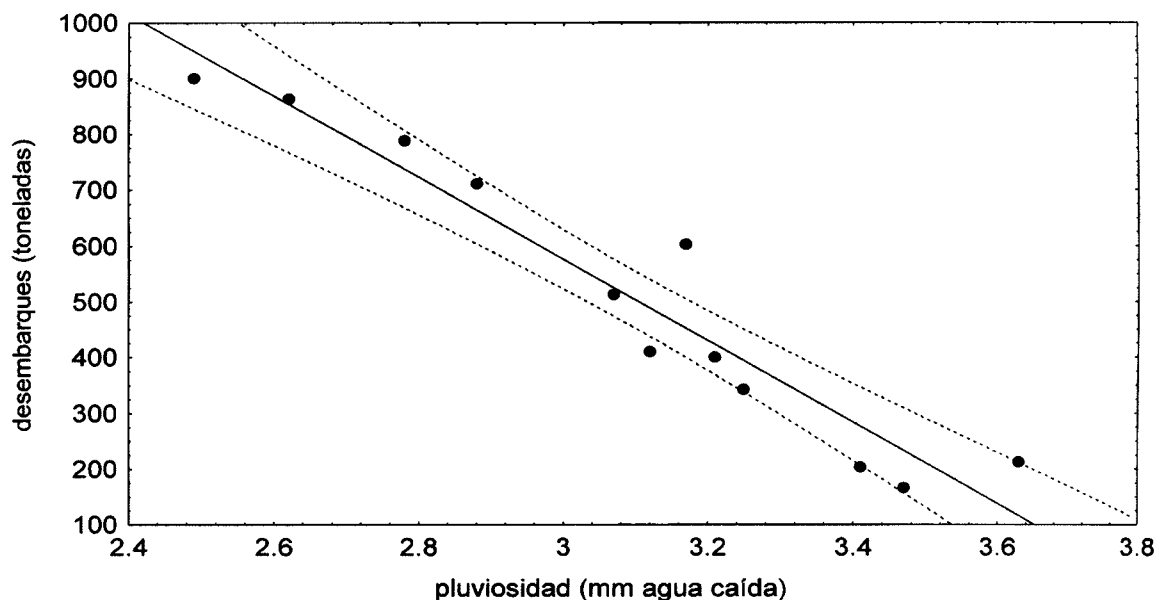


Fig. 6: Regresión lineal entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y la pluviosidad media anual con un desfase de tres años y descartando el fenómeno de El Niño 1982/1983 ($r^2 = 0,92$; $P < 0,01$). Línea punteada corresponde a I.C. ($\alpha = 0,05$).

Linear regression analysis between annual clam landings in the VIII Region and annual mean rainfall with a three years lag time and discarding the effect of El Niño event 1982/1983 ($r^2 = 0.92$; $P < 0.01$). Dotted line correspond to confidence interval ($\alpha = 0.05$).

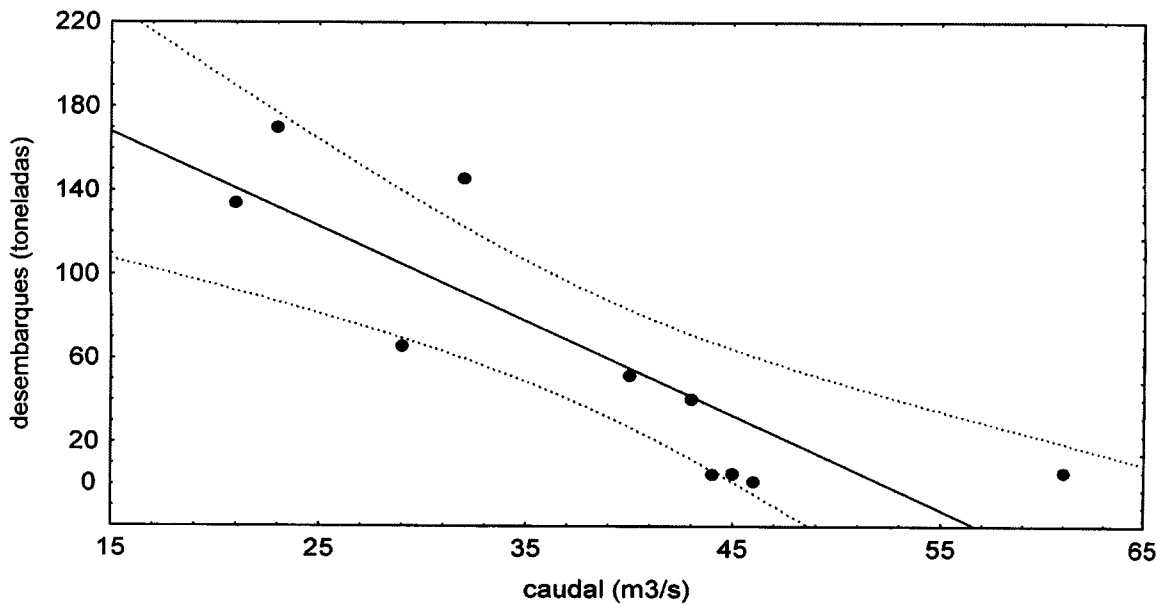


Fig. 7: Regresión lineal entre los desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé y el caudal del río Itata correspondiente al mes de diciembre ($r^2 = 0,72$; $P < 0,01$; desfase = 5 años). Línea punteada corresponde a I.C. ($\alpha = 0,05$).

Linear regression analysis between annual clam landings in Tomé and annual mean runoff of the Itata river ($r^2 = 0.72$; $P < 0.01$; lag time = 5 years). Dotted line correspond to confidence interval ($\alpha = 0.05$).

TABLA 4

Coefficientes de correlación de Pearson (r) entre los desembarques anuales de almejas en los puertos de Tomé y Coronel y el caudal medio mensual (m) y anual (a) de los ríos Itata y Bío-Bío. Desfase temporal L, L = 1...5 en años. Valores significativos (i.e. $P < 0,01$) sombreados

Pearson correlation coefficients (r) for the relationship between annual clam landings in Tomé and Coronel, respectively, and Itata and Bío-Bío's mean monthly (m) and annual (a) runoff. Time lag L, L = 1...5 years. Highlighted values correspond to a significance level of $P < 0.01$

m	Río Itata / Tomé					Río Bío-Bío / Coronel				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
ENE	-0,31	-0,53	-0,31	-0,46	0,19	-0,52	-0,56	-0,49	-0,44	-0,13
FEB	-0,25	-0,30	-0,27	-0,24	0,12	0,22	0,11	0,00	-0,06	0,33
MAR	-0,28	-0,28	-0,31	-0,24	-0,04	0,39	0,32	0,19	0,07	0,24
ABR	-0,24	-0,16	-0,22	-0,21	-0,07	0,50	0,50	0,35	0,20	0,26
MAY	-0,28	-0,12	-0,13	-0,05	0,19	-0,05	-0,02	-0,10	-0,06	0,15
JUN	-0,20	0,04	0,07	0,38	0,61	0,37	0,41	0,23	0,14	0,27
JUL	-0,61	-0,61	-0,45	0,02	0,00	-0,63	-0,59	-0,48	-0,38	-0,41
AGO	0,01	-0,35	-0,67	-0,51	-0,19	0,39	0,21	0,04	-0,04	0,01
SEP	-0,67	-0,58	-0,48	-0,06	0,16	0,10	0,08	0,04	0,19	0,25
OCT	-0,39	-0,28	-0,22	0,14	0,05	-0,35	-0,31	-0,27	-0,25	-0,43
NOV	-0,03	0,24	0,06	-0,03	-0,55	-0,34	-0,24	-0,18	-0,04	-0,16
DIC	-0,29	-0,17	-0,48	-0,56	-0,85	-0,15	-0,31	-0,45	-0,46	-0,62
a	-0,51	-0,43	-0,47	-0,02	0,24	-0,02	-0,09	-0,26	-0,23	-0,11

TABLA 5

Coefficientes de correlación de Pearson (r) entre los desembarques anuales de almejas en los puertos de Tomé y Coronel y la pluviosidad media mensual (m) y anual (a). Desfase temporal L, L = 1...5 en años. Valores significativos (i.e. $P < 0,01$) sombreados

Pearson correlation coefficients (r) for the relationship between annual clam landings in Tomé and Coronel, respectively, and mean monthly (m) and annual (a) rainfall. Time lag L, L = 1...5 years. Highlighted values correspond to a significance level of $P < 0.01$

m	Pluviosidad / Tomé					Pluviosidad / Coronel				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
ENE	-0,64	-0,60	-0,52	-0,46	-0,30	-0,63	-0,51	-0,32	-0,05	0,32
FEB	-0,41	-0,15	-0,33	-0,34	-0,54	-0,59	-0,39	-0,34	-0,17	-0,12
MAR	0,57	0,88	0,84	0,75	0,77	0,71	0,72	0,67	0,61	0,68
ABR	0,39	0,17	-0,25	-0,38	-0,07	0,19	0,21	0,06	-0,02	0,14
MAY	0,13	-0,15	-0,54	-0,57	-0,43	-0,23	-0,16	-0,17	-0,04	0,19
JUN	-0,16	-0,39	-0,37	-0,17	-0,29	-0,39	-0,46	-0,41	-0,20	-0,20
JUL	-0,44	-0,61	-0,42	-0,24	-0,08	-0,35	-0,50	-0,50	-0,50	-0,53
AGO	-0,06	-0,08	0,01	0,35	0,51	0,18	-0,04	-0,21	-0,15	-0,02
SEP	-0,39	-0,25	-0,51	-0,25	-0,19	-0,32	-0,23	-0,25	-0,02	-0,03
OCT	-0,28	-0,24	-0,30	-0,35	-0,52	-0,48	-0,38	-0,31	-0,25	-0,38
NOV	0,04	0,02	-0,26	-0,32	-0,15	0,19	0,23	-0,02	-0,19	-0,37
DIC	0,56	0,44	0,39	0,03	-0,21	0,10	-0,11	-0,22	-0,48	-0,51
a	-0,21	-0,57	-0,91	-0,83	-0,73	-0,57	-0,64	-0,72	-0,60	-0,55

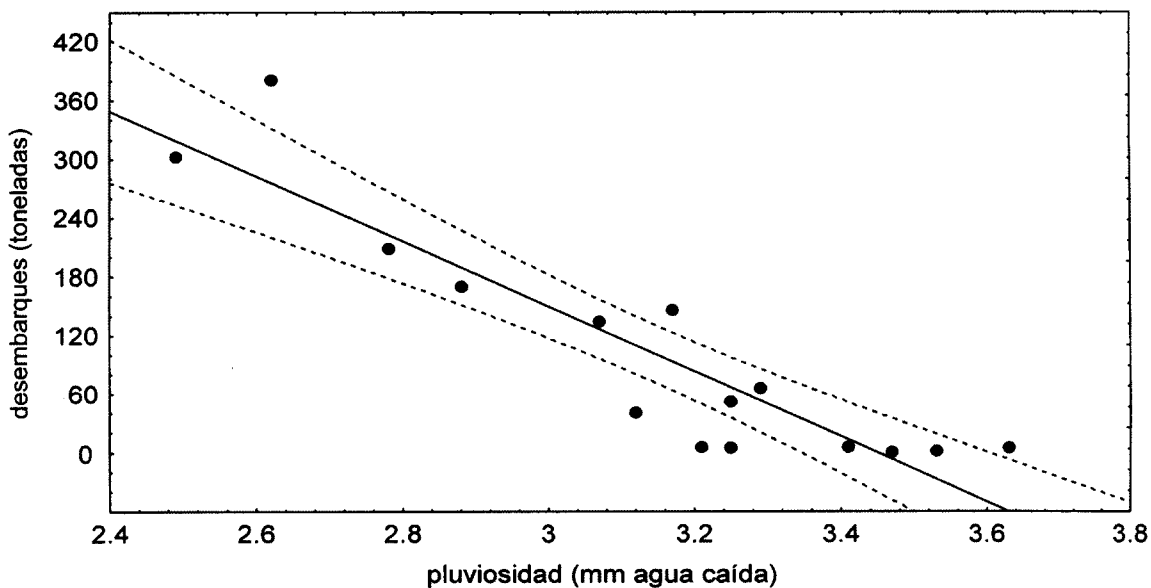


Fig. 8: Regresión lineal entre los desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé y la pluviosidad media anual ($r^2 = 0,83$; $P < 0,01$; desfase = 3 años). Línea punteada corresponde a I.C. ($\alpha = 0,05$).

Linear regression analysis between annual clam landings in Tomé and annual mean rainfall ($r^2 = 0.83$; $P < 0.01$; lag time = 3 years). Dotted line correspond to confidence interval ($\alpha = 0.05$).

DISCUSION

Nuestros resultados demuestran la existencia de correlaciones estadísticamente significativas entre el aporte de agua dulce, tanto de origen fluvial como pluviométrico, y los desembarques de los moluscos bivalvos *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* en la VIII Región. Esta es la primera vez que se determina una relación cuantitativa entre el aporte de agua dulce y el desembarque de recursos pesqueros en Chile, lo cual es de particular importancia en la zona centro-sur del país considerando el uso intensivo de los recursos hídricos y pesqueros.

Tanto *P. thaca* como *V. antiqua* son especies comunes en las capturas de la VIII Región, aunque no han sido históricamente objeto de una fuerte intencionalidad de pesca. Por ejemplo, en la Bahía Coliumo *V. antiqua* ha estado sometida a tasas de explotación constante, y sólo a partir de los primeros años de la presente década se han detectado cambios importantes en el esfuerzo de pesca sobre esta especie (Urban 1996). Desafortunadamente, no existe la información necesaria para estandarizar el esfuerzo de pesca histórico sobre las almejas, lo cual impide la estimación de índices más precisos de abundancia. Sin embargo, para especies donde la intencionalidad de captura obedece principalmente a su pre-

sencia incidental y/o estacional en la zona de pesca, los niveles de desembarque pueden ser considerados como un indicador de los niveles de abundancia relativa (Claramunt & Fuenzalida 1989, Cubillos & Fuenzalida 1990). Esta característica es válida en aquellas especies cuyas capturas son bajas y que generalmente son destinadas al consumo humano directo (Aranda et al. 1989), lo que en la VIII Región es válido para las almejas *P. thaca* y *V. antiqua* (Urban & Campos 1994).

En otros ecosistemas marinos se ha utilizado el caudal de los ríos para realizar predicciones de captura de diversas especies de peces e invertebrados basándose en datos de captura no estandarizados con el esfuerzo de pesca. De esta forma, Sutcliffe (1972, 1973) establece correlaciones significativas entre el caudal de los ríos St. Lawrence, Ottawa y Saguenay respecto a los desembarques del bivalvo *Mya arenaria* en la región de Québec. Estas correlaciones han sido posteriormente validadas por Drinkwater & Myers (1987) realizando similares análisis de correlación pero disponiendo de series de tiempo más extensas.

Relación caudal - desembarques

Nuestro análisis indica que los desembarques anuales del recurso almeja en la VIII

TABLA 6

Modelos de regresiones lineales simples entre el desembarque anual de almejas y el caudal del río Itata y la pluviosidad. C_{ITADIC} = media mensual del caudal del río Itata durante diciembre; P = pluviosidad media anual; P_N = Pluviosidad media anual descartando el Fenómeno de El Niño 1982-1983; D_{TOME} = desembarque anual de almejas en el puerto de Tomé; D = desembarque anual de almejas en la VIII Región

Simple linear regression models between annual clam landings and Itata's runoff and rainfall. C_{ITADIC} = December mean Itata's runoff; P = annual mean rainfall; P_N = annual mean rainfall discarding El Niño event 1982-1983; D_{TOME} = annual clam landings in Tomé; D = annual clam landings of the VIII Region

Variable independiente	Desfase	Modelos de regresión lineal	r ²	P
Caudal Itata diciembre	5	$D_{TOME} = 236 - 0,84 \times C_{ITADIC}$	72%	< 0,01
Pluviosidad	3	$D_{TOME} = 1147 - 0,91 \times P$	83%	< 0,01
Pluviosidad sin El Niño 82-83	3	$D = 2768 - 730,5 \times P_N$	92%	< 0,01

Región presentan una clara correlación con el caudal del río Itata tanto a escala mensual como anual. En contraste, los desembarques anuales de almejas no presentan una correlación significativa con el caudal medio anual del río Bío-Bío, aunque sí existen correlaciones significativas a escala mensual. Considerando que la relación entre los desembarques anuales de almejas en la VIII Región y el caudal de ambos ríos por separado es claramente diferente, se descartó el uso del índice β como variable representativa de la dinámica conjunta de ambos ríos para el análisis de la relación caudal-desembarques.

La correlación encontrada entre los desembarques anuales de almejas y el caudal del río Itata es especialmente fuerte para la zona localizada entre la Bahía Concepción y la cuadra del Itata. Esto último está sustentado en la fuerte correlación observada entre la serie histórica de desembarques anuales de almejas en el puerto de Tomé y la serie del caudal del río Itata correspondiente al mes de diciembre (Fig. 7; Tabla 4). Es necesario señalar que esta correlación entre ambas series de tiempo para ese período del año es la única que se establece al considerar tanto el desembarque regional total como el efectuado en el puerto de Tomé (Tablas 1 y 4).

El desfase temporal entre las series de tiempo del caudal medio anual del río Itata y de los desembarques anuales de almejas en la VIII Región que conlleva a la mejor correlación entre ambas series, corresponde aproximadamente al rango de edades (i.e. 3 a 5 años) en el cual se alcanza la talla mínima legal de extracción para *Protothaca thaca* y *Venus antiqua* (i.e. 5,5 cm de longitud valvar; D.S. N°683, Ministerio de Economía, Chile, 1981) de acuerdo a las estimaciones de Urban & Campos (1994), Urban (1996) y Clasing et al. (1994) en las Bahías de Dichato (36°S) y Yaldad (43°S). Este desfase sugiere que el caudal estaría afectando la sobrevivencia de los estadios tempranos durante el primer año de vida de estas especies y se reflejaría en los niveles de desembarque 5 años más tarde aproximadamente (Fig. 5). Ante la carencia de series de tiempo de desembarques de ambas especies en forma individual, hemos

asumido que la edad de comercialización de ambas especies es alcanzada en un período de tiempo semejante. Este supuesto se basa en que las tasas de crecimiento de *P. thaca* y *V. antiqua* no difieren mayormente. La constante de crecimiento (k) para *P. thaca* es 0,174 año⁻¹ (Urban & Campos 1994) en la Bahía de Dichato; y para *V. antiqua* equivale a 0,183 año⁻¹ (Clasing et al. 1994) y 0,218 año⁻¹ (Urban 1996) según estimaciones realizadas en poblaciones de las Bahías de Yaldad y Dichato respectivamente.

Nuestros resultados indican correlaciones significativas entre el caudal medio mensual de los ríos Itata y Bío-Bío y los desembarques anuales de almejas en la VIII Región para el principal período de desove de ambas especies en la zona (i.e. *P. thaca*, noviembre-marzo, Urban & Campos 1994; *V. antiqua*, octubre-febrero, Urban 1996). Las relaciones que hemos encontrado entre el caudal de los ríos y los desembarques de almejas en la VIII Región tienen su paralelismo en otras regiones del mundo. Así, en la costa sur de Inglaterra se han determinado relaciones significativas entre el caudal de los ríos Test e Itchen y el reclutamiento estuarino en *Venus (Mercenaria) mercenaria*, encontrando que años de reclutamiento exitoso coinciden con meses de escaso caudal de estos ríos, y a la vez con el principal período de desove de la población (Mitchell 1976). Esta situación se produciría también para los ríos Bío-Bío e Itata, ya que los meses de primavera (período de desove importante para *P. thaca* y *V. antiqua*) presentan un caudal reducido que se correlaciona negativamente con los desembarques con un desfase equivalente a la edad a la cual se alcanza la talla mínima legal de extracción. De hecho, estudios realizados en ríos de Inglaterra indican que bajos niveles de caudal reducirían la pérdida de larvas planctónicas del sistema estuarino aumentando, en consecuencia, la sobrevivencia de éstas (Dyer 1973).

Relación pluviosidad - desembarques

El desfase que conlleva a la mejor correlación entre la serie de tiempo de la pluviosidad media anual y la serie de tiem-

po de desembarques anuales de almejas en la VIII Región, fluctúa entre dos y cuatro años (Tabla 3). Sin embargo, al correlacionar las series de tiempo de pluviosidad del mes de octubre (mes importante para el desove de ambas especies, Urban & Campos 1994, Urban 1996) con los desembarques anuales obtenemos coeficientes de correlación significativos para desfases que fluctúan entre cuatro y cinco años (Tabla 3). Estos desfases concuerdan aproximadamente con el tiempo necesario para las almejas en alcanzar la talla mínima legal de extracción de acuerdo a los estudios de crecimiento llevados a cabo por Vega (1979), Urban & Campos (1994), y Urban (1996). Desafortunadamente, la controversia respecto a la determinación del número de anillos de crecimiento anual en *P. thaca* no se ha resuelto, y en consecuencia sólo podemos concluir que los desfases encontrados entre ambas series de tiempo se ajustan al rango de edades posibles para alcanzar la talla mínima legal de extracción. De igual manera, como se mencionó anteriormente, tampoco existe consenso respecto a la tasa de crecimiento de *Venus antiqua*.

La correspondencia entre la edad a la cual se alcanza la talla mínima de extracción y el desfase equivalente a la mayor correlación entre las series de tiempo de pluviosidad media anual y desembarque anual, puede verse enmascarado en bivalvos por una serie de procesos ecológicos, tales como: (i) retardo en el crecimiento individual por condiciones ambientales de estrés (Gunter 1955, Richmond & Woodin 1996), (ii) aumento de la mortalidad larval debido a la filtración de estas por parte de adultos de la misma u otra especie (Cowden et al. 1984), y (iii) disminución en el asentamiento por razones denso-dependientes (Peterson 1982, Cowden et al. 1984, Müller 1986). Para el caso de las poblaciones de *P. thaca* de la VIII Región, se ha sugerido que la sobrevivencia disminuye debido a fenómenos de competencia intraespecífica (Vega 1979), lo cual apoya la hipótesis de que fenómenos denso-dependientes podrían jugar un papel importante en la sobrevivencia de los primeros estadios de desarrollo de las almejas en las poblaciones estudiadas (Poblete & Padilla 1976).

Uno de los principales efectos de la pluviosidad es la disminución de la salinidad superficial de la columna de agua, lo que ha sido observado en la zona costera de la VIII Región (Ahumada 1976). En algunos ecosistemas, como la costa sur de California, fuertes lluvias han disminuido la salinidad a tal extremo de sobrevivir sólo aquellos invertebrados con mayor tolerancia a estas variaciones (MacGinitie 1939 fide Coe 1956). De hecho, variaciones drásticas en la salinidad, producto de fuertes lluvias, pueden producir un retardo en el crecimiento y desarrollo de los invertebrados estuarinos antes del asentamiento, afectando así su mortalidad y reclutamiento (e.g. Richmond & Woodin 1996). No obstante, es poco probable que las variaciones de salinidad produzcan mortalidades de los adultos en las poblaciones de *P. thaca* en la VIII Región, por las características eurihalinas de la especie (Poblete & Padilla 1976), aunque, valores extremos en los niveles de salinidad podrían afectar el potencial reproductivo y la sobrevivencia de estadios tempranos de desarrollo de *P. thaca* y *V. antiqua*, lo que ha sido descrito para *Venus (Mercenaria) mercenaria* (Davis 1958). De hecho, el nivel pluviométrico caído durante el mes de marzo (Fig. 3b) se correlacionó positivamente con los desembarques anuales de almejas tanto a escala regional como a nivel local (i.e. puertos de Tomé y Coronel) con desfases que varían entre 1 y 5 años (Tablas 3 y 5). Es importante destacar que tanto el desove de ambas especies en poblaciones de la VIII Región (Urban & Campos 1994, Urban 1996), así como el asentamiento de *V. antiqua* ha sido observado durante el mes de marzo (Stead et al. 1997).

Aunque nuestro estudio no entrega información acerca de los mecanismos envueltos en el proceso de sobrevivencia de los estadios tempranos de las almejas, sugiere que para comprender el éxito del reclutamiento de las almejas en la VIII Región es necesario tomar en consideración la variable pluviosidad, la cual explica el 83% de la variación en los desembarques (Tabla 6) y hasta un 92% de esta cuando se descarta el efecto del fenómeno de El Niño 1982-1983 (Fig. 6; Tabla 6).

Las correlaciones positivas encontradas entre las series de tiempo de desembarques y pluviosidad tanto a escala regional como local (Tomé y Coronel) para el mes de marzo (Tabla 5), no pueden ser explicadas con el presente nivel de conocimiento acerca de la biología y ecología de las almejas. Aunque marzo corresponde al período de asentamiento de *V. antiqua* (Stead et al. 1997), el proceso de asentamiento de invertebrados bentónicos es afectado por una combinación de varios factores bióticos y abióticos, tales como luminosidad, contorno de la superficie del sustrato, velocidad de los fluidos, estímulos químicos, comportamiento larval, etc. (Rodríguez et al. 1993). En consecuencia, el posible efecto positivo para la fuerza de las clases anuales de almejas en la VIII Región ante la presencia de bajas salinidades en el ecosistema durante el mes de marzo, permanece como una interrogante abierta para futuras investigaciones.

Con el objeto de comparar la importancia relativa de la pluviosidad y los dos ríos analizados, hemos realizado un cálculo grueso del aporte de agua dulce anual a la zona de estudio por unidad de área, a partir de los siguientes datos y supuestos: (i) las poblaciones de almejas se encuentran principalmente distribuidas en los primeros 200 m desde la línea de la costa, (ii) el caudal medio anual del río Bío-Bío es de 1076 m³/s, (iii) el caudal medio anual del río Itata es de 136 m³/s, (iv) la extensión de la zona de estudio puede ser representada por un rectángulo de aproximadamente 193000 m de longitud (corresponde al perímetro aproximado de la costa desde 10 km al norte de la desembocadura del río Itata hasta la caleta Tubul en el Golfo de Arauco) por 200 m de ancho, lo que entrega un área total de la zona de estudio de 3,8 x 10⁷ m².

Nuestra estimación indica que el aporte total de agua dulce proveniente de la pluviosidad, río Itata y río Bío-Bío a la zona de estudio corresponde aproximadamente a 4,3 x 10⁷; 4,3 x 10⁹ y 3,4 x 10¹⁰ m³/año, respectivamente. Aunque la pluviosidad representa el menor aporte por unidad de área, su distribución en la zona de estudio es la más uniforme, lo que implica que puede jugar un papel preponderante en la

variación de salinidad en los bancos de almejas lejanos a la boca de los ríos.

Finalmente, es necesario destacar que las correlaciones encontradas entre factores ambientales (caudal y pluviosidad) y los desembarques de almejas (*Protothaca thaca* y *Venus antiqua*) no demuestran necesariamente la existencia de relaciones causa-efecto. Sin embargo, sugieren fuertemente que la entrada de agua dulce al ecosistema en determinados momentos del ciclo vital de las almejas puede afectar la abundancia futura de los individuos adultos.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Dirección General de Aguas VIII Región y a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) por haber facilitado la base de datos correspondiente a los caudales de los ríos Bío-Bío e Itata y de la pluviosidad respectivamente. Agradecemos también a dos evaluadores anónimos cuyos comentarios y sugerencias enriquecieron el presente artículo. Esta investigación fue financiada por el Programa FONDAP-Humboldt (CONICYT, Chile).

LITERATURA CITADA

- AHUMADA R (1976) Contribución al conocimiento de las condiciones hidrográficas de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes (Chile). Universidad de Concepción, Concepción. 135 pp.
- ARANDA E, E BUSTOS & J CHOMALI (1989) Estado de situación del sector pesquero artesanal en Chile. Revista Comité Permanente del Pacífico Sur 18: 7-33.
- ARNTZ W & H ARANCIBIA (1989) Fluctuaciones en el Ecosistema Bentodemersal del Pacífico Sur-Oriental y el del Norte de Europa: Una Comparación. Revista Comité Permanente del Pacífico Sur (Número Especial): 35-48.
- BAKUN A, J BEYER, D PAULY, JG POPE & GD SHARP (1982) Ocean sciences in relation to living resources. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 39: 1059-1070.
- BOICOURT WC (1988) Recruitment dependence on planktonic transport in coastal waters. En: Rothschild BJ (ed) Toward a Theory on Biological-Physical Interactions in the World Ocean: 183-202. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- CAMPOS H (1988) Alteraciones ecológicas por disminución del caudal de un río. En: Universidad de Concepción (eds) Programa Cuenca del Bío-Bío: (I) 79-85. Chile.

- CARRASCO P (1988) Problemas de manejo de la cuenca del río Bío-Bío. En: Universidad de Concepción (eds) Programa Cuenca del Bío-Bío: (II) 41-46. Chile.
- CLARAMUNT G & R FUENZALIDA (1989) Fluctuaciones ambientales y su relación con los recursos del sector pesquero artesanal en la zona de Iquique. Revista Comité Permanente del Pacífico Sur (Número Especial): 135-143.
- CLASING E, T BREY, R STEAD, J NAVARRO & G ASENSIO (1994) Population dynamics of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneracea) in the Bahía Yaldad, Isla de Chiloé, Southern Chile. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 177: 171-186.
- COE WR (1956) Fluctuations in populations of littoral marine invertebrates. Journal of Marine Research 15: 212-232.
- COWDEN C, CM YOUNG & FS CHIA (1984) Differential predation on marine invertebrate larvae by two benthic predators. Marine Ecology Progress Series 14: 145-149.
- CRAWFORD RJ, LG UNDERHILL, LV SHANNON, D LLUCH-BELDA, WR SIEGFRIED & CA VILLACASTIN-HERRERO (1991) An empirical investigation of trans-oceanic linkages between areas of high abundance of sardine. En: Kawasaki T, S Tanaka, Y Toba, RA Taniguchi (eds) Long term Variability of Pelagic Fish Populations and their Environment: 319-332. Pergamon Press.
- CUBILLOS L & R FUENZALIDA (1990) El período cálido de 1976-1984 y sus efectos en los desembarques de algunos peces de importancia comercial de la Zona Norte de Chile. Ciencia y Tecnología del Mar, CONA 14: 3-19.
- DAVIS HC (1958) Survival and growth of clam and oyster larvae at different salinities. Biological Bulletin 114: 296-307.
- DONN T (1987) Longshore distribution of *Donax serra* in two log-spiral bays in the eastern Cape, South Africa. Marine Ecology Progress Series 35: 217-222.
- DRINKWATER KF, GC HARDING, WP VASS & D GAUTHIER (1991) The relationship of Quebec lobster landings to freshwater runoff and wind storms. En: Theriault J.C. (ed) The Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary?: 179-187. Canadian Special Publications of Fisheries & Aquatic Sciences.
- DRINKWATER KF & RA MYERS (1987) Testing Predictions of Marine Fish and Shellfish Landings from Environmental Variables. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44: 1568-1573.
- DYER KR (1973) Estuaries: A physical introduction. Wiley, London. 140 pp.
- GUNTER G (1955) Mortality of oyster and abundance of certain associates as related to salinity. Ecology 36: 601-605.
- JEREZ G, F PONCE & D RIVAS (1991) Análisis de la explotación del recurso almeja (*Venus antiqua antiqua* King y Broderip, 1835) en la Bahía de Ancud, Chile. Investigaciones Pesqueras 36: 3-16.
- JORDAN R (1987) Los Cambios Ecológicos y la Repercusión Económica del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste. Revista Comité Permanente del Pacífico Sur 16: 267-278.
- LOZADA E & H BUSTOS (1984) Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* (King & Broderip, 1835) en la Bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia: Veneridae). Revista de Biología Marina 20: 91-112.
- MAKRIDAKIS S, S WHEELWRIGHT & V MCGEE (1983) The Box-Pierce Q Statistic. En: John Wiley & Sons (eds) Forecasting: Methods and Applications: 390-391.
- MARAIS JF (1988) Some factors that influence fish abundance in South African estuaries. South African Journal of Marine Science 6: 67-77.
- MITCHELL R (1976) A Possible Relationship between Rate of River Flow and Recruitment in an Estuarine Bivalve Population. En: Skreslet S, R Leinebo JB Matthews & E Sakshaug (eds) Fresh water on the sea: 203-209. Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.
- MÜLLER P (1986) Physical factors and biological interactions regulating infauna in shallow boreal areas. Marine Ecology Progress Series 30: 33-47.
- OSORIO C & N BAHAMONDE (1968) Los moluscos bivalvos de las Pesquerías Chilenas. Biología Pesquera 3: 69-128.
- PEÑA D (1994) Estadística, Modelos y Métodos. Segunda edición. Alianza Editorial S.A., Madrid. 571 pp.
- PETERSON C (1982) The importance of predation and intra and interspecific competition in the suspension-feeding bivalves, *Protothaca staminea* and *Chione undatella*. Ecological Monographs 52: 437-475.
- POBLETE T & M PADILLA (1976) Estimación de la estructura de edad en una población de *Protothaca thaca* (Molina 1782). Medio Ambiente 2: 51-56.
- PRAGER M & J HOENIG (1992) Can We Determine the Significance of Key-Event Effects on a Recruitment Time Series? - A Power Study of Superposed Epoch Analysis. Transactions of the American Fisheries Society 121: 123-131.
- RICHMOND C & S WOODIN (1996) Short-term fluctuations in salinity: effects on planktonic invertebrate larvae. Marine Ecology Progress Series 133: 167-177.
- RODRIGUEZ SR, FP OJEDA & NC INESTROSA (1993) Settlement of benthic marine invertebrates. Marine Ecology Progress Series 97: 193-207.
- ROTHSCHILD BJ, SG SMITH & H LI (1996) The Application of Time Series Analyses to Fisheries Population Assessment and Modeling. En: Gallucci VF, SB Saila, DI Gustafson & BJ Rothschild (eds) Stock Assessment: Quantitative Methods and Applications for Small-Scale Fisheries: 354-402. CRC Press, Florida.
- SASTRE M (1984) Relationship between Environmental Factors and *Donax denticulatus* Populations in Puerto Rico. Estuarine, Coastal & Shelf Science 19: 217-230.
- SHELTEMA R (1986) On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and summary of problems. Bulletin of Marine Science 39: 290-322.
- SERNAPESCA (1975-1994) Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca (SERNAP), Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago-Chile.
- SHARP GD (1993) Fishery catch records, El Niño/Southern Oscillation, and longer-term climate change as inferred from fish remains in marine sediments. En: Diaz & Markgraf (eds) El Niño, Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation: 379-417. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

- STEAD RA, E CLASING, JM NAVARRO & G ASENCIO (1997) Reproductive cycle and cohort formation of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneridae) in the intertidal zone of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 181-190.
- SUBSECRETARIA DE PESCA (1998) Informe Sectorial Pesquero, enero-diciembre 1997. División de Desarrollo Pesquero, Departamento de Análisis Sectorial, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Chile. 11 pp.
- SUTCLIFFE WH (1972) Some relations of land drainage, nutrients, particulate material, and fish catch in two eastern Canadian Bays. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 29: 357-362.
- SUTCLIFFE WH (1973) Correlations between Seasonal River Discharge and Local Landings of American Lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 30: 856-859.
- SUTCLIFFE WH, K DRINKWATER & B MUIR (1977) Correlations of Fish Catch and Environmental Factors in the Gulf of Maine. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 34: 19-30.
- URBAN HJ & B CAMPOS (1994) Population dynamics of the bivalves *Gari solida*, *Semele solida* and *Protothaca thaca* from a small bay in Chile at 36°S. *Marine Ecology Progress Series* 115: 93-102.
- URBAN HJ (1996) Population dynamics of the bivalves *Venus antiqua*, *Tagelus dombeii*, and *Ensis macha* from Chile at 36°S. *Journal of Shellfish Research* 15: 719-727.
- VEGA RE (1979) Algunos aspectos de la biología de la almeja común *Protothaca thaca* (Molina, 1782) en la Bahía de Concepción, Chile. Tesis para optar al título de Biólogo Marino, Universidad de Concepción, Concepción. 181 pp.
- WILBER D (1992) Associations Between Freshwater Inflows and Oyster Productivity in Apalachicola Bay, Florida. *Estuarine, Coastal & Shelf Science* 35:179-190.
- ZAR JH (1984) *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 718 pp.