

CORRENTOMETRIA EULERIANA EN UN AREA DE DESOVE DE LA MERLUZA, PAPUDO-CHILE.

Ricardo L. Rojas*

ABSTRACT. Eulerian Currentmeter observations on a hake's nursery area. Papudo, Chile.

In order to discern what physical phenomena are affecting the variance of the velocity field in Papudo, a yield sampling which included currentmeter observations were made in the area during 1989 and 1990.

The spectral analysis applied to the data shows that the phenomena that affect the most the velocity field are setup on the frequency range between 20 and 24 hours. Winds (at diurnal and inertial period) are found to be the phenomenon that contribute more energy to the variance of the velocity field.

Key Words : Physical oceanography, currents, time serie analysis, wind forcing.

RESUMEN

Durante septiembre de 1989 y enero de 1990 se desarrollaron las fases de terreno de un proyecto multidisciplinario en el área de Papudo. Este Proyecto se llevó a cabo entre las Universidades de Valparaíso y Católica de Valparaíso y su objetivo principal era relacionar los períodos de desove

principal y secundario de la merluza con las características ambientales y biológicas que afectan la distribución y abundancia de los huevos y larvas en dicha área.

Como objetivo específico, en este trabajo se analiza la información de

(*) Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso Casilla 1020, Valparaíso, Chile.

Dirección Permanente: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Casilla 324, Valparaíso, Chile.

correntometría euleriana fija de este proyecto con el propósito de discernir respecto de los fenómenos físicos que pudieran estar influyendo en la varianza del campo de velocidades de corrientes en el área de estudio de Papudo.

El análisis espectral aplicado a los

datos del correntómetro fondeado en Papudo, indica que los fenómenos que más afectan las corrientes en el área se encuentran localizados en las bandas de frecuencias entre 20 a 24 horas. De los posibles fenómenos, se identificó el viento (diurno e inercial) como aquel que aporta mayor energía al campo de velocidades del área.

INTRODUCCION

El área situada frente a Papudo ha sido reconocida como una de las principales zonas de desove de la especie merluza, *Merluccius gayi* (Aviles et al, 1979). Esta persistencia en el área de desove de Papudo sugiere la existencia de una serie de procesos físicos que ocurren en el ecosistema y que estarían regulando el reclutamiento y las fluctuaciones de las poblaciones. Las Universidades de Valparaíso y Católica de Valparaíso estudiaron esta problemática, a través de un enfoque multidisciplinario (biológico, físico

y químico), el cual incluía estudios de corrientes, fitoplancton y zooplancton, meteorología, distribución de propiedades y fotografías de satélite.

En el presente trabajo se analiza la información de correntometría euleriana fija del mencionado estudio con el objeto de discernir respecto de los fenómenos físicos que pudieran estar influyendo en la varianza del campo de velocidades de corrientes en el área de estudio de Papudo.

MATERIALES Y METODOS

La figura 1 muestra el área cubierta durante las dos fases de terreno de este proyecto (septiembre de 1989 y enero de 1990). En ella se observan las posiciones en donde se realizaron las estaciones oceanográficas y de pescas estratificadas de zooplancton. La estación 202 en dicha figura corresponde a la posición del correntómetro interocean modelo 135 que fue fondeado durante dos

días en el primer crucero (06-08 de septiembre de 1989) y durante 5 días en el segundo crucero (04-09 de enero de 1990). El correntómetro se fondeó a una profundidad de aproximadamente 30 metros y su intervalo de muestreo fue fijado en 1 hora para el primer crucero y 10 minutos para el segundo crucero.

Los datos correntométricos fueron

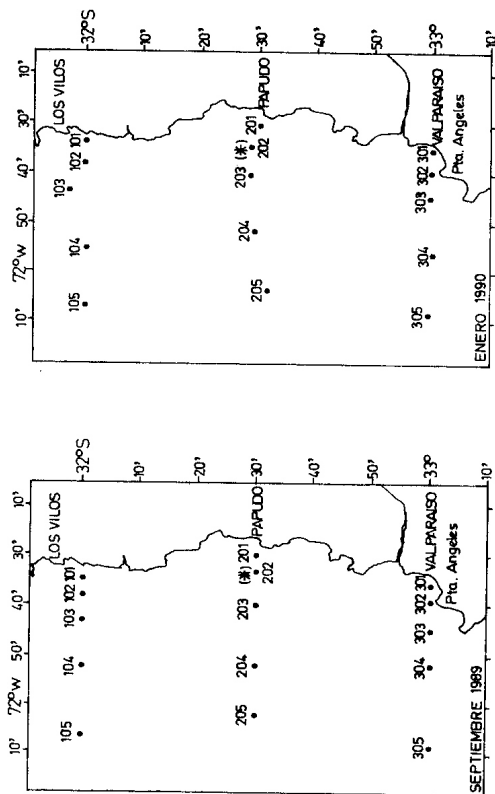


Figura 1. Posición de las estaciones de los cruceros realizados en septiembre de 1989 y enero de 1990. La estación 202 corresponde a la posición de fondo del correntómetro.

leídos visualmente y las series de corrientes fueron descompuestas en coordenadas cartesianas (V = norte-sur; U = este-oeste) y sometidas a un análisis de espectro rotatorio

(O'Brien y Pillsbury, 1974). Debido a la longitud de los registros, solamente la segunda serie de datos correntométricos fue analizada espec-tralmente.

RESULTADOS Y DISCUSION

La figura 2a muestra el diagrama vectorial de corrientes para ambas series de tiempo. Estas se presentan en las figuras 2b y 2c como coordenadas rectangulares U y V a las cuales se les ha removido las fluctuaciones de alta frecuencia. En ellas se observa la similitud en las magnitudes de las corrientes, tanto para ambas componentes como para los dos períodos de observación. Sin embargo en la componente V se visualiza una tendencia secular en los datos de ambos períodos que se manifiesta en la fuerte tendencia norte-sur de la corriente promedio (Tabla 1). El diagrama de vector progresivo, PVD (Figura 3) de los valores observados corrobora esta situación mostrando un dirección de desplazamiento norte-sur de las partículas de agua (asumiendo un campo de velocidad espacial uniforme). Además en este PVD se observa la presencia de giros anticiclónicos (contrareloj) superpuestos sobre la dirección predominante.

Analizando el espectro de cada componente, es decir la contribución de fenómenos en diferentes bandas de frecuencia (períodos) sobre la varianza (energía) del campo de velocidades, se observa en las figuras 4 y 5 que estas contribuciones se manifiestan principalmente en el rango de 20 a 24

horas. No se observa contribución de energía de fenómenos en períodos de alrededor de 6 días (alternancia de los vientos) puesto que la metodología utilizada extrae la tendencia de los datos, eliminando aquellas contribuciones de bajas frecuencias. El largo de la serie de datos (5 días) de corrientes de Papudo restringe, desafortunadamente esta importante contribución.

Respecto de que fenómenos físicos aportan energía en el rango de 20 a 24 horas, se pueden mencionar la brisa diurna, los efectos inerciales y las mareas. La brisa diurna es consecuencia del contraste térmico entre la superficie del mar y la atmósfera adyacente lo cual induce una circulación mar-tierra que influenciará las corrientes superficiales y subsuperficiales a través del efecto Ekman (produciendo corrientes de deriva). Los efectos inerciales debido a forzamientos instantáneos (viento) producen corrientes inerciales que, para el área de Papudo, se manifiestan en períodos aproximados de 22 horas. Finalmente las componentes diurnas de las mareas astronómicas influenciarán el hodógrafo de corrientes del área de estudio (para la posición de fondeo del correntómetro) modificando la magnitud y di-

Período de muestreo	Número de datos horarios	Magnitud corriente	Dirección corriente
septiembre 89	45	4.0 cm/s	302º
enero 90	125	1.9 cm/s	183º

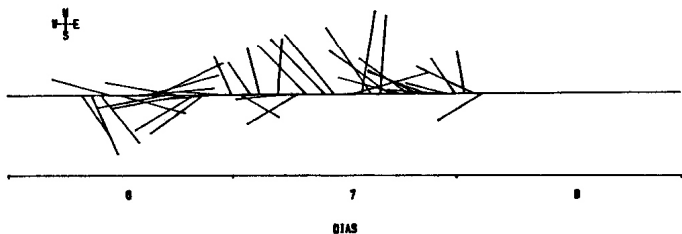
Tabla I. Valores no-armónicos, magnitud y dirección de la corriente promedio para las dos series de tiempo. Correntómetro Papudo.

VECTORES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES

PAPUDO

SEPTIEMBRE

10 cm/s



VECTORES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES

PAPUDO

ENERO

10 cm/s

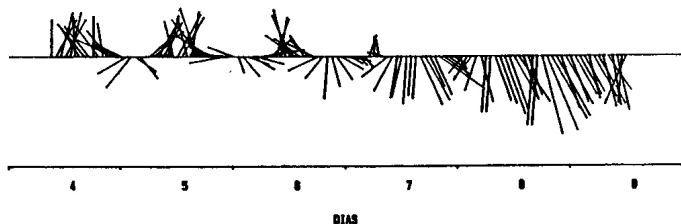


Figura 2a. Diagrama vectorial de corrientes para ambos períodos. 6-8 septiembre de 1989 y 4-9 enero de 1990. Área de estudio Papudo.

COMPONENTES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES
 PAPUDO
 SEPTIEMBRE

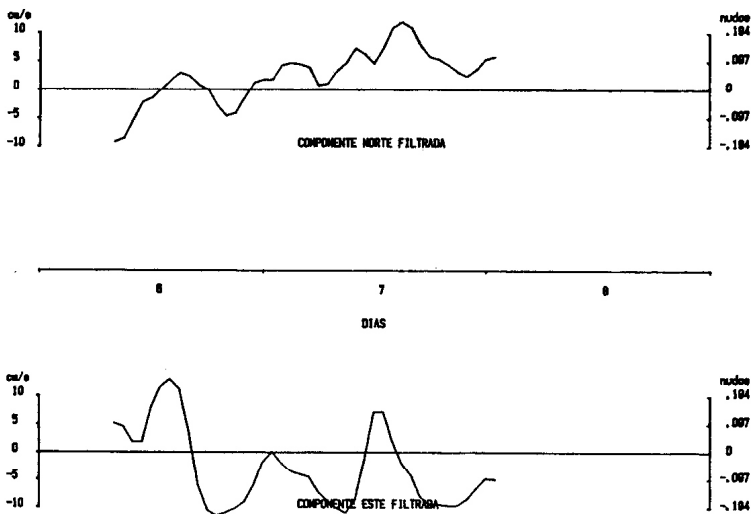


Figura 2b. Componentes rectangulares de velocidades de corrientes (originales y sin tendencia) para el período de observación de 6-8 septiembre de 1989. Area de estudio Papudo. Valores negativos en cada gráfico indican dirección opuesta a la indicada.

COMPONENTES DE VELOCIDAD DE CORRIENTES
PAPUDO
ENERO

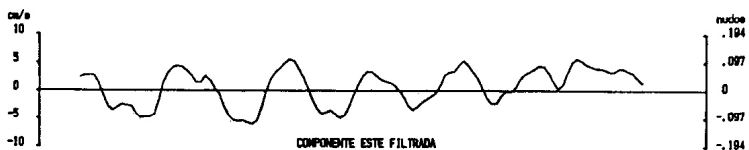
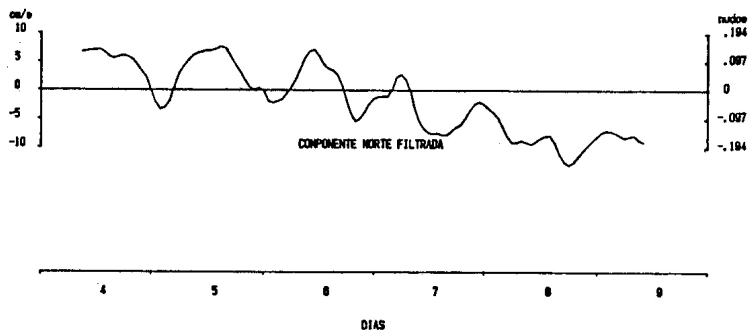
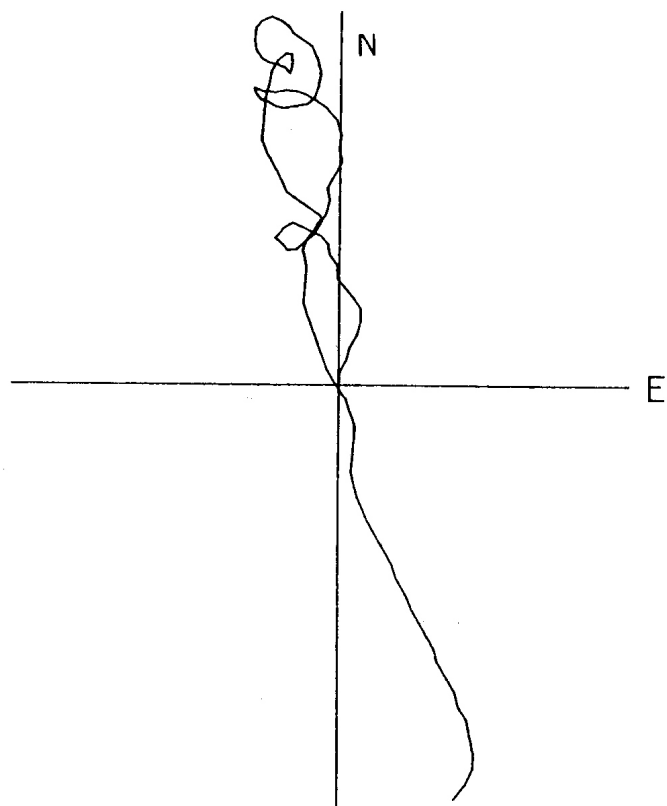


Figura 2c. Componentes rectangulares de velocidades de corrientes (originales y sin tendencia) para el período de observación 4-9 de enero de 1990. Área de estudio Papudo. Valores negativos en cada gráfico indican dirección opuesta a la indicada.



VALORES HORARIOS OBSERVADOS

PAPUDO

ESCALA

0.0

10.0 KILOM.

Figura 3. Diagrama de vector progresivo (PVD) para los datos observados de corrientes de Papudo. Período de observación 4 - 9 enero 1990.

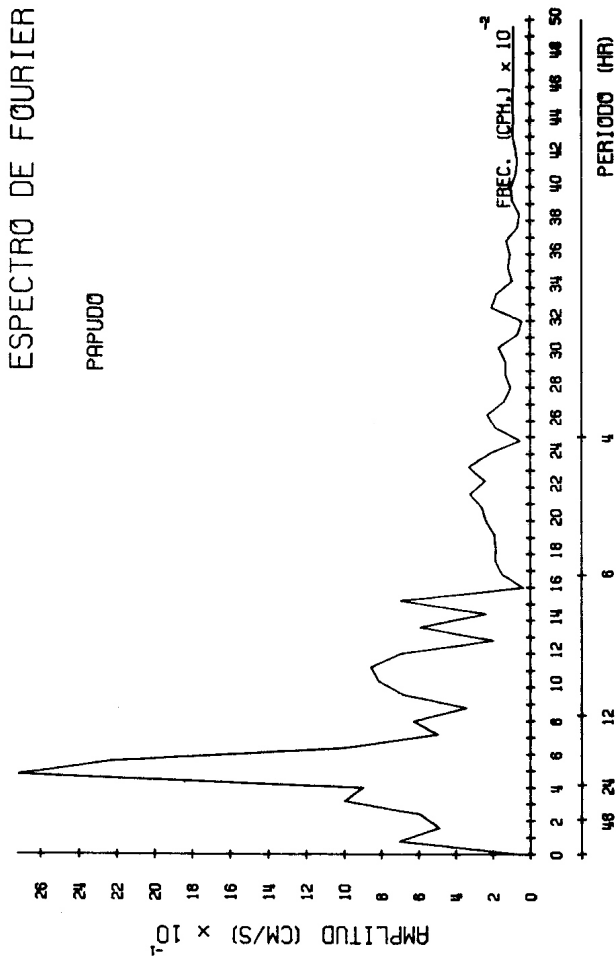


Figura 4. Espectro de Fourier (componente este - oeste) para los datos observados de corrientes de Papudo. Período de observación 4 - 6 enero de 1990.

ESPECTRO DE FOURIER
 COMPONENTE NORTE
 PAPUDO

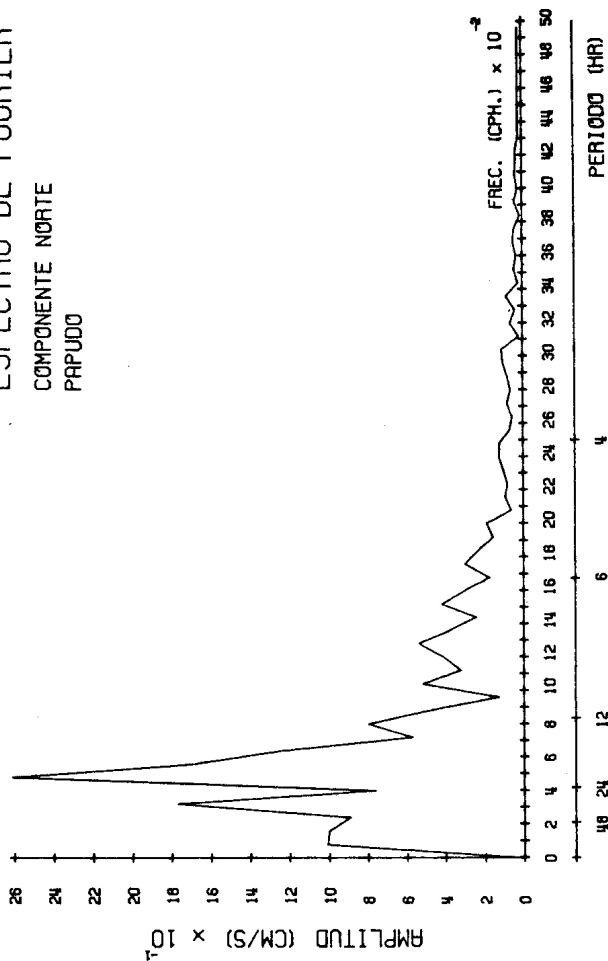


Figura 5. Espectro de Fourier (componente norte - sur) para los datos observados de corrientes de Papudo. Período de observación 4 - 6 enero de 1990.

rección del vector velocidad de corrientes total.

En cuanto a este último efecto, el régimen de mareas para el área de estudio corresponde a uno del tipo semidiurno mixto (figura 6), es decir períodos predominantes de 12 horas (dos pleas y dos bajamares de diferente magnitud en el lapso de un día). Por lo tanto, se debería esperar una periodicidad de alrededor de 12 horas en los registros de corrientes si el fenómeno de la marea estuviera presente.

La autocorrelación de las componentes rectangulares de velocidad de corriente muestra la periodicidad antes mencionada en lags aproximados de 12 horas (Fig. 7). Sin embargo, este hecho no significa que las mareas semidiurnas sean predominantes en la determinación del campo de velocidades de corrientes para el área de Papudo. Aún mas, el caso opuesto se muestra en los diagramas espectrales (Figuras 4 y 5), en los cuales se observa la no existencia de una contribución de energía significativa a períodos de 12 horas. Cabe tener presente que la componente diurna de mareas pudiera estar influyendo en la enorme contribución de energía a períodos de 24 horas. Para corroborar esta influencia, se realizó un análisis de espectro cruzado (Bendat y Piersol, 1971), cuyos resultados muestran (figuras 8 y 9) las relaciones cruzadas entre las componentes rectangulares de la corriente (sin tendencia) y las alturas horarias de la marea en Papudo. En ellas se observa las bajas correlaciones (20 %) entre estas variables, lo que im-

plica que las corrientes no responden en gran porcentaje a los efectos de la marea.

El viento parece ser entonces el causante más probable para explicar la enorme contribución de energía en los períodos cercanos a 24 horas. La no existencia de datos de vientos horarios en el punto de fondeo del correntómetro por el período de observación de corrientes, no permitió realizar una correlación cruzada entre el viento y las componentes de corrientes. Sin embargo, la presencia permanente de la zona de altas presiones del Pacífico en el área de estudio (Reyes y Romero, 1977) como lo demuestra el diagrama vectorial de vientos para punta Angeles en Valparaíso (figura 10) durante el período de estudio implica que los vientos inducieran similares giros en el sistema de corrientes en el área.

El espectro rotatorio (O'Brien y Pillsbury, 1974; Gonella, 1972) para los datos de corrientes de Papudo muestra que predominantemente las corrientes corresponden a una oscilación rotatoria antireloj (anticlónica) en períodos cercanos al inercial (Fig. 11). Además, se observa una contribución significativa en períodos cercanos a 24 horas, la cual también corresponde a una oscilación rotatoria anticiclónica. Esto indica que los efectos inerciales del viento y la brisa diurna son determinantes en el campo de velocidades de corriente del área de estudio.

Con relación a la circulación general para el área de estudio, el análisis efectuado anteriormente

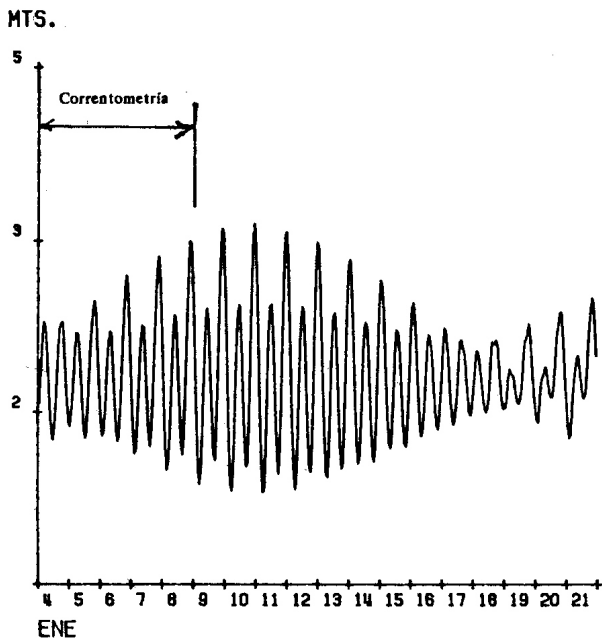


Figura 6. Curva de alturas horarias de mareas pronosticadas para el período de estudio en el área de Papudo. Se muestra el intervalo de observación de corrientes.

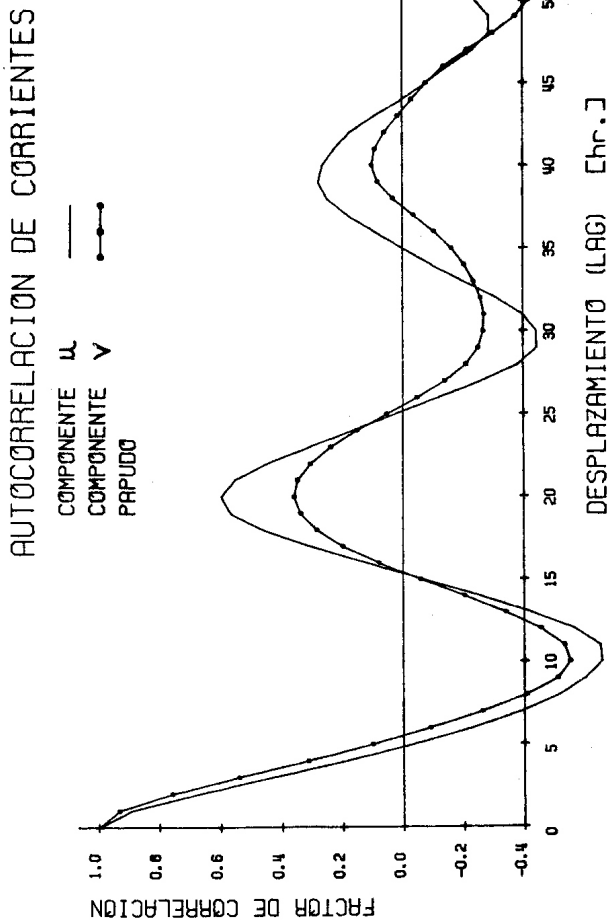


Figura 7. Autocorrelación de componentes u (este-oeste) y v (norte-sur) para los datos de corrientes de Papudo. Período de observación = 5 días.

CROSS-CORRELACION DE CORRIENTES CON LA MAREA

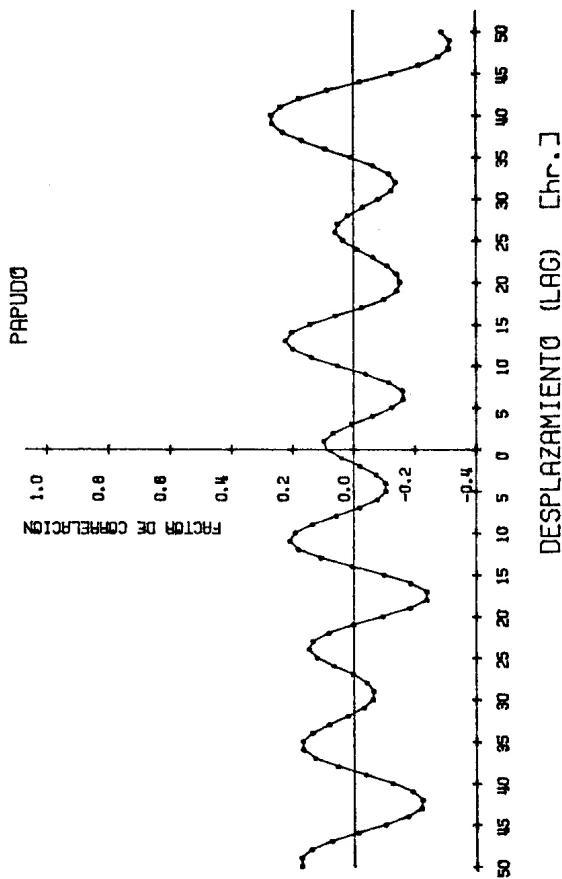


Figura 8. Correlaciones cruzadas entre la componente este-oeste de la velocidad de corrientes (sin promedio) y las altura horarias de mareas pronosticadas para la fecha y área de estudio.

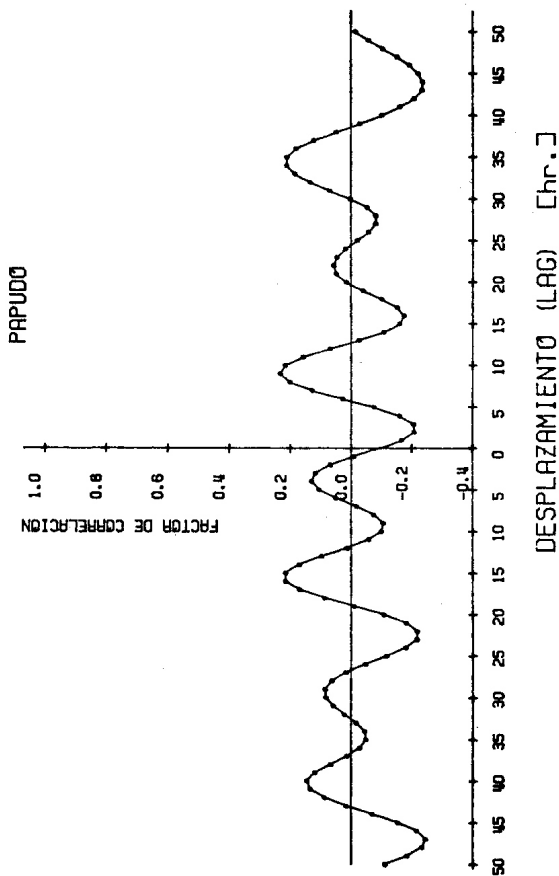
CROSS-CORRELACION DE CORRIENTES
CON LA MAREA

Figura 9. Correlaciones cruzadas entre la componente norte - sur de la velocidad de corrientes (sin promedio) y las alturas horarias de mareas pronosticadas para la fecha y área de estudio.

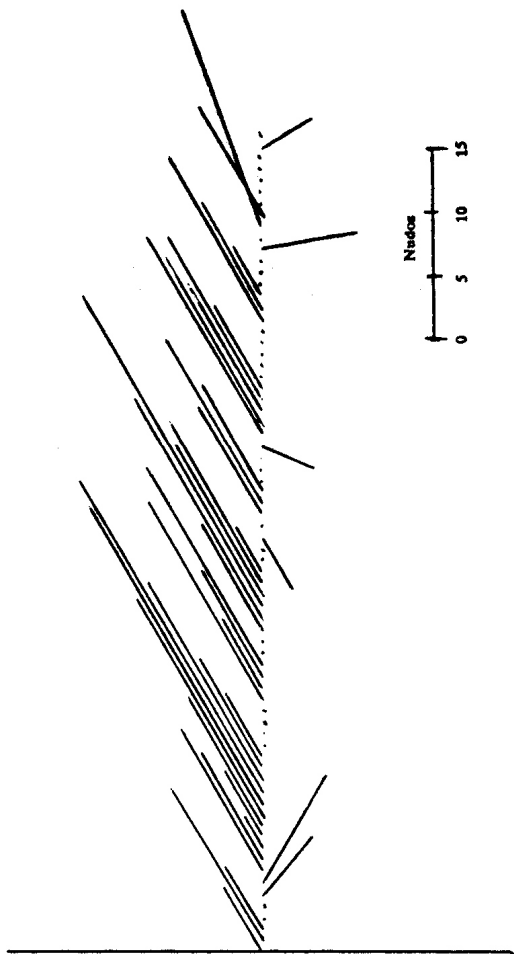


Figura 10. Diagrama vectorial de vientos para el período 4-9 de enero de 1990. Datos de vientos de Punta Angeles, Valparaíso.

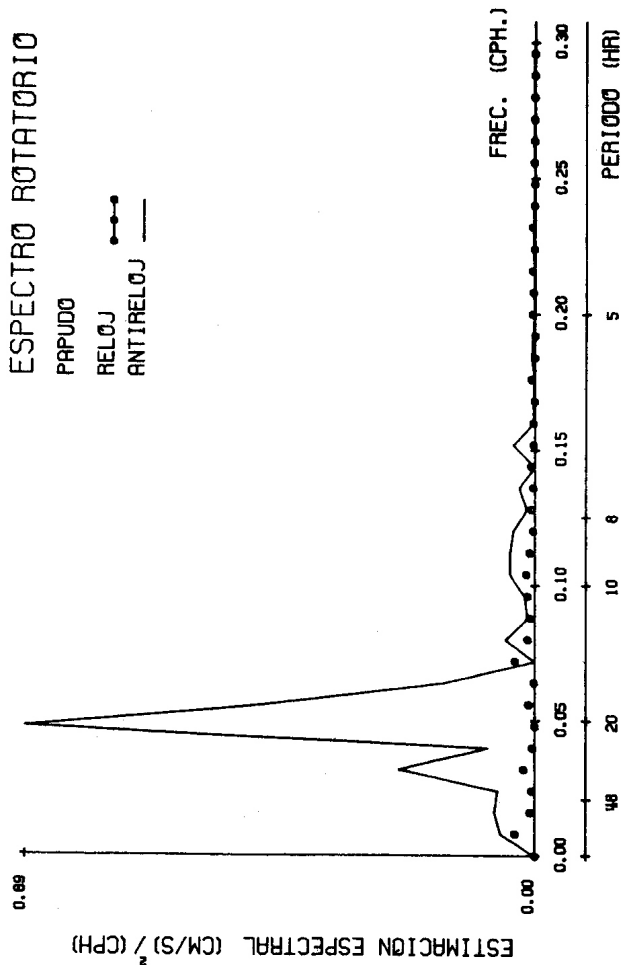


Figura 11. Espectro rotatorio de corrientes para los datos de Papudo. Serie de datos de 5 días.

sobre la correntometría euleriana fija, indica la predominancia del efecto del viento sobre el campo de corrientes en el área. No obstante, debido al corto tiempo de observación de corrientes (4-5 días), el efecto del viento a escalas mayores de tiempo (especialmente aquellas de aproximadamente 6 días) no fue registrado por los datos y por lo tanto no pudo ser definido por el análisis espectral. Estos episodios de vientos (alternancia de los vientos) son importantes ya que dan origen a los pulsos o eventos de surgencia (Smith, 1968; Fonseca y Farías, 1987) y por ende a los altos niveles de producción orgánica y presencia de stocks de peces en las capas superficiales del océano (Cushing, 1969).

Por otra parte, las mareas no influyeron mayormente para los resultados de este estudio. Pero este hecho puede deberse a que las observaciones de corriente no se realizaron en el período de siclogías (mayores pleamares y bajamares del mes) no obteniéndose por lo tanto las mayores corrientes de mareas. Sin

embargo, debe tenerse en cuenta que, en general las mareas son fenómenos importantes en la dinámica costera, y por lo tanto en un período de observaciones más extenso, se podría encontrar una contribución importante en las corrientes del área.

El efecto de estas corrientes, así como el de aquellas corrientes inerciales son producir círculos (elipses) de desplazamientos de las partículas de agua. En la figura 12 se observa el PVD para los mismos datos de corrientes de Papudo, pero en este diagrama se ha excluido la corriente promedio. Se observa que en ausencia de corrientes netas las partículas tienden a permanecer en el área de estudio. Este hecho es importante si postulamos la existencia de condiciones favorables en el ecosistema que permita la persistencia en el tiempo del área de desove en Papudo. Sin embargo, esta hipótesis está cimentada sobre una serie de datos muy corta, por lo cual es necesario comprobarla con estudios correntométricos de más largo plazo.

AGRADECIMIENTOS El autor desea agradecer el apoyo del Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT) para el desarrollo de esta investigación (Proyecto FONDECYT Nº 89-0311).

Asimismo especial reconocimiento a los señores Eduardo Aravena y Juan Fierro del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (S.H.O.A.) por su apoyo computacional gráfico.

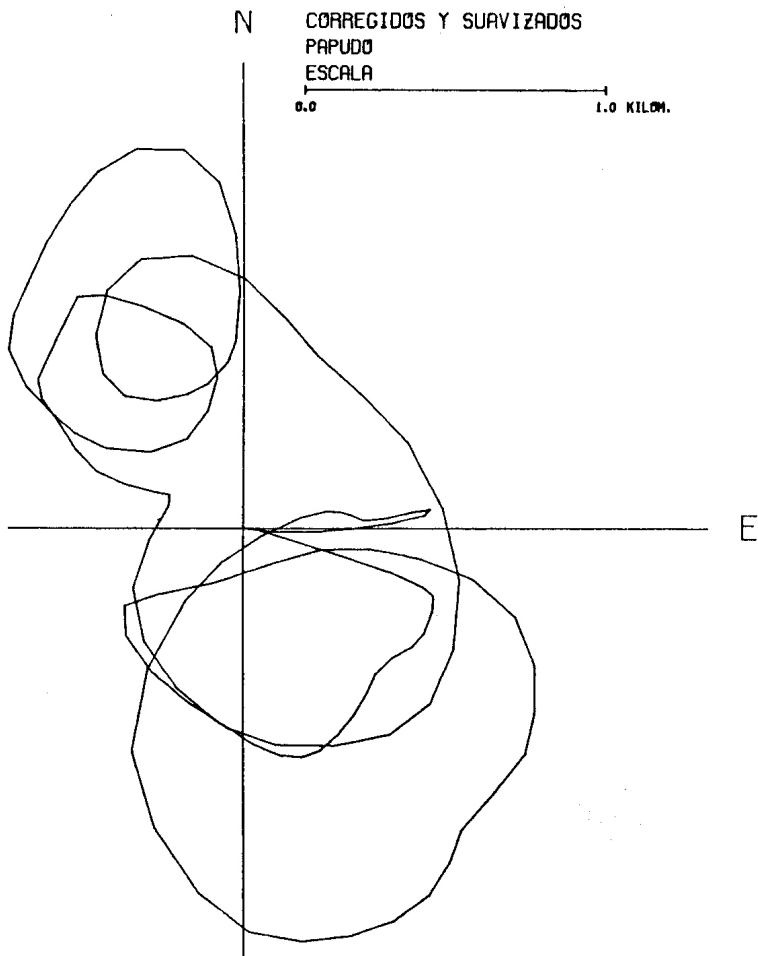


Figura 12. Diagrama de vector progresivo (PVD) para los datos de corrientes (sin promedio ni tendencia). Período de observación 4-9 enero de 1990.

BIBLIOGRAFIA

- Aviles, S., M. Aguayo, F. Inostroza y J. Cañon. 1979. Merluza común *Merluccius gayi* (Guichenot). En " Estado actual de las Pesquerías Nacionales. Base para un Desarrollo Pesquero". Volumen 1 (peces). Corporación de Fomento Pesquero de la Producción (AP-79-18). Inst. Fom. Pesq., Chile, 90 pp.
- Bendat, J y A. Piersol, 1971. Random Data: Analysis and measurement procedures. Wiley Interscience Pub., 405 pp.
- Cushing, D.H., 1969. Upwelling and fish production. FAO Fisheries Technical paper 84. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome , 40 pp.
- Fonseca T., M. Barbieri, H. Olguin, S. Palma , N. Silva y M. Toledo. 1989. Eventos de Surgencia en la zona de Valparaíso y sus efectos en el ecosistema marino. Informe de proyecto FONDECYT-UCV, 51 pp.
- Gonella, J., 1972. A rotary component method for analyzing meteorological and oceanographic time series. Deep Sea Research. Vol.19, 833-846.
- O'Brien J. and D. Pillsbury, 1974. Rotary Wind spectra in a sea breeze regime. Journal of Physical Oceanography , Vol. 13, 820-825.
- Reyes E. y H. Romero, 1977. Climatología e interacción océano- atmósfera en la Bahía de Valparaíso. Revista de Biología Marina, Vol 16 (2), 125-151.
- Smith, R. 1968 Upwelling. En Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev. Vol 6, 11-47.