

# DISTRIBUCION DE CLOROFILA Y CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES FRENTE A CHILE CENTRAL (LATITUDES 32°S - 38°S, Febrero 1982).

## SURFACE CHLOROPHYLL DISTRIBUTION AND OCEANOGRAPHIC CONDITIONS OFF THE CENTRAL COAST OF CHILE (32° - 38° LAT. S, FEBRUARY 1982).

Dagoberto F. Arcos\* y Marco A. Salamanca \*

### RESUMEN

Se presenta la distribución superficial de temperatura, salinidad, densidad (Sigma - T) y abundancia fitoplanctónica expresada como  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ , observada durante febrero de 1982 en el Pacífico Suroriental en el sector comprendido entre los 32°S y 38°S frente a la costa de Chile central.

Se delimita una zona de influencia de aguas provenientes de afloramientos costeros entre Punta Roncura y Punta Lavapié, zona que es caracterizada por una temperatura inferior a 16°C; salinidad mayor a 34,3; densidad (Sigma - T) mayor a 25,5 y una concentración de pigmento fitoplanctónico mayor a 20  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ .

Considerando que el área de influencia del afloramiento costero tiene una superficie aproximada de 16.000  $\text{km}^2$  y tomando en cuenta un promedio de 13  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ , el área representaría una producción primaria de 0,45  $\text{gCm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ , el cual se encuentra en el rango de los valores promedios informados previamente para la costa norte de Chile como también para la región de afloramiento frente a Perú.

### ABSTRACT

The surface oceanographic condition, temperature, salinity, density (Sigma - T) and phytoplankton abundance as  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$  were observed in the Southeastern Pacific Ocean off the coast of Central Chile (32°S - 38°S) during February, 1982.

The results showed an extensive area of upwelled waters between Punta Roncura and Punta Lavapié, characterized by a temperature less than 16°C, salinity greater than 34,3, density (Sigma-T) greater than 25.5 and a phytoplankton biomass greater than 20  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$ .

The area of upwelled waters is of approximately 16,000  $\text{km}^2$  with an average of 13  $\text{mg Chl } a \text{ m}^{-3}$  which would represent a primary production of 0,45  $\text{gC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ . This value is in agreement with those previously reported for the northern coast of Chile and for the upwelling areas off Perú.

### INTRODUCCION

Las observaciones de la biomasa fitoplanctónica en aguas del Pacífico Suroriental frente al litoral chileno son escasas y esporádicas. En particular, en el sector comprendido entre los 32°S y los 38°S existe sólo una referencia de la abundancia fitoplanctónica para parte de este sector y en período invernal. Algunas expediciones extranjeras y nacionales (i.e., Shoyo Maru, 1964; Anton Bruun, 1965-1966; Mar Chile V, 1965; Mar Chile VII, 1967 *vide* Ramírez *et al.* 1975) han reali-

zado observaciones de abundancia fitoplanctónica en diversos puntos del litoral chileno que por las características de las expediciones, i.e., gran escala del área de estudio y distanciamiento entre las observaciones no hace posible inferir un cuadro de distribución de la biomasa fitoplanctónica con cierta resolución para áreas específicas del litoral.

Ramírez *et al.* (1975) informan de los resultados de biomasa pigmentaria obtenidos en cuatro perfiles verticales durante la expe-

\*Departamento de Oceanología, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción, Chile.

dición Mar Chile VIII realizada entre los 18°S y 33°S en Agosto de 1972. IFOP (1979) informa de la biomasa fitoplanctónica observada entre los 33°S y 37°S en seis perfiles verticales hasta una distancia de 40 millas desde la costa en Junio - Julio, 1979. En esta oportunidad un foco relativamente alto de biomasa fitoplanctónica fue encontrado en la sección vertical hecha frente a Punta Nugurúe, cuya extensión latitudinal y longitudinal no fue establecida.

El presente trabajo pretende hacer un análisis de la distribución superficial de biomasa fitoplanctónica y de las condiciones oceanográficas superficiales frente a la costa de Chile central con datos obtenidos durante un crucero de avistamiento de cetáceos en febrero, 1982, período en el cual los afloramientos costeros se manifiestan con mayor intensidad.

## MATERIALES Y METODOS

El crucero se realizó entre el 1° y el 15 de febrero de 1982 con el buque pesquero de alta mar JUAN 8°, abarcando un área que se extiende entre Punta Los Vilos por el norte (32°S) e Isla Mocha por el Sur (38°S) y hasta los 75° Longitud Oeste (Figura 1).

Se recolectó un total de 145 muestras, todas superficiales y realizadas entre las 8 AM y las 8 PM. Las muestras fueron obtenidas cada hora, estimándose la posición del buque en ese momento mediante un sistema de navegación por satélite Furuno. En cada punto se midió la temperatura, salinidad y la concentración de pigmento fitoplanctónico. Además se registró la dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y temperatura del aire utilizando el instrumental del buque.

El agua necesaria para los análisis fue extraída mediante el sistema de bombas del buque, el cual estuvo continuamente funcionando durante el período de observaciones diarias, i.e., 8 AM - 8 PM. Desde este sistema se obtuvo cada hora una cantidad de agua adecuada para realizar las observaciones de temperatura, salinidad y filtración para determinar la biomasa fitoplanctónica. La temperatura se midió con un termómetro Kurt Gohla de 0.01°C de precisión y una cantidad adecuada de agua fue guardada para las determinaciones posteriores de salinidad. Estas

se realizaron en el laboratorio costero de Dichato, Universidad de Concepción, mediante un salinómetro de inducción Beckman modelo RS7C. El procedimiento de filtrado consistió en filtrar un volumen de agua lo suficiente para dar un color ligeramente verde al filtro y al final de la filtración, se le agregó una cantidad de carbonato de magnesio. Posteriormente el volumen de agua filtrado fue medido mediante una probeta graduada y registrado para cada muestra. Los filtros fueron guardados en frío y a la obscuridad para procesarlos una vez finalizado el crucero.

En el laboratorio el extracto cetónico fue hecho en frío por 48 horas siguiendo el método y recomendaciones de SCOR Unesco (1966) y Strickland y Parsons (1972). El sobrenadante fue leído en un espectrofotómetro Spectronic 21 modelo UVD en celdas de 1 cm de paso de luz. Con los valores de extinción se calculó la concentración de clorofila *a*  $m^{-3}$  según la fórmula de SCOR Unesco (1966).

Usando los valores de temperatura y salinidad para cada localidad se calculó la densidad del agua de mar expresada como Sigma-T con el propósito de ayudar a la identificación de las aguas afloradas. Cartas de distribución superficial fueron preparadas para cada uno de los parámetros observados, i.e., temperatura, salinidad, clorofila *a* y densidad. Con el objeto de tener una estimación aproximada de la producción primaria del área se siguió el procedimiento dado por Guillén *et al.* (1977) y asumiendo una relación carbón: clorofila de 35: 1 dada por Ryther y Menzel (1965).

## RESULTADOS

### Condiciones Meteorológicas

Durante el período del crucero, las condiciones meteorológicas correspondieron a una situación estable del anticiclón del Pacífico Suroriental, el que regula la dirección de los vientos asociados. Los vientos predominantes fueron los del Sur y Sur Oeste, con una velocidad promedio entre 10 y 15 nudos y con máximos de hasta 25 nudos (Figura 2). La presión atmosférica varió entre 1009 y 1018 mb y la temperatura del aire entre 15°C y 23°C. La mayor parte del crucero se presentó con nubosidad baja durante la mañana despegando antes de medio día.

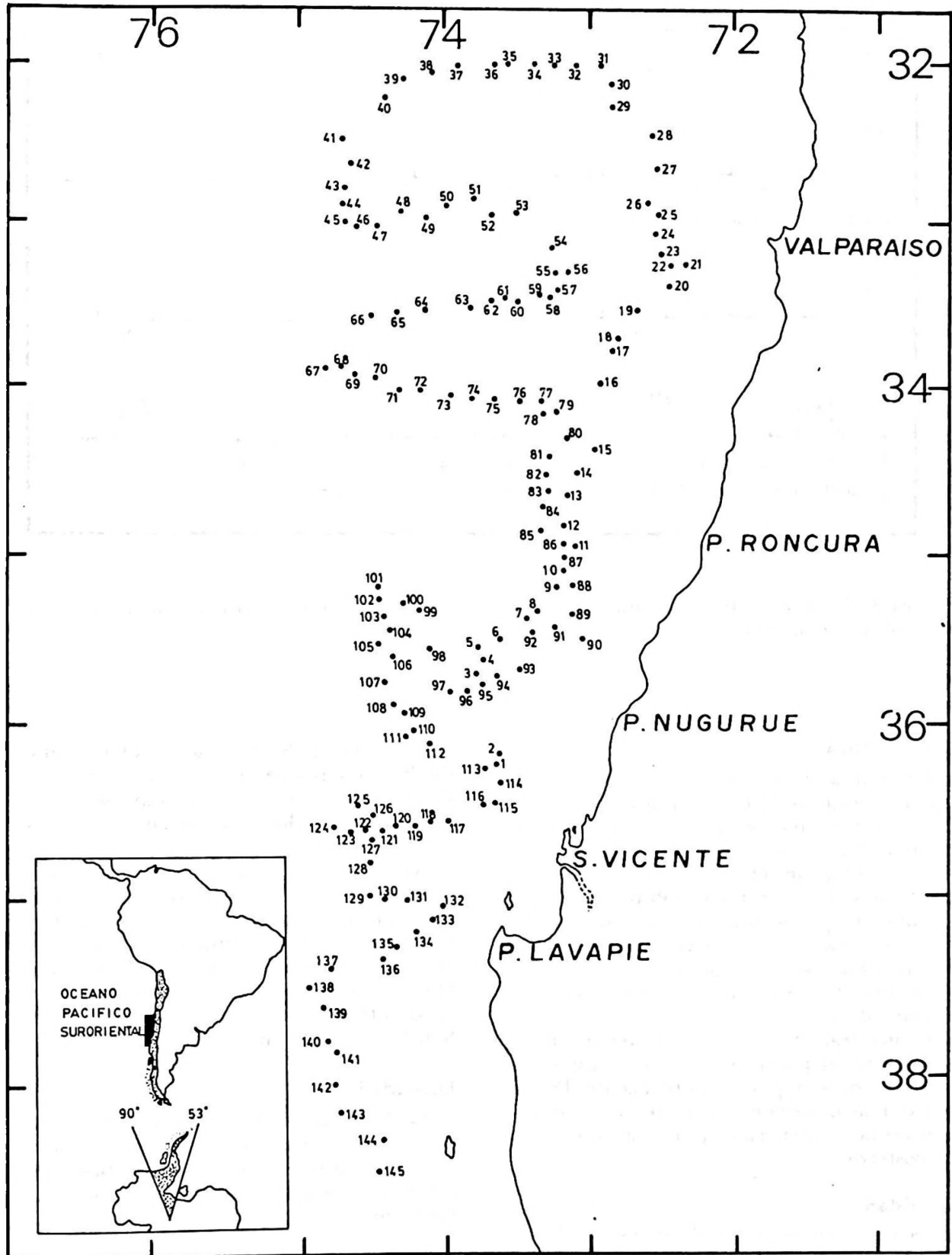
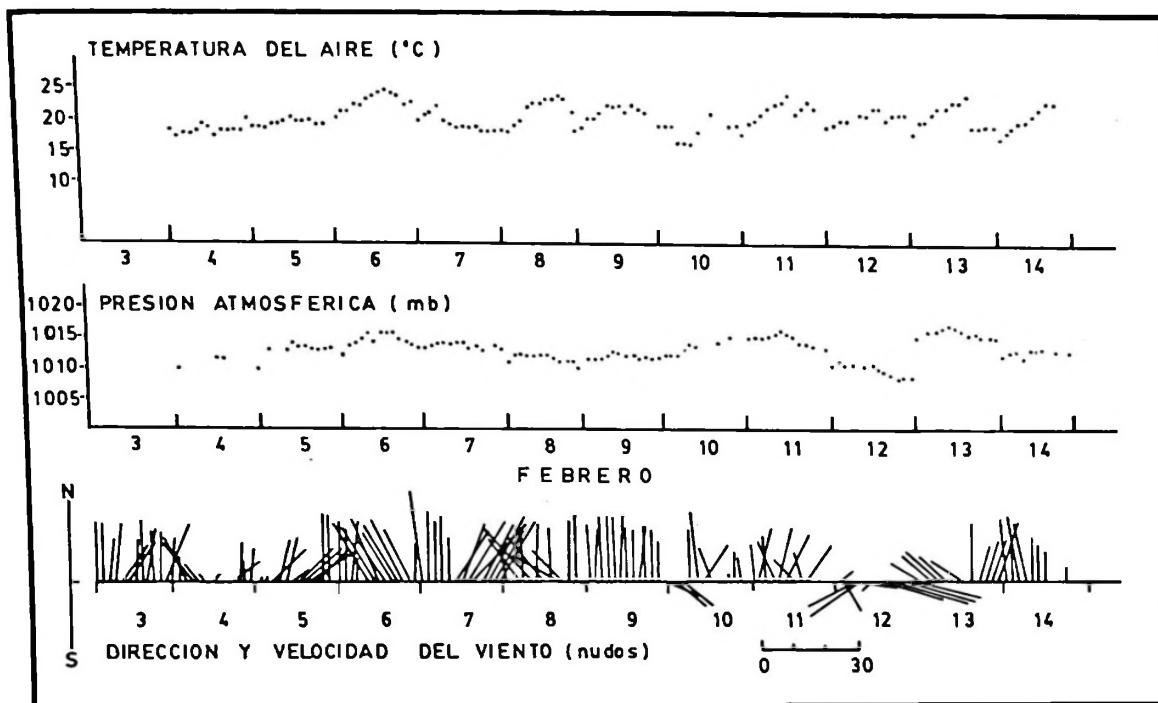


Figura 1. Area de estudio. Los puntos señalan la posición de cada muestreo superficial durante el crucero.



**Figura 2.** Condiciones meteorológicas durante el crucero. Temperatura del aire, presión atmosférica y dirección y velocidad del viento.

### Temperatura

En el área estudiada se encontró que los valores más altos de temperatura i.e., 19°C, se localizaron en el sector norte del crucero frente a Valparaíso y hacia el Oeste (Figura 3). Un sector de aguas comparativamente más frías se detectaron entre Punta Roncura y Punta Lavapié, sector donde la isoterma de 16°C tiende a cerrarse hacia la costa. Al Sur de Punta Lavapié la temperatura se presentó relativamente homogénea, con valores de alrededor de 18°C.

En general las isotermas tienden a tomar una dirección paralela a la costa, situación que es señalada por la isoterma de 18°C, siendo más notoria esta característica en los sectores no influenciados por los afloramientos costeros.

### Salinidad

La distribución superficial de salinidad presentó una variación entre valores mayores a 34,3‰ cercanos a la costa y en el sector entre Punta Roncura y Punta Lavapié y valo-

res menores de 33,8‰ hacia el Oeste y el sur de Punta Lavapié (Figura 4). Al norte de Punta Roncura y frente a Valparaíso la salinidad presentó valores homogéneos entre 34,2 y 34,3‰.

Al igual que la temperatura, la distribución superficial de salinidad muestra un patrón complejo y una configuración similar a la descrita para la temperatura. Frente al Golfo de Arauco las isohalinas tienden a cerrarse sobre la costa, indicando un fuerte gradiente de salinidad en el sector frente a San Vicente y Punta Lavapié.

### Densidad

La distribución de densidad expresada como Sigma - T nos indica claramente un sector de aguas más densas en superficie y cercanas a la costa con valores mayores de 25,5 los cuales coinciden con el sector de aguas con relativa baja temperatura y comparativamente alta salinidad (Figura 5). Al Oeste de esta área, los valores de densidad de las aguas superficiales disminuyeron paulatinamente

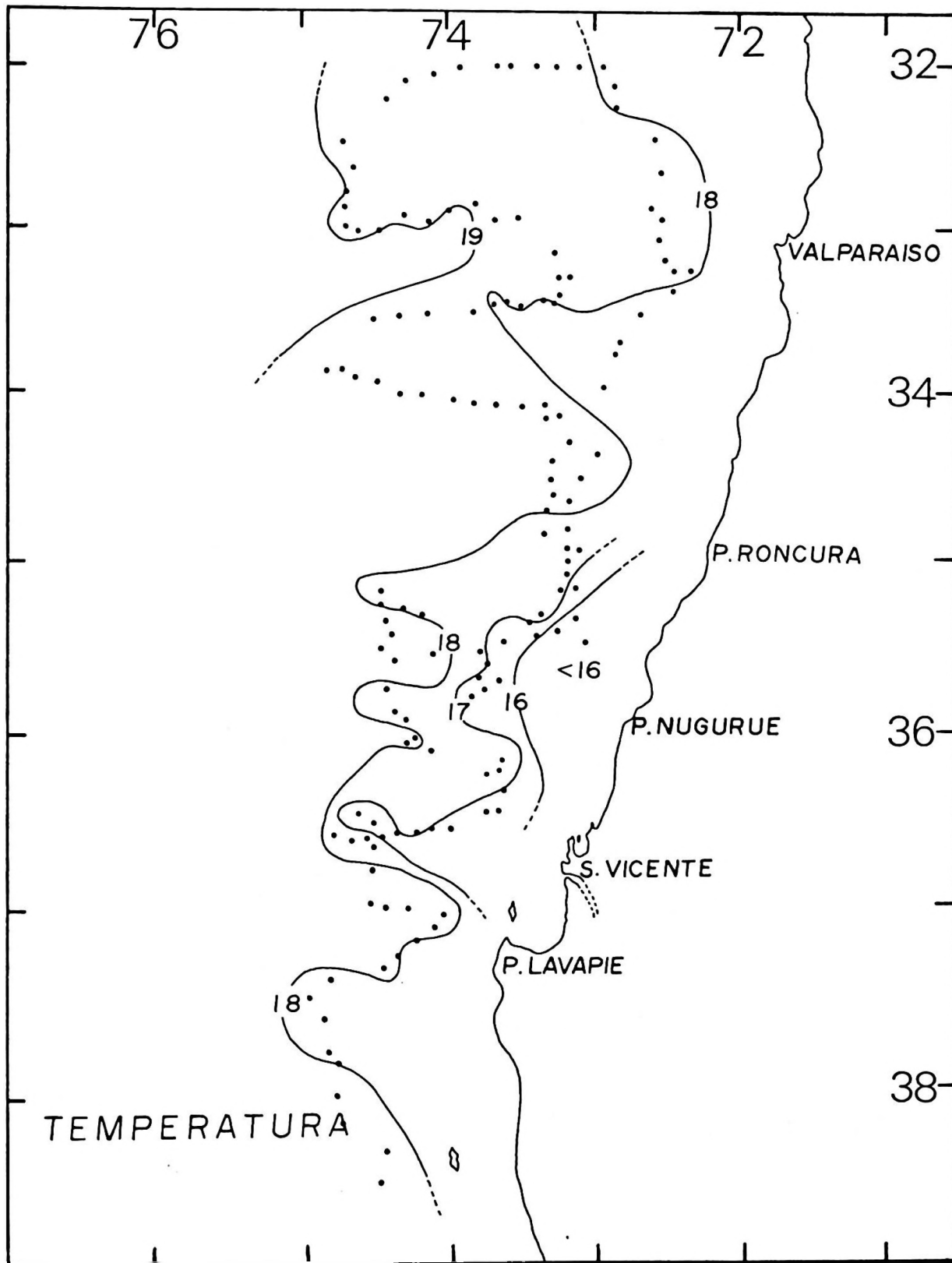


Figura 3. Distribución de temperatura superficial (°C).

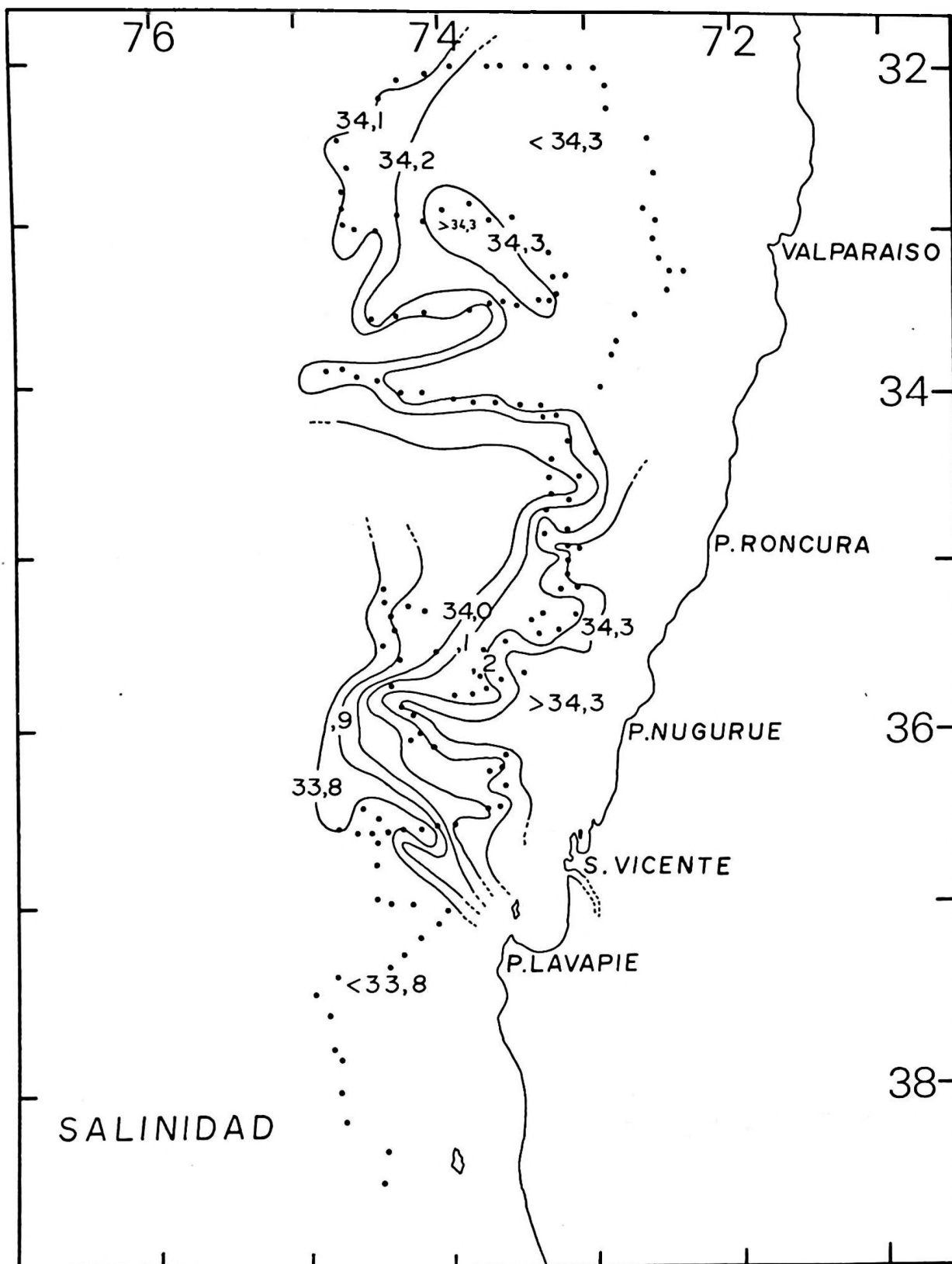


Figura 4. Distribución de salinidad superficial.

hasta alcanzar valores de 24,3. Valores tan bajos como 23,9 fueron encontrados al Sur de Punta Lavapié. El conjunto de la temperatura, salinidad y relativamente alta densidad en el sector costero entre Punta Roncura y Punta Lavapié, indican claramente una zona de influencia de las aguas afloradas.

### Biomasa Fitoplanctónica

La distribución de clorofila *a* muestra una zona de gran abundancia fitoplanctónica entre Cabo Carranza y San Vicente (Figura 6) con valores cercanos a  $20 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$ . En el sector norte del área estudiada la biomasa fitoplanctónica se presenta relativamente baja con un valor cercano a  $5 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$ . Un pequeño sector de aguas con valores más altos de  $15 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$  fue encontrado frente a Los Vilos. Al sur de San Vicente, la productividad de las aguas se presentó con valores moderados de  $10 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$ . En el sector de más altos valores, la distribución es más compleja con una tendencia de la isolínea de  $20 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$  a cerrarse hacia la costa.

### DISCUSION

Brandhorst (1971) informó de una área de aguas superficiales provenientes del afloramiento costero ubicado frente a Punta Nugurúe y que abarcaría entre los  $35^{\circ}$  y  $37^{\circ}\text{S}$  con característicos valores de salinidad mayor a 34,3 y que corresponderían a aguas de mezcla entre las aguas subantárticas superficiales y las aguas ecuatoriales subsuperficiales.

IFOP (1979) confirma en parte lo encontrado por Brandhorst describiendo además un foco de alta biomasa fitoplanctónica con valores cercanos a  $6 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$ , llamando la atención que estas observaciones fueron hechas en los meses de julio y agosto.

Los resultados presentados en este trabajo permiten delimitar la extensión latitudinal y longitudinal de la influencia de este centro de surgencia costero centrado en Punta Nugurúe. Aunque la zona de mayor deformación de la superficie del océano y del campo interior de densidad inducido por los vientos ocurre, en general, en un sector restringido a unos 30 km desde la costa, las aguas afloradas derivan en superficie hacia el Oeste, desarrollando plumas de advección claramente identificables por su relativa baja temperatura, comparativamente alta salinidad y una densidad relativamente alta comparada con

las aguas circundantes (Barber y Smith, 1981). Por lo tanto, una zona de alto gradiente en los parámetros antes mencionados, nos indicaría la presencia de un frente oceánico entre las aguas afloradas y las oceánicas. Claramente la distribución de salinidad (Figura 4) y en menor grado la temperatura (Figura 3) nos muestran que la zona del frente oceánico estaría a unos 100 km aproximadamente desde la costa frente a Punta Nugurúe. La forma de este frente, como lo indican las figuras 3 y 4 no es claro y al parecer nuestros resultados estarían influenciados por el curso del crucero.

Podríamos sintetizar que el sector de aguas afloradas encontradas en superficie frente a Punta Nugurúe presentarían valores de temperatura menores a  $16^{\circ}\text{C}$ , salinidad mayor a 34,3, densidad mayor a 25,5 y una concentración de biomasa fitoplanctónica mayor a  $20 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$ .

Las aguas oceánicas superficiales probablemente subantárticas (Sievers y Silva, 1975) penetran hacia la costa tanto al norte como al sur del centro de afloramiento, siendo esta característica más notoria en la parte sur de Punta Lavapié.

La gran extensión de las aguas afloradas, la relativa alta concentración de biomasa fitoplanctónica encontrada en verano y sorprendentemente alta para un período de invierno (IFOP, 1979) indicarían que el proceso de afloramiento costero es bastante acentuado frente a Punta Nugurúe. El que aun en período invernal ocurra un cierto grado de afloramiento, lleva a pensar que junto con los afloramientos inducidos por la fricción del viento, importante en período de verano, otros factores tendrían una importancia significativa durante otros períodos. La interacción de la topografía de la plataforma continental y la presencia del cañón submarino frente al Río Itata, estarían jugando un papel importante en acentuar el proceso de surgencia durante el año.

Con el propósito de tener una estimación somera de la producción primaria del área de afloramiento y siguiendo la metodología de Guillén *et al.* (1977), calculamos un valor de  $13 \text{ mg CL } a \text{ m}^{-3}$  como representativo de los  $16.000 \text{ km}^2$  del área de aguas afloradas. Asumiendo una relación carbón: clorofila de 35:1 (Ryther y Menzel, 1965) el área representaría una producción primaria de  $0,45 \text{ g C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ . Este valor se encuentra en el

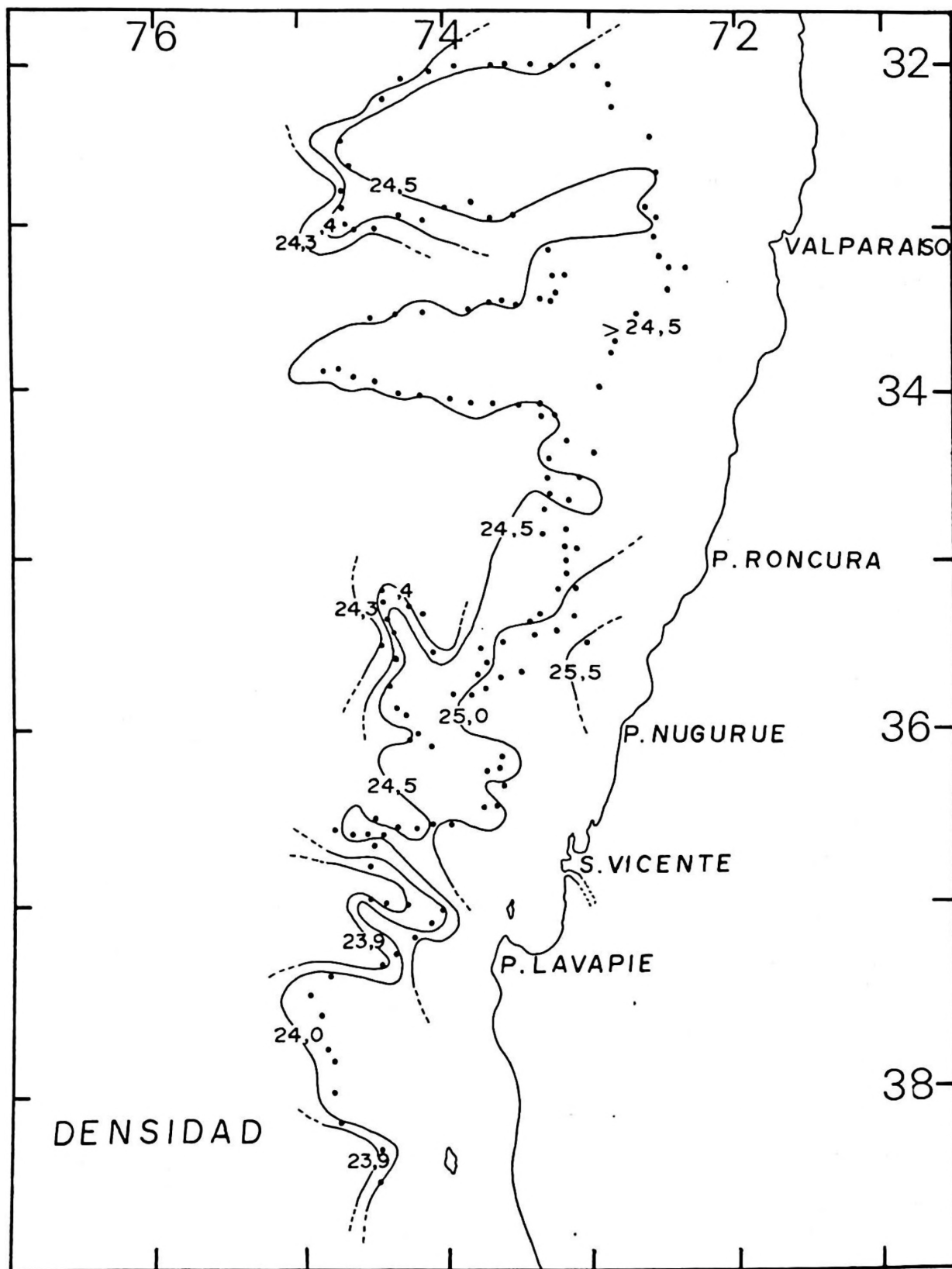
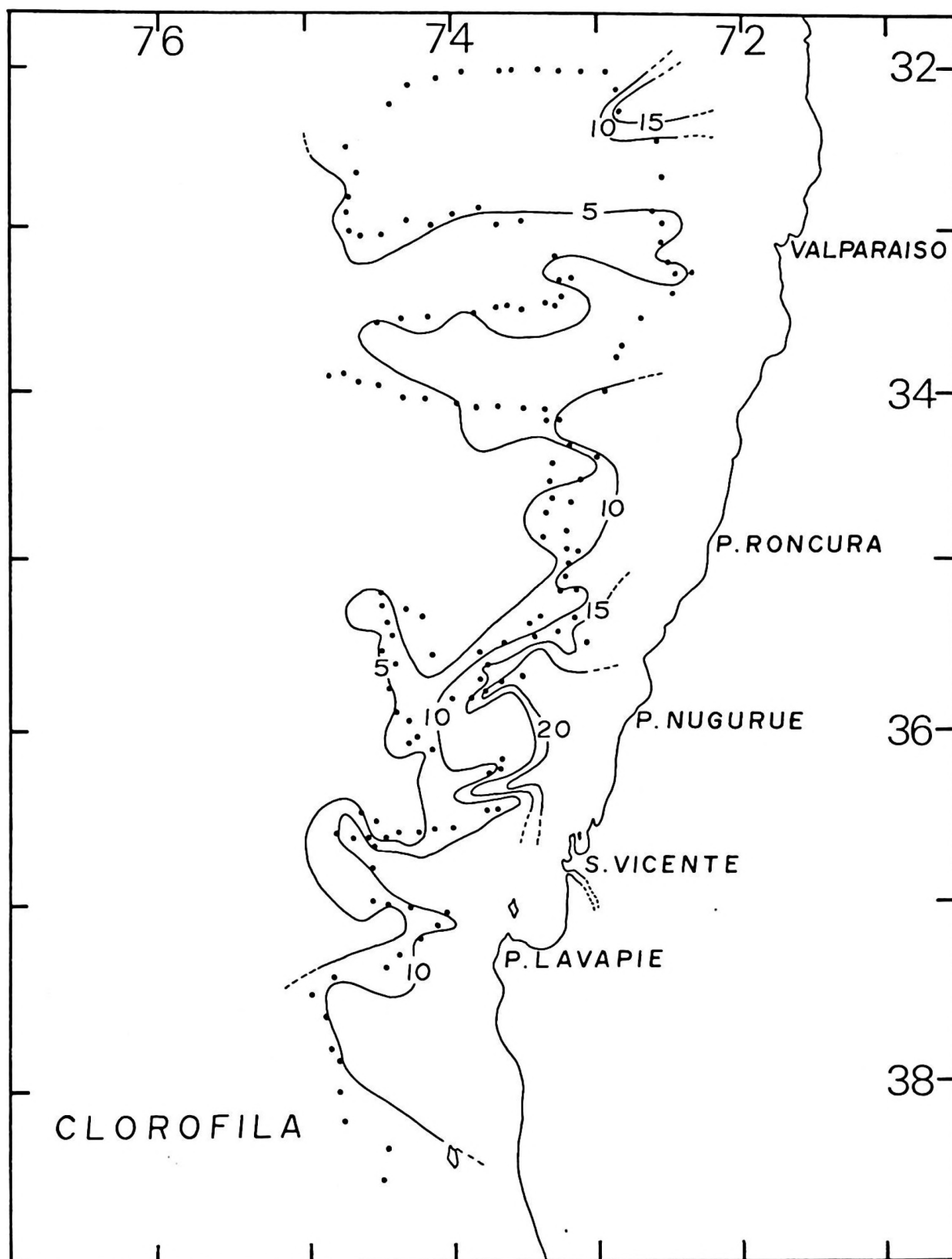


Figura 5. Distribución de densidad superficial expresada como Sigma T.





**Figura 6.** Distribución superficial de clorofila-a (mg Cl-a m<sup>-3</sup>).

rango de valores informados previamente por Cushing (1971) para el área norte de Chile y también está dentro del rango de valores entregados por Guillén *et al.* (1977) para las costas peruanas.

#### LITERATURA CITADA

- BABER, R.T. y SMITH, R.L. 1981. Coastal upwelling ecosystems. *In*: Longhurst, A.R. (editor). Analysis of marine ecosystem. Academic Press, New York, pág. 31-68.
- BRANDHORST, W. 1971. Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Revista Biología Marina, Valparaíso*, 14 (3), 45-84.
- CUSHING, D.H. 1971. Upwelling and the production of fish. *Advances in Marine Biology*, 9, 225-334.
- GUILLÉN, O., R. CALIENES y R. DE RONDAN. 1977. Medio ambiente y producción primaria frente al área Pimentel-Chimbote. *Boletín Instituto del Mar Perú*, 3 (4), 107-159.
- IFOP, 1979. Evaluación recursos Camarón y Langostinos entre Coquimbo e Isla Mocha. Informe Mimeografiado *in litteris* 194 pág.
- RAMÍREZ, R., S. PALMA y H. BARRIENTOS. 1975. Productividad primaria de las aguas costeras y oceánicas de la zona norte y central de Chile. (Operación Oceanográfica Mar Chile VIII). *Ciencia y Tecnología del mar (CONA-Chile)*, N° 1: 69-85.
- RYTHER, J.H. y D.W. MENZEL. 1965. On the production composition and distribution of organic matter in the western Arabian Sea. *Deep Sea Research*, 12 199-209.
- SCOR UNESCO. 1969. Determination of photosynthetic pigments in sea water. *Monographs on oceanographic Methodology*, 1, 69 págs.
- SLEIVERS, H.A. y N. SILVA. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sud Oriental. Latitudes 18°S - 33°S (Operación Oceanográfica Mar Chile VIII). *Ciencia y Tecnología del mar (CONA-Chile)*, N° 1: 7-67.
- STRICKLAND, D.J.H y T.R. PARSONS. 1972. A practical hand-book of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada, *Bulletin 167*, 2nd. edition, 310 págs.