



Instituto del  
Mar del Perú



Universidad Nacional  
Agraria, La Molina



Asociación  
Latinoamericana  
de Investigadores  
en Ciencias del  
Mar



Deutsche  
Gesellschaft für  
Technische  
Zusammenarbeit  
(GTZ) GmbH

---

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

**Boletín**

volumen extraordinario

---

*Recursos y Dinámica del Ecosistema de  
Afloramiento Peruano*

**Editores:**

*Horst Salzwedel y Antonio Landa*

---

*Memorias del 2do Congreso  
Latinoamericano sobre Ciencias del Mar  
(COLACMAR),  
17-21 Agosto de 1987, Lima, Perú*

**TOMO I**

**Callao-Perú 1988**

# Condiciones Fisico-Químicas y Corrientes de la Bahía Paracas, Perú, durante Dos Días de Noviembre de 1986

MANUEL MALDONADO

Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao

## RESUMEN

Las investigaciones se realizaron en 13 estaciones dentro de la Bahía Paracas el 11 y 12 de noviembre de 1986. Temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno y nutrientes fueron determinadas cerca de la superficie y del fondo del mar, las corrientes además en profundidades intermedias. Se registraron direcciones y velocidades de viento. Cerca de la superficie del mar el rango de de la temperatura fue 17.3 - 19.5 °C, de salinidad 34.97 - 35.0 ‰, del oxígeno 3.7 - 5.5 ml O<sub>2</sub>/l. Las concentraciones de fosfato, silicato y nitrato fueron relativamente altas tanto cerca de la superficie como en el fondo, mientras que los valores de los nitritos se consideraron normales. Por primera vez se describe un esquema de circulación para la Bahía Paracas.

## ABSTRACT

**Physical-chemical conditions and currents of Paracas Bay, Peru, during two days in November 1986.** Investigations were carried out at 13 stations in Paracas Bay on 11 and 12 of November 1986. Sub-surface temperatures, salinities and concentrations of oxygen and nutrients were determined near sea-surface and sea-bottom, currents in addition at intermediate depths. Wind directions and speeds were recorded. The range a values was: sea-surface temperature 17.3-19.5 °C, salinity 34.97-35.00 ‰, oxygen 3.7.-5.5 ml O<sub>2</sub>/l. Phosphate, silicate and nitrate concentrations were relatively high both at the surface and near the bottom, while nitrite values were considered normal. This is the first presentation of a circulation pattern for Paracas Bay.

## INTRODUCCION

La Bahía Paracas (13°46' - 52' S, 76°14'-19' W), pertenece a la provincia de Pisco, departamento de Ica en el Perú (Fig. 1). Es una de las zonas costeras de mayor producción biológica (BARREDA, 1958, BARBER *et al.*, 1971 y ROWE, 1971) y donde se han desarrollado actividades de maricultura de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), especialmente durante y después de El Niño de 1982-83. A pesar de esto, los conocimientos biológicos y oceanográficos de esta área son escasos. Entre los pocos trabajos que mencionan algunos aspectos oceanográficos podemos señalar los de BARREDA (1958), ACOSTA (1977), SEARS (1954), YOCKTENG (1984), ROMERO y ORREGO (1983 y 1985), ROBLES (1987) y el IMARPE (1985) a través de informes internos.

El presente trabajo forma parte de los programas de investigación del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y del Convenio con el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá. Con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) se llevó a efecto entre el 10-12 de noviembre de 1986 un estudio piloto de las condiciones oceanográficas a fin de seleccionar el área de trabajo para el cultivo de la concha de abanico en Bahía Paracas. En el presente trabajo se dan las distribuciones de parámetros oceanográficos, corrientes marinas y la influencia de las mareas en la Bahía Paracas.

Parte de la información de este trabajo fue publicado sin conocimiento ni autorización del autor en una publicación de poca distribución (MAYO, 1987).

## MATERIAL Y METODOS

Los trabajos del campo se realizaron en los días 11 (estaciones 1 al 8) y 12 (estaciones 9 al 13) de noviembre de 1986 en la Bahía Paracas (Fig. 1a). Se obtuvieron datos de temperatura, salinidad, oxígeno, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos), de la dirección y velocidad de las corrientes del agua y del viento.

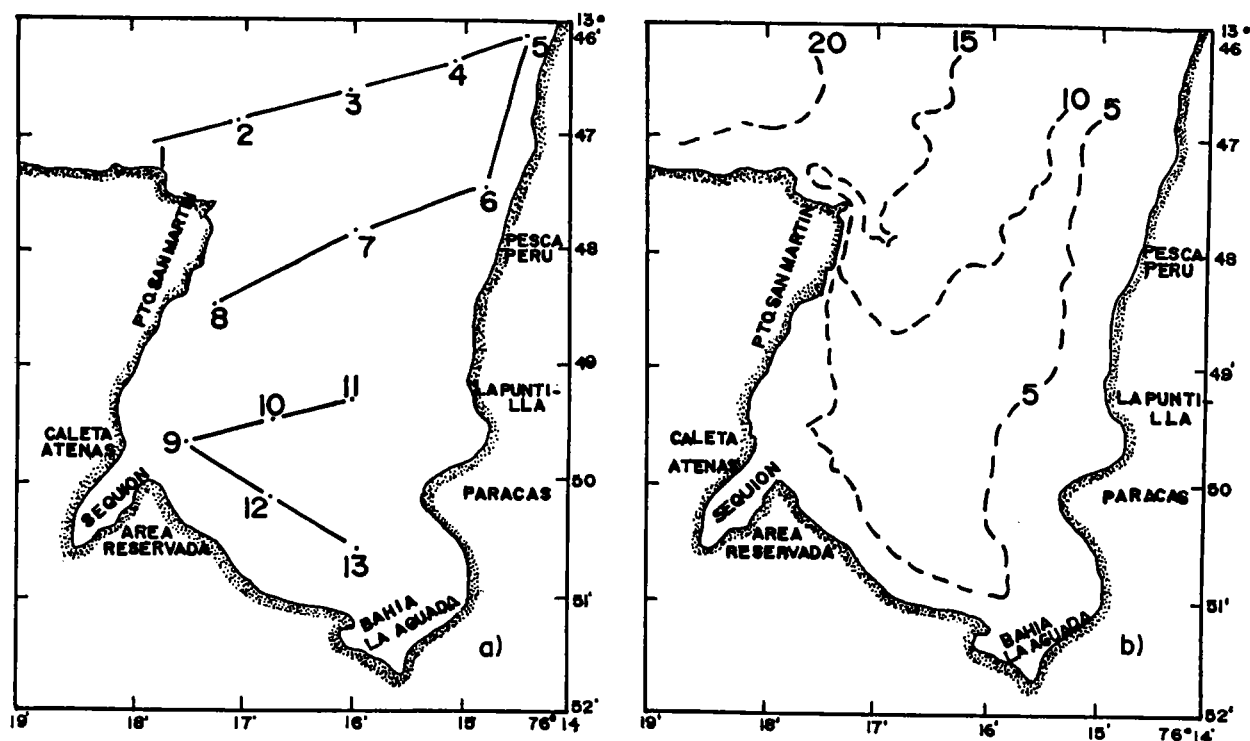


Fig. 1. Mapa de estaciones (a) y profundidades en m (b) en Bahía Paracas, Perú.

Las muestras de agua para salinidad, oxígeno y nutrientes fueron colectadas con botellas tipo Niskin en la superficie y aproximadamente a un metro del fondo. Las temperaturas se determinaron con un termómetro reversible protegido. La salinidad se determinó con un salinómetro de inducción marca PLESSEY, el oxígeno por el método de WINKLER y los nutrientes según las técnicas de STRICKAND y PARSONS (1965). Las mediciones de corrientes fueron hechas en tres niveles (en la superficie, profundidad media y a un metro del fondo) usando correntómetros de péndulo de gelatina (SHAFFER, 1981). Los datos de vientos fueron tomados con un anemómetro manual aproximadamente a dos metros sobre el nivel del mar.

Las corrientes se presentan con la distribución vectorial de sus valores absolutos. Los vectores de las corrientes fueron separados en sus componentes "u" y "v", siendo la componente u que expresa los flujos este (+ u) - oeste (- u) y v la componente norte (+ v) - sur (- v). Estas componentes han sido calculadas teniendo en cuenta el efecto de la orientación de la línea costera, que desvía 10° en relación a la orientación del eje de la bahía. Para la curva y los cálculos de altura de la marea de cada estación se usó la tabla de marea para el puerto de Pisco (DHNM, 1986).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Temperatura

La temperatura superficial varió entre 17.3 y 19.5 °C (Fig 2a) siendo el promedio 18.5 °C, aproximadamente 2 °C menos que el promedio mensual de noviembre 1986 (20.5 °C) y 2.5 °C que es el promedio patrón mensual de noviembre del período de 1973-85 (20.9 °C) del laboratorio costero de Pisco (comunicación personal M. Farfán, IMARPE). Las temperaturas de fondo variaron entre 14.34 y 15.0 °C en las partes profundas de la bocana y de 17.0 a 19.2 °C en las áreas menos profundas (Fig. 2b).

### Salinidad

La salinidad superficial y la del fondo variaron poco dentro de la Bahía con valores entre 34.97 y 35.04 ‰ (Fig. 3a y b).

Las temperaturas y salinidades observadas indican que esta bahía está influenciada por las masas de aguas frías (temperaturas menores de 19 °C y salinidades menores de 35.1 ‰ según ZUTA y GUILLEN (1970) provenientes de la corriente costera peruana, particularmente del área de afloramiento de San Juan.

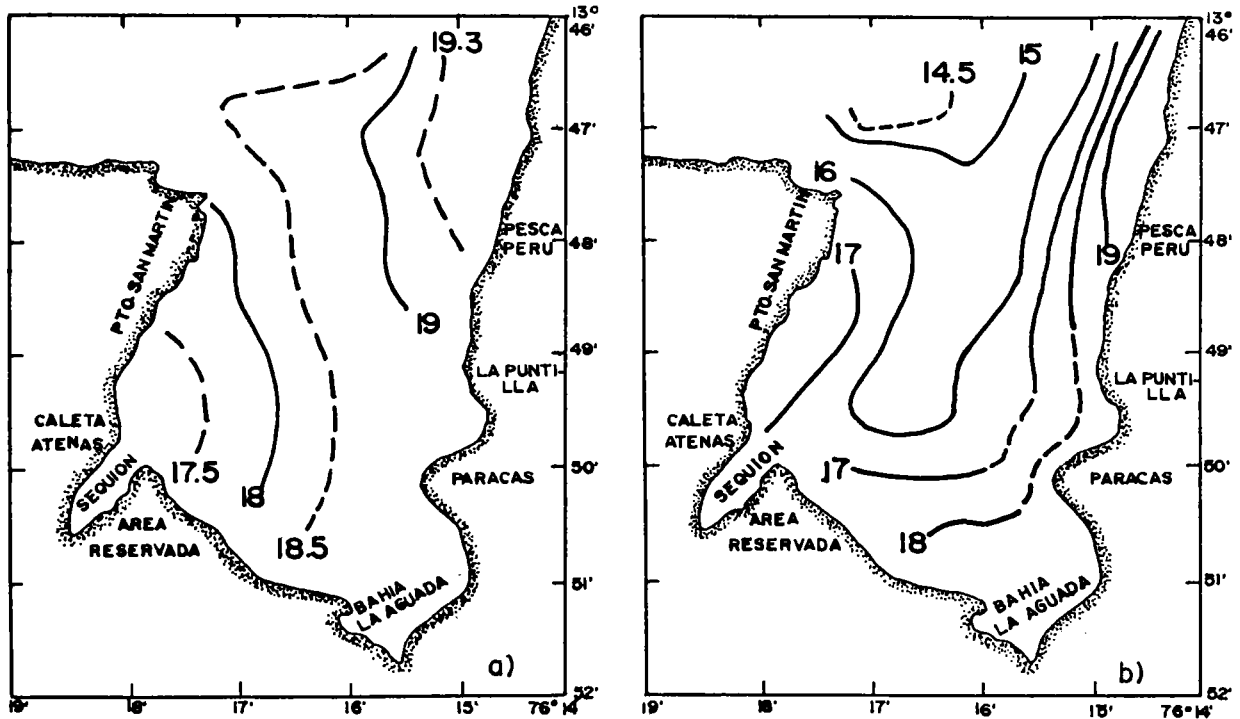


Fig. 2. Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

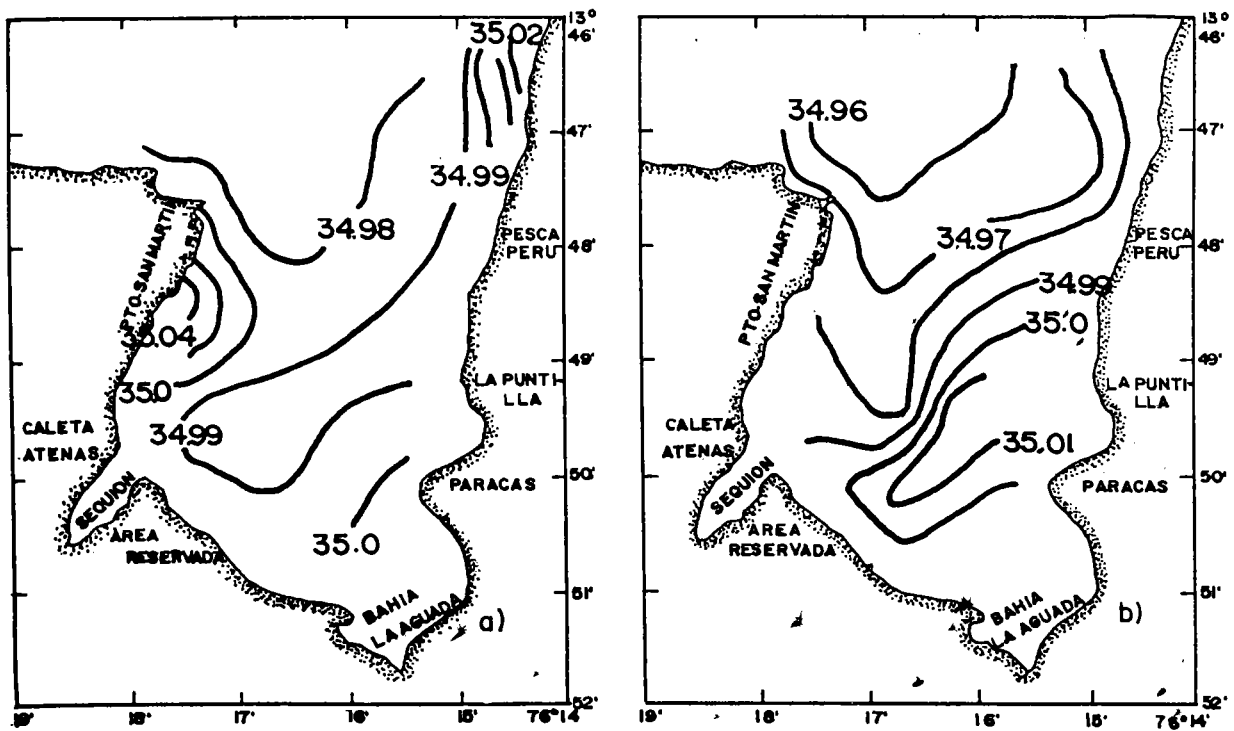


Fig. 3. Salinidades ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

### Oxígeno

Las concentraciones del oxígeno variaron entre 3.7 y 5.5 ml O<sub>2</sub>/l en la superficie, con mayores concentraciones en el sur de la bahía y en el extremo este de la bocana, lo que se atribuye a las turbulencias producidas por los flujos de entrada y salida de aguas en la bahía y al efecto de los vientos. En el interior y la parte central de la bahía las concentraciones del oxígeno fueron homogéneas con valores entre 4.0 - 4.5 ml O<sub>2</sub>/l. Esto se debe al aporte de la corriente peruana en esta región (Fig. 4a).

### Nutrientes

La alta concentración de los nutrientes encontrada en esta área durante el período de estudio se debe principalmente a la influencia que ejerce el afloramiento de San Juan, y a los procesos de circulación en el interior de la bahía que renuevan las aguas del fondo, impidiendo al igual bajos valores de oxígeno. Las concentraciones de fosfatos, silicatos, y nitritos estuvieron por encima del rango promedio de la costa peruana, reportados por ZUTA y GUILLEN 1979 y CALIENES *et al.*, 1985.

Los fosfatos en la superficie presentaron valores entre 2.2 a 2.9  $\mu\text{g-at/l}$ , con las mayores concentraciones frente a caleta Atenas-Pto San Martín, y una distribución casi homogénea en el interior de la bahía (Fig. 5a). En el fondo los valores variaron entre 2.6 a 2.9  $\mu\text{g-at/l}$  (Fig. 5b).

Los valores para los silicatos en la superficie variaron entre 18 a 25  $\mu\text{g-at/l}$  (Fig. 6a) y en el fondo entre 20 - 25  $\mu\text{g-at/l}$  (Fig. 6b). La distribución era muy similar a los de los fosfatos.

Los nitratos presentaron valores entre 1.0 a 8.0  $\mu\text{g-at/l}$  en la superficie y entre 1.0 a 5.0  $\mu\text{g-at/l}$  en el fondo, considerados estos como valores relativamente normales para el área (Fig. 7). Los nitritos tenían valores altos tanto en la superficie (0.75 a 1.69  $\mu\text{g-at/l}$ ), como en el fondo 0.5 a 2.2  $\mu\text{g-at/l}$  (Fig. 8).

### Corrientes vectoriales absolutas

Los vectores de las corrientes absolutas indicaron claramente los flujos entrantes y salientes en el área de la bocana tanto en superficie como en fondo (Fig. 9a). Las velocidades variaron de 16 a 29 cm/s en superficie y de 7 a 17 cm/s en el fondo. Al interior de la bahía en las áreas menos profundas las velocidades fueron débiles (de 3 a 9 cm/s) y con orientaciones distintas en la superficie y el fondo.

### Componentes vectoriales

Por la posición geográfica de la bahía se observa que no hay flujos dominantes con la distribución de la componente u en superficie y fondo, debido a que los aportes de agua y la circulación de esta bahía los recibe por el extremo norte (Fig 10a y 11a).

La distribución vectorial de la componente v en superficie presenta dos flujos de ingreso a la bahía por los bordes con velocidades de -5 a -25 cm/s y flujos de salida, uno principal por el centro (velocidades de 5 a 20 cm/s), otro frente al Sequión Pto. San Martín y el que se encuentra en el extremo este de la bocana (los últimos con intensidades de 5 a 15 cm/s)(Fig. 10b). Cerca del fondo, presenta dos flujos de ingreso, uno muy significativo (hasta 20 cm/s) iniciándose en el extremo oeste de la bocana llegando hasta el interior de la bahía (Bahía La Aguada), y el otro en el noreste de la bahía con velocidades de -10 cm/s. Los flujos de salida se perfilan por la playa frente a Pesca Perú y otro entre el Sequión - Puerto San Martín, con intensidades entre 5 - 15 cm/s (Fig. 11b).

### Esquemas de Circulación

Por los datos disponibles no se puede establecer una circulación general de las corrientes en esta bahía. Sin embargo, podemos distinguir algunos rasgos característicos de una circulación general. Tomando como base la distribución de las componentes vectoriales, se ha preparado el esquema de la circulación superficial, del fondo y de la circulación vertical, donde se apreciarán la orientación de los flujos dominantes más no así su intensidad.

El esquema de la circulación superficial demuestra los movimientos de las corrientes (Fig. 12a). En la bocana hay dos flujos de ingresos por los extremos y un flujo de salida principal que nace en la parte interior y central de la bahía, frente al Sequión - San Martín. Hay otro flujo con tendencias hacia el norte en el borde oeste de la Bahía. Este esquema de circulación indica que al interior de la bahía se generan dos núcleos de ingreso y dos de salida. Las corrientes del fondo van en dirección contraria a los de la superficie (Fig. 12b).

Las dos secciones verticales de corrientes, una en la bocana y otra en el centro de la bahía, confirman los resultados señalados en la distribución de las corrientes en superficie y fondo (Fig. 13 y 14). Esta última indica dos núcleos de circulación, uno en la parte más profunda, donde se desarrolla un afloramiento alimentado por las masas de aguas provenientes de la corriente costera peruana, y otro en la parte menos profunda característico del sistema de playa, donde se presentan afloramientos y hundimientos.

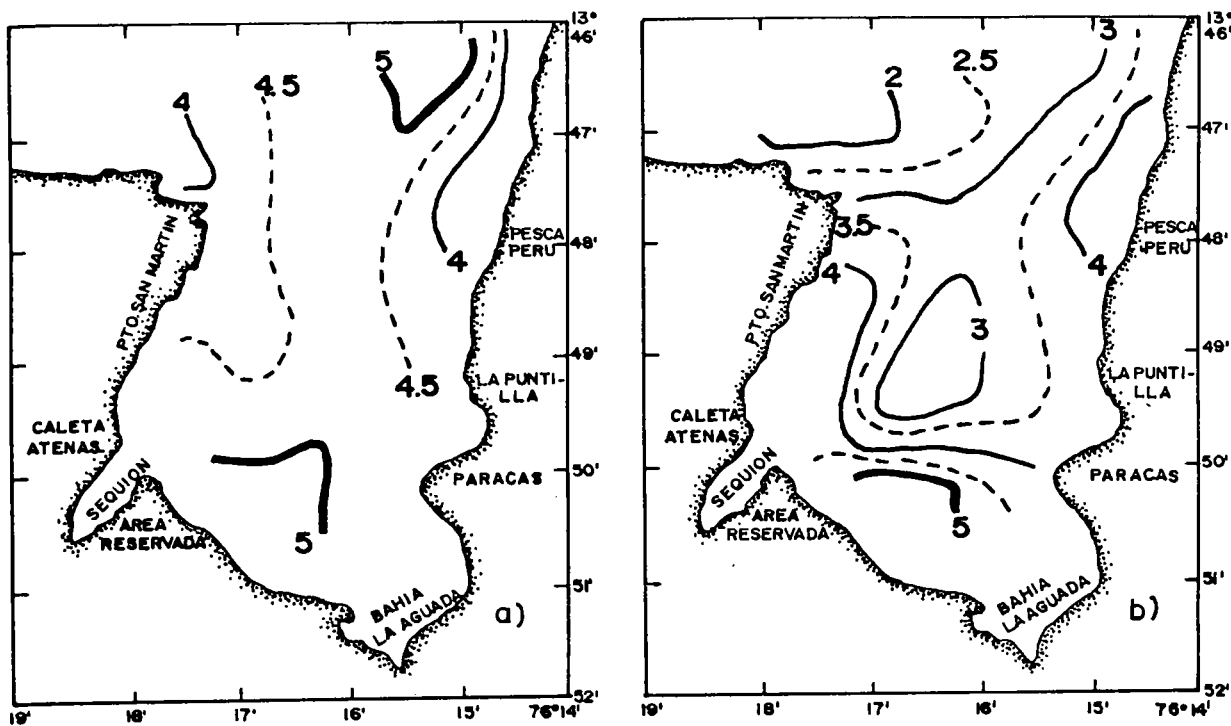


Fig. 4. Concentraciones de oxígeno (ml/l) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

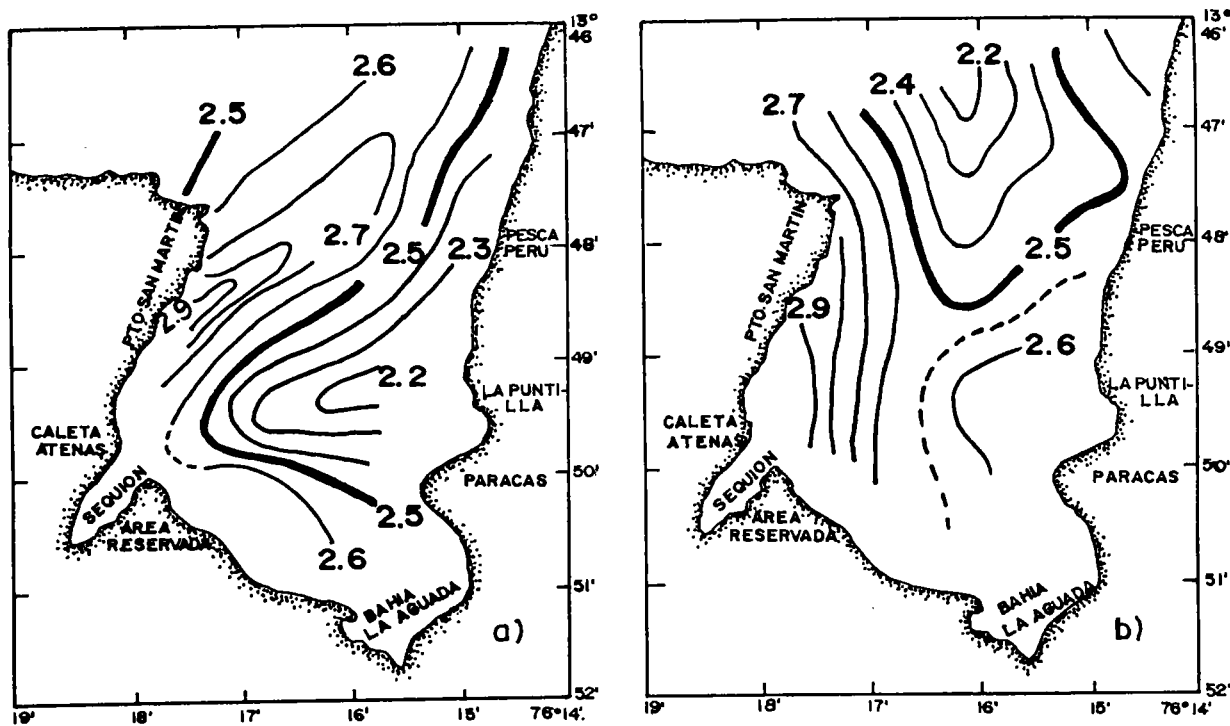


Fig. 5. Concentraciones de fosfatos ( $\mu\text{g-at/l}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

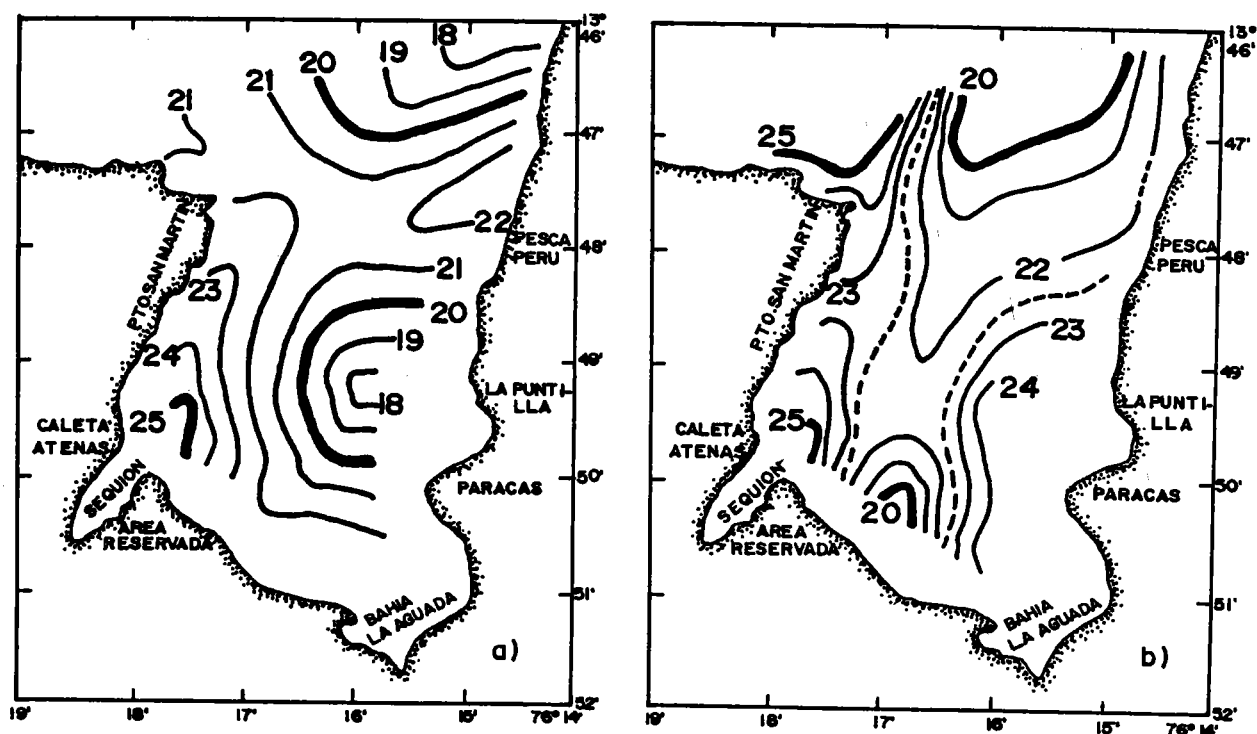


Fig. 6. Concentraciones de silicatos ( $\mu\text{g-at/l}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

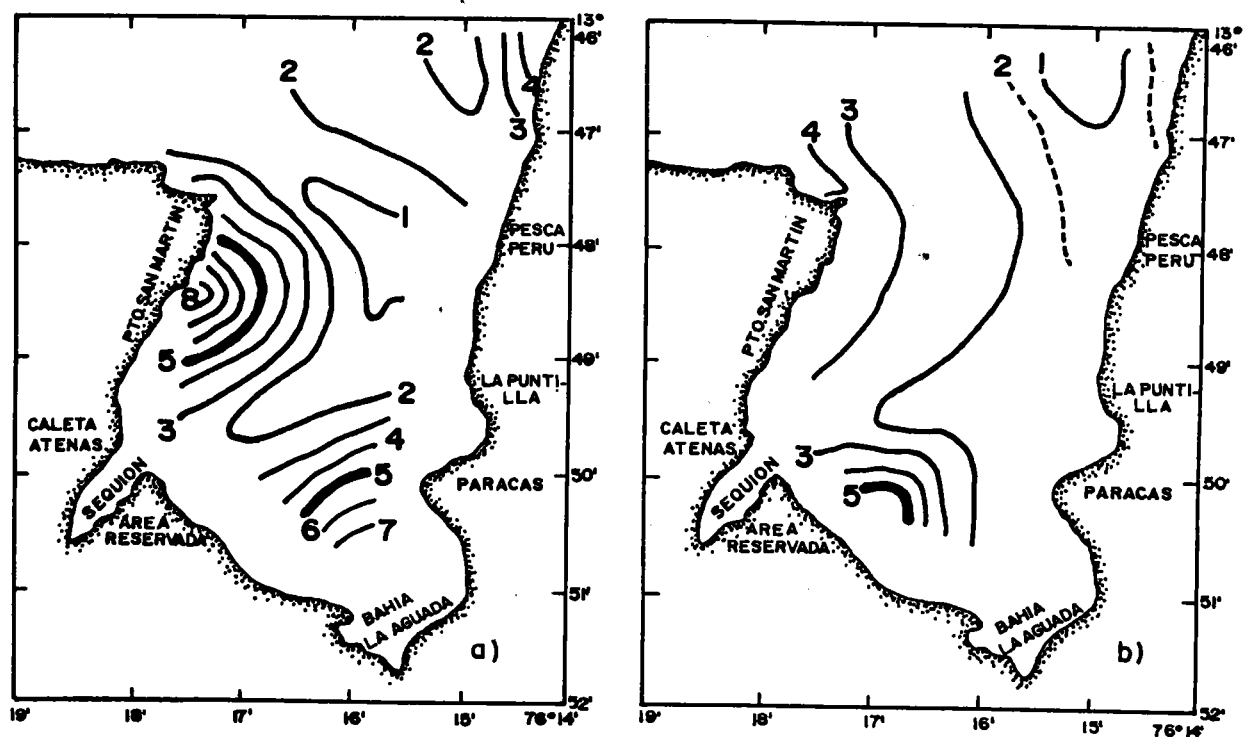


Fig. 7. Concentraciones de nitratos ( $\mu\text{g-at/l}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

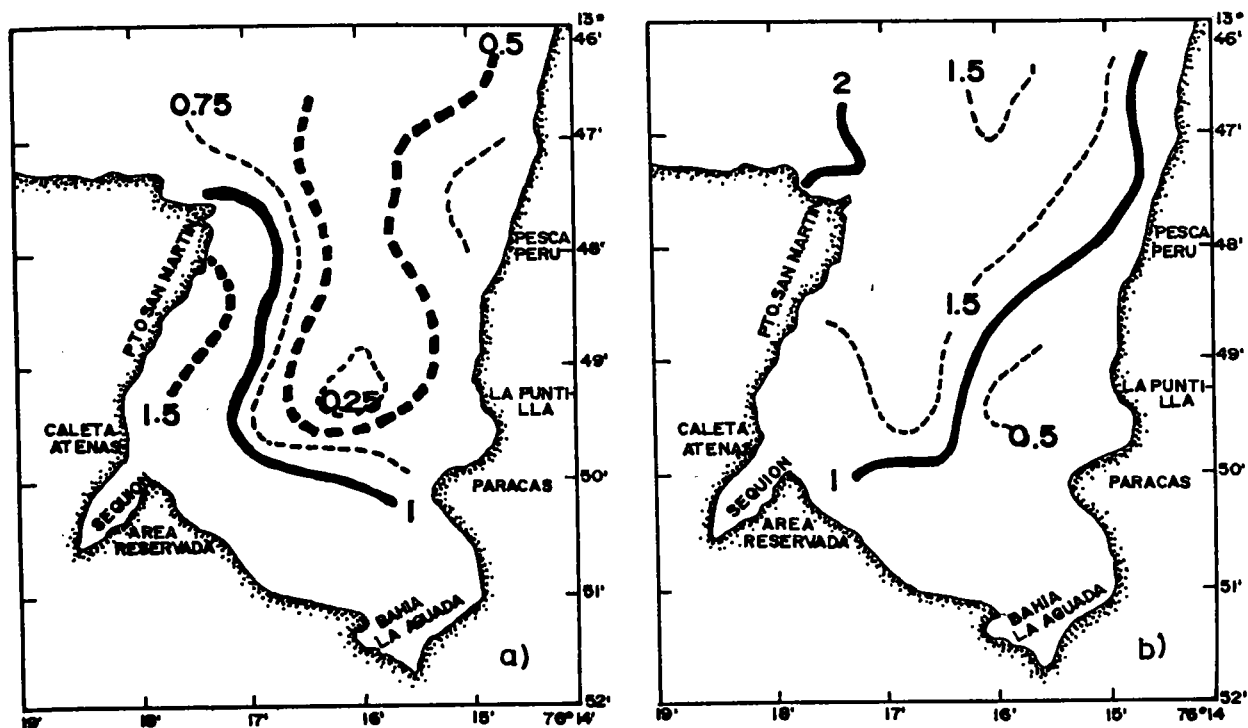


Fig. 8. Concentraciones de nitritos ( $\mu\text{g-at/l}$ ) en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

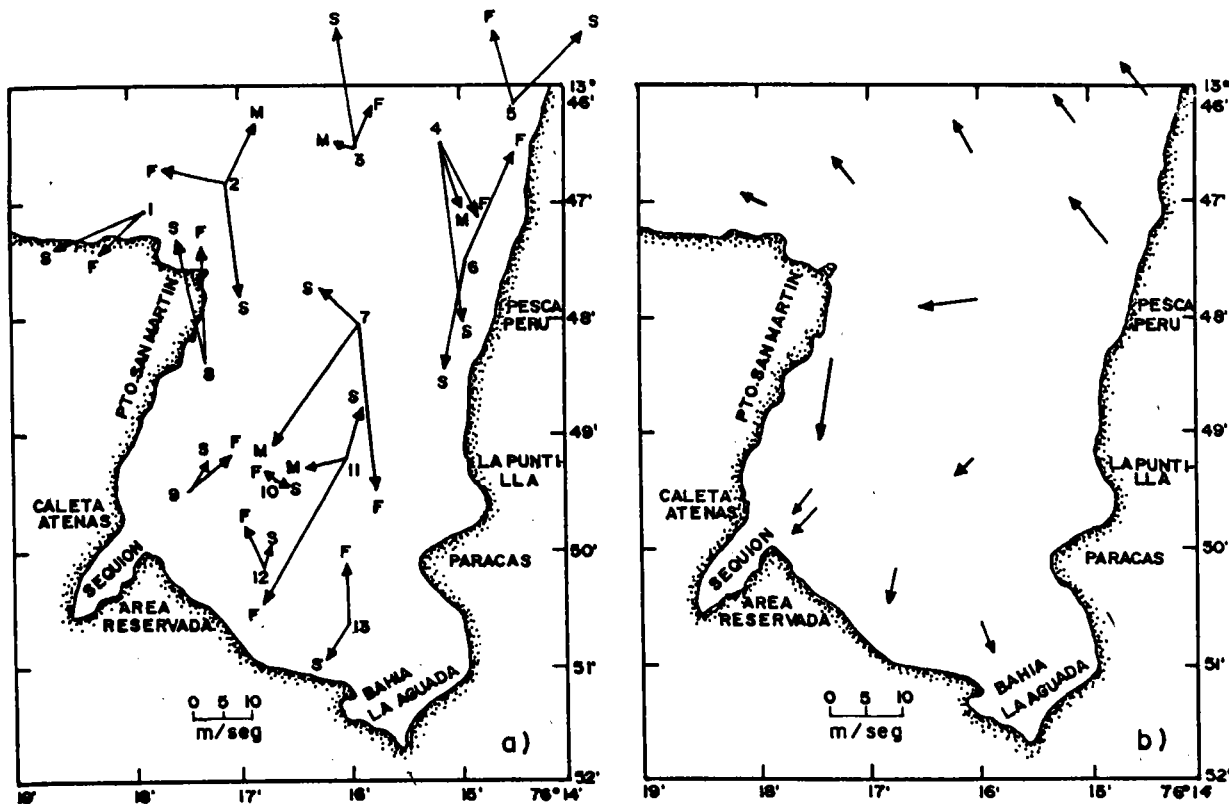


Fig. 9. Dirección y velocidad de las corrientes (a) en la superficie (S), profundidad media (M) y cerca del fondo del mar (F) y dirección y velocidad de vientos (b) en Bahía Paracas el 11 y 12 de noviembre de 1986.



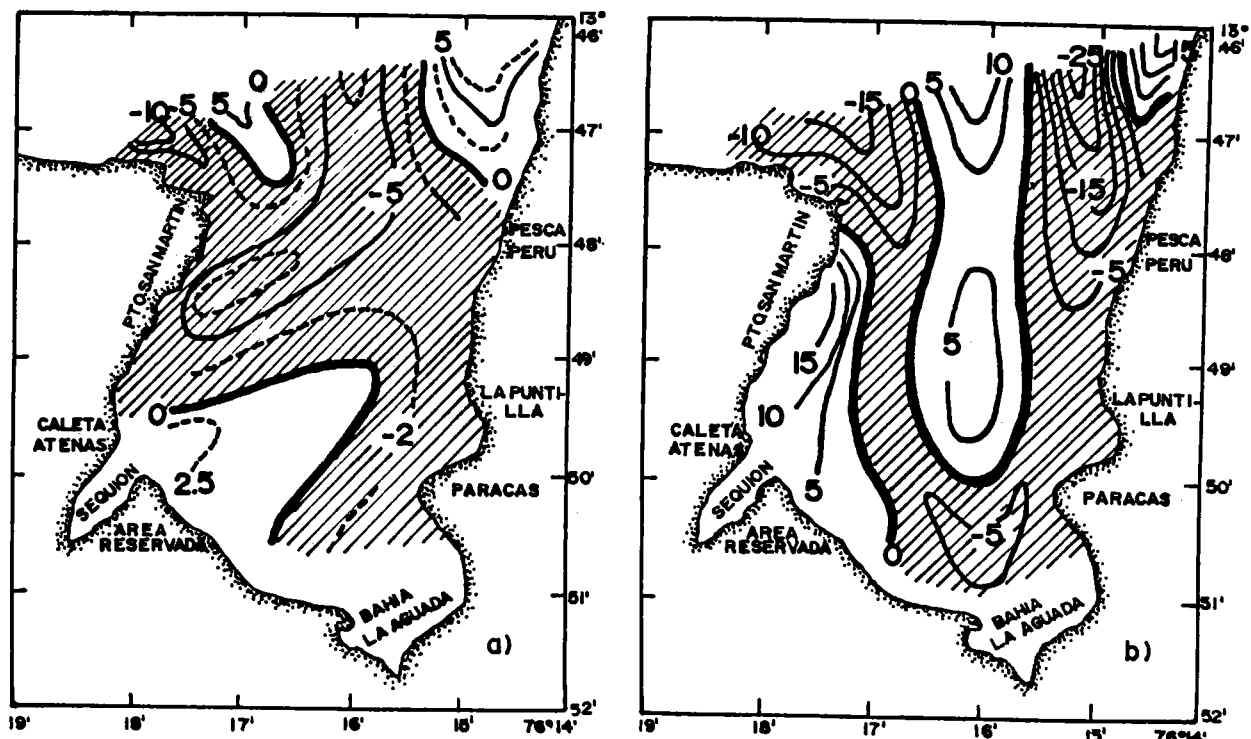


Fig. 10. Componentes vectoriales (cm/s) oeste-este (a) y norte-sur (b) en la superficie de la Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

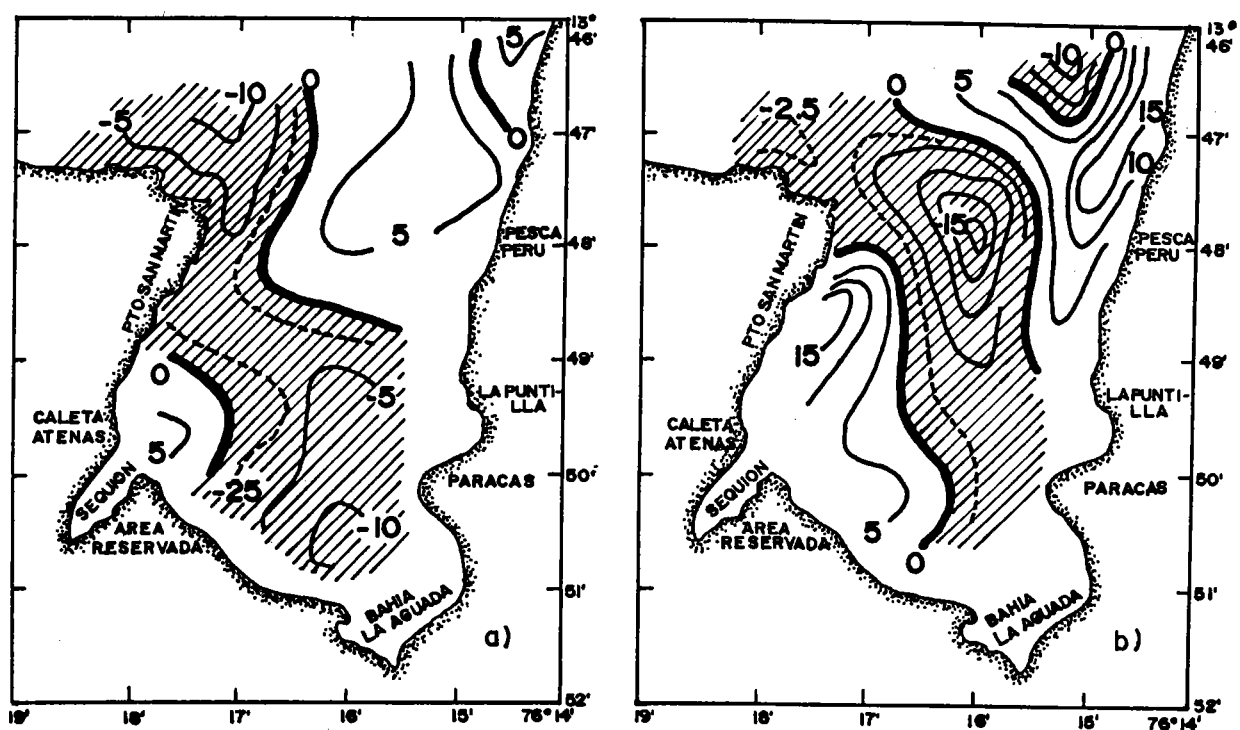


Fig. 11. Componentes vectoriales (cm/s) oeste-este (a) y norte-sur (b) cerca del fondo del mar en la Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

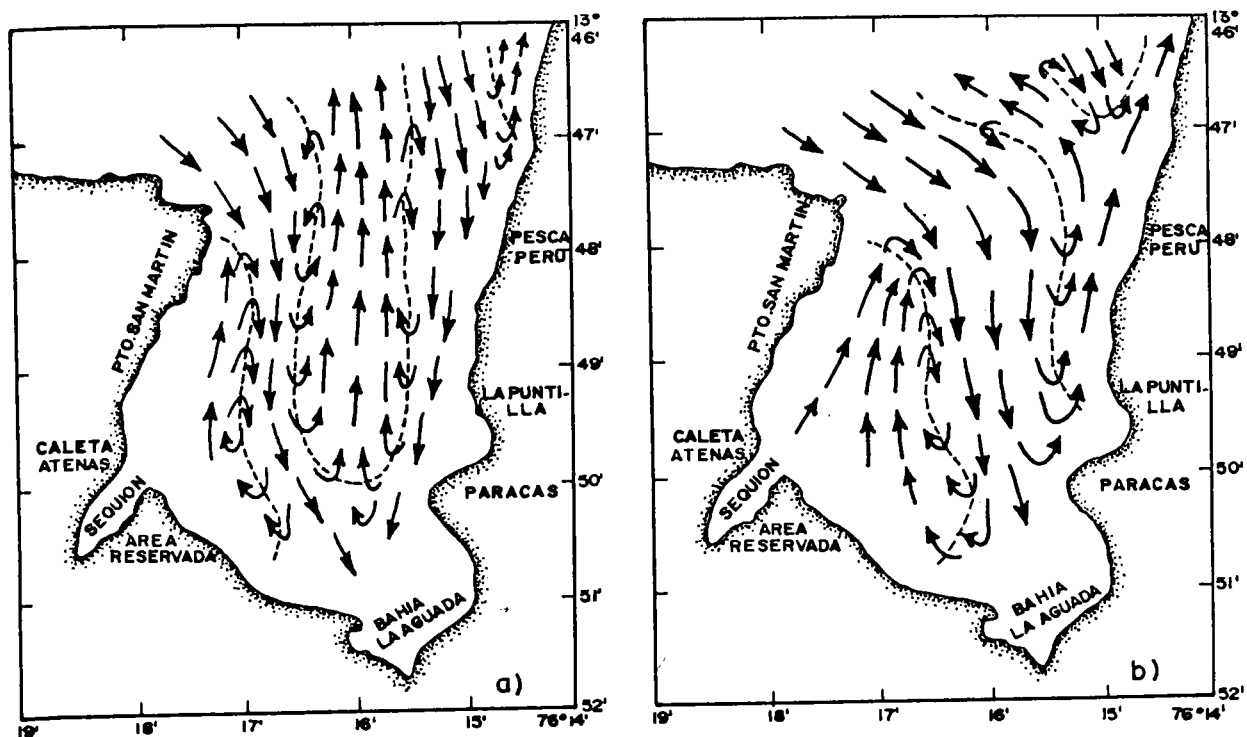


Fig. 12. Esquema de la circulación de las aguas en la superficie (a) y cerca del fondo del mar (b) en la Bahía Paracas.

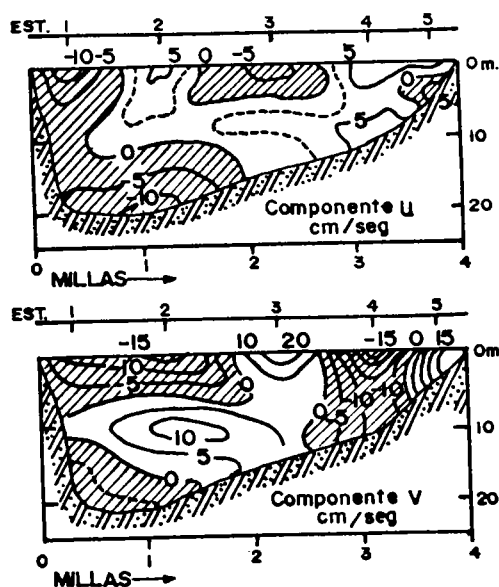


Fig. 13. Estructura vertical de los componentes vectoriales u (oeste-este) y v (norte-sur) en la bocana de la Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

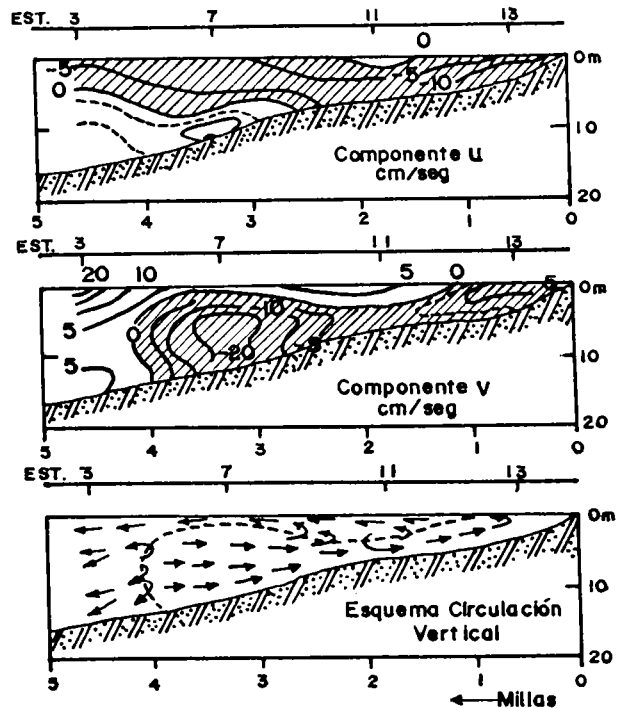


Fig. 14. Estructura vertical de componentes verticales u y v en la sección longitudinal de la Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986 y esquema de la circulación vertical.

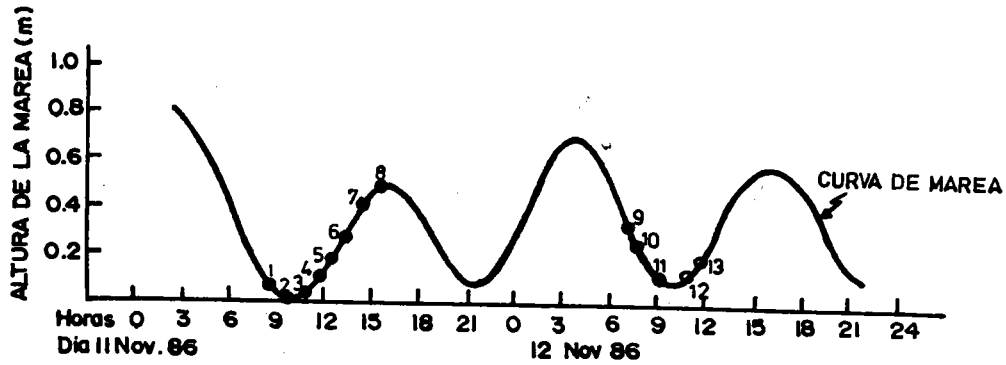


Fig. 15. Horas de muestreo en las estaciones 1 - 13 en relación a las mareas en Bahía Paracas el 11 y 12 de noviembre de 1986. Noviembre 1986.

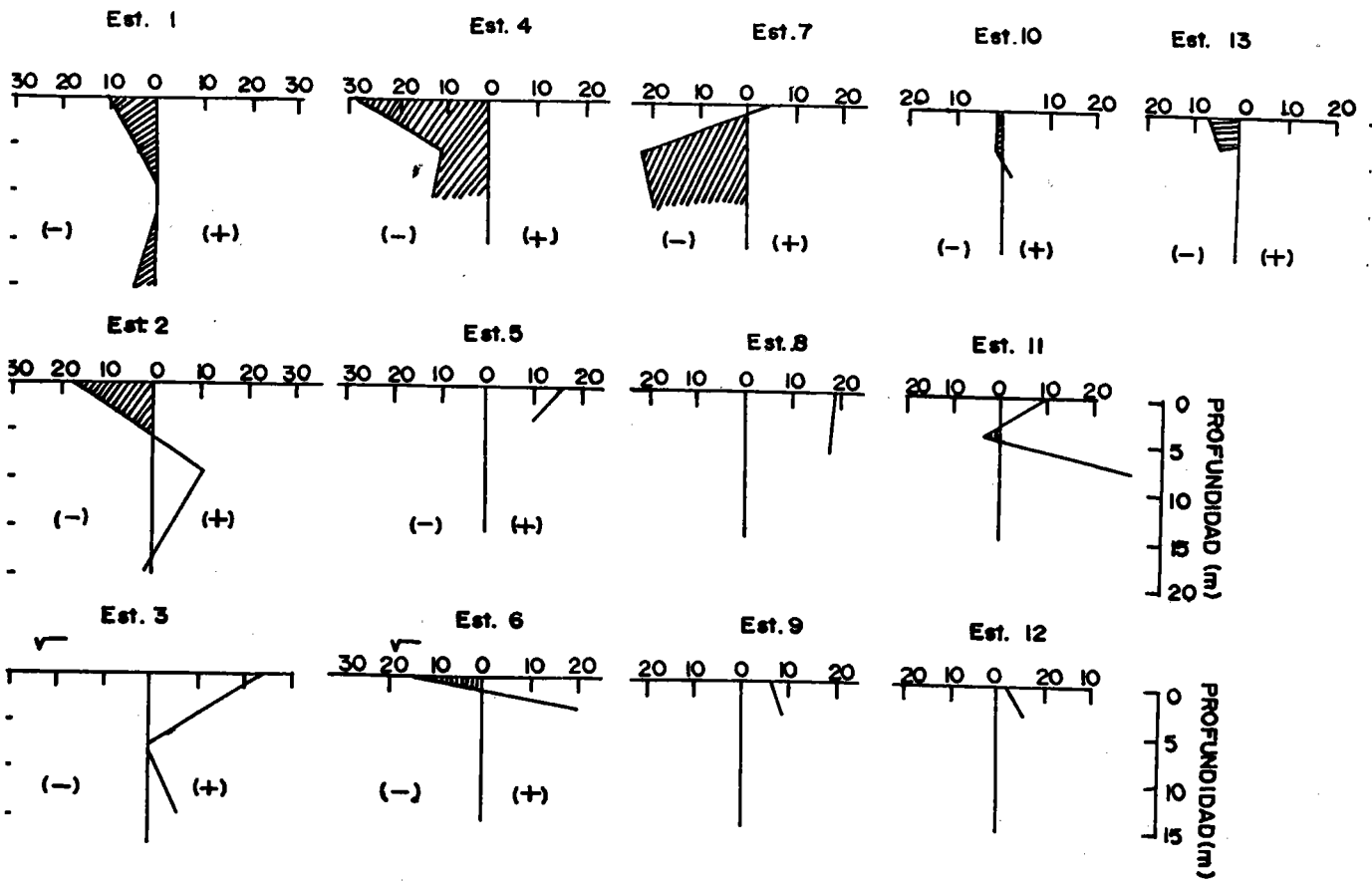


Fig. 16. Distribución vertical de la componente v de corrientes (cm/s) en Bahía Paracas 11 y 12 noviembre de 1986.

al régimen de vientos de esta área que se manifiesta con días de vientos fuertes seguidos de días de calma (observación personal). (Fig. 9b).

#### Corrientes y marea

Para establecer una relación entre la corriente y la marea en la bahía con la información disponible considerando la característica geográfica de ella (cuenca cerrada con un sólo canal de ingreso y de salida), se asumió que la acción de la marea afecta igual a cualquier punto de su interior. Bajo esta premisa. Se observó que a una marea creciente, correspondieron flujos máximos entrantes (hacia el sur) y para una marea vaciante, flujos salientes (hacia el norte) (Fig. 15 y 16).

#### AGRADECIMIENTOS

Agradesco al profesor R. Flores Palomares de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, por su colaboración en el análisis de los datos hidrodinámicos.

#### REFERENCIAS

- ACOSTA, J., 1977. Las algas marinas de la provincia de Pisco. Museo Hist. Nat. Javier Prado Serv. Bot. Bol. 28: 1-42.
- BARBER, R., R. DUGDALE, J. MACISSAC y R. SMITH, 1971. Variations in phytoplankton growth associated with the source and conditioning of upwelling water. Invest. Pesq. 35: 171-193.
- BARREDA, M., 1958. El Plancton en la bahía de Pisco. Bol. Com. Nac. de Prot. a la Naturaleza 16: 61-106.
- CALIENES, R., O. GUILLEN y N. LOSTAUNAU, 1985. Variabilidad espacio temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. 10: 1-44.
- DHNM, 1986. Tablas de Mareas 1986. Costa del Perú Océano Pacífico, América del Sur. HIDRONAV 31: 1-76.
- IMARPE, 1985. Informe de la prospección de reconocimiento de las condiciones bio-oceanográficas y de contaminación en la bahía Paracas, del 13-16 de marzo de 1985. Abril de 1985. Inf. int. Inst. Mar Perú-Callao: 32pp.
- MAYO, R., 1987. Determinación bioecológica de un área para cultivo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Paracas. Noviembre 1986. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. extraordinario: 24 pp., 11 Tab., 38 Figs.
- ROMERO, A. y H. ORREGO, 1983. Estudio preliminar micro-oceanográfico de la bahía de Paracas. I Primavera 1981. Anal. cient. Univ. Nac. Agraria, La Molina, Lima, 22: 1-22.
- ROMERO, A. y H. ORREGO, 1983. Estudio preliminar micro-oceanográfico de la bahía de Paracas. II Invierno 1983. Inf. int. Univ. Nac. Agraria, La Molina, Lima, 22: 20 pp.
- ROBLES, A., 1987. Captación de larvas de moluscos en bahía Paracas, Pisco. En: H. Salzwedel y A. Landa (eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. extraordinario: 177-180.
- ROWE, G., 1971. Benthic biomass in the Pisco, Peru upwelling. Invest. Pesq. 35: 127-135.
- SEARS, M., 1954. Notas sobre la corriente costera del Perú. Comp. Adm. del Guano, Bol. Cient.: 133-173.
- STRICKLAND, J. y T. PARSONS, 1965. Manual of Sea water analysis. Bull. Fish Res. Bd. Canada. 125: 1-203.
- SHAFFER, G., 1981. On the upwelling circulations over the wide shelf off Peru. 1-Circulation and ecological implications. J. Mar. Res. 40:293-314.
- YOCKTENG, J., 1984. Criaderos de concha de abanico en bahía Paracas. Documenta Minis. Pesquería Perú 93: 38-46.
- ZUTA S. Y O. GUILLEN, 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, 2: 157-324.