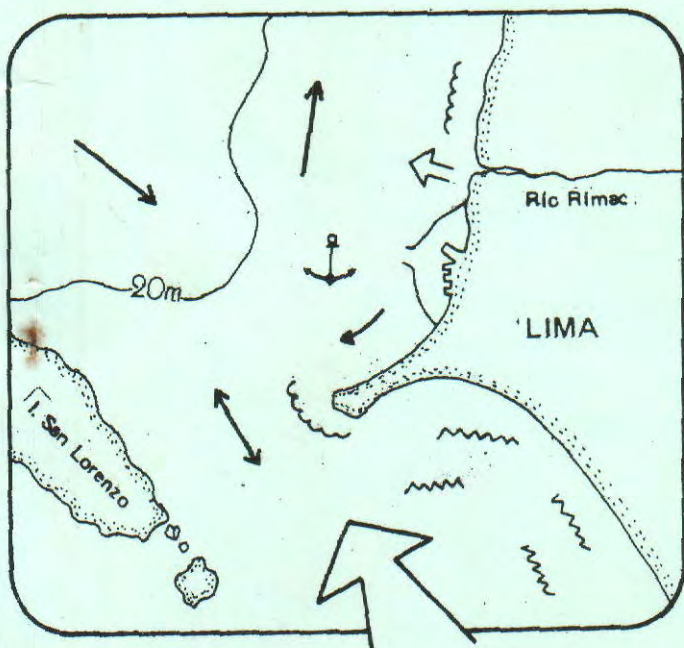
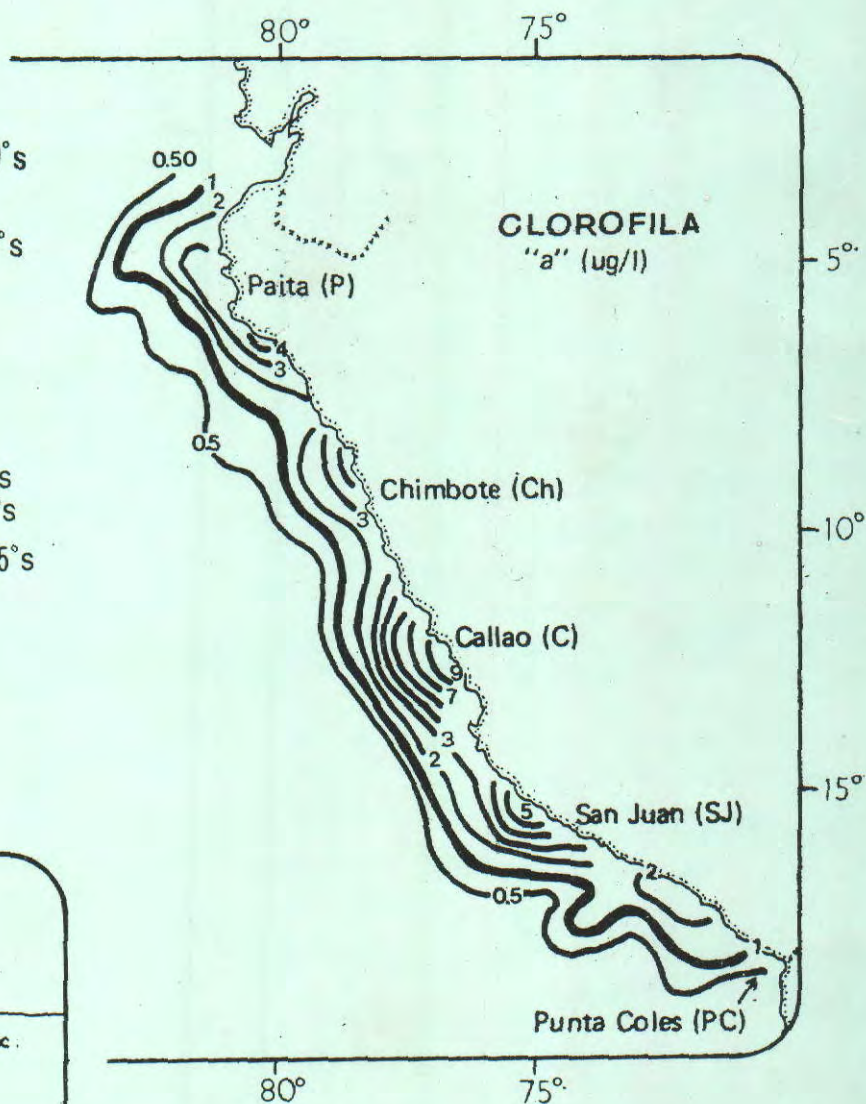
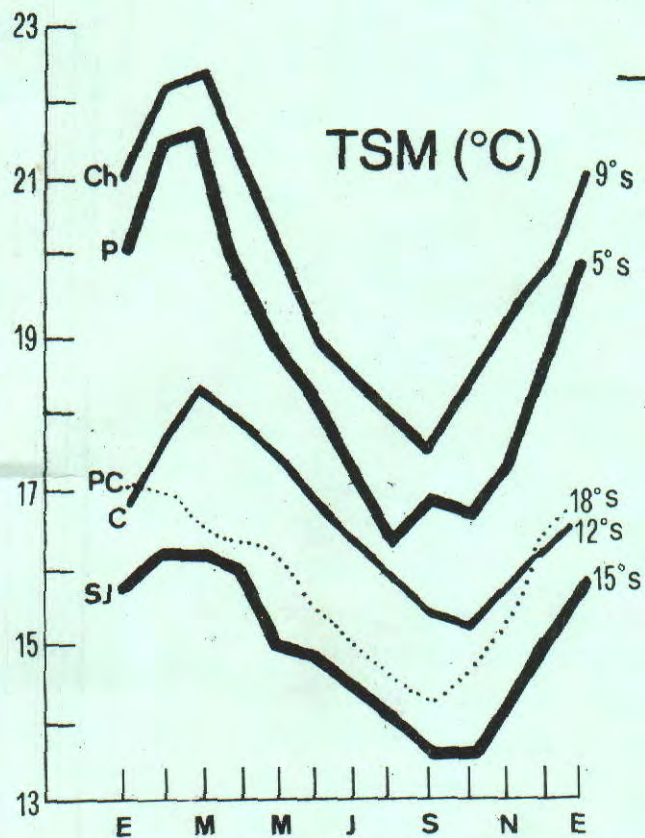


INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
OEA



VOLUMEN 10 N° 8

Boletín



Editores: Salvador Zuta
Antonio Landa

PRESERVACION DEL AMBIENTE
MARINO Y PRODUCCION PRIMARIA

CALLAO - PERU - 1986

EL FENOMENO EL NIÑO 1982-83 Y SUS EFECTOS FRENTE AL PUERTO DEL CALLAO

Por

Oscar Guillén y Nelson Lostaunau

1. INTRODUCCION

El fenómeno El Niño es una anomalía de la interacción océano-atmósfera en gran escala, cuya interacción no es muy bien conocida. Se presenta con diferentes intensidades, con intervalos de 5 a 16 años y su duración es variable. Produce efectos biológicos económicos y sociales, pero aún no se conoce a cabalidad sus impactos ecológicos.

Los eventos principales de El Niño fueron los ocurridos en 1981, 1925-26, 1940-41, 1957-58, 1972-73, 1976 y 1982-83, los cuales modificaron temporalmente las condiciones del mar y del clima de la costa, causando un impacto socio económico negativo para el Perú.

Otro proceso que caracteriza al mar peruano además de El Fenómeno El Niño es el proceso de afloramiento costero, cuyas aguas se caracterizan por su baja temperatura, alto contenido de nutrientes y baja concentración de oxígeno.

Las condiciones oceanográficas frente al Callao, han sido dadas por Guillén (1964) y Zuta y Guillén (1970). Guillén y Aquino (1978) y Guillén et al (1978) han descrito las condiciones físico-químicas del Puerto del Callao. El seguimiento del Fenómeno El Niño 1982-83 han sido hechos por Zuta et al (1985) y por Guillén et al (1983) y Guillén (1985).

2. MATERIAL Y METODOS

Se han utilizado para el presente estudio los datos provenientes de los siguientes muestreos:

Muestreo 8209 del 29 al 30 de Setiembre 1982

Muestreo 8212 del 15 al 16 de Diciembre 1982

Muestreo 8305 del 23 al 24 de Mayo 1983

Muestreo 8403 del 23 al 26 de Marzo 1984

Muestreo 8408 del 29 al 31 de Agosto 1984

Las cartas de posiciones son dadas en la Figura 1.

Las muestras fueron colectadas empleando botellas Niskin, las temperaturas se midieron usando termómetro reversible y termómetro de cubo, la salinidad fue determinada usando salinómetro Plessey Modelo 6230 y el oxígeno disuelto se analizó de acuerdo al método de Winkler modificado por Carpenter (1965).

Las determinaciones de fosfatos, silicatos, nitratos, nitritos, y amonio fueron hechas de acuerdo a Strickland y Parson (1968). Las muestras de clorófila "a" fueron filtradas a través de filtros de vidrio Whatman GF/C, adicionándoles carbonato de magnesio y analizadas según Lorenzen (1967).

3. RESULTADOS

La circulación de las aguas en el Puerto del Callao, se hallan influenciadas principalmente por las aguas costeras frías que ingresan al Puerto, por las aguas provenientes de los afloramientos y por las descargas de las aguas procedentes del Río Rímac, lo que varían de acuerdo a la época del año. En años anormales las aguas subtropicales superficiales se hacen presente en el área frente al Puerto del Callao, modificando sus condiciones oceanográficas.

3.1 Distribución de la Temperatura, Salinidad y Oxígeno Disuelto.

En la superficie del mar (Figuras 2a, 3a y 4a) durante el invierno 1982, se hallaron temperaturas, salinidades y oxígeno de 15.60 a 18.40°C, de 34.60 a 35.09‰ y de 1.95 a 6.96 ml/l, respectivamente, correspondiendo a las aguas costeras frías las mayores temperaturas, salinidades y oxígeno disuelto ($> 16.5^{\circ}\text{C}$, $> 35.0\%$ y > 3.0 ml/l) que dominaron el área al norte del río Rímac. También se observó un flujo hacia el norte que ingresa al Puerto frente al Camotal con temperaturas $> 18^{\circ}\text{C}$, salinidades $> 35.0\%$ y > 6.0 ml/l de oxígeno disuelto. El afloramiento fue mínimo siendo más marcado frente a Acapulco con temperaturas $< 16^{\circ}\text{C}$ y mínimos valores de oxígeno disuelto (< 2.0 ml/l).

Frente a la Rada Interior como efecto de la circulación se observa un flujo hacia el oeste con temperaturas $< 16.5^{\circ}\text{C}$, salinidades $< 35.1\%$ y oxígeno disuelto < 3.0 ml/l. La influencia de las aguas procedentes del Río Rímac fue menor debido a su bajo caudal.

A un metro del fondo (Figuras 8a, 9a y 10a) la distribución temperatura y salinidad fue irregular, observándose cerca de la costa temperaturas ligeramente mayores que las de lejos de la costa. Al igual que en la superficie se observó un flujo hacia el norte frente al Camotal con temperaturas $> 17^{\circ}\text{C}$, salinidades < 35.0 y > 5.0 ml/l de oxígeno disuelto.

En la primavera 1982 (Figuras 2b, 3b y 4b) se observó en la superficie del mar un cambio bien marcado con respecto al invierno 1982. El rango de temperaturas, salinidades y oxígeno disuelto fue de: 23.20°C a 21.80°C, 35.74 a 35.00‰ y 5.97 a 1.54 ml/l, respectivamente.

Las aguas frías desaparecieron del área, siendo reemplazadas por las aguas subtropicales superficiales que ocuparon totalmente el área con temperaturas $> 22^{\circ}\text{C}$, salinidades

> 35.1‰ y oxígeno disuelto > 5.0 ml/l. Frente y cerca a la Rada Interior se observó en comparación al invierno 1982, un aumento de cerca de 7°C y un incremento de 0.5‰ de salinidad. Las aguas procedentes de la descarga del Río Rímac se caracterizaron por salinidades < 35.1‰ contenidos de oxígeno disuelto < 2.0 ml/l y temperaturas mayores de 22°C.

La distribución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (Figuras 8b, 9b y 10b) a un metro del fondo marino mostró un cambio marcado con respecto al invierno 1982, indicando la presencia de las aguas subtropicales que dominaron toda el área, con altas temperaturas, altas salinidades y altos contenidos de oxígeno disuelto, valores por encima de lo normalmente hallado en el área para la misma estación.

Frente a la Rada Interior y al Río Rímac las temperaturas estuvieron más de 5°C por encima de los hallados en el invierno 1982, asimismo sus salinidades fueron mayores.

En el otoño 1983 (Figuras 2c, 3c y 4c) fue más caliente que la primavera 1982. En la superficie del mar presentó un rango de temperaturas de 25.00 a 24.40°C, salinidades de 35.63 a 33.88‰ y oxígeno disuelto de 4.46 a 3.00 ml/l. Las aguas subtropicales superficiales dominaron el área con temperaturas > 24°C, salinidades > 35.1‰ y oxígeno disuelto > 4.0 ml/l. Cerca a Fertisa se observó aguas de bajísima salinidad debido probablemente al aporte de las aguas de los colectores Callao y Comas.

Las aguas procedentes de la descarga del Río Rímac se caracterizaron por sus bajos valores de oxígeno disuelto < 3.0 ml/l y salinidades < 35.2‰ cuyas salinidades fueron aumentando a medida que se alejaban de la costa.

A un metro del fondo marino (Figuras 8c, 9c y 10c) al igual que en la superficie fue más caliente que la primavera 1982, observándose el dominio de las aguas subtropicales superficiales con temperaturas entre 24.29 y 24.90°C y salinidades entre 35.51 y 35.14‰, asociado a valores de oxígeno de 4.48 y 2.94 ml/L, valores mayores de lo normalmente encontrado en el área.

El verano de 1984 (Figuras 2d, 3d y 4d) mostró un cambio significativo con respecto al otoño 1985 con temperaturas, salinidades y oxígeno disuelto en la superficie del mar de 20.20 a 17.20°C, de 35.02 a 33.20‰ y 7.20 a 1.45 ml/l, respectivamente. Nuevamente se observa la presencia de aguas frías, sobresaliendo el flujo hacia el oeste de las aguas procedentes de la descarga de las aguas del Rfo Rímac, con temperaturas $\leq 18^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, se halla un flujo hacia suroeste con salinidades muy bajas ($\leq 33.3\text{‰}$) y altos contenidos de oxígeno disuelto (> 7.0 ml/l), debido a la descarga de las aguas de los colectores Comas y Callao, que aportan aguas de baja salinidad y alto contenido de nutrientes, favoreciendo éste último la fotosíntesis.

A un metro del fondo (Figuras 8d, 9d y 10d) se halló un cambio bien marcado con respecto al Otoño 1983, mostrando la distribución de la temperatura características de un año frío siendo ligeramente más caliente que el invierno 1982, excepto cerca de la costa frente a la desembocadura del Rfo Rímac donde se halló un grado más de temperatura.

El invierno de 1984 (Figuras 2c y 4c) se caracterizó por ser un invierno frío, mucho más frío que el invierno de 1982, presentado en la superficie del mar temperaturas de 15.70 a 14.60°C y oxígeno disuelto de 2.80 a 1.10 ml/l.

El afloramiento costero fue más marcado frente a Aca pulco y al norte de la Rada Interior, siendo más intenso el último con temperaturas $\leq 14.6^{\circ}\text{C}$ y oxígeno disuelto $\leq 1.5 \text{ ml/l}$. En esta época la influencia de las aguas de la descarga del Rfo Rímac y de las aguas procedentes de la Rada Interior fueron mínimos.

La distribución de la temperatura a un metro del fondo (Figuras 8e y 10e) fue similar al de superficie, con temperaturas entre 14.20 y 15.00°C , siendo mucho más frío que el invierno 1982, lo que ha tenido gran influencia en la distribución de los sedimentos superficiales.

3.2 Distribución de Nutrientes

En el invierno de 1982 (5a, 6a y 7a) se halló en la superficie del mar valores de fosfatos, silicatos y nitratos entre 3.40 y 1.91, 28.98 y 8.17 y 17.03 y 2.39 $\mu\text{g-at/l}$, respectivamente.

Se observó un flujo hacia la costa al norte del Rfo Rímac con valores cerca de los normales de fosfatos y silicatos, pero en cambio los nitratos se hallaron en menor proporción ($\leq 2.5 \mu\text{g-at/l}$, $\leq 15 \mu\text{g-at/l}$ y $\leq 5 \mu\text{g-at/l}$, respectivamente). Otro flujo fue observado frente al Camotal hacia el norte cerca de la costa con concentraciones

$\leq 2.0 \mu\text{g-at/l}$ de fosfatos, $\leq 5 \mu\text{g-at/l}$ de nitratos y $\leq 15 \mu\text{g-at/l}$ de silicatos.

Como resultado del flujo predominante hacia la costa se tiene un flujo hacia el oeste frente a la Rada Interior con valores $> 3.0 \mu\text{g-at/l}$ de fosfatos, $> 20 \mu\text{g-at/l}$ de silicatos y $\leq 5 \mu\text{g-at/l}$ de nitratos. Debido al mínimo aporte de las aguas procedentes del Rfo Rímac en esta época no se observó algún efecto en la distribución de los parámetros físicos-químicos.

Los nutrientes a un metro del fondo (Figuras 11a, 12a y 13a) presentaron una distribución algo irregular, como resultado de los procesos de circulación y del afloramiento costero. Se observó un flujo hacia el norte que ingresa frente al Camotal con valores de fosfatos de ≤ 2.5 ug-at/l, silicatos ≤ 20 ug-at/l y ≤ 4 ug-at/l de nitratos.

En la primavera 1982 (Figuras 5b, 6b y 7b) se nota una fuerte disminución en la concentración de nutrientes con respecto al invierno, siendo más notorio en los nitratos, debido al dominio de las aguas subtropicales superficiales, presentando valores en la superficie del mar de 3.13 a 0.99, 26.42 y 7.79 y 13.76 y 2.40 ug-at/l de fosfatos, silicatos y nitratos, respectivamente.

Frente a Fertisa se encontraron los valores altos en silicatos y nitratos (> 25 ug-at/l y > 10 ug-at/l, respectivamente) y valores de fosfatos > 2.0 ug-at/l como efecto del flujo hacia el sur procedente de la descarga de los colectores Callao y Comas.

A un metro del fondo (Figuras 11b, 12b y 13b) se observó un cambio en la distribución de los nutrientes hallándose un decrecimiento de fosfatos y silicatos principalmente con respecto al invierno 1982. También se halló un flujo de oeste a este con valores de

> 8 ug-at/l de nitratos y ≤ 15 ug-at/l de silicatos.

El otoño 1983 (Figuras 5c, 6c y 7c) se caracterizó por un fuerte decrecimiento en la concentración de fosfatos y silicatos con respecto a la primavera de 1982 y manteniéndose casi igual los valores de nitratos, como resultado de los efectos de El Niño 1982-83, presentando valores de 2.35 a 0.70, 19.40 a 4.9 y 9.34 a 4.8 ug-at/l

fosfatos, silicatos y nitratos, respectivamente. Más allá de las dos millas se hallaron frente a Fertisa concentraciones menores de la mitad de fosfatos y silicatos en comparación con los encontrados en la primavera 1982.

Frente a Fertisa continuó el flujo hacia el sur observado en la primavera con valores más altos de fosfatos (> 2.25 ug-at/l y de silicatos $>$ de 15 ug-at/l, provenientes de las descargas de los colectores del Callao y Comas.

A un metro del fondo (Figuras 11c, 12c y 13c) se observó en general una disminución de la concentración de los nutrientes con los años normales, debido a la ocupación de las aguas subtropicales superficiales que dominaron el área, como efecto de la ocurrencia de El Fenómeno El Niño 1982-83. Se observó un incremento de silicatos con respecto a la superficie del mar, debido en parte al aporte de las aguas provenientes de la descarga del Río Rímac (> 15 ug-at/l).

3.3 Distribución de Clorófila "a"

En el invierno 1982 (Figura 14a) la distribución de clorófila "a" presentó valores en la superficie del mar entre 20.18 y 7.81 ug/l, hallándose las mayores concentraciones (> 20 ug/l) frente a la Rada Interior. Frente al Camotai, se observa un flujo hacia el norte con valores < 10 ug/l de clorófila "a". Las mínimas concentraciones fueron encontradas al norte del Río Rímac.

A un metro del fondo marino (Figura 15a) la clorófila "a" se halló con valores entre 19.02 y 6.76 ug/l, presentando una distribución bastante irregular como resultado de los procesos de circulación y de mezcla, hallándose concentraciones mayores que las concentraciones en la superficie del mar. Frente y cerca de la Rada Interior (> 15 ug/l) los valores de clorófila "a" fueron inferiores a los de superficie

(> 20 ug/l)

En la primavera 1982 (Figura 14b) se halló valores en la superficie del mar de 27.07 a 0.96 ug/l de clorófila "a", encontrándose el máximo valor frente a la Rada Interior, mayor que el hallado en el invierno. Al norte del Río Rímac las concentraciones de clorófila "a" aumentaron como efectos del acercamiento de las aguas subtropicales superficiales hacia la costa, cuyas aguas se mezclaron con las aguas costeras ricas en nutrientes, elevando la producción fitoplanctónica, debido probablemente a especies de dinoflagelados que consumen más nitratos que silicatos.

La clorófila "a" a un metro del fondo (Figura 15b) presentó una distribución muy diferente a la del invierno 1982, observándose valores de 0.69 a 7.85 ug-at/l, muy inferiores a los de superficie y al invierno 1982, causados por la ocupación de las aguas subtropicales superficiales que abarcaron gran parte del área.

En el otoño 1983 (Figura 14c) se observó un gran cambio en la concentración de clorófila "a" hallándose en la superficie valores de 5.93 a 0.32 ug/l. Esta vez la máxima concentración fue hallada frente a Fertisa, inferior a los encontrados en el invierno y primavera 1982. La concentración hallada frente al Camotal fue de más de 10 veces inferior a los encontrados en el año 1982. Igualmente los valores encontrados frente a la Rada Interior o el Río Rímac fue de 12 y 5 veces menor que el encontrado en la primavera 1982. La gran disminución de clorófila "a" se debió, posiblemente al cambio de la composición fitoplanctónica.

A un metro del fondo (Figura 15c) la distribución de la clorófila "a" disminuyó con respecto al de superficie y a la primavera de 1982, presentando valores de 2.56 a 0.16 ug/l, debido a la ocurrencia de El Fenómeno 1982-83.

También se observó un flujo hacia la costa, con concentraciones ≤ 0.5 ug-at/l de clorófila "a".

Con el verano 1984 (Figura 14d) la distribución de clorófila "a" en la superficie del mar presentó concentraciones de 26.97 a 0.62 ug/l, disminuyendo las concentraciones a medida que se alejan de la costa debido al dominio de las aguas costeras. La mayor concentración a diferencia de las épocas anteriores correspondió al área frente al Río Rímac, posiblemente al mayor aporte de nutrientes de las aguas del mencionado Río.

La distribución de la clorófila "a" a un metro del fondo (Figura 15d) presentó valores de 7.37 a 0.53 ug/l, mayores que los encontrados en el otoño 1983, después de la ocurrencia del fenómeno El Niño 1982-83, restableciéndose las condiciones oceanográficas del área.

El invierno de 1984 (Figura 14e) correspondió a un invierno frío con concentraciones de clorófila "a" con la superficie del mar entre 12.71 y 1.12 ug/l. La mayor concentración (> 10 ug/l) se halló al norte de Aca pulco, casi 3 veces mayor que el verano del mismo año.

A un metro del fondo (Figura 15e) la distribución de la clorófila "a" presentó valores de 13.82 a 0.24 ug/l, presentando cerca de la costa concentraciones mayores que en la superficie. Frente o cerca a la Rada Interior y el Río Rímac los valores de clorófila "a" fueron mayores que los hallados durante el verano 1984 y con 10 veces más de lo encontrado durante el otoño 1983.

4. DISCUSION

El Niño 1982-83 se ha presentado con características y efectos singulares muy diferentes en los eventos anteriores, producien

do cambios en el ecosistema marino, dando como resultado una baja productividad y un impacto negativo socio-económico. Durante El Niño 1982-83 (Zuta y Guillén 1983) las aguas de la región ecuatorial (salinidad $< 34.3\text{‰}$) avanzaron hasta la latitud de 14°S , aproximadamente, asociado con bajísimas concentraciones de nutrientes ($< 6.0 \text{ ug-at/l}$ de silicatos, $< 0.4 \text{ ug-at/l}$ de nitratos y 0.2 ug-at/l fosfatos). Las concentraciones de los fosfatos y nitratos fueron inferiores a las encontradas en El Niño 1972.

La evolución el fenómeno El Niño 1982-83 es evidente de la distribución de las temperaturas, salinidades, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos y silicatos durante el invierno y primavera 1982 y otoño 1983 (Figuras 2 al 13).

Durante el invierno 1982 (Figuras 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a y 14a) se notó un calentamiento en el área con respecto al promedio y la presencia de aguas de mezcla de aguas subtropicales superficiales, pobres en nutrientes con aguas costeras ricas en nutrientes, creando condiciones favorables para el crecimiento del fitoplancton, tal como se puede ver en la distribución de la clorófila "a" (Figuras 14a) con valores promedios de 10.72 ug/l alcanzando su mayor concentración cerca de la Rada Interior ($> 20 \text{ ug/l}$) asociado a bajísimos contenidos de nitratos $< 5 \text{ ug/l}$ (Figura 7a) debido a que posiblemente las especies dominantes eran aquellas que contienen gran cantidad de clorófila "a" y que consumen gran cantidad de nitratos, dando como resultado que la distribución de los nitratos sean bajos en comparación a los silicatos.

En la primavera (Figuras 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b y 14b) se observó en la superficie del mar un incremento de temperatura de más de 6°C que el invierno 1982, observándose esta vez la presencia en toda el área de aguas subtropicales superficiales (Salinidad $> 35.1\text{‰}$), asociado a altos contenidos de oxígeno ($> 5.0 \text{ ml/l}$). Los nutrientes disminuyeron, debido en parte al consumo de las especies fitoplanctónicas y al

dominio de las aguas subtropicales superficiales. La concentración de la clorófila "a" (Figura 14b) aumentó debido en parte al crecimiento de especies que contienen gran cantidad de clorófila "a" y al buen abastecimiento de nutrientes, manteniéndose los nitratos como posible factor limitante.

En el otoño 1983 (Figuras 2c, 3c, 4c, 5c, 6c, 7c y 14c) el calentamiento continuó pero debido al aporte de las aguas procedentes del Río Rímac y del flujo hacia el sur frente a Fertisa que lleva aguas de baja salinidad, la salinidad en la superficie disminuyó debido a los procesos de mezcla y de advección. Por otro lado los nutrientes disminuyeron con respecto a la primavera, observándose se frente a Fertisa un aporte de fosfatos y silicatos, favoreciendo la producción fitoplanctónica ($> 5 \mu\text{g/l}$).

Como resultado de los procesos de mezcla la producción fitoplanctónica decreció grandemente en el área con respecto a la primavera 1982, debido en parte al cambio en la composición fitoplanctónica.

En la primavera 1983 (Figura 16) calentamiento decreció, alcanzando condiciones casi normales a fines de la primavera 1983. En el verano de 1984 (Figuras 2d, 3d, 4d y 14d) se notó un cambio en la distribución de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con respecto al otoño 1983, debido al retorno a la normalidad de las condiciones oceanográficas. La baja salinidad (Figura 3d) observada en el área fue el resultado de los procesos de mezcla de advección de las aguas frías de la corriente costera con las aguas procedentes de la descarga del Río Rímac y del flujo procedentes del norte frente a Fertisa, que contienen bajos contenidos de salinidad. Lamentablemente no se dispone de datos de nutrientes, pero se sabe que las aguas del Río Rímac aportan gran cantidad de nutrientes creando condiciones favorables para la fotosíntesis, tal como pue-

de apreciarse cerca de la descarga de las aguas del Rfo Rímac aportan gran cantidad de nutrientes creando condiciones favorables para la fotosíntesis, tal como puede apreciarse cerca de la descarga de las aguas del Rfo Rímac ($>25 \text{ ug/l}$) más de 12 veces mayor que a lo encontrado en el otoño 1983. La producción fitoplanctónica en términos de clorófila "a" fue mayor cerca de la costa, debido en parte al aporte de las aguas procedentes del Rfo Rímac.

El enfriamiento continuó alcanzando en el invierno de 1984 (Figuras 2e, 3e, 4e y 14e), temperaturas menores que el promedio, como resultado del afloramiento costero hallándose concentraciones de clorófila "a" (Figura 14e) de 5 a 2 ug/l en la mayor parte del área estudiada.

A un metro del fondo marino (Figuras 8 al 13 y 15) se puede apreciar la presencia de las aguas salinas y calientes durante el invierno y primavera 1982 y otoño 1983, especialmente las dos últimas, asociadas a bajas concentraciones de nutrientes dando la apariencia de que los nitratos es el factor limitante, alcanzando los menores valores de clorófila "a" en el otoño 1983, (Figura 15c), asociado a las menores concentraciones de nutrientes, hallándose los nitratos en menor cantidad que los silicatos.

El promedio de todos los datos comprendidos en el área $12^{\circ}03'$ es mostrada en la tabla 1 donde se observa la evolución de El fenómeno El Niño. En la primavera 1982 (22.71°C) se observa un aumento de más de 6°C con relación al invierno 1982 (16.20°C) aumentando las temperaturas en el otoño 1983 (24.62°C), decreciendo luego en el verano 1984 (18.97°C). Igualmente el desarrollo de el fenómeno El Niño puede observarse en las figuras 2 al 16. Las altas temperaturas observadas en la primavera 1982 y otoño 1983 estaban asociadas a salinidades altas, propias de las aguas subtropicales superficiales (Figuras 2b, 2c, 3b y 3c).

La evolución de los nutrientes (nitratos, silicatos y fosfatos) durante El Niño 1982-83 (Figuras 5, 6 y 7) señalan que los nitratos podrían ser el nutriente limitante de la producción primaria. La regeneración de nutrientes y los procesos de nitrificación y desnitrificación son en parte los causantes de la variación de la concentración de los nitratos, fosfatos y silicatos. Así las relaciones P:N:Si de los promedios en la superficie del mar de 1: 2.5:5.9, 1:3.8:7.8 y 1:5.3:8.8 para el invierno y primavera 1982 y otoño 1983, respectivamente, mostraron una diferencia en la relación de nutrientes en comparación al promedio 1:16:16 (P:N:Si) dados por Guillén y Rondán (1973). Dichas relaciones señalan a los nitratos como aparente factor limitante de la productividad, lo que está de acuerdo con lo encontrado por Guillén y Aquino (1978) para la misma área y diferente a lo hallado por Guillén *et al* (1978) que señalan a los silicatos como posible factor limitante.

Los promedios de los fosfatos (Tabla 1) señalan un decrecimiento de 2.54 ug-at/l del invierno 1982 a 1.77 ug-at/l en la primavera 1982, decreciendo a 1.27 ug-at/l en el otoño 1983 como resultado del predominio de las aguas subtropicales superficiales, que se mezclaron con las aguas costeras ricas en nutrientes.

Los promedios de clorófila "a" (Tabla 1) señalan un decrecimiento de 13.18 ug/l en la primavera a 2.39 ug/l en el otoño 1983 y luego finalizado El Niño se duplica en el verano 1984 (4.81 ug/l). Los valores altos de clorófila "a" encontradas en la superficie del mar durante el invierno y primavera 1982 (Figuras 14a y 14b) posiblemente fueron causados por el desarrollo de especies fitoplanctónicas compuestos principalmente por dinoflagelados que consumen más nitratos que silicatos, causando una deplección de los nitratos, decreciendo luego en el otoño 1983 (Figura 14c), debido posiblemente al cambio en la composición del fito-

plancton y en parte a los procesos de mezcla y circulación, aumentando luego en el año 1984 (Figuras 14d y 14e) a los niveles casi normales (Guillén e Izaguirre de Rondán, 1973).

Los vientos no cesaron durante El Niño 1982-83 (Smith, 1983) siendo favorablemente hasta marzo 1983 a lo largo de la costa peruana, pero en mayo 1983 los vientos se debilitaron. Como resultado de ello el afloramiento costero continuó, pero las aguas subsuperficiales que afloraron fueron calientes y pobres en nutrientes, dando como resultado un decrecimiento de la producción fitoplanctónica y un efecto adverso al zooplancton, peces, etc., lo que está de acuerdo a lo hallado por Barber y Chávez, 1983.

El fenómeno El Niño 1982-83 tuvo efectos negativos frente al Puerto Callao causando una pobre productividad en el otoño 1983, debido a que las aguas de la corriente fría que usualmente ocupan el área fueron reemplazadas por las aguas subtropicales superficiales que abarcaron toda la columna de agua, modificando la distribución de los parámetros químicos en los sedimentos y en el agua de mar (Guillén et al 1985 a y b) tal como se puede apreciar las figuras 2 al 15.

La Tabla 2 muestra los promedios de la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, silicatos y clorófila "a" en la superficie del mar para las áreas: Latitudes: 12°00'-12°01', 12°01'-12°02' y 12°02' - 12°03'S.

La distribución de la temperatura superficial del mar (Figura 16) en la Estación de la Punta Callao (12°04'S y 77°10'W) muestra la ocurrencia de los eventos principales de El Niño de: 1957-58, 1965, 1972-73, 1976 y 1982-83, cuya distribución es similar a otras estaciones costeras (Zuta y Farfán 1983). Por consiguiente la distribución de la Temperatura Superficial de la Estación La Punta más monitoreos mensuales de las condiciones oceanográficas en el Puerto del Callao podrían ser usados

como un indicador de los cambios oceanográficos en el Litoral Peruano.

En resumen El Niño 1982-83 tuvo grandes efectos en el ecosistema marino, produciendo cambios en el y en la presque-rra, dando como resultado una baja productividad, inestabilidad de la industria pesquera, impacto negativo socio-económico, etc.

4. REFERENCIAS

- Carpenter, J. H. 1965. The Chesapeake bay Institute Technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnol Oceanogr.* 10 (1): 141-143
- Guillén, O. 1964. Distribución y Variación Anual de Fosfatos y Oxígeno en la región Marítima del Perú (Feb. 1961-Enero 1962). Distribución y Variación Anual de Fosfatos y Oxígeno Disuelto en el área Marítima del Perú durante el año 1962. Instituto Recursos Marinos. In. N°28: 48 p.
- Guillén, O. 1985. Chemical Characteristics and Productivity off Perú during El Niño 1982-83. Presentado al Symposium on Vertical motion in the equatorial upper ocean and its effects upon living resources and the atmosphere, Paris-France: 6-10 Mayo 1985.
- Guillén, O. 1985a. Contaminación Marina en el Perú. Presentado al Seminario: Contaminación del Mar y su Efecto en los Recursos Pesqueros, Lima del 16 al 21 de Enero 1985.
- Guillén, O. 1985b. Contaminación Marina en el Perú. Presentado al Seminario sobre el Medio Ambiente Humano en el Perú Lima del 5 al 7 de Junio 1985.
- Guillén y R. Izaguirre de Rondán 1973. Distribution of Chlorophyll "a" in the coastal corriente. In: *Oceanography of the South Pacific 1972*, editor R. Fraser, New Zealand National Commission for UNESCO Wellington: 387-395.

- Guillén, O. y R. Aquino 1978. Contaminación de los Puertos del Callao y Chimbote y sus Efectos en la Productividad. Inf. Inst. Mar. 61: 17p.
- Guillén, O., T. Aquino, B. Valdivia y R. Calienes 1978. Contaminación en el Puerto del Callao. Inf. Inst. Mar, 62:14 p.
- Guillén, O., N. Lostaunau y M. Jacinto 1983. Características del Fenómeno El Niño 1982-83. Presentado al IX Congreso Latinoamericano de Zoología del 9 al 15 de Octubre 1983, Arequipa-Perú.
- Lorenzen, C.J. 1967. Determination of Chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric Equations. Limnol. Oceanogr. 12 (2): 343-346
- Smith, R. (1983). Perú Coastal Currents During El Niño:1976 and 1982 Science, 221: 1397-1399.
- Strickland, J. D.H. y T.R. Parsons. 1968. A practical handbook of seawater analysis. Bull 167, Fish. Res. Bol.Can. Queen's Printer Ottawa: 311p.
- Zuta, S. y O. Guillén 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol. Inst. Mar. Vol. 2(5):157-324.
- Zuta, S. y O. Guillén 1983. Informe del Avance del Programa Oceanográfico del ERFEN en el Perú en 1981-82. Tercera Reunión del Comité Científico del ERFEN, 16-19 Feb.1983, Cali-Colombia.
- Zuta, S. y M. Farfán 1983. Evolution of sea surface Warming off Perú during the major El Niño Evento of 1982-83. Tropical Ocean Atmosphere Newsletter, N°21: 25-26.
- Zuta, S., M. Farfán y O. Morón 1984. Características principales del mar frente al Perú durante la evolución del evento El Niño 1982-83. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (15):141-178.

Zuta, S., M. Farfán y O. Morón 1985 Fluctuaciones de la TSM, SSH durante el evento El Niño 1982-83. Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental: Fenómeno El Niño. CONCYTEC, Lima, Perú.

TABLA 1: PROMEDIOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, OXIGENO DISUELTO, FOSFATOS, SILICATOS, NITRATOS Y CLOROFILA "a" EN LA SUPERFICIE DEL MAR FRENTE AL PUERTO DEL CALLAO.

CRUCERO	8209		8212		8305		3403		8408	
	Nº	X	Nº	X	Nº	X	Nº	X	Nº	X
TEMPERATURA (°C)	13	16.20	10	22.71	12	24.62	12	18.07	13	15.27
SALINIDAD (‰)	13	34.994	10	35.012	12	35.261	12	34.056	-	-
OXIGENO DISUELTO (ml/l)	13	2.88	10	3.80	12	3.90	12	4.04	13	2.00
FOSFATOS (ug-at/l)	13	2.54	10	1.77	12	1.27	-	-	-	-
SILICATOS (ug-at/l)	13	14.87	10	13.71	12	11.15	-	-	-	-
NITRATOS (ug-at/l)	13	6.25	10	6.71	12	6.77	-	-	-	-
CLOROFILA "a" (ug/l)	13	10.72	10	13.18	12	2.30	13	4.81	13	4.35

TABLA : 2 PROMEDIOS DE TEMPERATURA, SALINIDAD, OXIGENO
DISUELTO, FOSFATOS, SILICATOS, NITRATOS Y
CLOROFILA "a" EN LA SUPERFICIE DEL MAR FRENTE
AL PUERTO DEL CALLAO

	CRUCERO	N°	$\bar{X}$	N°	$\bar{X}$	N°	$\bar{X}$
TEMPERATURA (°C)	8209	5	16.22	4	16.23	4	16.15
	8212	4	22.66	3	22.80	3	22.70
	8305	5	24.56	4	24.63	3	24.70
	8403	5	20.04	4	17.83	4	18.73
	8408	4	15.18	5	15.40	4	15.20
SALINIDAD (°/oo)	8209	5	34.892	4	35.051	4	35.066
	8212	4	35.297	3	35.330	3	35.662
	8305	5	35.126	4	35.339	3	35.380
	8403	4	33.780	4	33.969	4	34.419
OXIGENO DISUELTO (ml/l)	8209	5	2.80	4	3.48	4	2.39
	8212	4	2.61	3	4.24	3	5.24
	8305	5	4.15	4	3.56	3	3.95
	8403	5	4.91	4	3.96	4	3.02
	8408	4	2.13	5	2.08	4	1.78
FOSFATOS (ug-at/l)	8209	5	2.54	4	2.32	4	2.77
	8212	4	2.04	3	1.79	4	1.38
	8305	5	1.26	4	1.06	3	1.55
SILICATOS (ug-at/l)	8209	5	12.38	4	12.44	4	20.42
	8212	4	17.21	3	11.37	3	11.39
	8305	5	10.83	4	12.03	3	10.52
NITRATOS (ug-at/l)	8209	5	5.55	4	3.92	4	9.45
	8212	4	9.30	3	4.85	3	5.12
	8305	5	6.29	4	7.23	3	6.97
CLOROFILA "a" (ug/l)	8209	5	8.22	4	10.10	4	14.48
	8212	4	10.25	3	13.67	3	16.60
	8305	5	2.95	4	1.72	3	2.35
	8403	5	2.12	4	10.67	4	2.32
	8408	4	5.22	5	3.76	4	4.21

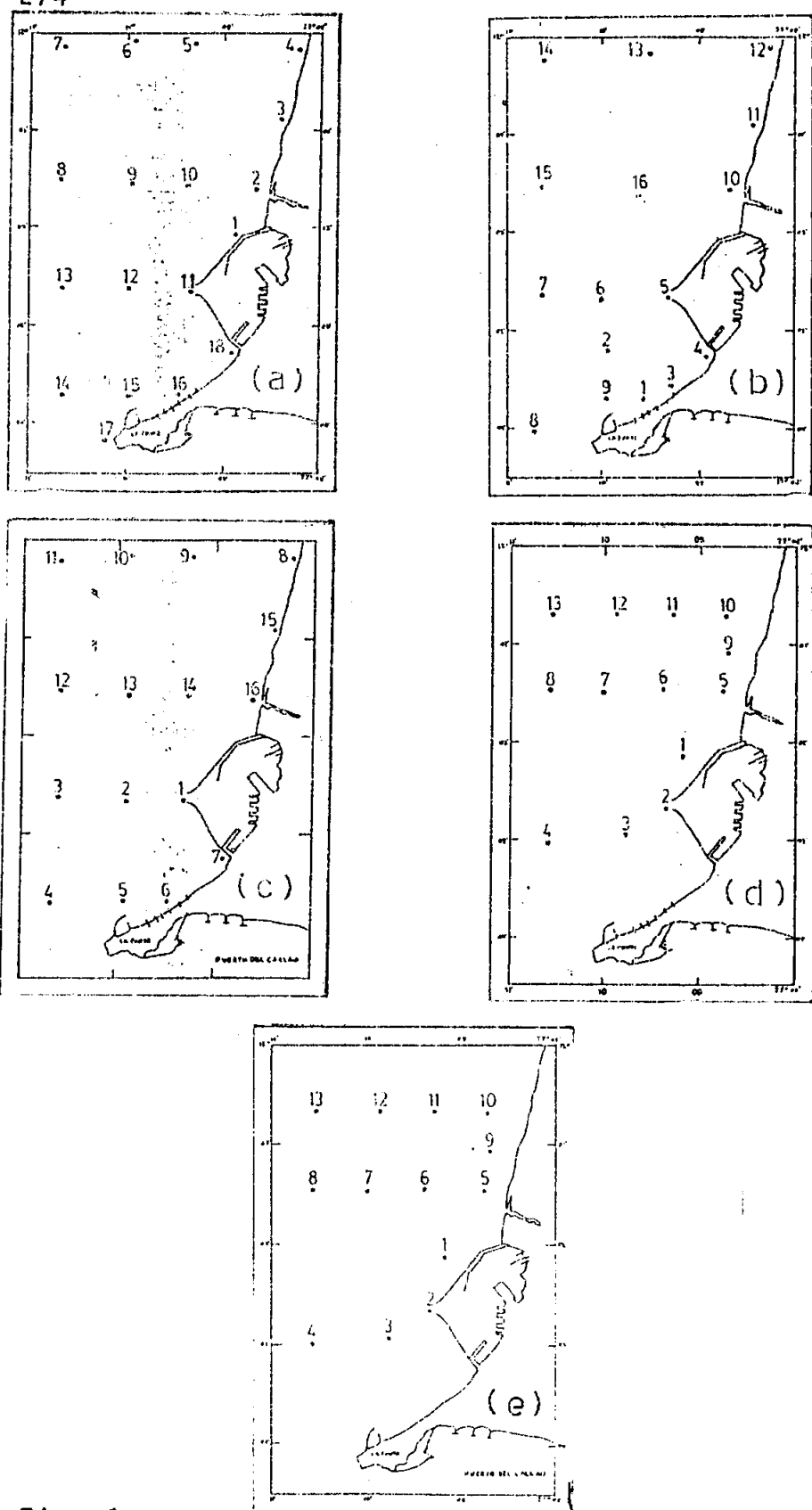


Fig. 1.-
 Carta de posiciones; 29-30 Set. 1982(a), 15-16
 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c), 23-26 Mar. 1984
 (d) y 29-31 Ago. 1984(e); en el área del mar
 frente al Puerto del Callao.

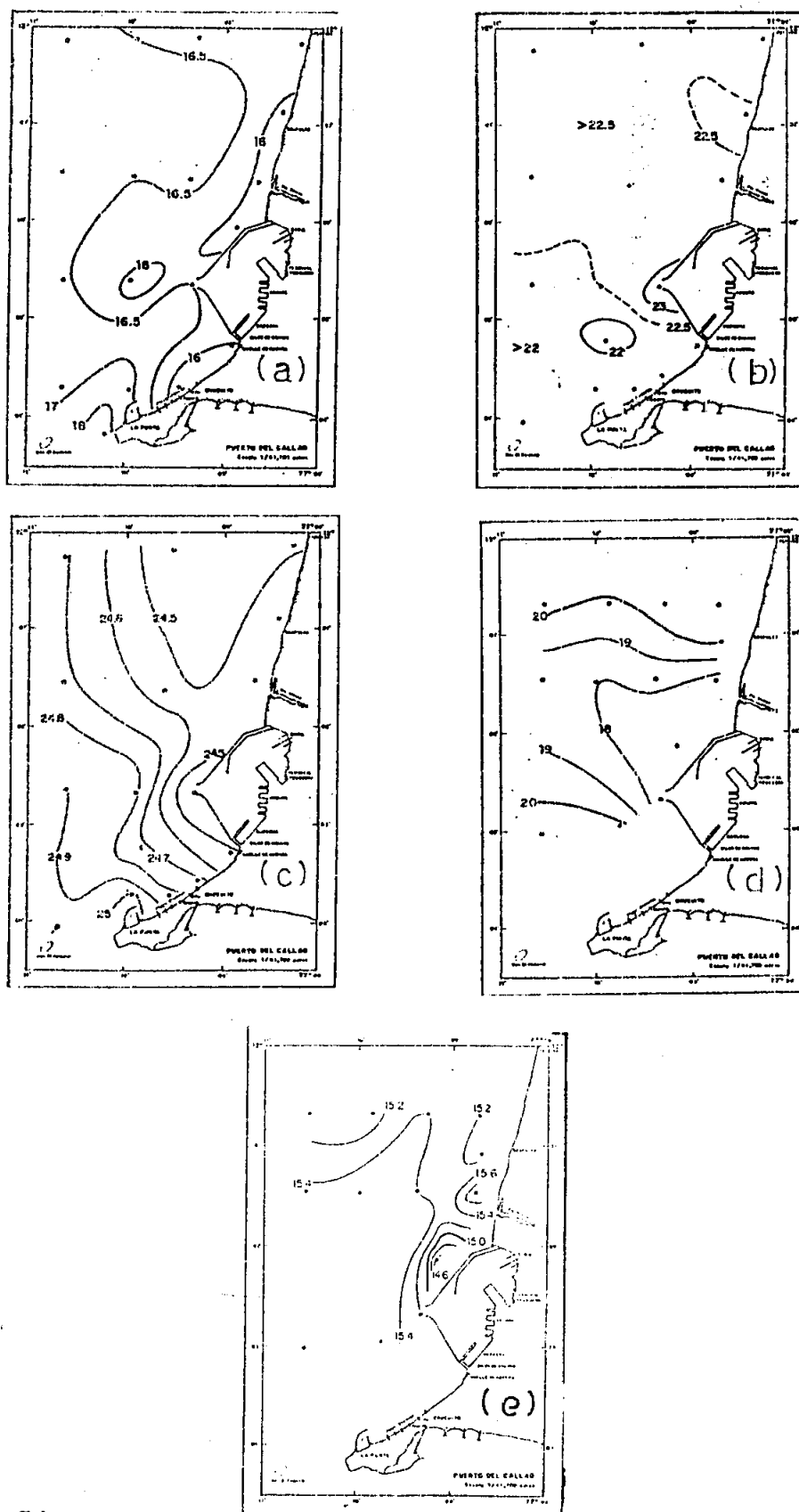


Fig. 2.-
Distribución de temperatura (°C) en la superficie del mar; 29-30 Set. 1982 (a), 15-16 Dic. 1982 (b), 23-24 May. 1983 (c), 23-26 Mar. 1984 (a) y 29-31 Ago. 1984 (e); frente al Callao.

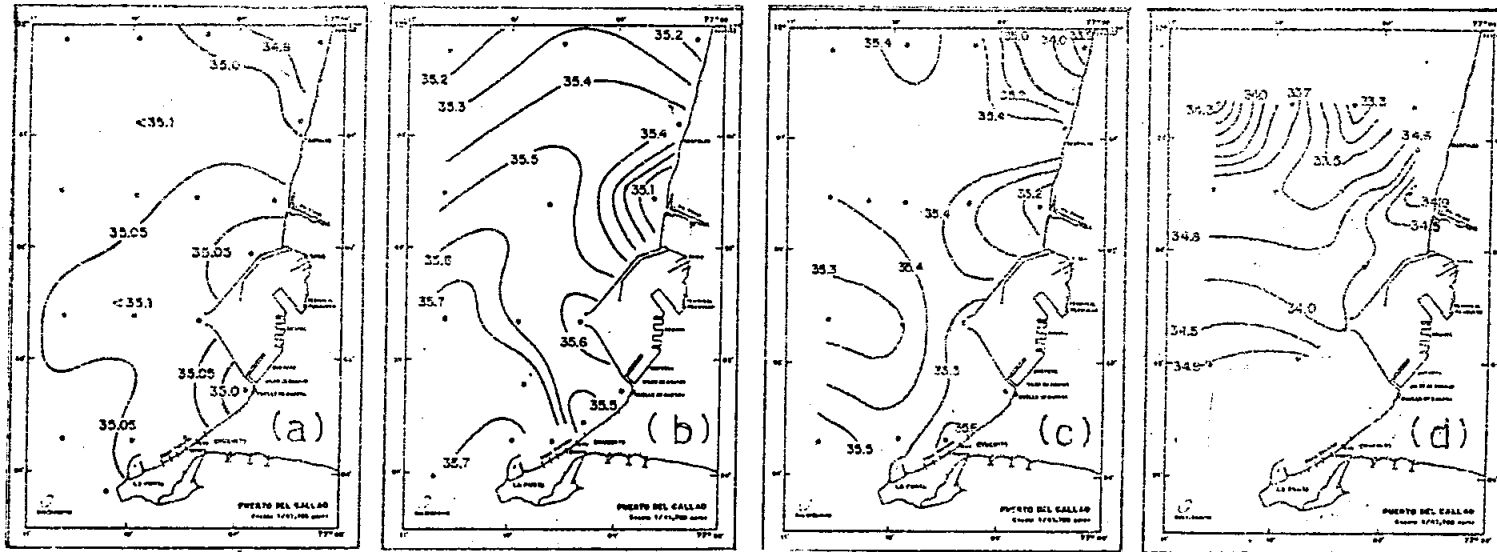


Fig. 3.- Distribución de Salinidad (‰) en la superficie del Mar; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c) y 23-26 Marz. 1984(d); frente al Callao.

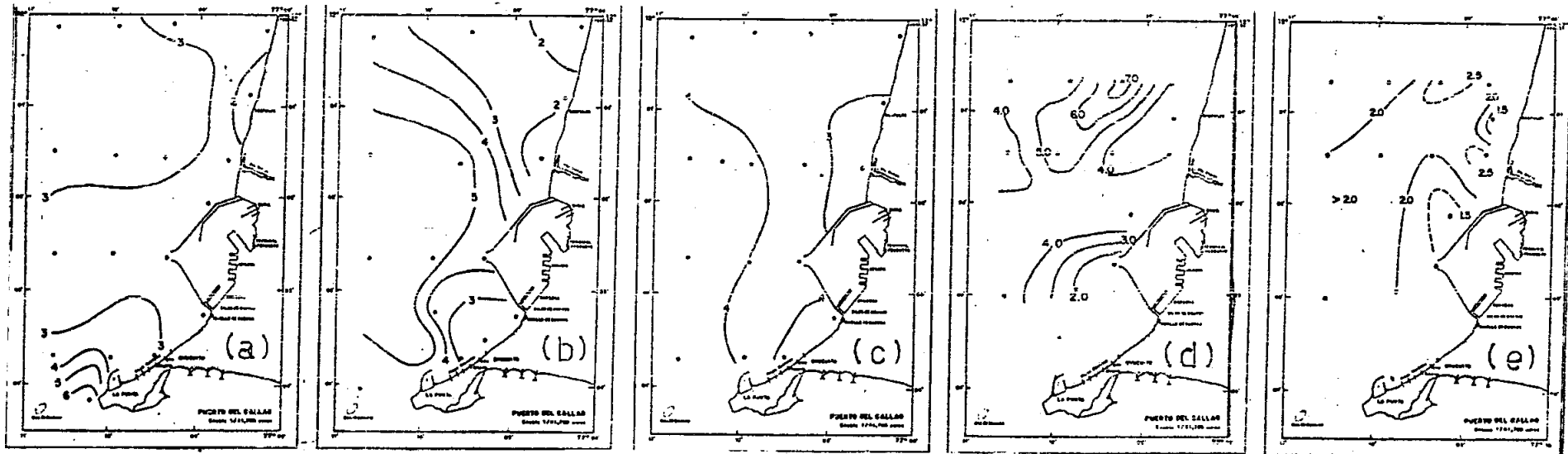


Fig. 4.- Distribución de oxígeno disuelto (ml/l) en la superficie del mar; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983 (c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984 (e); frente al Callao.

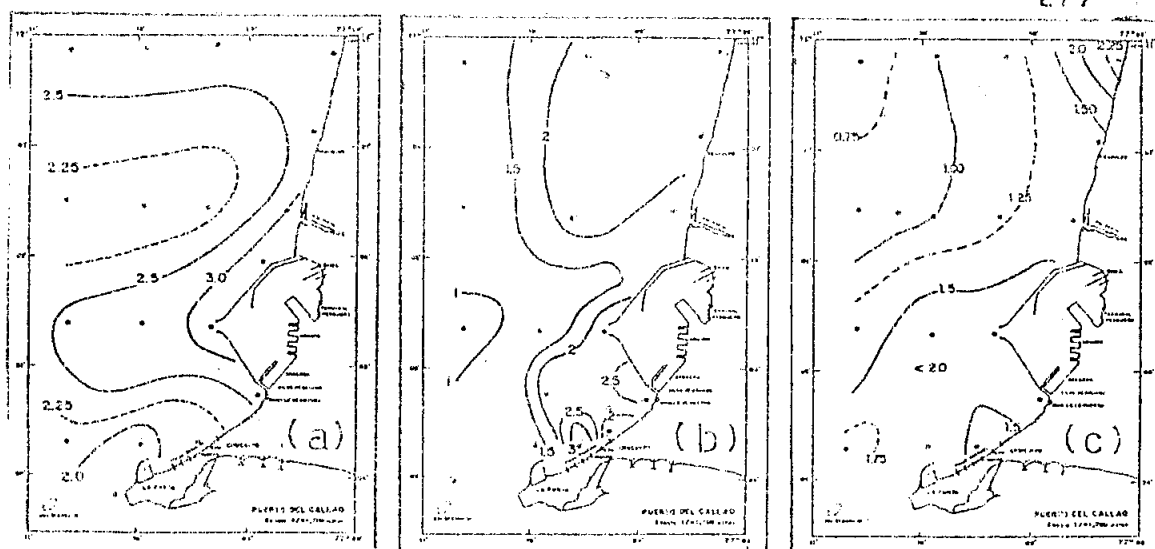


Fig. 5.-Distribución de fosfatos ($\mu\text{g-at/l}$) en la superficie del mar; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982 (b) y 23-24 May. 1983(c); frente al Callao.

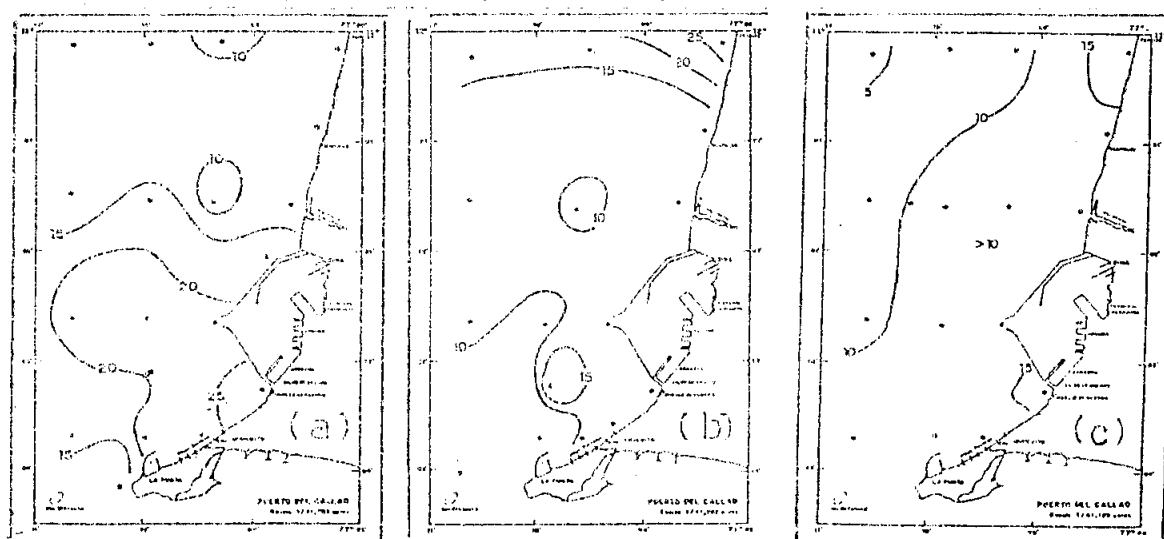


Fig. 6.-Distribución de Silicatos ($\mu\text{g-at/l}$) en la superficie del mar; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982 (b) y 23-24 May. 1983 (c); frente al Callao.

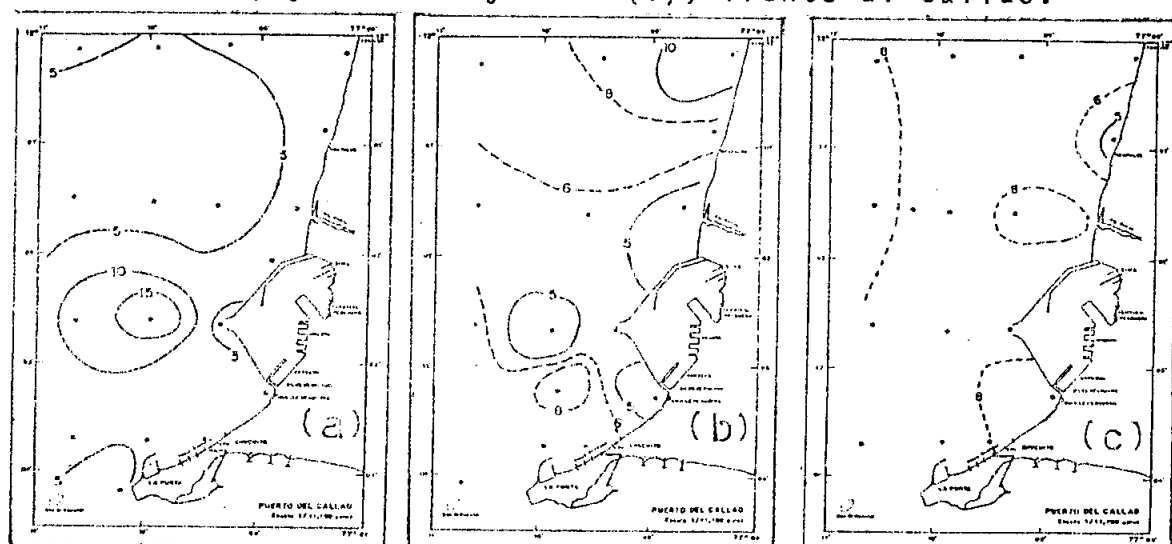


Fig. 7.- Distribución de Nitratos ($\mu\text{g-at/l}$) en la superficie del mar; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982 (b) y 23-24 May. 1983(c); frente al Callao

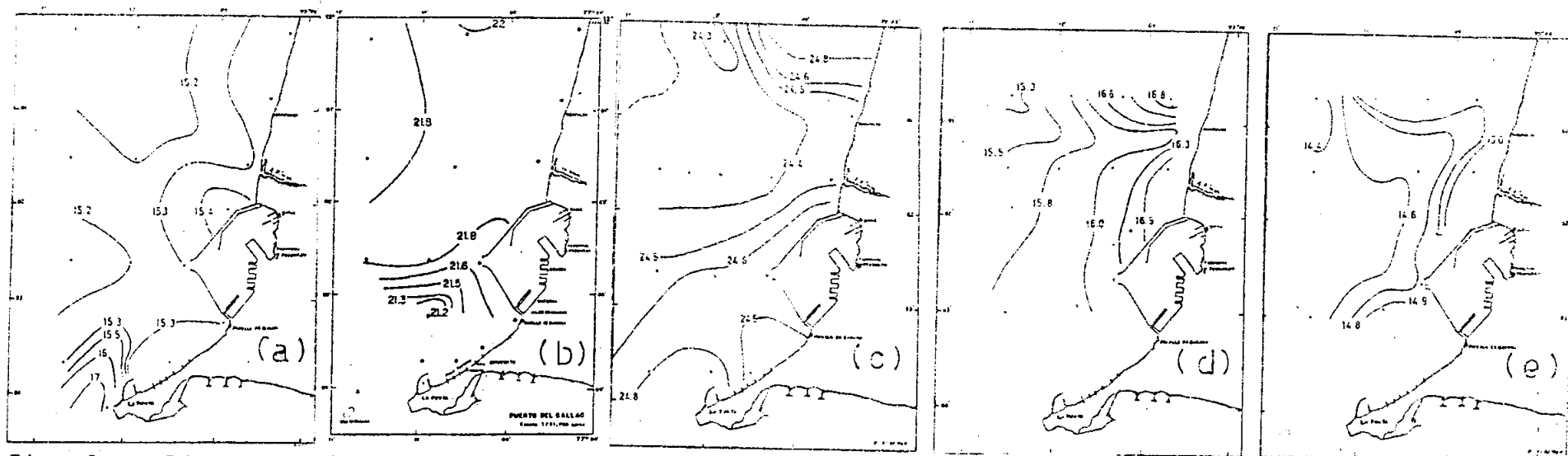


Fig. 8 .- Distribución de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), a un metro del fondo; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983 (c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984(e); frente al Callao.

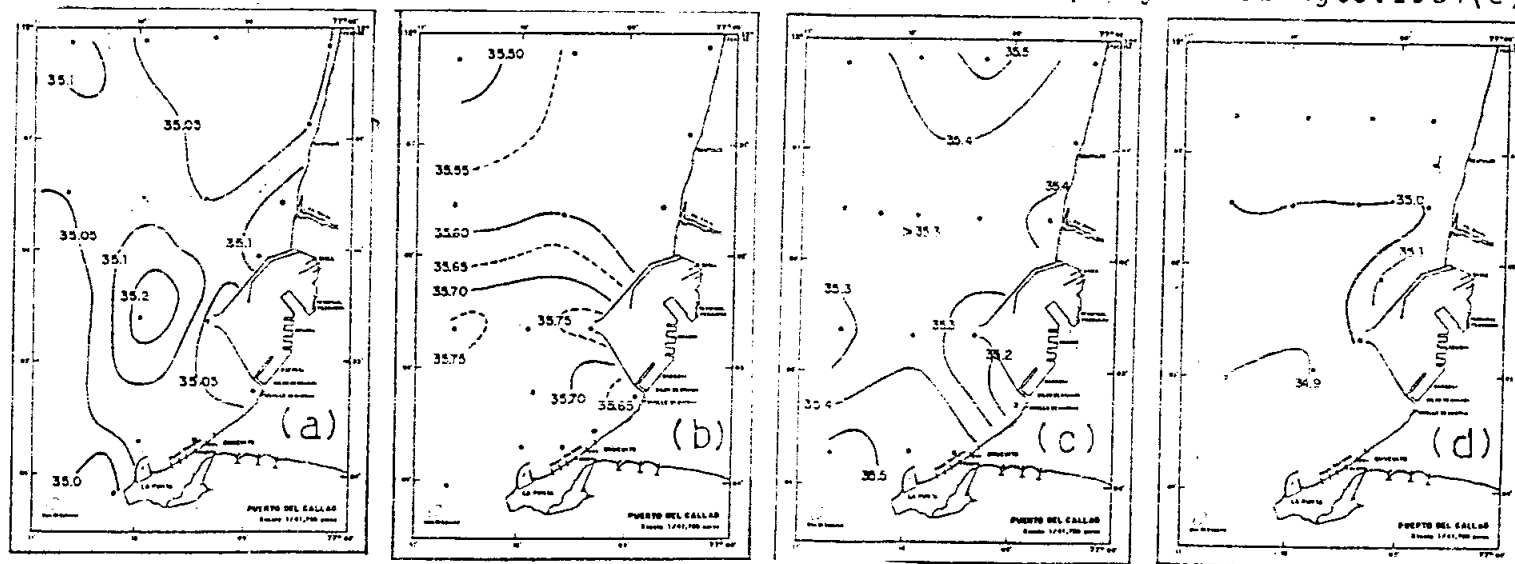


Fig. 9.- Distribución de Salinidad (‰); a un metro del fondo; 29-30 Set. 1982 (a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984; frente al Callao.

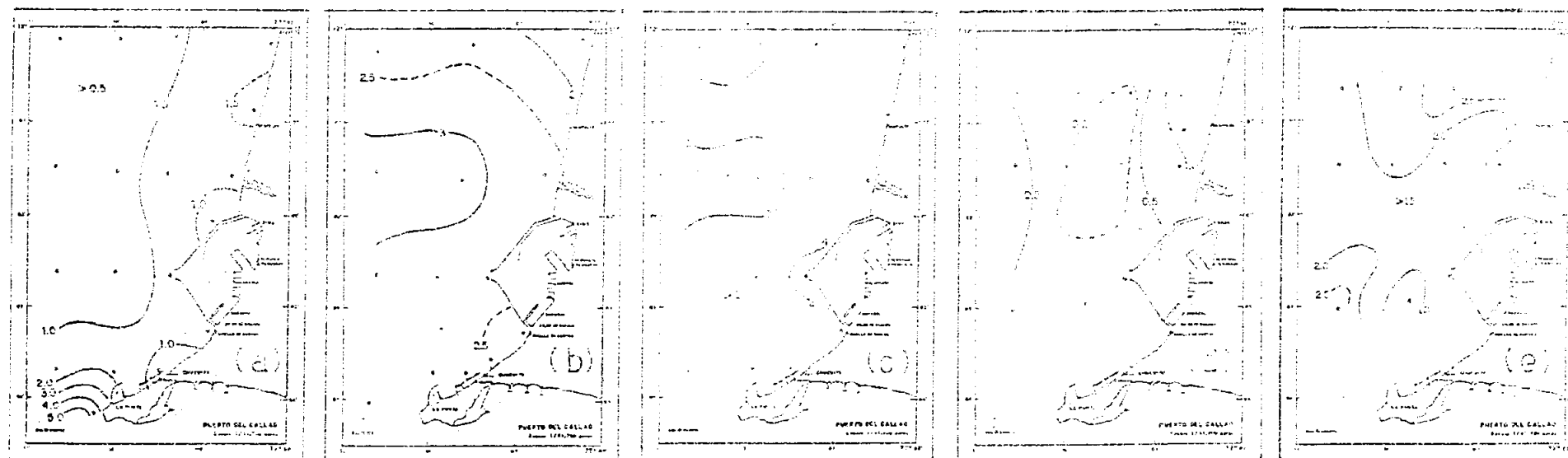


Fig. 10.- Distribución de oxígeno disuelto (mg/l), a un metro del fondo; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984(e); frente al Callao.

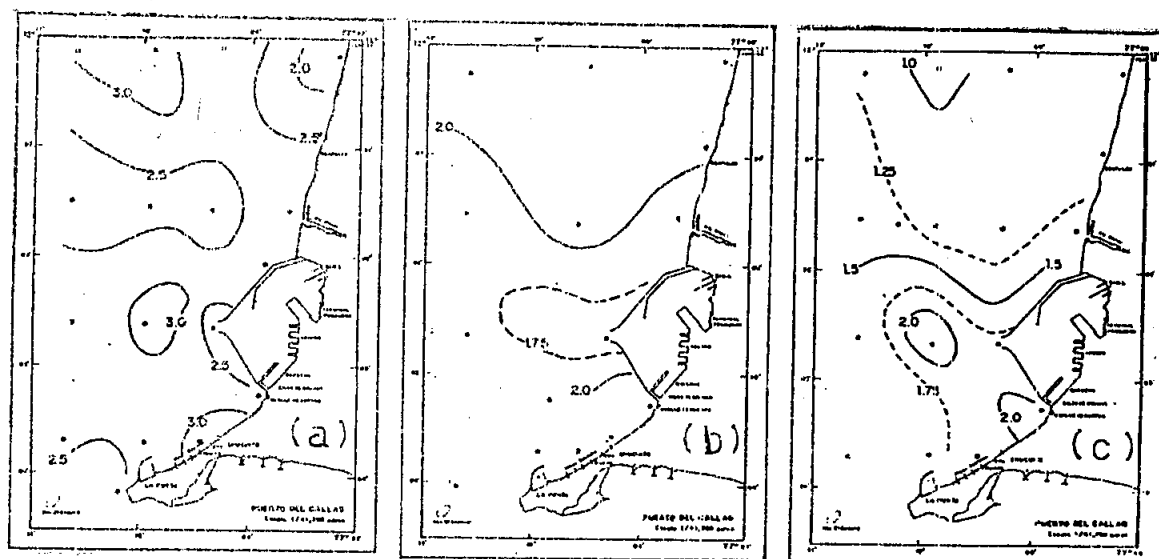


Fig. 11.- Distribución de fosfatos ($\mu\text{g-at/l}$); a un metro del fondo; 29-30 Set.1982(a), 15-16 Dic. 1982(b) y 23-24 May.1983(c); frente al Callao.

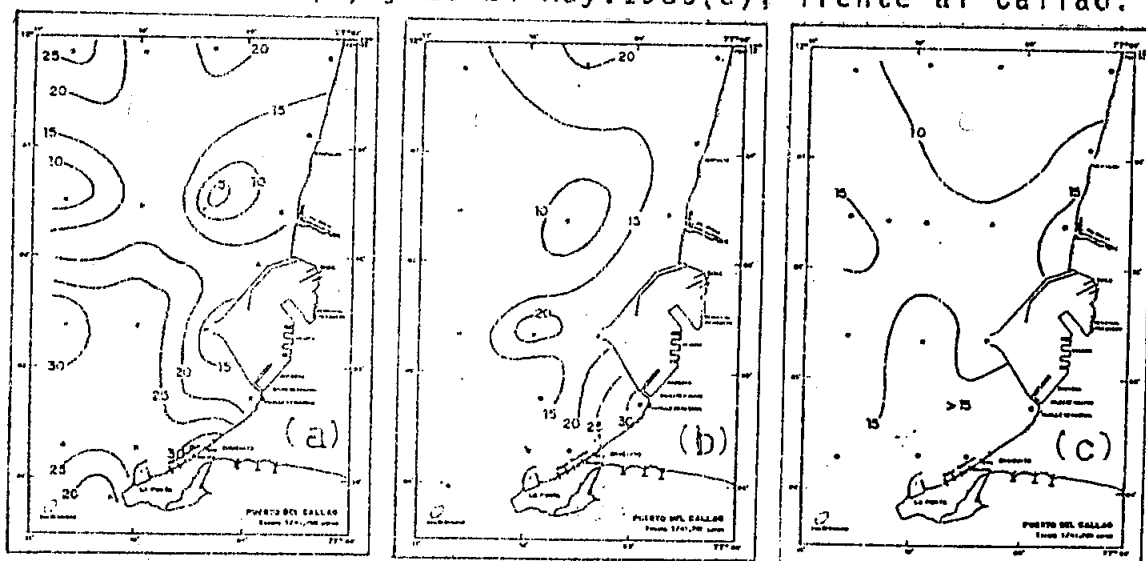
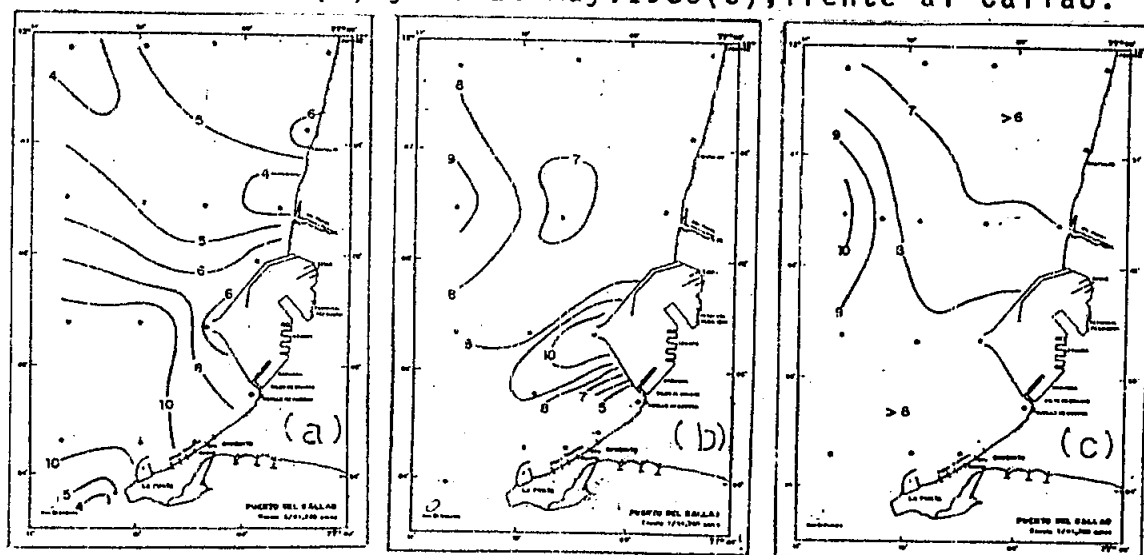


Fig. 12.- Distribución de Silicatos ($\mu\text{g-at/l}$); a un metro del fondo; 29-30 Set.1982(a), 15-16 Dic. 1982(b) y 23-24 May.1983(c); frente al Callao.



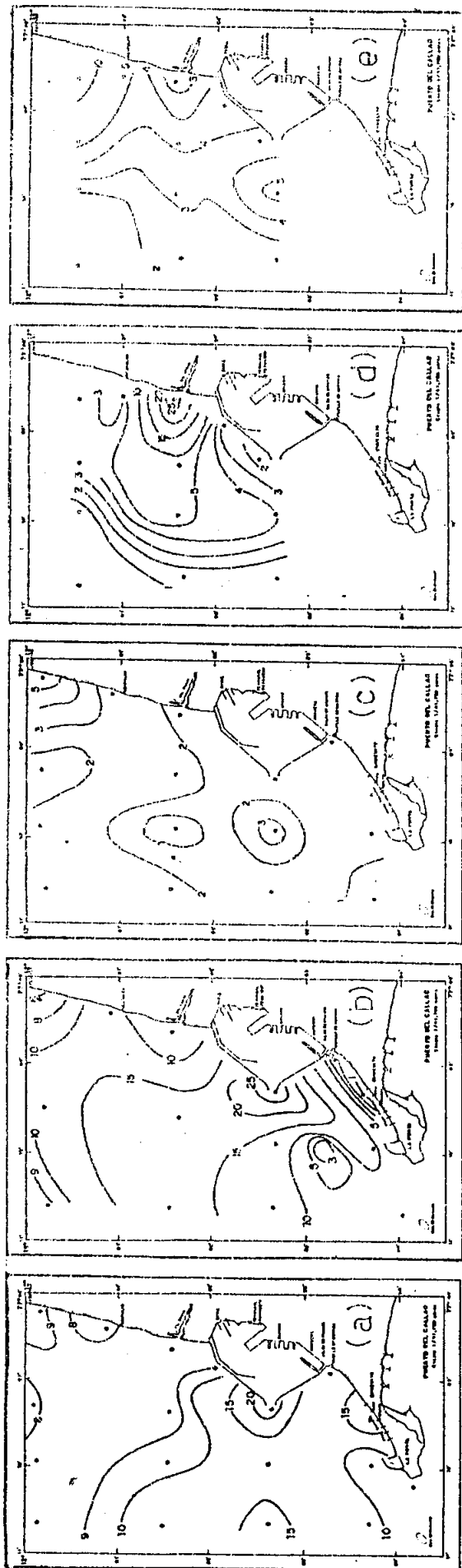


Fig. 14 -- Distribución de clorófila "a" (mg/m^3); en la superficie del mar, 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984(e); frente al Callao.

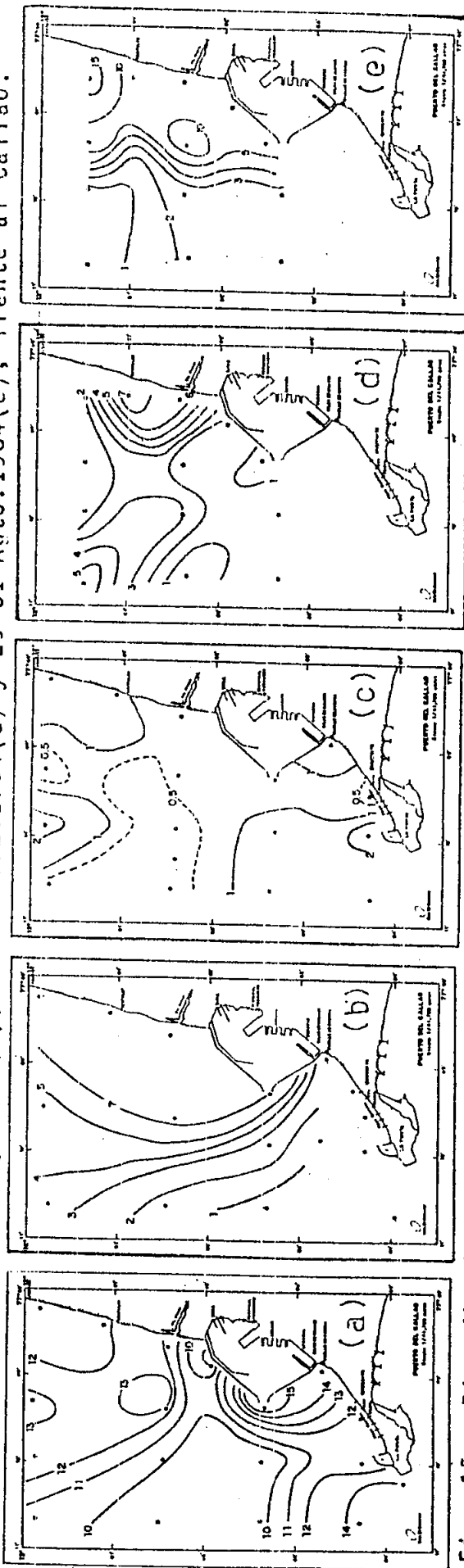


Fig. 15.- Distribución de clorófila "a", a un metro del fondo; 29-30 Set. 1982(a), 15-16 Dic. 1982(b), 23-24 May. 1983(c), 23-26 Marz. 1984(d) y 29-31 Ago. 1984(e); frente al Callao.

VARIACION DE LAS ANOMALIAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LA PUNTA
(12°04'S, 77°12'W) de 1958 a 1985

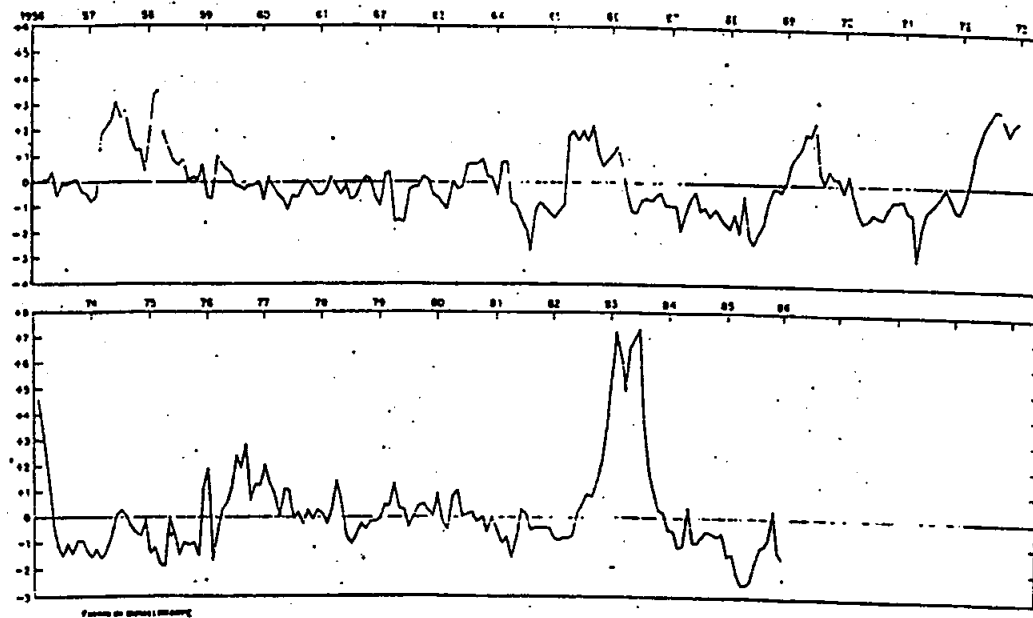


Fig. 16