

ISSN 0378 - 7702



INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME

NUMERO 116, FEBRERO 1996

**Resultados del Crucero de Evaluación
de Recursos Pelágicos**

BIC / SNP-1 9502-04

13 febrero - 05 abril, 1995



*Con apoyo del Programa de
Cooperación Técnica para la Pesca
CEE-VECEP ALA 92/43*

CALLAO - PERU

CONDICIONES OCEANOGRAFICAS DEL MAR PERUANO DURANTE
EL CRUCERO DE EVALUACIÓN DE RECURSOS PELAGICOS 9502-04
BIC/SNP - 1
(13 Febrero - 05 Abril, 1995)

Luis Vásquez y Carmen Grados

Contenido

	Pág.
RESUMEN	34
INTRODUCCION	34
MARCO REFERENCIAL	34
MATERIAL Y METODOS	35
CONDICIONES OCEANOGRAFICAS EN LA SUPERFICIE DEL MAR	35
Temperatura y Salinidad Superficial	35
Masas de agua	36
Frente Ecuatorial	36
Afloramiento Costero y Clorofila "a"	37
Distribución del contenido de oxígeno disuelto	37
CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS SUBSUPERFICIALES	37
Estructura Térmica y Halina	37
Extensión Sur de la Corriente de Cromwell	38
Topografía de la Isoterma de 15°C y distribución del tope superior de la Capa de mínima de oxígeno	38
DISCUSION	38
CONCLUSIONES	39
PERSPECTIVAS	39
REFERENCIAS	40
FIGURAS	41

RESUMEN

Se presentan los resultados de las condiciones físicas y químicas (contenido de oxígeno disuelto y clorofila "a") observadas en superficie y capas subsuperficiales del mar y se dan perspectivas del comportamiento de ambiente para los próximos meses.

Las características del ambiente indicaron un calentamiento de magnitud moderada al sur del Callao y condiciones cuasi-normales al norte del Callao que confirmaron la continuación del proceso de normalización del mar peruano iniciado en febrero de 1995.

INTRODUCCION

El crucero "Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04" a bordo del buque de investigación científica BIC/SNP-1 se ejecutó con el fin de determinar los niveles de abundancia, distribución, concentración y estructura de las poblaciones de los recursos anchoveta y sardina, y conocer las características del ambiente marino en el que se desenvuelven estos recursos en la época de la referencia.

MARCO REFERENCIAL

En los últimos meses de 1994, los índices oceánicos y atmosféricos en el Océano Pacífico Tropical y Ecuatorial, indicaron características climáticas típicas del desarrollo de un período cálido. Las predicciones de los modelos numéricos que anticiparon anomalías térmicas de hasta $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para el verano de 1995 (CDB No. 94/11) fueron parcialmente válidas, en vista que, las anomalías térmicas (ATSM) positivas mayores a 1°C observadas en amplias áreas al este de la línea de cambio de fecha en diciembre de 1994, prevalecieron hasta enero de 1995 (Fig. 1a), siendo reemplazadas a fines de febrero de 1995 (Fig. 1b) por temperaturas próximas a lo normal e incluso debajo de lo normal en el Pacífico Oriental al este de los 110°W (CDB, No. 95/02; BAC, No. 53). En marzo, la temperatura continuó disminuyendo, la termoclina oceánica fue más superficial que lo normal en todo el Pacífico Ecuatorial, la actividad convectiva fue próxima a lo normal en el Pacífico Ecuatorial Central, los alisios ecuatoriales fueron próximos a lo normal en el Pacífico Oriental y Central y más fuertes que lo normal al oeste de la línea de cambio de fecha. A su vez, el Índice de Oscilación del Sur (IOS) durante marzo fue positivo ($\approx 0,2$), por primera vez desde enero de 1991 (CDB, No. 95/03; BAC, No. 53).

Localmente, a fines del invierno "frío" e inicios de la primavera de 1994, la temperatura superficial del mar (TSM, $^{\circ}\text{C}$) en Paita, Chimbote y Chicama empezó a incrementarse paulatinamente (Fig. 2a, c, d) debido a la advección de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y aguas oceánicas del oeste, respectivamente. Esta situación continuó hasta enero de 1995 cuando se presentaron anomalías térmicas positivas de $\pm 1^{\circ}$ a $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3b) para una banda costera de 60 mn al norte de Huarmey por el desplazamiento de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en toda la costa con valores de salinidad de 35,1 y 35,2 ‰ (Fig. 3c). Sin embargo, en febrero y marzo, la información de la Red de Laboratorios Costeros del IMARPE (GRADOS Y HURTADO, 1995a, b)¹, los resultados de la operación MOPFEN III (GRADOS et al., 1995)² y diversas prospecciones llevadas a cabo por la institución, indicaron el inicio de un proceso de normalización de las condiciones oceanográficas del mar peruano. En efecto, la carta de ATSM de marzo de 1995 presentó, en general, valores próximos a lo normal (entre -1° y $+1^{\circ}\text{C}$), relacionados con un repliegue de las ASS y la aparición de una banda de aproximadamente 30 mn, en promedio, de aguas costeras con salinidades menores de 35,1 ‰ (GRADOS, TELLO y HURTADO, 1995)³

¹ GRADOS, C. y J. HURTADO; 1995a. Boletín Semanal de Temperatura Superficial del Mar. Dirección General de Investigaciones Oceanográficas/IMARPE, Nos. 04, 05, 11, 12.

² GRADOS, C., S. SANCHEZ, P. AYON, E. TELLO, y J. SOLIS. 1995. Informe Operación Monitoreo Oceanográfico para la Predicción del Fenómeno El Niño/MOPFEN 9502, BIC Humboldt (Informe Interno).

³ GRADOS, C., S. TELLO y J. HURTADO, 1995. Cartas Mensuales de Temperatura y Salinidad Superficial del Mar frente a la costa peruana. Dirección General de Investigaciones Oceanográficas (Informe Interno)

MATERIAL Y METODOS

El crucero se efectuó a bordo del BIC/SNP-1, del 13 de febrero al 05 de abril de 1995, con una duración de 52 días, cuya finalidad principal fue la evaluación de los recursos pelágicos (SEGURA, et al., este Informe), explorándose el mar peruano desde Tacna hasta Tumbes con una distancia variable de la costa, hasta 60 mn en el caso del rastreo acústico y 100 mn en las secciones hidrográficas (Fig. 6).

Los trabajos oceanográficos comprendieron la realización de 35 estaciones hidrográficas correspondientes a secciones perpendiculares a la costa frente a Paita, Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Callao, San Juan y Matarani.

En las secciones hidrográficas se realizaron lanzamientos con el sistema CTD y botellas Niskin hasta 300 y 200 m de profundidad, respectivamente. Se colectaron muestras de agua para análisis de salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, clorofila "a" y fitoplancton a las profundidades de 10, 25, 50, 75, 100 y 200 m. Asimismo, se efectuaron lanzamientos de red Estandar (de 75 μ de abertura de malla) para fitoplancton y redes Hensen (300 μ de abertura de malla) y Bongo para zooplancton.

Las observaciones durante los lances de comprobación incluyeron 39 lanzamientos de batitermógrafo en la etapa sur (febrero) y 37 del sistema CTD en la etapa norte (marzo), así como lanzamientos de redes Estándar y Hensen; obteniéndose 622 datos superficiales de temperatura, 398 de salinidad, 206 para oxígeno disuelto, 206 para clorofila "a" y 206 para nutrientes.

Las muestras de salinidad se analizaron con un salinómetro Kahlsico modelo RS-10. El oxígeno disuelto se determinó por el método de Winkler modificado por CARRIT y CARPENTIER (1996). La determinación de la clorofila "a" se realizó a bordo por el método fluorométrico de HOLM-HANSEN et al. (1965) con un fluorómetro Turner Design modelo 10-005. Las muestras de nutrientes se colectaron en botellas de polietileno de 250 ml de capacidad y se preservaron por congelamiento para su análisis en la Sede Central.

CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA SUPERFICIE DEL MAR

Este informe se basa en los datos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila "a" obtenidos y procesados a bordo del BIC/SNP-1.

Temperatura y Salinidad Superficial

La TSM ($^{\circ}$ C) fluctuó de 16,4 $^{\circ}$ C al sur de San Juan a 27,2 $^{\circ}$ C a 20 mn de Puerto Pizarro. La distribución de la temperatura se caracterizó por las zonas de gran gradiente térmico al sur de Pisco, mientras que en la zona norte la distribución fue más homogénea. (Fig. 7)

Las ATSM (Fig. 8) fluctuaron entre -3,2 $^{\circ}$ C a 60 mn frente a Talara y =2,2 $^{\circ}$ C frente a Mollendo. Estos valores mínimos y máximos estuvieron asociados al afloramiento costero frente a Paita-Talara y al desplazamiento de ASS en el sur.

La salinidad superficial del mar (SSM, ‰) osciló entre 33,264‰ a 20 mn de Puerto Pizarro y 35,640‰ a 70 mn de Mollendo. Zonas de mezcla con salinidades de 35,0 y 35,1‰ se ubicaron entre Chicama y Cabo Blanco (Fig. 9).

Estas observaciones y las cartas mensuales de estos parámetros para el verano (Fig. 3c-5c) indicaron que el verano de 1995 se caracterizó por la presencia de ASS en la costa central del Perú que incidieron al sur de los 10 $^{\circ}$ S. Las ASS fueron más intensas en enero, en tanto que, las ACF, muy limitadas en enero, alcanzaron su máximo desarrollo en febrero y marzo. En la Tabla 1 se muestra que el mes más cálido fue enero, con ATSM que alcanzaron hasta +1,9 y +2,3 $^{\circ}$ C de Paita al Callao y que alcanzaron su máxima expresión en Chimbote. En febrero, el enfriamiento general de la TSM fue concordante con los aspectos ambientales de meso y macroescala señalados (GRADOS y HURTADO, 1995b)⁴. Un aspecto importante de microescala, es la alteración brusca (hasta =3,9 $^{\circ}$ C) de la TSM ($^{\circ}$ C) en Paita que ocurrió entre el 12 y el 19 de marzo por la llegada de la onda Kelvin (GRADOS y HURTADO, 1995a).

⁴ GRADOS, C. y J. HURTADO, 1995b. Series de Tiempo de la TSM ($^{\circ}$ C) en las Estaciones Costeras Fijas del IMARPE. Dirección General de Investigaciones Oceanográficas (Informe Interno).

Masas de agua

En el área evaluada se presentaron masas de Aguas Tropicales Superficiales (ATS), AES, ASS y Aguas Costeras Frías (ACF). Las ATS ocurrieron en el rango entre 33,2 y 33,7‰. Las AES ocurrieron sólo en el extremo norte de Cabo Blanco a Puerto Pizarro y hasta 40 mn de la costa (Fig. 9).

Las ASS se proyectaron con mayor intensidad entre San Juan e Ilo ocupando en febrero, zonas próximas a las costas de Matarani, con salinidades desde 35,2‰ hasta 35,5‰ a 100 mn de la costa, destacando fuera de las 80 mn de Pimentel y en toda la banda costera al sur de Chicama. Las observaciones en el área norte, en marzo, mostraron el repliegue de esta masa de agua respecto a los meses precedentes (Fig. 7, 8) con "bolsones" originados por procesos de mezcla con ACF, propios del cambio estacional del verano al otoño. No obstante la carencia de información termo-halina de superficie para la zona al sur de San Juan en marzo, el gradiente halino frente a los 15°S (Fig. 9), permite

suponer que en dicho mes, en la zona sur continuó el proceso de enfriamiento señalado anteriormente, lo que se corrobora con la serie de tiempo de Ilo (Fig. 2g, Tabla 1).

Las aguas netamente costeras ocurrieron en pequeños núcleos de Huarmey a Huacho, de Pisco a Punta Caballas y entre Atico y Mollendo. En las demás zonas costeras predominaron áreas de mezcla.

Frente Ecuatorial

El frente ecuatorial separa las masas de aguas cálidas y poco halinas de la región ecuatorial y tropical de las masas de ACF con relativo alto valor de salinidad. En abril de 1995, el frente se presentó costero, al norte de Cabo Blanco (Fig. 7, 9), con una ubicación muy similar a la carta estacional de otoño (ZUTA y GUILLEN, 1970), a diferencia del verano, cuando usualmente se proyecta hasta los 06°S. El gradiente térmico fue de 21,5° a 27,2°C con salinidades menores de 34,7‰ a 33,0‰.

TABLA 1

SERIE DE TIEMPO DE LA TSM (°C) EN LA RED DE LABORATORIOS COSTEROS DEL IMARPE EN EL VERANO DE 1995.

MES		ENERO		FEBRERO		MARZO	
Laboratorio Costero		TSM	ATSM	TSM	ATSM	TSM	ATSM
Tumbes	(03°28'S)	27,3	+0,1	27,7	-0,5	27,6	-0,4
Paíta	(05°07'S)	21,2	+1,3	21,9	+0,2	21,1	-0,6
Chicama	(07°43'S)*	18,1	+1,4	19,2	+0,1	18,2	-0,6
Chimbote	(09°04'S)	23,2	+2,3	22,8	+0,8	21,8	-0,3
Huacho	(11°07'S)	18,9	+1,9	19,1	+0,3	18,2	-0,8
Callao	(12°03'S)	18,0	+1,4	18,3	+0,8	17,5	-0,6
Pisco	(13°40'S)	22,9	+0,1	22,2	-0,8	22,7	-0,5
Ilo	(17°39'S)	17,9	+0,4	17,8	0,0	17,1	-0,3

Fuente: Área de Hidrofísica Marina / DGIO /IMARPE

* Departamento de Medioambiente/DHN

Autor: J. Hurtado

Afloramiento Costero (y Clorofila "a")

La TSM ($^{\circ}\text{C}$) en el área de estudio mostró el desarrollo de afloramiento costero que se extendió a distancias variables de la costa, desde 10 mn frente a Chimbote-Supe, hasta aproximadamente 40 mn frente a Punta Doña María y 50 mn de Talara-Paita con temperaturas y salinidades menores de 20°C y 35,1‰. En general, las áreas de afloramiento y se asociaron a anomalías térmicas próximas al promedio multianual (Fig. 8).

El proceso de afloramiento se desarrolló con mayor intensidad frente a Chicama-Salaverry y Punta Doña María, mientras que en Punta Falsa ocurrió sobre los 30 m dentro de las 40 mn y en Callao fue débil y costero. Los centros de afloramiento se caracterizaron por las mínimas temperaturas de 17°C .

La distribución de la clorofila "a" (Fig. 10) fue consistente con las variables físicas observadas. Así, el límite exterior de las aguas netamente costeras definida por la isolínea de $1\mu\text{g-l}$ se asoció a aguas de mezcla de las ASS y ACF dentro de los 80 mn (al norte del Callao) y 30 mn (de Mollendo a San Juan) con temperaturas y salinidades menores de 22°C y 35,2‰, respectivamente. Mar afuera, valores menores a $1\mu\text{g-l}$ indicaron a las ASS.

Por otro lado, la distribución de la clorofila "a" en la superficie del mar fue muy irregular, especialmente en las áreas con concentraciones mayores a $2,0\mu\text{-l}$ (entre las 60 y 10 mn a lo largo de la costa) que estuvieron influenciadas primordialmente por los procesos locales de circulación. El Frente Ecuatorial se caracterizó por valores de 2 y $1\mu\text{g/l}$, propios de las AES.

Distribución del contenido de oxígeno disuelto

El contenido de oxígeno disuelto en la superficie del mar varió entre 2,4 ml/l al sur de Pimentel y 7,8 ml/l a 30 mn del Callao y 10 mn de San Juan (Fig. 12).

En las áreas costeras de Ilo a San Juan y de Supe al norte predominaron valores de 5 a 6 ml/l y de 3 a 4 ml/l, respectivamente. En la zona sur, los altos valores de oxígeno tuvieron relación con procesos de afloramiento de fase intermedia, mientras

que, en el norte, los bajos valores indicaron procesos de surgencia incipientes.

CARACTERISTICAS OCEANOGRAFICAS SUBSUPERFICIALES

Estructura Térmica y Halina

En la zona norte, la termoclina se caracterizó por presentar en Paita, siete isotermas ($16\text{-}22^{\circ}\text{C}$) entre los 70 y 20 m de profundidad, siendo más superficial (50 m) a 60 mn de la costa (Fig. 14a), en tanto que frente a Punta Falsa (Fig. 15a), la termoclina tuvo de 6 a 8 isotermas sobre los 60 m de profundidad con un gradiente térmico de hasta $1^{\circ}/2,5\text{ m}$ a 75 mn. En Paita y Punta Falsa, la isoterma de 15 y 16°C , base de la termoclina en ambas zonas, se localizó 15 y 40 m debajo de lo normal respecto a los promedios históricos (ZUTA, 1988).

Chimbote (Fig. 16a) presentó una termoclina con 7 isotermas ($17\text{-}24^{\circ}\text{C}$) sobre los 62 m de profundidad, mientras que la sección Callao (Fig. 16a) se caracterizó por la estratificación de las isolíneas de temperatura con una termoclina superficial ($20\text{-}24^{\circ}\text{C}$) sobre los 20 m de profundidad. En Chimbote y Callao (Fig. 17a), la isoterma de 15°C se ubicó debajo de las 10 y 30 m, respectivamente, en relación al promedio.

En el sur, las secciones de San Juan (Fig. 18a) y Matarani (Fig. 19a) presentaron una termoclina con 6 a 9 isotermas sobre los 50 y 70 m de profundidad, respectivamente. En San Juan, la isoterma de 15°C estuvo debajo de los 45 m de su posición normal.

De Paita a San Juan (Fig. 14b-18b), los mayores cambios en la estructura halina se produjeron por la advección hacia las costas de las ASS. Estas masas de agua se presentaron en Matarani y San Juan (sobre los 40m) con valores de salinidad hasta de 35,5‰ a 80 m de Matarani y con mayor intensidad frente a Chimbote donde ocupó la columna de agua hasta los 200 m con un núcleo de máxima subsuperficial de 35,4‰ (entre 10 y 50 m) a 70 mn de la costa.

En Matarani la configuración de las isohalinas se determinó por la interacción de aguas procedentes del norte y del sur, que produjeron bolsones

característicos de estas zonas. A 100 mn y a 75 m de profundidad se produjo una mínima de salinidad que estaría asociada a la presencia de masas de agua de la región subantártica.

Extensión Sur de la Corriente de Cromwell

En las capas subsuperficiales, la capa relativamente homogénea señalada por las isotermas de 12-15°C está asociada a la presencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), que da lugar al hundimiento de dichas isotermas cerca de la costa y es más intensa cuanto mayor es la divergencia entre las isotermas de 15 y 14°C (ZUTA, et al; 1988).

En el norte, un flujo intenso hacia el sur, asociado con la presencia de la ESCC se apreció en Paita hasta las 80-90 mn de la costa, con salinidades de 35,0‰ y 34,95‰ (Fig. 14a, b), menos intenso que en 1994. Este flujo se observó hasta las 70 mn en Punta Falsa (Fig. 15) y muy moderadamente hasta Chicama, caracterizándose por la divergencia de las isotermas de 14 a 15°C y los altos valores de oxígeno hasta 200 m de profundidad.

Topografía de la Isotherma de 15°C y tope superior de la capa de mínima de oxígeno

La topografía de la isoterma de 15°C da una idea del flujo superficial dominante. En el verano de 1995 (Fig. 13) presentó dos aspectos: la profundización de esta isolinia hasta 100 m hacia mar afuera de Callao al sur debido a las ASS, mientras que, de Callao al norte converge desde 70 m a 100 mn de la costa hasta 160 m a 50 mn de Pimentel por la ESCC. Un remolino anticiclónico frente al Callao, separa estas zonas de características contrastantes.

El tope superior de mínima de oxígeno (0,50 ml/l) se presentó a profundidades variables que se relacionan con los flujos subsuperficiales, siendo más superficial hacia el sur.

La distribución vertical del oxígeno en las secciones hidrográficas indicó una depresión (>150 m) del tope superior de la capa de mínima de oxígeno en Paita (Fig. 14c) y Punta Falsa (Fig. 15c). En Chimbote (Fig. 16c) y Callao (Fig. 17c), la distribución de este parámetro es similar (de 85 m a 80 mn a 45 m a 10 mn de la costa). Al sur, en San Juan

(Fig. 18c), el brusco ascenso (desde 170 m a 100 mn hasta 40 m a 5 mn) de tope superior de la isolinia de 0,5 ml ocurrió por la depresión de la columna de agua debido a la advección de ASS. En Matarani (Fig. 19c), la profundización del tope de mínima es local, siendo probablemente un remanente de condiciones previas a juzgar por la topografía de la isoterma de 15°C.

DISCUSION

Las condiciones térmicas en 1995, en las zonas norte, fueron más frías que el verano de 1990 (evaluada 15 días después, en abril de 1990) especialmente en la zona costera (VILCHEZ, et al; 1991), a diferencia de la zona entre Chicama y el Callao que mostró una TSM mayor que en 1990, año caracterizado por temperaturas de 18° y 19°C para una banda hasta de 30 mn de la costa y menor presencia de ASS. De Pisco al sur, la TSM en 1990 fue 2°C menor que en 1995, por la amplia proyección de las ACF hasta 100-120 mn de la costa. Respecto a la evaluación realizada en 1994 (30-45 días posterior al crucero de 1995), la distribución de la TSM fue muy similar, aunque en 1994 ocurrieron valores de temperatura menores en zonas muy próximas a la costa.

La distribución halina señaló una mayor cobertura de las AES en la zona norte en 1994, mientras que en la franja costera de Paita al sur, y consecuente con las bajas TSN, fueron característicos menores valores de salinidad. Por otro lado, la cobertura de las ASS fue mayor que en 1994 aunque con una magnitud menor.

El seguimiento de las características termohalinas superficiales en la zona del frente ecuatorial desde enero de 1995 (Fig. 3-5) y las serie de tiempo de TSM (°C) para el Laboratorio Costero de Tumbes/IMARPE (Fig. 2a, Tabla 1) también evidenció enfriamiento en esta zona, próxima a la línea ecuatorial. Del análisis de la información señalada se observa que, la amplitud térmica del verano (febrero-marzo) a principios del otoño fue de 3°C en la zona de interfase del régimen ecuatorial y del afloramiento costero, entre Cabo Blanco y Paita. Es importante resaltar que el brusco descenso de la temperatura en esta zona debió ocurrir en menos de un mes, debido al desarrollo de la lengua fría estacional asociada a la normalidad de los vien-

tos alisios en el Pacífico Ecuatorial. Respecto a 1994, el frente ecuatorial se presentó 30 mn más al norte con una fuerte gradiente halina y 90 mn al norte de su ubicación promedio.

El crucero se realizó en el período en que la clorofila "a" alcanza su máxima concentración siendo característica la presencia de una de las dos celdas de alta concentración (10-12 $\mu\text{g-l}$) que se produce entre los 13-15°C (CALIENES et al., 1985). Por otro lado, ZUTA y GUILLEN (1970) presentan una carta anual con 5 focos de máximas mayores a 8 $\mu\text{g-l}$ (frente a Pimentel), 5 $\mu\text{g-l}$ (frente a Salaverry-Chimbote y Atico-Ilo) y 3 $\mu\text{g-l}$ (al sur del Callao y entre Pisco-San Juan). En el crucero, se observaron 3 focos de máxima en Chicama (10 $\mu\text{g-l}$), Salaverry-Chimbote (20 $\mu\text{g-l}$) y Pta. Doña María-San Juan (34,8 $\mu\text{g-l}$), significativamente mayores a los señalados por los autores mencionados (Fig. 11a, b).

Respecto a la clorofila "a", la comparación de los resultados obtenidos con la información multianual indican que el verano de 1995 se caracterizó por las altas concentraciones de clorofila "a".

En las capas subsuperficiales, los cambios en la termoclina de Chimbote al norte, coincidieron con la llegada a las costas peruanas, de la onda Kelvin (15 de marzo) anunciada en el CDB No. 95/01. El proceso de normalización del ambiente que se iniciara en febrero a nivel local (GRADOS y HURTADO, 1995a), contribuyó a que el efecto de esta onda se circunscribiera a la zona norte, siendo moderado en Chicama y de regular intensidad en Punta Falsa y Paíta.

En términos generales, la distribución de las isotermas de 15-12°C, durante 1995 fue similar a 1994, exceptuando el margen costero dentro de las 50 mn entre Chimbote y Matarani, donde se apreció un fuerte ascenso de la isoterma de 15°C en 1994. En 1990, esta capa se presentó más profunda que en 1995 en las secciones de Paíta y Punta Falsa, a diferencia de la zona al sur de los 09°S, donde ascendió en 25-35 m en 1990.

El comportamiento de la estructura térmica y específicamente, los procesos de frío o calor en la zona costera, estuvieron relacionados con características locales de cada zona. Fuerza de las 50 mn

fueron determinantes los procesos físicos de macroescala, por un lado influyó el fuerte desplazamiento de aguas oceánicas en la zona sur, y, por otro, la onda Kelvin y la ESCC determinaron, en la zona norte, las condiciones ambientales en el período de estudio.

CONCLUSIONES

- Las características oceanográficas en febrero-marzo de 1995 indicaron el inicio del proceso de normalización del mar peruano.

- Las anomalías térmicas ocurrieron entre -3,2°C a 60 mn frente a Talara y +2,2°C frente a Mollendo. Estos valores mínimos y máximos están asociados al afloramiento costero y a la permanencia de aguas cálidas del oeste respectivamente.

- La Extensión Sur de la Corriente de Cromwell se presentó intensa frente a Paíta y Punta Falsa, mientras que frente a Chicama, fue moderada. En estas áreas, la depresión observada en la estructura vertical está asociada también al impacto de una onda Kelvin en las costas peruanas en la primera quincena de marzo.

- El afloramiento costero se desarrolló con mayor intensidad frente a Chicama, Salaverry-Chimbote y Punta Doña María-San Juan, asociado a altos valores de clorofila "a" de 10 a 34,8 $\mu\text{g-l}$.

PERSPECTIVAS

Las técnicas de predicción estadística indican un descenso gradual de las anomalías térmicas, mientras que los modelos acoplados mencionan pocos cambios en los patrones de las anomalías térmicas para los siguientes meses. No obstante las tendencias contrastantes de macroescala, para los próximos meses se preve condiciones de normales a ligeramente cálidas en la costa peruana con un rango de anomalías entre -1°C y +1°C.

REFERENCIAS

- BOLETIN DE ALERTA CLIMATICO/BAC. Comisión Permanente del Pacífico Sur/CPPS, Nos. 51-53, 55.
- CALIENES, C., O. GUILLEN y N. LOSTAUNAU, 1985. Variabilidad Espacio-temporal de Clorofila, Producción Primaria y Nutrientes frente a la costa peruana. Bol. IMARPE-OEA, Vol. 10, No. 1, Callao, p.: 44.
- CLIMATE DIAGNOSTICS BULLETIN/CDB. Climate Analysis Center, NOAA/NWS/NMC., Nos. 94/11-12, 95/01-02.
- HOLM-HANSEN, A., C. LORENZEN, R. HOLMES and J. STRICKLAND, 1965. Fluorometric determination of Chlorophyll, J. Cons. Perm. Explor. 30:3-15.
- VILCHEZ, R., J. ZUZUNAGA, N. PEÑA, R. CALIENES, G. CARDENAS, M. ÑIQUEN, E. ANTONIETTI, S. CARRASCO y G. SANCHEZ, 1991. Evaluación de los Principales Recursos Pelágicos en la Costa Peruana. Crucero de Evaluación Acústica 9002-04; BIC/Humboldt, BIC/SNP-1 y BIC/F. Nansen. Informe No. 101 Inst. Mar del Perú-CEE, pp: 69.
- ZUTA, S., 1988. Variations of the Mass Field and Currents off the Perú Coast. In: IOC Time Series of Ocean Measurements, Vol. 4, 1988. IOCTech. Ser. 33, UNESCO, pp: 55-73.
- ZUTA, S. y O. GUILLEN, 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Boletín Nro. 5, Vol. 2, Inst. Mar del Perú, pp: 323.
- ZUTA, S., I. TSUKAYAMA y R. VILLANUEVA, 1983. El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas de la costa peruana. En: Proceedings of the Expert Consultation to examine Changes in Abundance and Species Composition of neritic resources. San José-Costa Rica, 18-29/04/83; FAO Fisheries Report No. 291, Volume No. 291, Volume 2. Edited by Sharp, G. and J. Csirke, Roma, pp: 553.

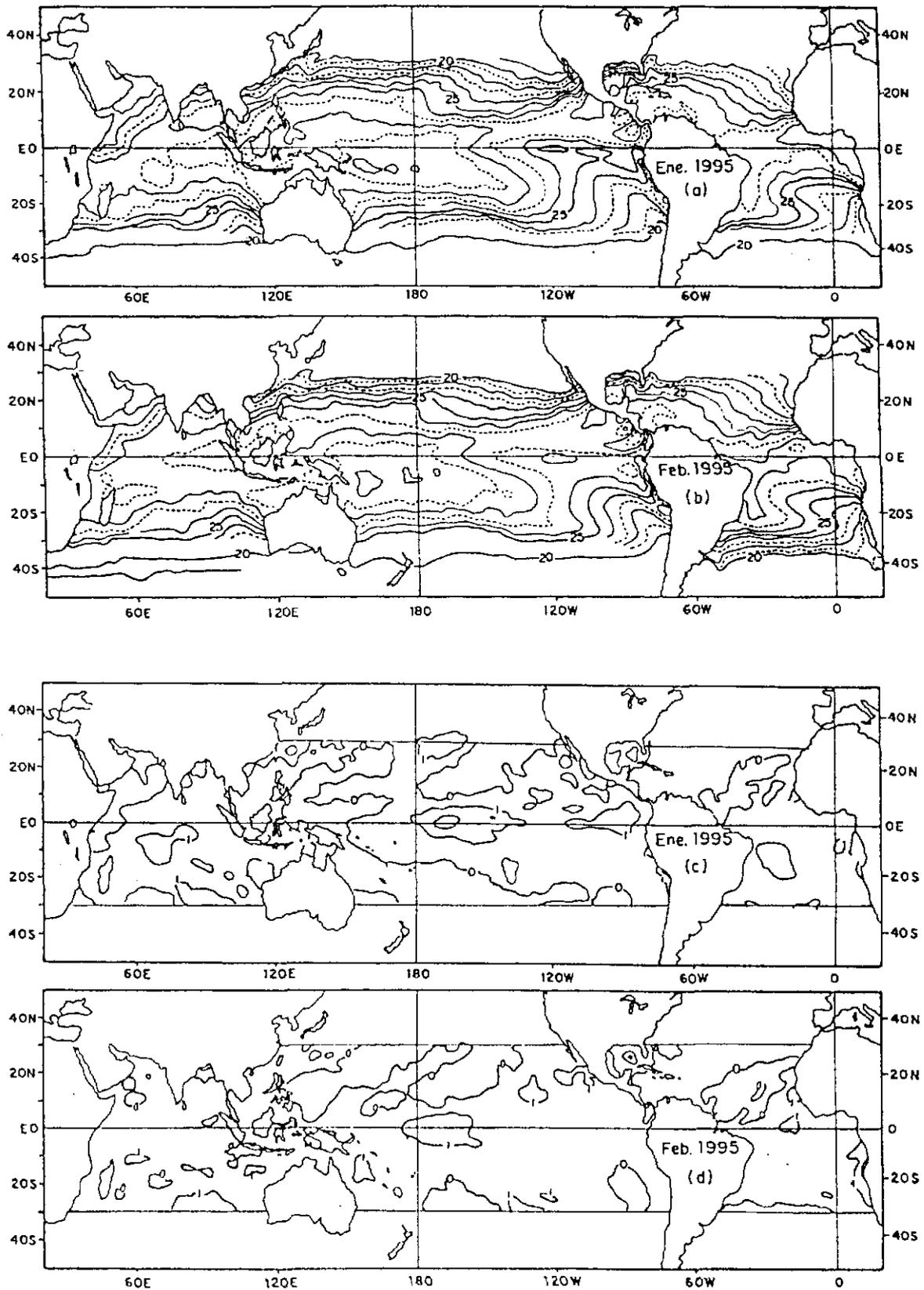


Fig. 1 Distribución de la TSM (°C) y ATSM (°C) para enero y febrero de 1995 en el Océano Pacífico Tropical (Adaptado del CDB/NOAA; NO. 95/02).

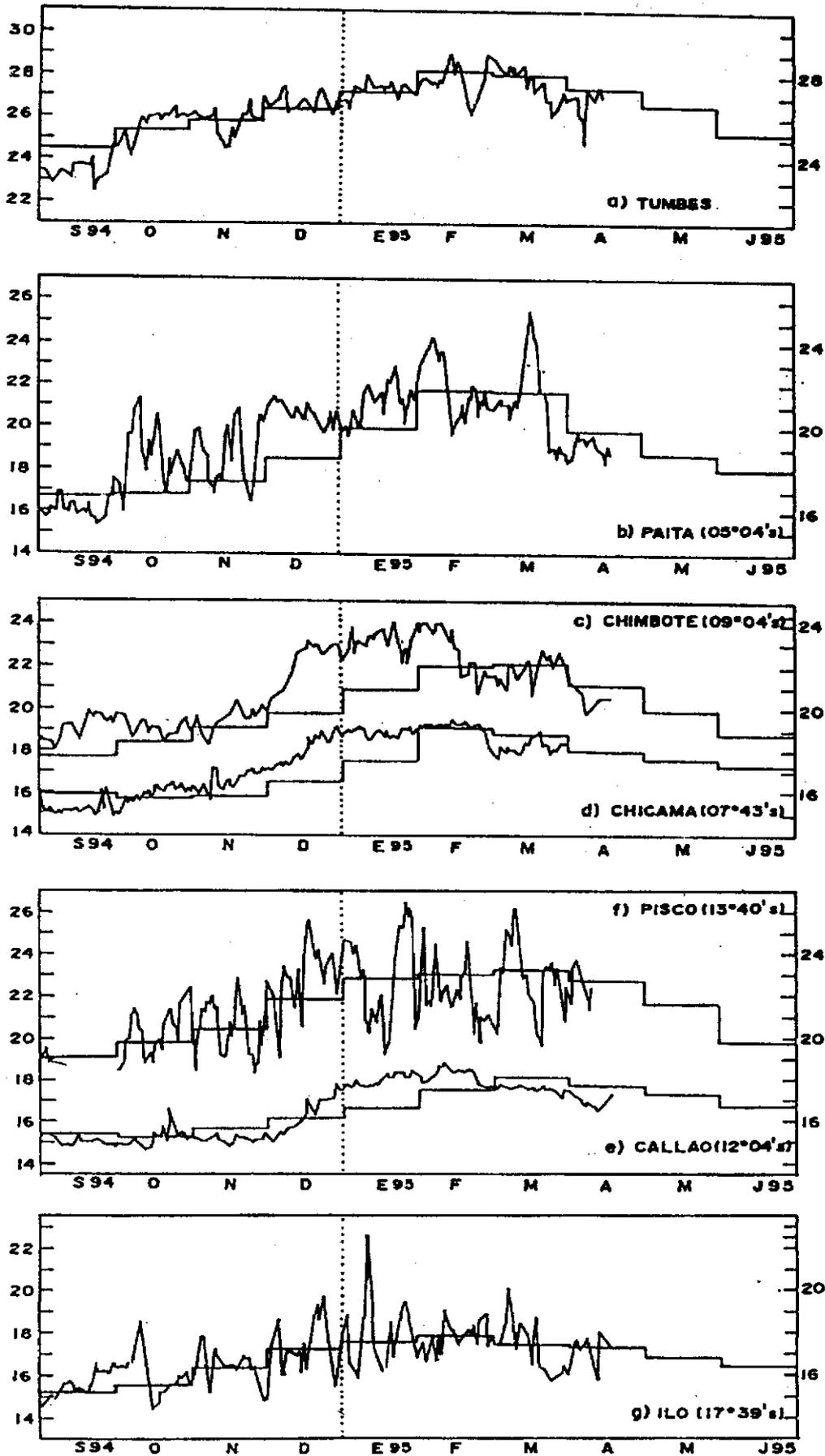


Fig. 2 Series de tiempo de de la TSM ($^{\circ}\text{C}$) para los Laboratorios Costeros del IMARPE y Estación de Chicama (DHN) durante setiembre 1994-agosto 1995.

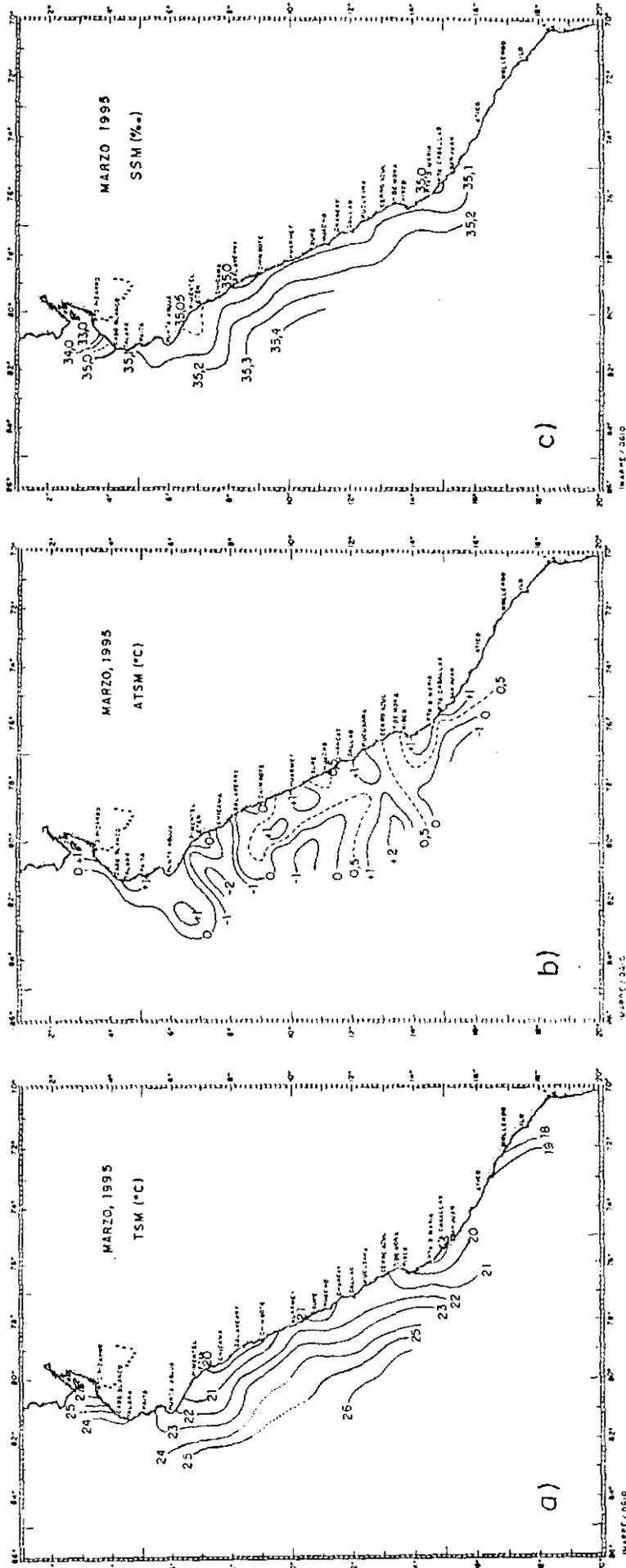


Fig. 5 Carta mensual de a) TSM (°C), b) ATSM (°C) y c) SSM (‰) en el mar peruano para el mes de marzo de 1995.

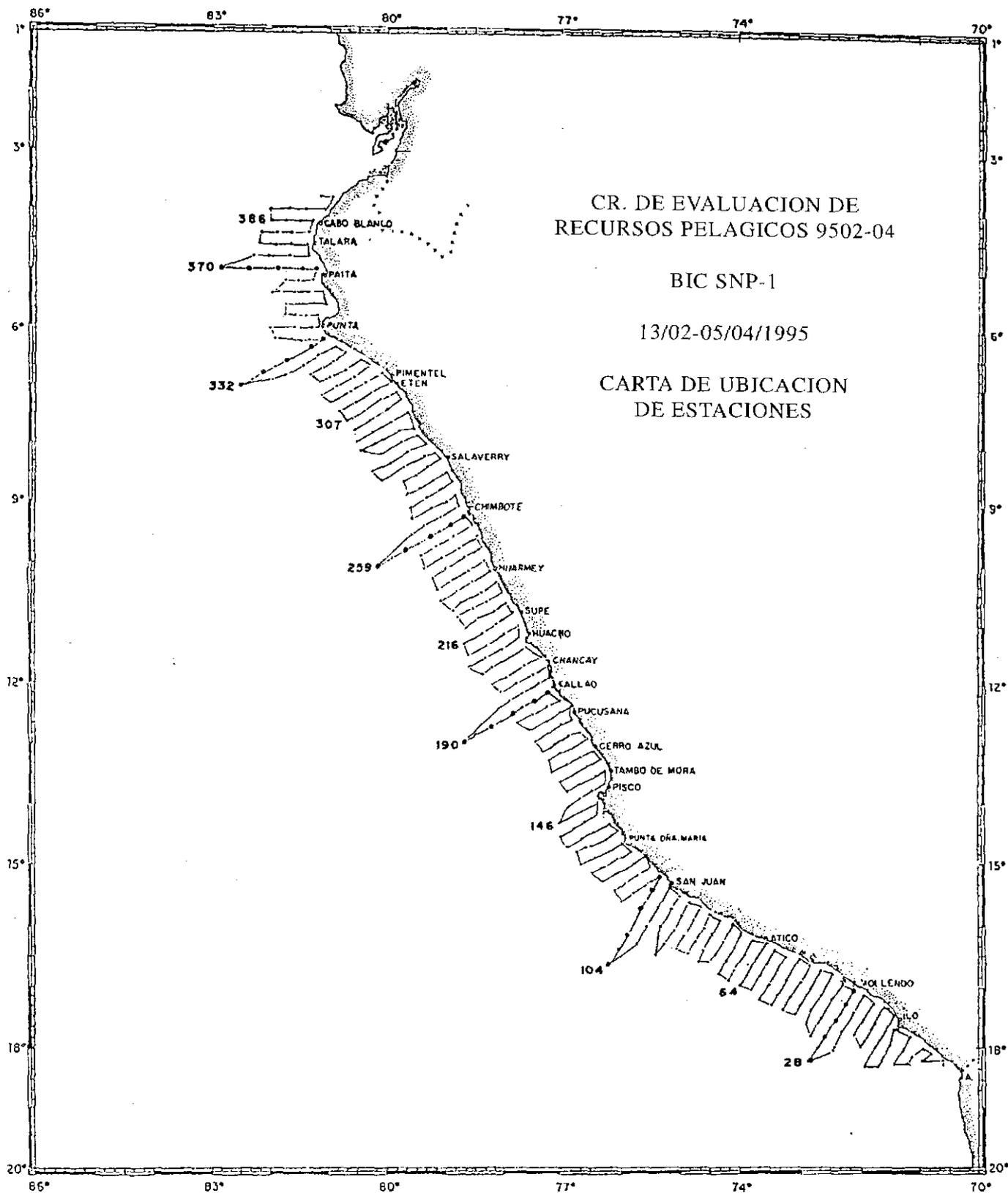


Fig. 6 Carta de ubicación de estaciones. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9562-04.

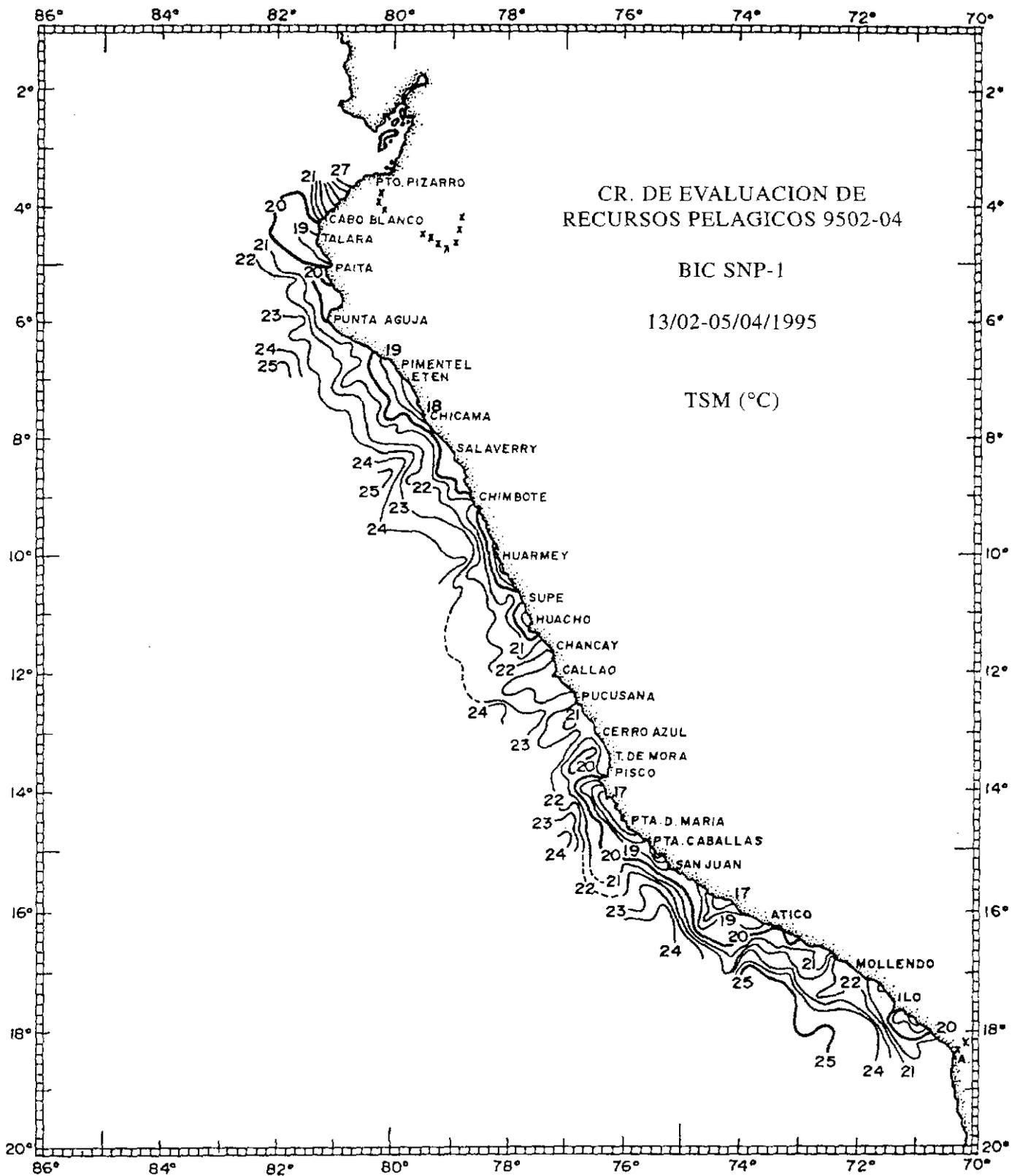


Fig.7 Distribución de Temperatura Superficial del Mar (°C). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

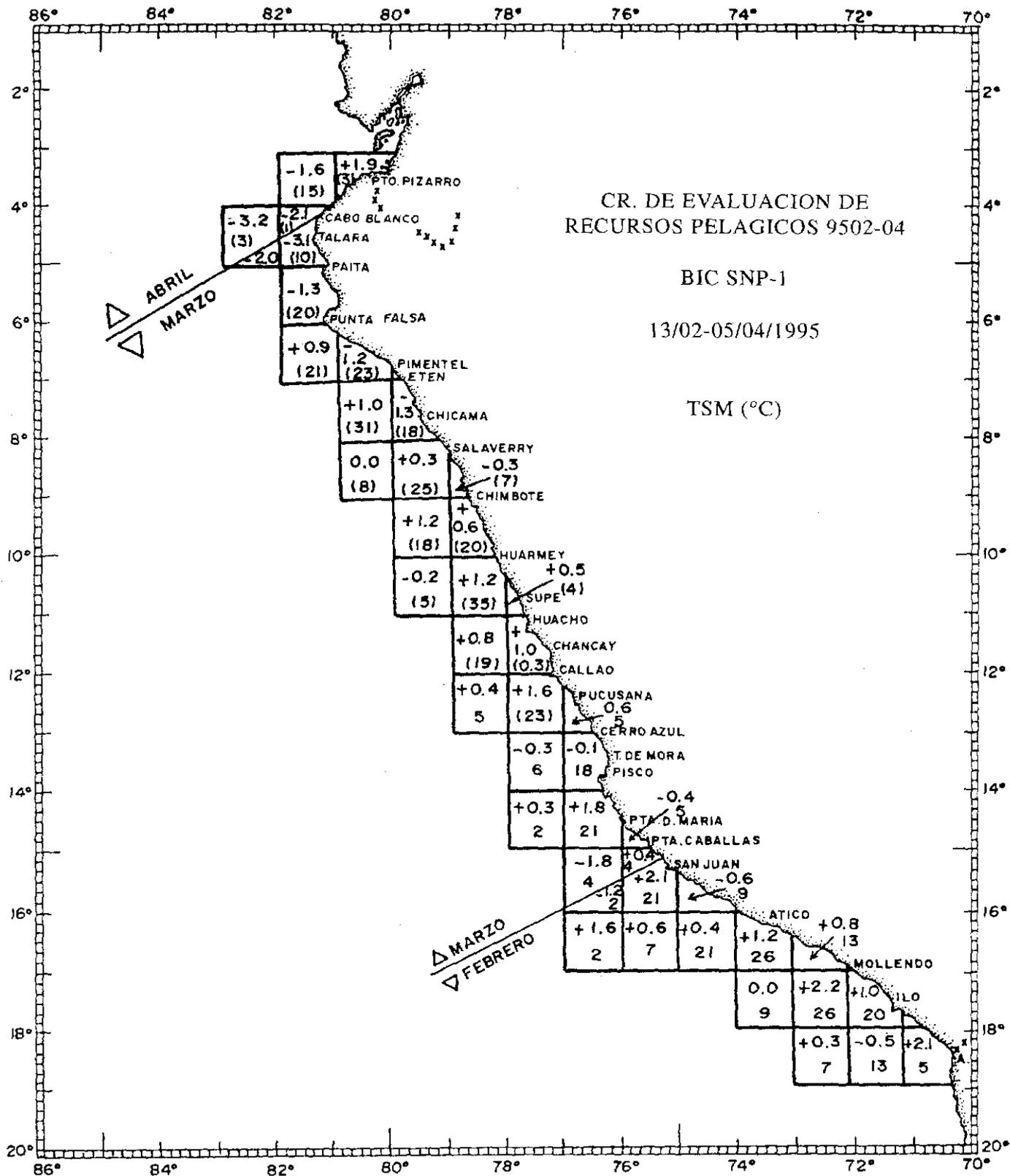


Fig.8 Anomalias Térmicas (° C). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502 - 04.

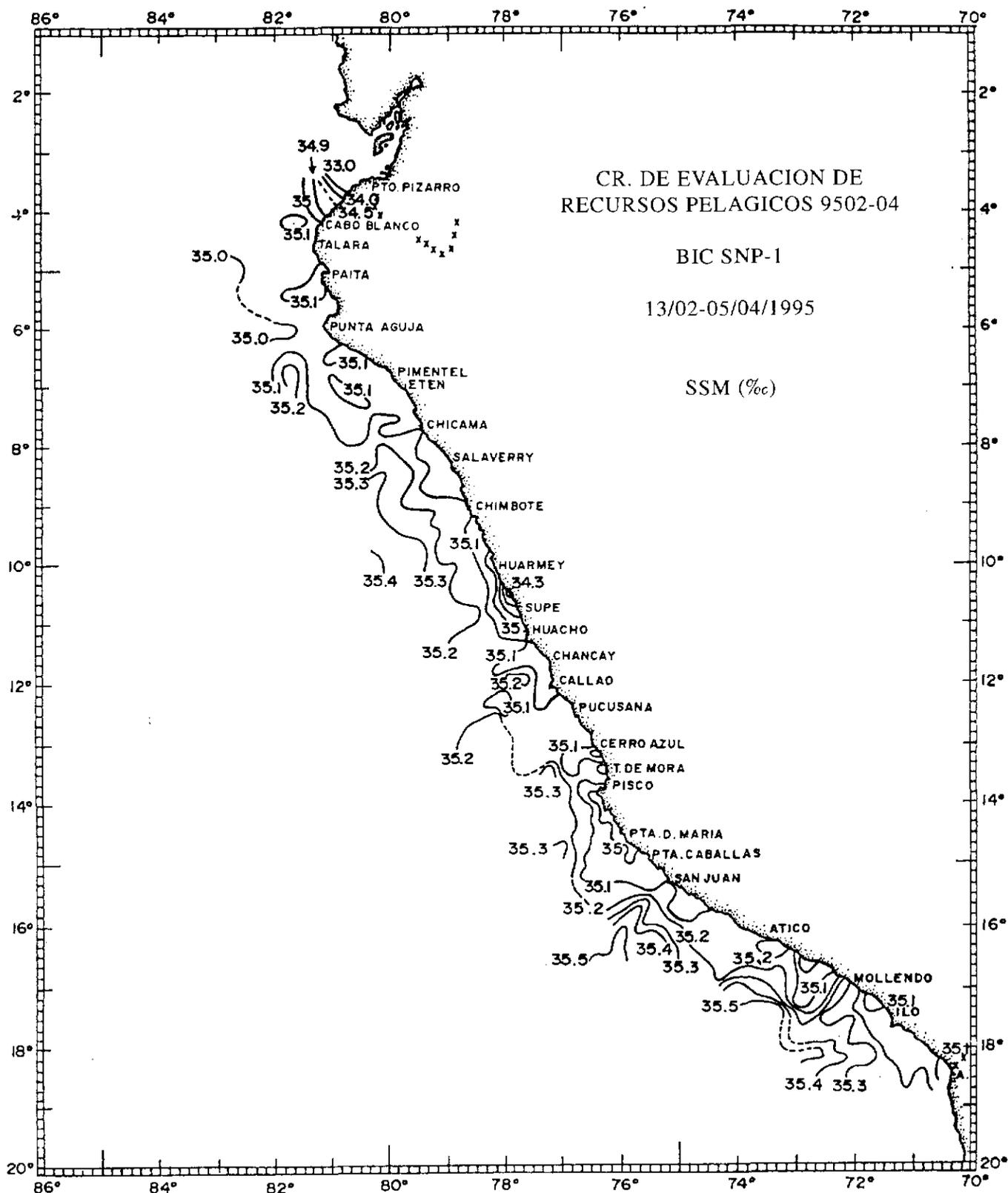


Fig.9 Distribución de Salinidad Superficial del Mar (‰). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502 - 04.

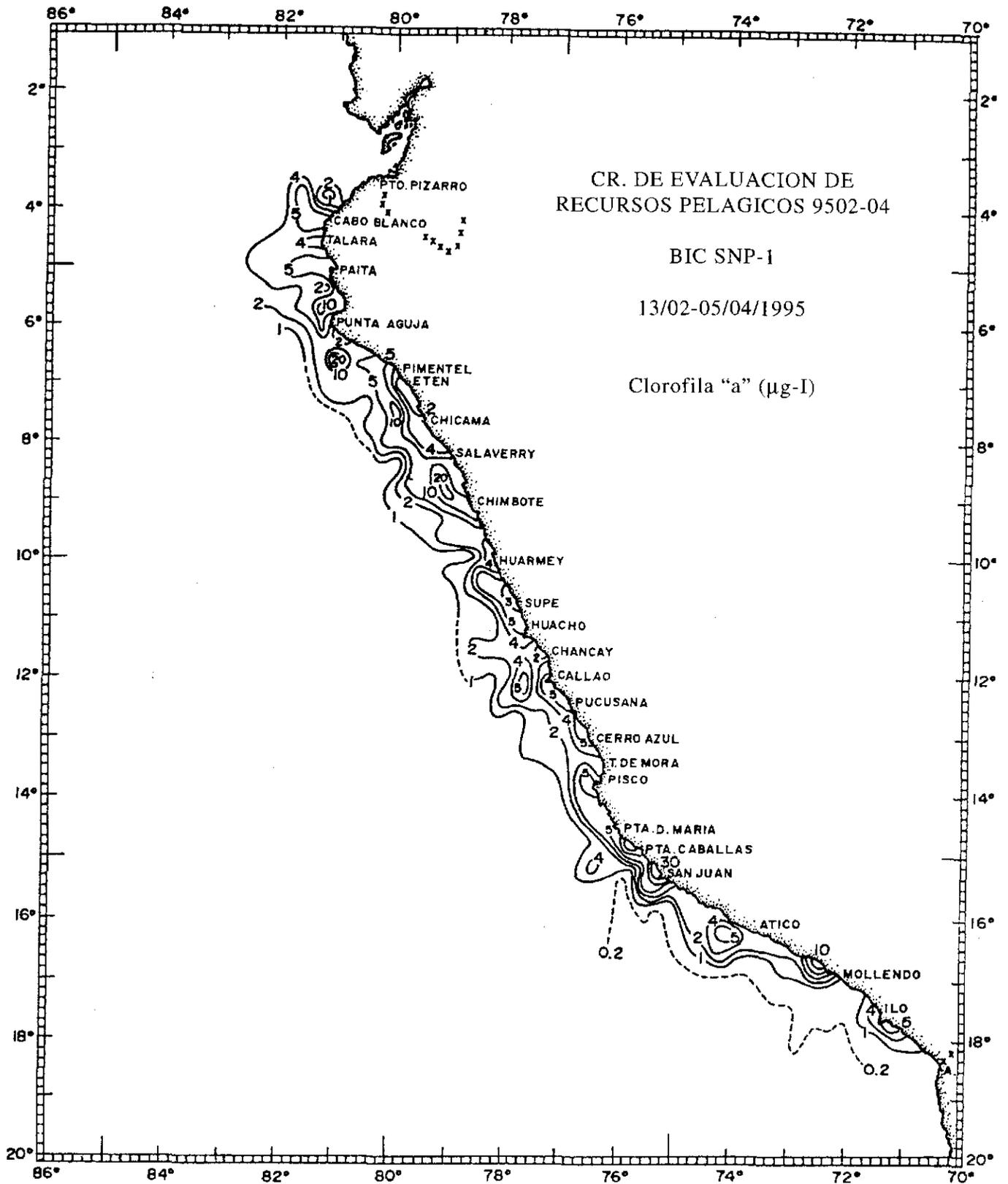


Fig.10 Distribución de Clorofila "a" ($\mu\text{g-I}$). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502 - 04.

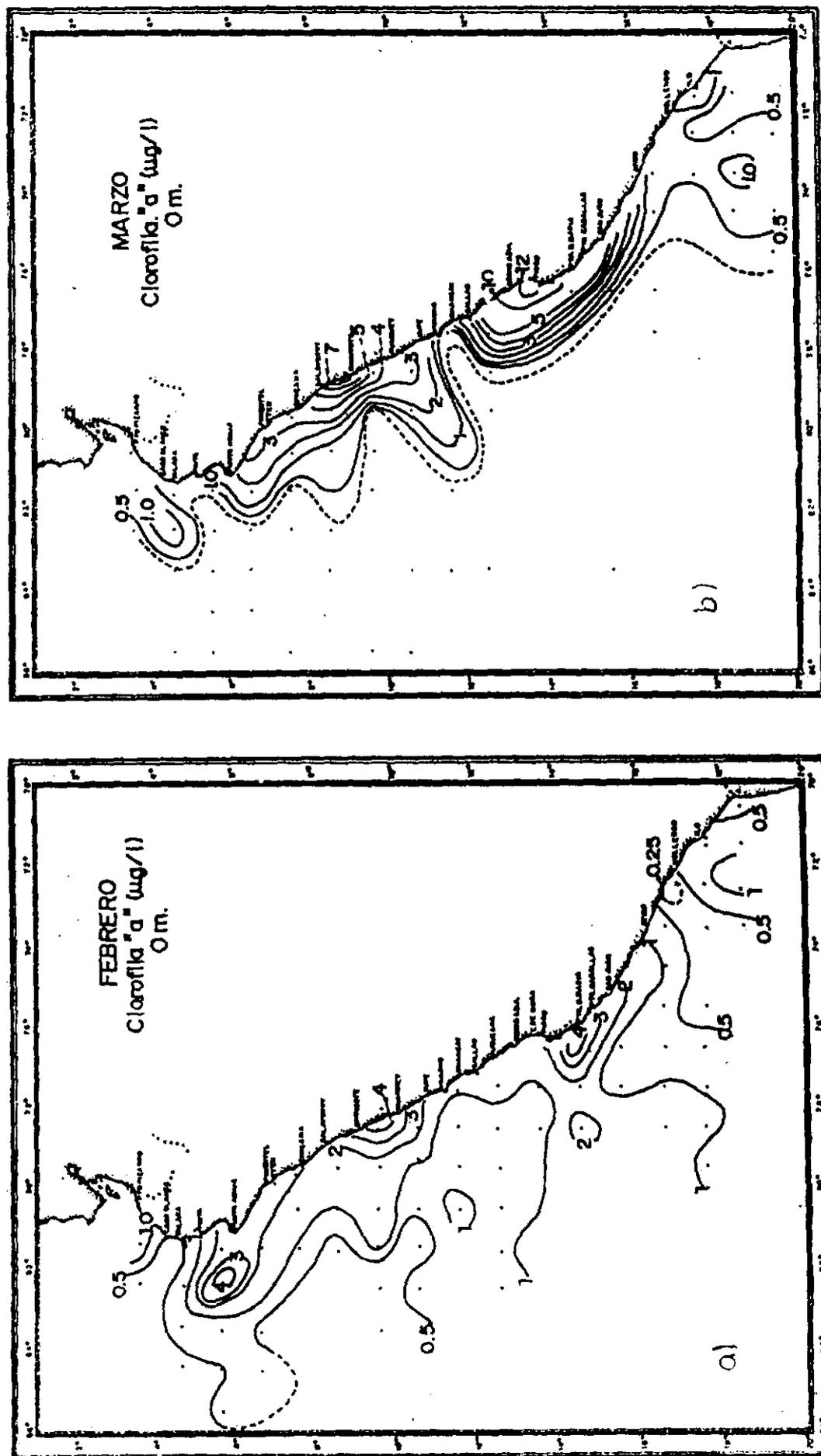


Fig. 11 Distribución mensual multianual de la clorofila "a" para febrero y marzo (Tomado de Calienes, et al.; 1985)

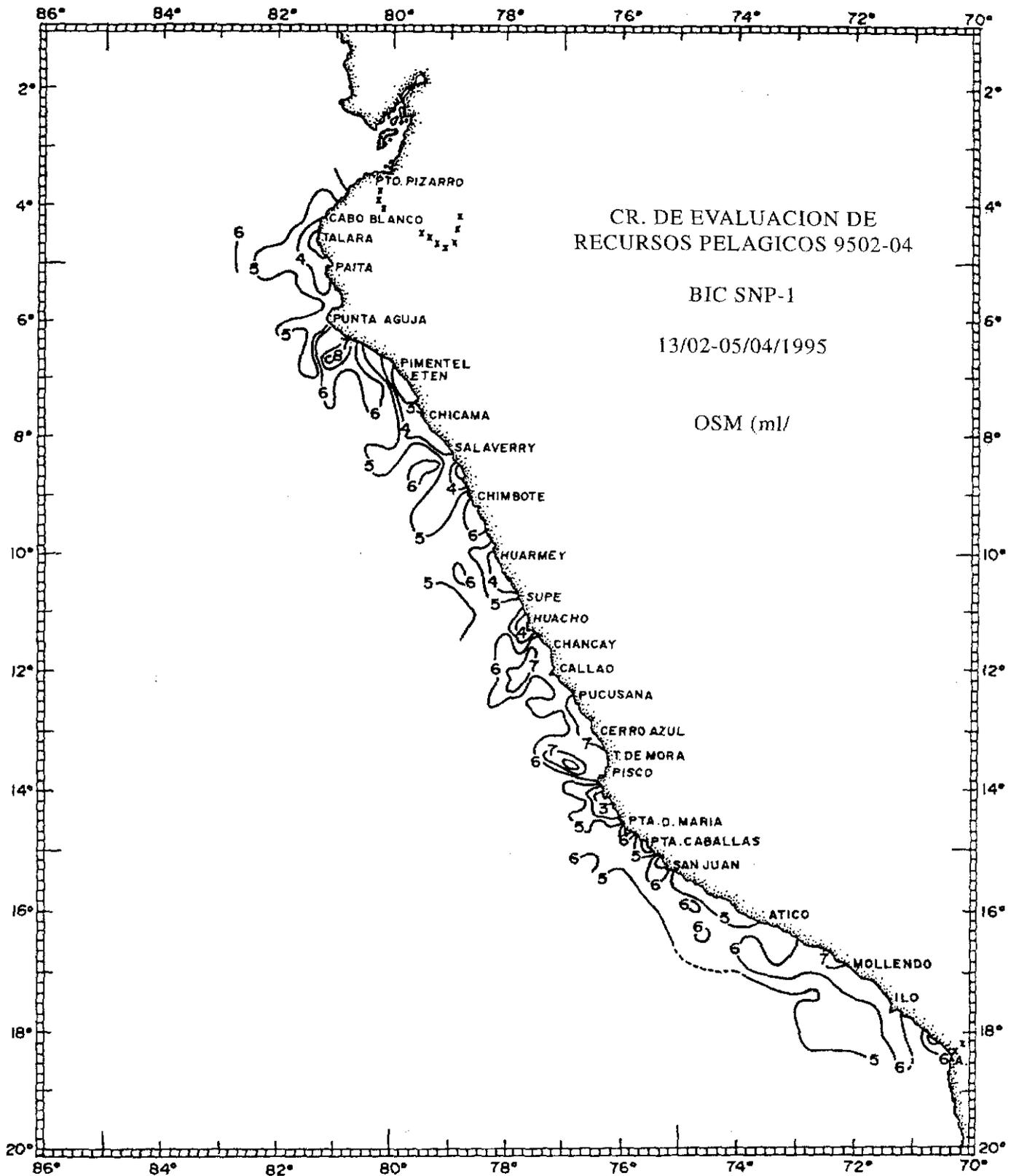


Fig.12 Distribución de Oxígeno Disuelto Superficial del Mar (ml/l).
Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502 - 04.

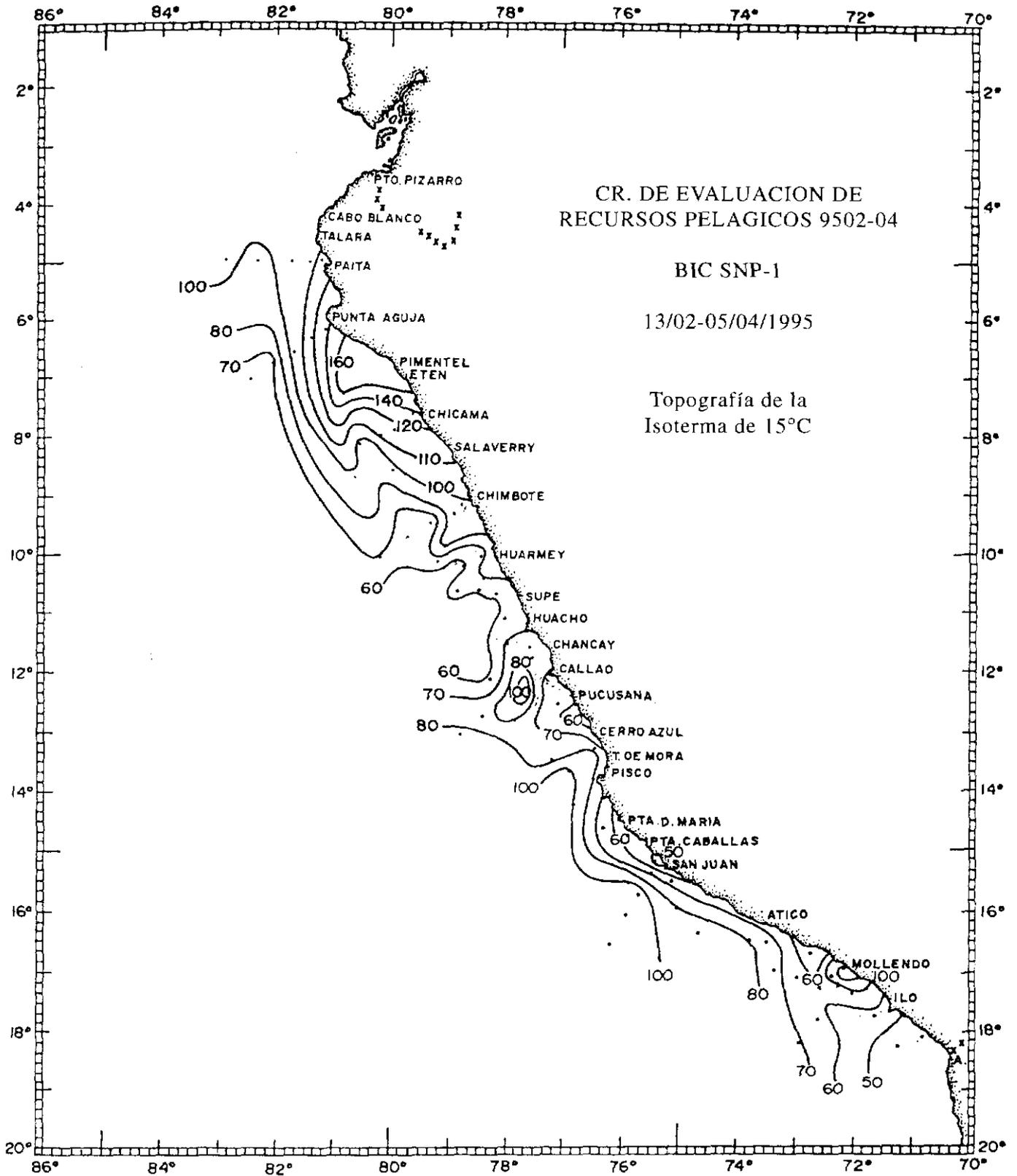


Fig.13 Topografía de la Isoterma de 15° C. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502 - 04.

PAITA

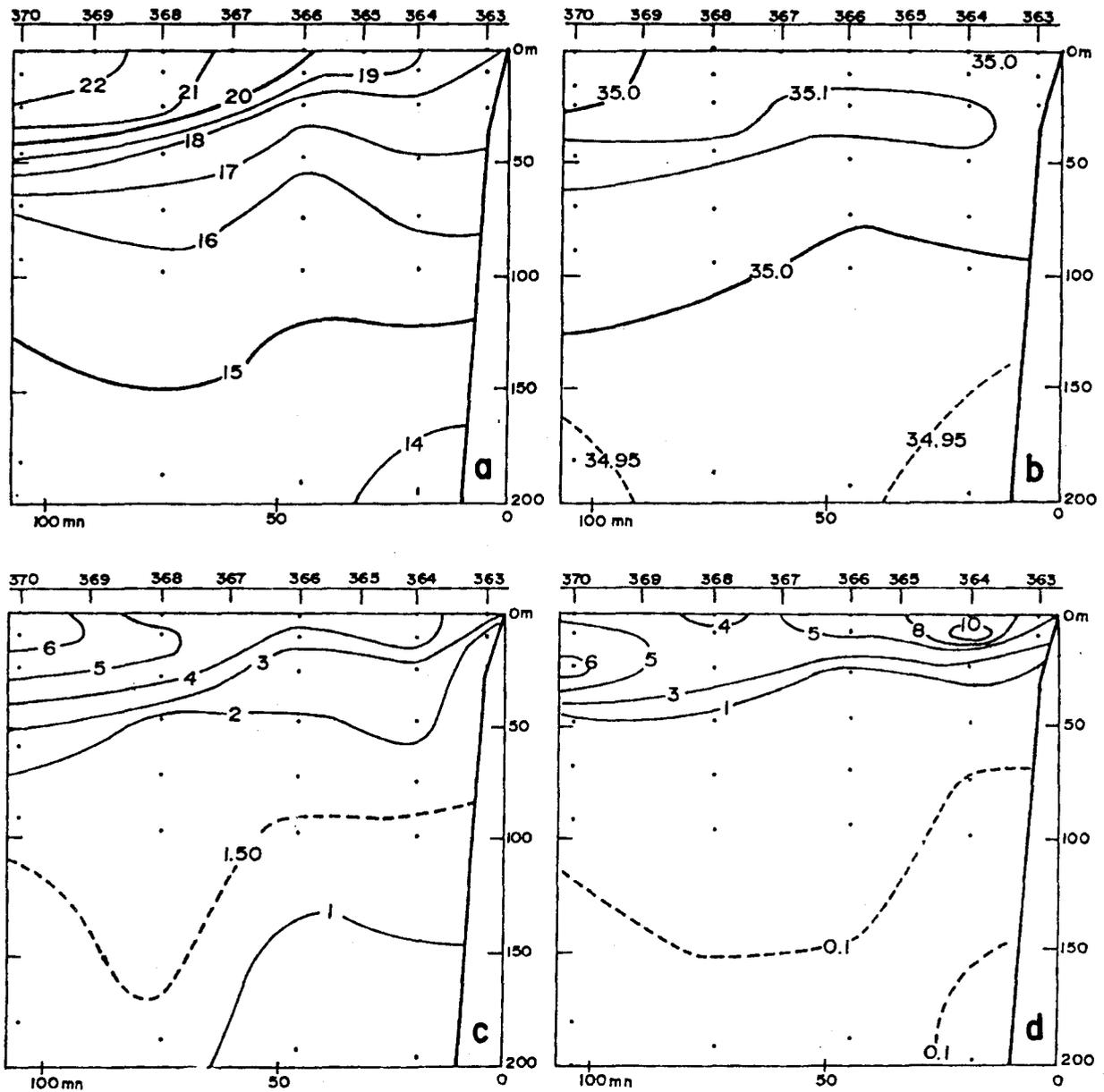


Fig.14 Distribución vertical de a) Temperatura (°C); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" (µg-l) frente a Paita (30-31/03/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

PTA. FALSA

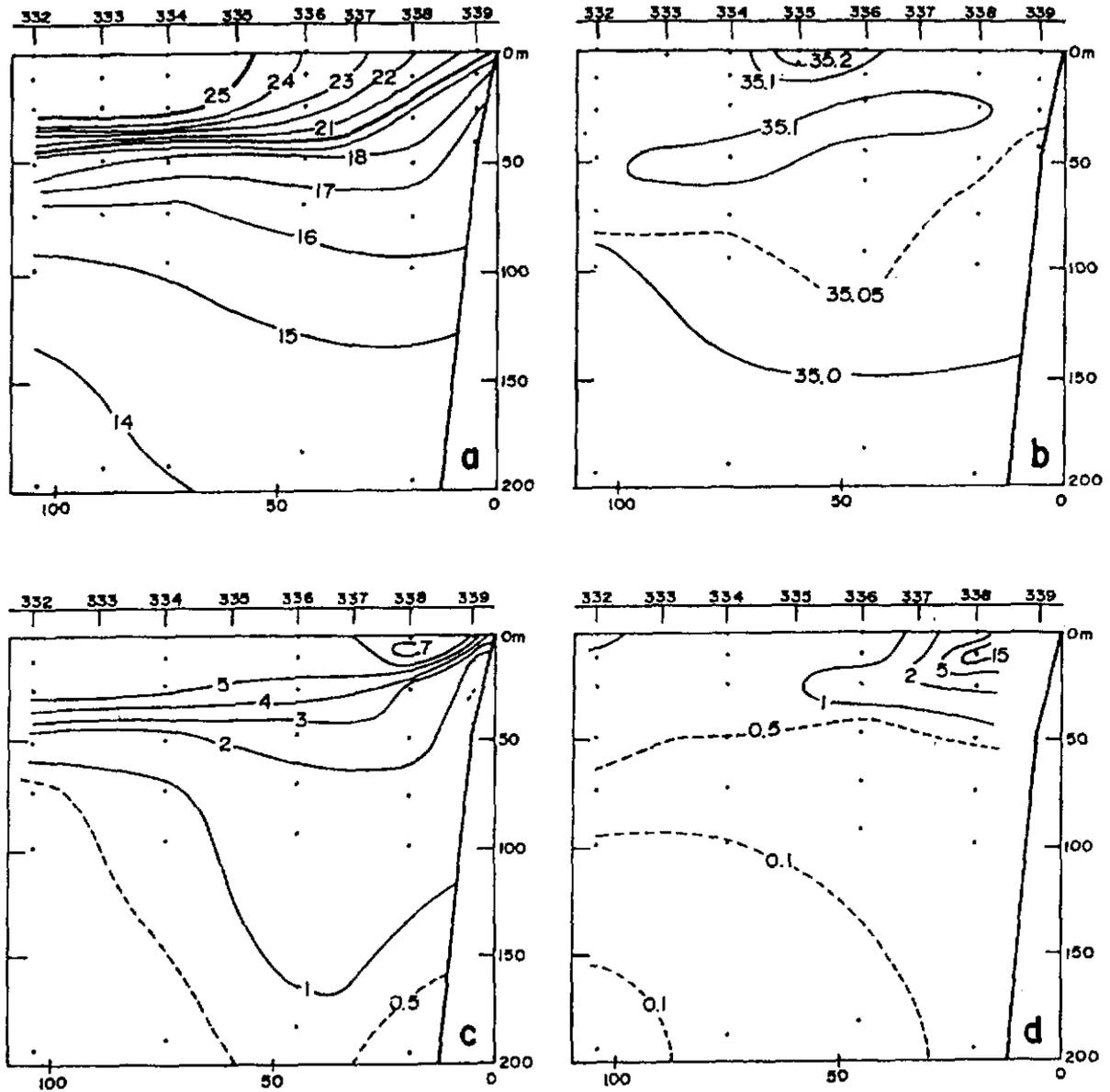


Fig.15 Distribución vertical de a) Temperatura (°C); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" (µg-l) frente a Punta Falsa (27/03/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

CHIMBOTE

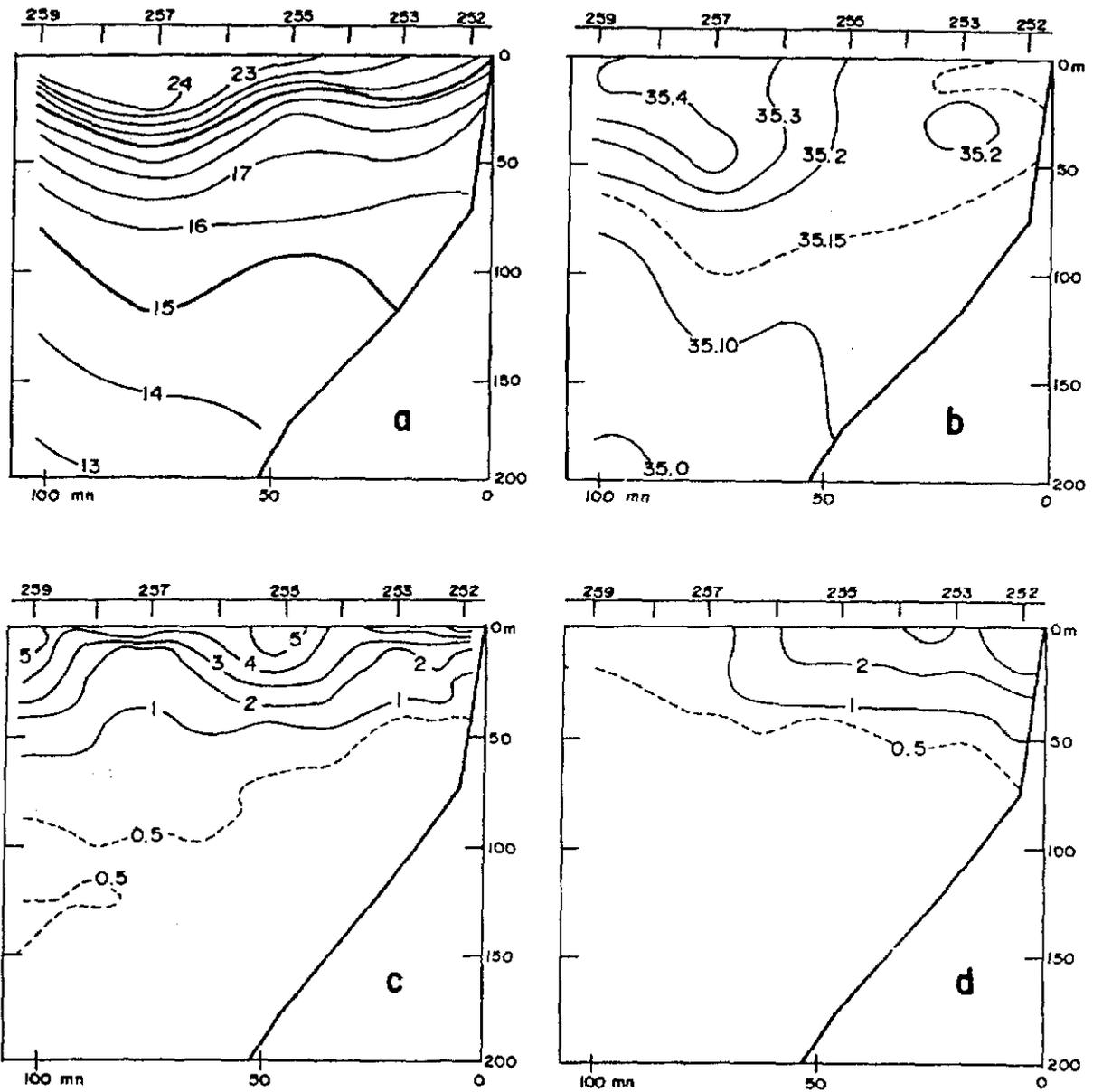


Fig. 16 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" ($\mu\text{g-l}$) frente a Chimbote (18/03/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

CALLAO

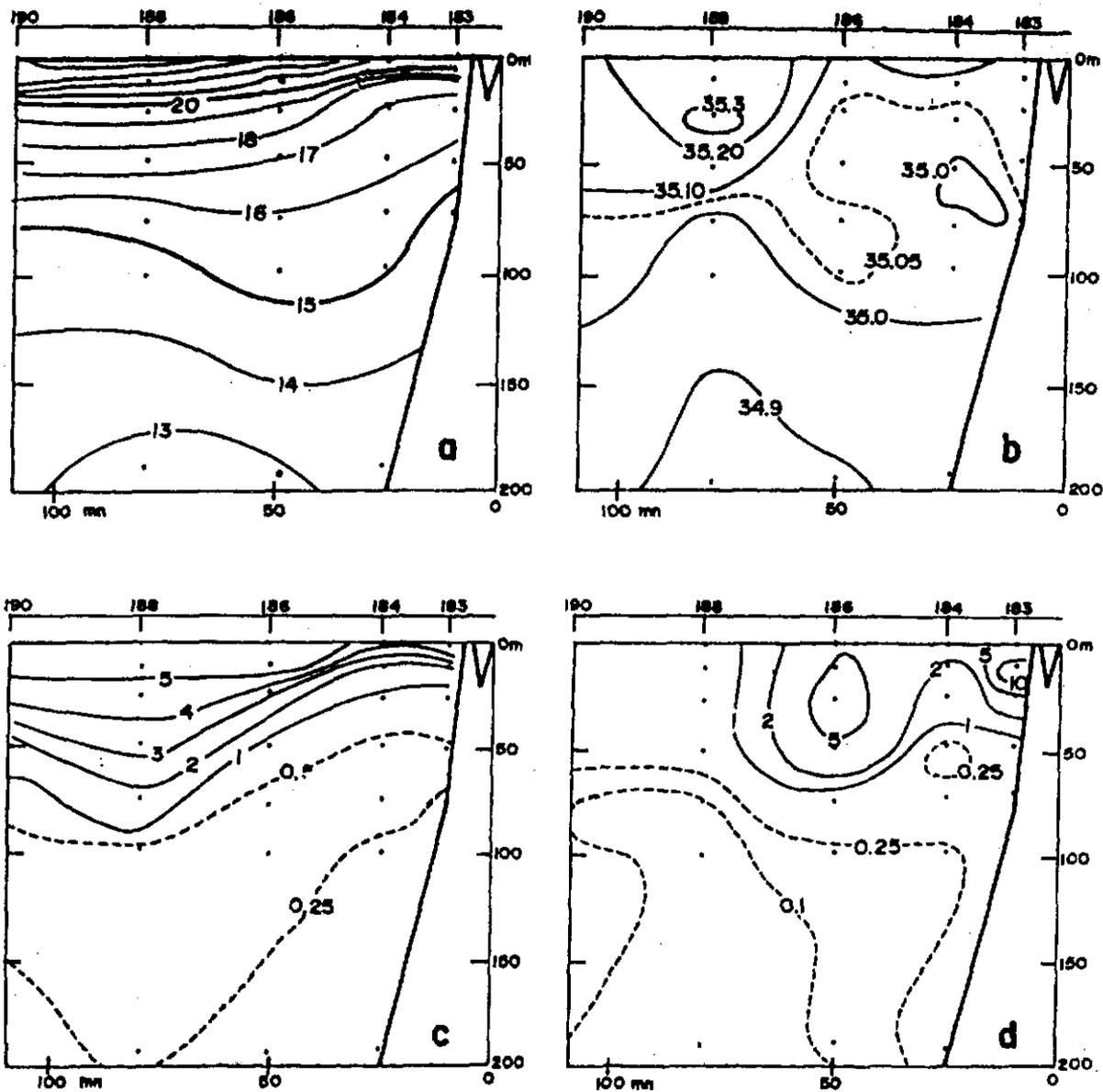


Fig.17 Distribución vertical de a) Temperatura (°C); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" (µg-l) frente a Callao (07/03/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

SAN JUAN

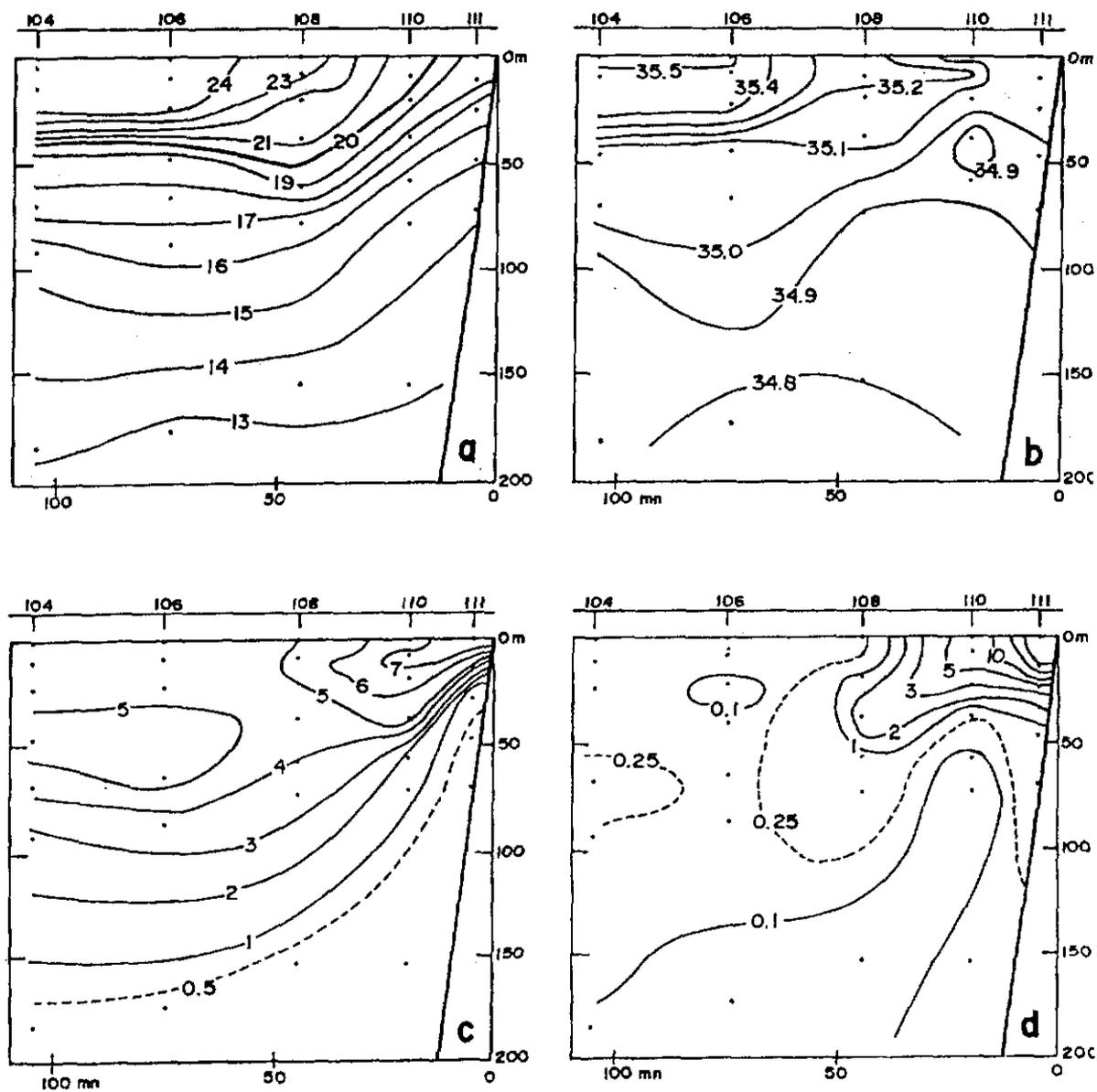


Fig.18 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" ($\mu\text{g-l}$) frente a San Juan (28/02/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.

MATARANI

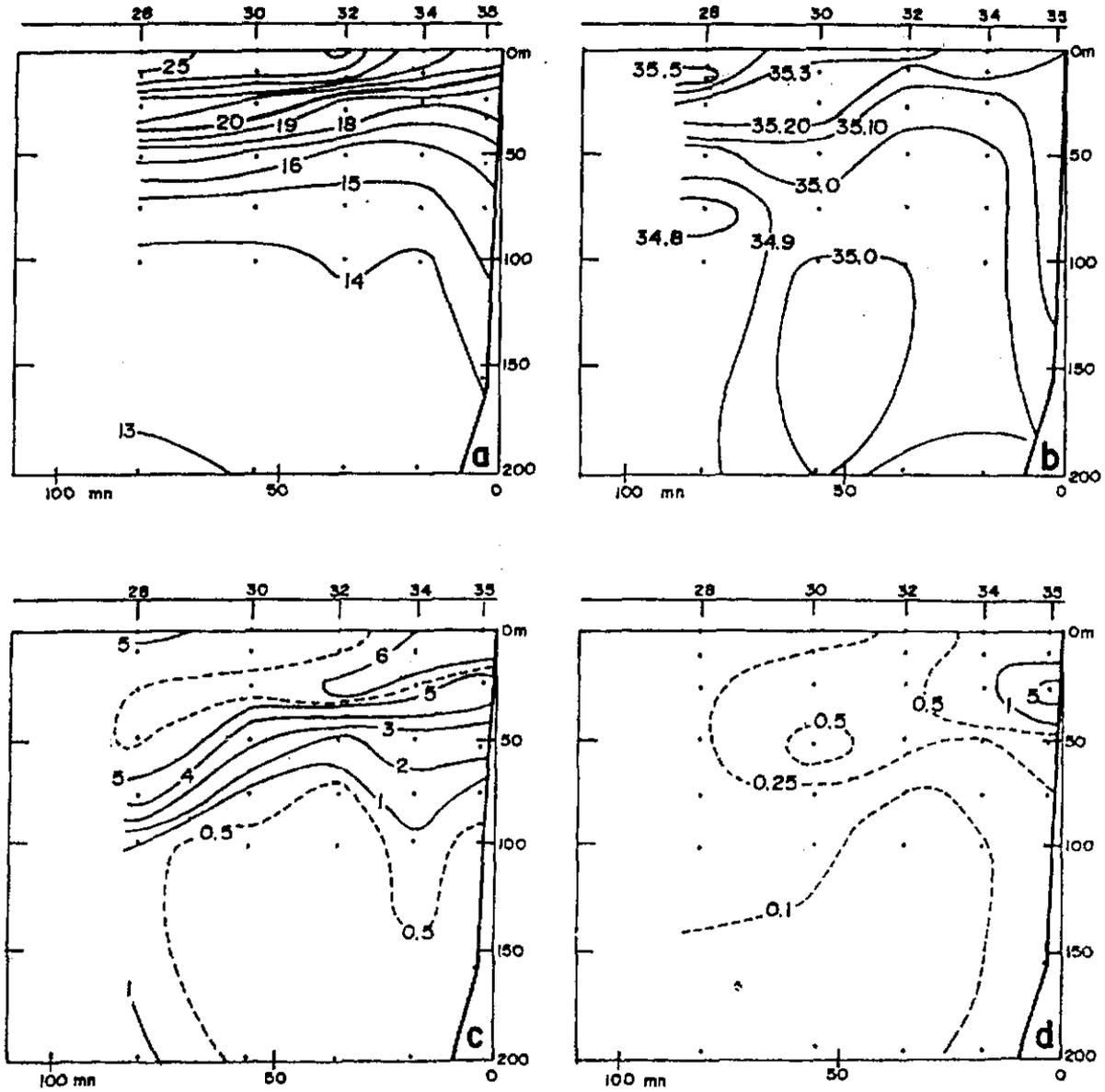


Fig.19 Distribución vertical de a) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$); b) Salinidad (‰); c) Oxígeno Disuelto (ml/l) y d) Clorofila "a" ($\mu\text{g-l}$) frente a Matarani (09/02/95). Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos 9502-04.