



INFORMES TECNICOS F I P

FIP - IT / 93 - 28

INFORME : DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE
FINAL : CARGA DE BAHIA INGLESA (III REGION)
Y TONGOY (IV REGION)

UNIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
EJECUTORA

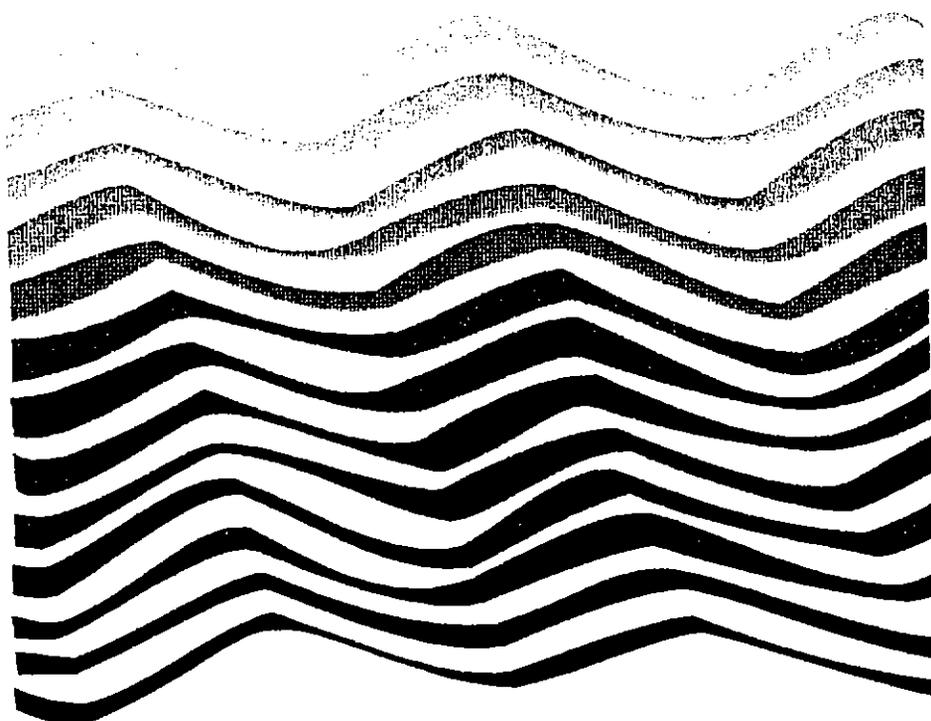


UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO DE ACUACULTURA

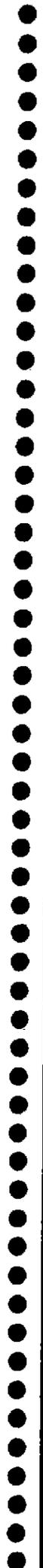
INFORME FINAL

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE
CARGA DE BAHIA INGLESA (3^o REGION)
Y BAHIA TONGOY (4^o REGION)

CONVENIO: FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA



COQUIMBO, OCTUBRE 1995



UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO DE ACUACULTURA

INFORME FINAL
DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE
BAHIAS INGLESA (III REGION) Y TONGOY (IV REGION)

REQUIRENTE

Fondo de Investigación Pesquera
Subsecretaría de Pesca

EJECUTORES

Universidad Católica del Norte
Instituto de Fomento Pesquero

COORDINADOR
Eduardo Uribe Tapia

1995

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE

Coordinador: Eduardo Uribe T.

Autores: Eduardo Uribe T.
Jorge Olivares M.
Julio Moraga O.
Juan E. Illanes B.
José Rutllant
Ivonne Etchepare

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Autores: Denise Boré R.
José L. Blanco G.
Cristián Jélvez F.
Guillermo Ledermann

Octubre, 1995

INFORME FINAL

PROYECTO: Determinación de la Capacidad de Carga de Bahía Inglesa (III Región) y Bahía Tongoy (IV Región).

RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del Contrato de Investigación N° 259 del 8 de junio de 1994, celebrado entre el Consejo de Investigación Pesquera y la Universidad Católica del Norte Sede Coquimbo, se presenta un resumen del estudio "Determinación de la Capacidad de carga de bahía Inglesa (III Región y Bahía Tongoy (IV Región))".

Durante el fenómeno El Niño 1982-83, se presentaron condiciones favorables para el crecimiento del ostión de norte (*Argopecten purpuratus*, Lamarck, 1819), especialmente en las bahías de Mejillones, Inglesa y Tongoy. Durante 1984 se explotó el recurso desde estas bahías, obteniéndose más de 465 ton de carne (músculo), las cuales fueron exportadas preferentemente a USA. Esta alta producción y la fuerte demanda del producto en el mercado internacional, despertó un gran interés entre los industriales del sector por desarrollar el cultivo de esta especie. La iniciación de la actividad de cultivo del ostión del norte fué en 1983, la cual se vio apoyada por dos factores fundamentales; la política económica imperante en el país y la introducción de la tecnología japonesa de cultivo de pectínidos por parte de la Universidad Católica del Norte y SERNAP IV Región. En vista del auge alcanzado por los cultivos después de una década, en 1993 se vio la necesidad de conocer la capacidad carga de las bahías, especialmente para bahía Inglesa y Tongoy, debido fundamentalmente al incremento en biomasa ya a que 1993 fue el mejor año de captación histórica de semilla a nivel

industrial, con mas de 230 millones solo en bahía Tongoy. Además en años anteriores se habían realizado grandes inversiones en Hatcheries por parte de las industrias, donde cabe destacar a Cultivos Marinos Internacionales, con una inversión superior a los 5 millones de dólares. Al parecer con ésto el problema de disponibilidad de semilla de ostión parecía estar superado. Sin embargo, surgió una nueva interrogante "Cuántos ostiones soportan las bahías sin que baje la tasa de crecimiento y aparezcan nuevas enfermedades", al respecto, existen pocos antecedentes a nivel nacional e internacional sobre modelos de capacidad de carga para moluscos bivalvos y están orientados principalmente a ambientes tipo fiordos, motivo por el cual, se inició este proyecto de estudio sobre la capacidad de carga, desde la metodología planteada inicialmente en el estudio fue validada y modificada en el transcurso del proyecto, con el fin de lograr su ajuste, en términos de la dinámica de las bahías analizadas.

La mayoría de las estimaciones de capacidad de carga en moluscos bivalvos consideran como variables relevantes la oferta alimenticia del lugar y la demanda alimenticia de los organismos, en función de su tasa de filtración y de la concentración de alimento y disponibilidad de oxígeno, conceptos por los cuales se desarrolló el modelo de capacidad de carga para las bahías Inglesa y Tongoy. También es importante considerar que los organismos en cultivo no son los únicos que disponen de la oferta alimenticia del lugar, por lo que el modelo desarrollado considera en la oferta alimenticia el 8 % de la biomasa fitoplanctónica. La oferta de alimento en las bahías Inglesa y Tongoy está dominada en gran medida por proceso de surgencia próximos a las áreas de cultivo. Estos procesos de surgencia pueden ocurrir en cualquier época del año, sin embargo son más frecuentes en primavera y verano debido a que los vientos del sur son más fuertes ($> 7\text{m/seg}$) en esta época del año, la frecuencia de estos vientos fuertes fué similar para ambas bahías, con periodicidades dominantes de 4 a 7 días y

también de 15 días.

Las velocidades de corrientes, estrechamente asociadas al ciclo diario y anual del pseudoefuerzo superficial de los vientos, fué un importante factor en el cálculo de la capacidad de carga, ya que define las tasas de residencia de las aguas para bahía Inglesa con un volumen $1.04E09 \text{ m}^3$ y bahía Tongoy con $2.01E09 \text{ m}^3$. Durante el período de estudio se constató que existe una gran diferencia de las velocidades de la corriente entre los períodos de invierno y verano en ambas bahías, siendo notoriamente más intensas en la época de verano, alcanzando $15,6 \text{ cm/seg}$ en bahía Tongoy y $9,2 \text{ cm/seg}$ en bahía Inglesa, mientras que en invierno son de 1.1 y 1.4 cm/seg respectivamente, lo que indica que el tiempo de residencia para ambas bahías es del orden de 1 a 1.5 días con altas velocidades y del orden de 20.6 y 8.3 días para las bahías Tongoy e Inglesa respectivamente, con las menores velocidades registradas.

La disponibilidad de alimento en ambas bahías esta regulada principalmente por el ciclo anual de las condiciones hidrográficas de la columna de agua, como en el período de verano, con una estructura de estratificación de la columna con aguas más cálidas en superficie ($> 16^\circ\text{C}$), condición que se observó desde noviembre a abril en ambas bahías, mientras que para el resto del año se presentó una estructura de mezcla en la columna de agua con temperaturas inferiores a 14°C . Esta estructura de la columna de agua es frecuentemente alterada por el proceso de surgencia. En bahía Inglesa se detectó surgencias para los meses de octubre y febrero, mientras que para bahía Tongoy ocurrió en los meses de noviembre y enero, donde se observó un ascenso de aguas frías ($< 14^\circ\text{C}$), pobres en oxígeno ($< 3 \text{ ml/l}$) y ricas en nutrientes ($> 10 \mu\text{M}$ nitrato y $> 2 \mu\text{M}$ fosfato) hasta los 10 m de profundidad. Próximo a estos eventos de surgencia se presentaron altas biomásas fitoplanctónica ($> 10 \text{ mg/m}^3$ de clorofila "a") que se distribuye preferentemente entre los 5 y 15 m en la columna. Sin embargo, estas altas concentraciones de

clorofila "a" ($> 10 \text{ mg/m}^3$) se observan con mayor frecuencia en el tiempo, que los eventos de surgencia en ambas bahías. Cabe señalar que en los meses de septiembre y junio, para bahía Tongoy, se presentaron biomásas de 16 y 8 mg/m^3 de clorofila "a" respectivamente, sin que se haya observado durante este período procesos de surgencia, lo que indicaría, que también llega a la bahía altas biomásas de fitoplancton procedente desde el exterior.

Procesos inversos también fueron observados en períodos de 48 hrs, donde se reducen las concentraciones fitoplanctónicas, como lo detectado en bahía Tongoy el 14 de diciembre de 1994, con valores promedio de 1.14 kg/Há , disminuyendo a 0.15 Kg/Há el 16 de diciembre de 1994. Este proceso coincidió con la presencia de fuertes vientos del sur ($> 7 \text{ m/s}$), lo que estaría relacionado con la tasa de renovación de agua de la bahía, que es alrededor de un día en estas condiciones. Sin embargo, en las bahías existe además una tasa de producción que se origina en la propia bahía, la cual para los meses verano fué de 3.69 y $2.34 \text{ gr C m}^2/\text{día}$ para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente, valores puntuales que fueron inferiores a la productividad detectada durante un período de surgencia en bahía Concepción. En los meses de invierno la tasa de producción fue 0.56 y $0.14 \text{ gr C m}^2/\text{día}$ para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente.

La disponibilidad de alimento es alta, si se considera que un ostión adulto ($9-10 \text{ cm}$), con una tasa de ingestión de alrededor de 10 mg/h , tiene una oferta de alimento media de clorofila "a" (5.7 mg/m^3) para ambas bahías, las cuales presentan una biomasa microalgal 5.8 gr/m^3 . Actualmente el alimento disponible para los moluscos filtradores cultivados en estas bahías no sería un factor limitante. Esto se estaría confirmando con los resultados sobre crecimiento del ostión en bahía Tongoy entre 1981 a 1983, en que para alcanzar la talla de 9 cm se requería entre 14 a 15 meses. En 1994, en la misma área, se obtuvieron alrededor de 150 millones de semillas en engorda y el tiempo para llegar a 9 cm

fué de 14 a 16 meses, con un manejo de cultivo similar al realizado en 1983. En bahía Inglesa, los diferentes rangos de tallas del ostión, han conservado el crecimiento diario para las diferentes épocas del año durante los últimos cuatro años. Cabe señalar que a mediados de 1993, solo la empresa Cultivos Marinos Internacionales tenía en engorda en dicha bahía más de 80 millones de ostiones.

Los procesos de surgencia, además de llevar nutrientes a la superficie, aportan aguas pobres en oxígeno ($< 3 \text{ ml/l}$), elemento que puede ser limitante, especialmente en las épocas de primavera-verano cuando estos eventos son más frecuentes. El proceso de oxidación de las biodeposiciones es un factor relevante en la disponibilidad de oxígeno, sin embargo no reviste mayor preocupación debido a que las mayores concentraciones de sedimento orgánico que llegan al fondo son de $7.0 \text{ gr/m}^2/\text{día}$ y un índice promedio de oxidación de 9 MO/DO. Sin embargo estas condiciones no son de mayor relevancia por la alta tasa de renovación media de las bahías (3.5 días) y por la baja de oxígeno, especialmente a los 20 m de profundidad, por el proceso de surgencia.

El depósito de materia orgánica en el fondo marino del área de cultivo es menor a 30 mg/gr , valores que son muy inferiores a los 150 mg/gr encontrado en bahía Concepción. Esta baja acumulación de materia orgánica en las bahías Inglesa y Tongoy se debe a las fuertes corrientes de fondo, que en algunas ocasiones superan los 10 cm/s , transportando los sedimentos orgánicos a fondos más profundos (50 m), donde se detectaron concentraciones superiores a los 50 mg/g .

Los niveles de capacidad de carga para ostión, basados en los valores máximos de oxígeno disponible observados durante el período de estudio, a una velocidad de corriente de 3 cm/seg (velocidad considerada de mayor frecuencia en ambas bahías), son de $21,7 \text{ ton/Há}$ en Bahía Inglesa y de $12,3 \text{ ton/Há}$ en Tongoy.

Asimismo, en base a la oferta de alimento, los niveles máximos son de 25,58 ton/Há en Bahía Inglesa y de 12,10 ton/Há en Tongoy. Producto de un análisis de variaciones porcentuales positivas y negativas del orden de 5, 10 y 15 % de las variables relevantes consignadas en la metodología, se observó que el oxígeno es más relevante que el alimento; el cálculo de la capacidad basado en este elemento, arrojó una variabilidad de hasta 9,4 ton/Há en Bahía Inglesa y de 4,5 ton/Há en Tongoy. En relación al alimento dichas variaciones porcentuales se traducen en variaciones de hasta 8,8 ton/Há en Bahía Inglesa y de alrededor de 1 ton/Há en Tongoy.

Se verificó la no existencia de actividades económicas y de grupos humanos diferentes a la actividad de cultivo, que afecten directamente mediante el aporte de desechos, en las unidades de estudio.

INDICE GENERAL

| | Pág. |
|---------------------------------------|------|
| 1. OBJETIVO GENERAL | 1 |
| 2. OBJETIVOS ESPECIFICOS | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 2 |
| 4. METODOLOGIA DE TRABAJO | 14 |
| 5. RESULTADOS | 37 |
| 6. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS | 106 |
| 7. CONCLUSIONES | 113 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 115 |

ANEXOS:

Certificado de Calibración de Trampas de Sedimentación

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:

- Tabla 1 Fechas de muestreo de Bahía Tongoy y Bahía Inglesa
- Tabla 2 Promedios de Nitrógeno, Fósforo y Carbono particulado en la columna de agua 0-20 m para bahía Inglesa
- Tabla 3 Promedio de Nitrógeno, Fósforo y carbono particulado en la columna de agua 0-20 m para bahía Tongoy
- Tabla 4 *Argopecten purpuratus*. Resultados de tasa de filtración. Tasa ingestión, Eficiencia absorción, Tasa respiración y Tasa excreción para ejemplares de 4 tallas
- Tabla 5 *Ciona inestinalis*. Resultados de Tasa de filtración, Tasa ingestión, Ingestión orgánica, Eficiencia alimentación y Tasa de respiración para ejemplares de 1 gr y linterna con más de 6000 cionas

FIGURAS:

- Figura 1 Localización de las estaciones oceanográficas en Bahía Inglesa
- Figura 2 Distribución temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno
- Figura 3 Distribución temporal de los nitritos, nitratos y fosfatos
- Figura 4 Distribución temporal de la saturación de oxígeno, luz y clorofila "a"
- Figura 5 Distribución temporal del amonio y feofitina

- Figura 6 Temperatura de la columna de agua en Bahía Inglesa (23-24/9/94)
 Salinidad en la columna de agua en bahía Inglesa (23-24/9/94)
- Figura 7 Oxígeno en la columna de agua en Bahía Inglesa (23-24/9/94)
 Fluorescencia bahía Inglesa (23-24/09/94)
- Figura 8 Clorofila "a" integrada 0-20 m Bahía Inglesa
- Figura 9 Dirección del Viento en bahía Inglesa
- Figura 10 Velocidad del viento en Bahía Inglesa
- Figura 11 Dirección e intensidad de las corrientes a nivel de 10 m de profundidad en Bahía Inglesa
- Figura 12 Dirección e intensidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m
- Figura 13 Distribución superficial de la temperatura y salinidad
- Figura 14 Distribución de la temperatura y salinidad a nivel de 10 m
- Figura 15 Distribución superficial del oxígeno y saturación de oxígeno
- Figura 16 Distribución del oxígeno y saturación del oxígeno a nivel de 10 m
- Figura 17 Distribución superficial de los nitritos y nitratos
- Figura 18 Distribución de los nitritos y nitratos a nivel de 10 m
- Figura 19 Distribución superficial de los fosfatos y silicatos
- Figura 20 Distribución de los fosfatos y silicatos a nivel de 10 m
- Figura 21 Distribución superficial de la clorofila "a" y feofitina
- Figura 21 Distribución de la clorofila "a" y feofitina a nivel de 10 m

| | |
|--------------|---|
| Figura 23-24 | Distribución vertical de temperatura y salinidad Enero 1995 |
| Figura 25-26 | Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno |
| Figura 27-28 | Distribución vertical de nitrito y nitrato |
| Figura 29-30 | Distribución vertical de fosfato y silicato |
| Figura 31-32 | Distribución vertical de amonio |
| Figura 33-34 | Distribución vertical de clorofila "a" y feofitina |
| Figura 35 | Dirección e intensidad de las corrientes a nivel de 10 m en bahía Inglesa |
| Figura 36 | Dirección y velocidades de corrientes puntuales a 5 y 10 m |
| Figura 37 | Distribución superficial de temperatura y salinidad |
| Figura 38 | Distribución de temperatura y salinidad a 10 m. |
| Figura 39 | Distribución superficial de oxígeno y saturación de oxígeno |
| Figura 40 | Distribución de oxígeno y saturación de oxígeno a 10 m. |
| Figura 41 | Distribución superficial de nitrito y nitrato |
| Figura 42 | Distribución de nitrito y nitrato a 10 m. |
| Figura 43 | Distribución superficial de fosfato y silicato |
| Figura 44 | Distribución de fosfato y silicato a 10 m. |
| Figura 45 | Distribución superficial de clorofila "a" y feofitina |
| Figura 46 | Distribución de clorofila "a" y feofitina a 10 m. |
| Figura 47-48 | Distribución vertical de temperatura y salinidad |
| Figura 49-50 | Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno |
| Figura 51-52 | Distribución vertical de nitrito y nitrato |
| Figura 53-54 | Distribución vertical de fosfato y silicato |
| Figura 55-56 | Distribución vertical de amonio |
| Figura 57-58 | Distribución vertical de clorofila y feofitina |

- Figura 59 Producción primaria de Bahía Inglesa
- Figura 60 Localización de las estaciones oceanográficas en Bahía Tongoy
- Figura 61 Distribución temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno
- Figura 62 Distribución temporal de los nitritos, nitratos y fosfatos
- Figura 63 Distribución temporal de la saturación de oxígeno, luz y clorofila "a"
- Figura 64 Distribución temporal del amonio y feofitina
- Figura 65 Temperatura de la columna de agua en Bahía Tongoy (8-9/9/94)
Salinidad de la columna de agua en Bahía Tongoy (8-9/9/94)
- Figura 66 Oxígeno en la columna de agua en Bahía Tongoy (8-9/9/94)
Fluorescencia Bahía Tongoy 8-9/9/94
- Figura 67 Clorofila "a" integrada 0-20 m Bahía Tongoy
- Figura 68 Esfuerzo, Viento
- Figura 69 Dirección del viento (Diciembre 1994)
- Figura 70 Dirección y Velocidades de los vientos
- Figura 71 Dirección y velocidades de los vientos
- Figura 72 Dirección y velocidades de los vientos
- Figura 73 Dirección y velocidades de los vientos
- Figura 74 Dirección y velocidades de los vientos
- Figura 75 Corrientes - Tongoy
- Figura 76 Dirección e intensidad de las corrientes a nivel de 5 y 10 m en Bahía Tongoy
- Figura 77 Distribución superficial de la temperatura y salinidad
- Figura 78 Distribución de la temperatura y salinidad a nivel de 10 m
- Figura 79 Distribución superficial del oxígeno y saturación de oxígeno

| | |
|--------------|--|
| Figura 80 | Distribución del oxígeno y saturación de oxígeno a nivel de 10 m |
| Figura 81 | Distribución superficial de los nitritos y nitratos |
| Figura 82 | Distribución de los nitratos y nitritos a nivel de 10 m |
| Figura 83 | Distribución superficial del fosfato y silicato |
| Figura 84 | Distribución del fosfato y silicato a nivel de 10 m |
| Figura 85 | Distribución superficial de la clorofila "a" y feofitina |
| Figura 86 | Distribución de la clorofila "a" y feofitina a nivel de 10 m |
| Figura 87-88 | Distribución vertical de la temperatura y salinidad |
| Figura 89-90 | Distribución vertical del oxígeno y saturación de oxígeno |
| Figura 91-92 | Distribución vertical del nitrito y nitrato |
| Figura 93-94 | Distribución vertical del fosfato y silicato |
| Figura 95-96 | Distribución vertical del amonio |
| Figura 97-98 | Distribución vertical de la clorofila "a" y feofitina |
| Figura 99 | Dirección y velocidades de los vientos |
| Figura 100 | Dirección y velocidades de los vientos |
| Figura 101 | Dirección e intensidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m |
| Figura 102 | Distribución superficial de temperatura y salinidad |
| Figura 103 | Distribución de temperatura y salinidad a 10 m |
| Figura 104 | Distribución superficial de oxígeno y saturación de oxígeno |
| Figura 105 | Distribución de oxígeno y saturación de oxígeno a 10m |
| Figura 106 | Distribución superficial de nitrito y nitrato |
| Figura 107 | Distribución de nitrito y nitrato a 10 m |

- Figura 108 Distribución superficial de fosfato y silicato
- Figura 109 Distribución de fosfato y silicato a 10 m
- Figura 110 Distribución superficial de clorofila "a" y feofitina
- Figura 111 Distribución de clorofila "a" y feofitina a 10 m
- Figura 112-113 Distribución vertical temperatura y salinidad
- Figura 114-115 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno
- Figura 116-117 Distribución vertical de nitrito y nitrato
- Figura 118-119 Distribución vertical de fosfato y silicato
- Figura 120-121 Distribución vertical de amonio
- Figura 122-123 Distribución vertical de clorofila "a" y feofitina
- Figura 124 Producción primaria Bahía Tongoy (13 Diciembre 1994)
- Producción Primaria Bahía Tongoy 2/06/95
- Figura 125 Zona de cultivos y veriles de profundidad en Bahía Inglesa (III Región)
- Figura 126 Zona de cultivos y veriles de profundidad en Bahía Tongoy (IV Región)
- Figura 127 Oxígeno (I) y clorofila "a" (II) a 0 (a,e), 5 (b,f), 10 (c,g) y 20 (d,h) metros de profundidad
- Figura 128 Oxígeno a 0 (a,e), 5 (b), 10 (c,g) y 20 (d,h) metros de profundidad
- Figura 129 Clorofila "a" 0 (a,e), 5 (f), 10 (c,g) y 20 (d,h) metros de profundidad
- Figura 130 Clorofila "a" integrada (Kg/há)
- Figura 131 Clorofila "a" integrada (Kg/Há)
- Figura 132 Capacidad de carga, basado en oxígeno (a) y clorofila "a" (b) a diferentes velocidades de corriente, en Bahía Inglesa
- Figura 133 Capacidad de carga, basado en oxígeno (a) y clorofila "a" (b) a diferentes velocidades de corriente, en Bahía Tongoy

- Figura 134 Capacidad de carga mensual a 10 y 20 metros de profundidad y a diferentes velocidades de corriente, basado en el oxígeno (a,b) y clorofila "a" (c,d) en Bahía Inglesa
- Figura 135 Capacidad de carga mensual a 10 y 20 metros de profundidad y a diferentes velocidades de corriente, basado en el oxígeno (a,b) y clorofila "a" (c,d) en Bahía Tongoy
- Figura 136 Captura de heces y pseudoheces, M. orgánica, carbono, nitrógeno y fósforo
- Figura 137 Materia orgánica en sedimentos. Trampas de bahía Inglesa 1994-95
- Figura 138 Materia orgánica bahía inglesa 1994-1995
Carbono orgánico bahía Inglesa 1994-95
- Figura 139 Nitrógeno orgánico bahía Inglesa 1994-1995
Fósforo total bahía Inglesa 1994-95
- Figura 140 Materia orgánica en sedimentos en trampas bahía Tongoy 1994-95
- Figura 141 Materia orgánica bahía Tongoy 1994-95
Carbono orgánico bahía Tongoy 1994-95
- Figura 142 Nitrógeno orgánico bahía Tongoy 1994-95
Fósforo total bahía Tongoy 1994-95
- Figura 143 Distribución de Carbono orgánico y Materia orgánica en el sedimentos de bahía Tongoy
- Figura 144 Distribución de Nitrógeno orgánico y Fósforo en el sedimento de bahía Tongoy
- Figura 145 Tasa de crecimiento diario del Ostión. promedio de Bahía Inglesa y Bahía Tongoy

1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad de carga de Bahía Inglesa en la III Región y de Bahía Tongoy en la IV Región, con el propósito de disponer información actualizada y oportuna acerca del estado de situación biológica y pesquera de dichas bahías y de esta manera aplicar medidas de manejo que concilien las actividades acuícolas con sus respectivas capacidades de carga.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Diseñar y validar una metodología que permita estimar la capacidad de carga de Bahía Inglesa en la III Región y Tongoy en la IV Región.
- 2.2 Determinar la capacidad de carga (stock cultivable) de Bahía Inglesa y Tongoy respectivamente, mediante la aplicación de la metodología citada en el punto 5.1.
- 2.3 Estimar la proporción y cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno particulado) consumidos por los recursos bentónicos cultivados en Bahía Inglesa y Tongoy, respectivamente; así como la proporción y cantidad de nutrientes sedimentados y disueltos en el agua.
- 2.4 Estimar el stock de recursos bentónicos cultivables en Bahía Inglesa y Tongoy, respectivamente, considerando los siguientes supuestos técnicos:
 - a) Variaciones positivas y negativas del orden del 5%, 10% y 15% de variables ambientales relevantes consignadas en la metodología.
 - b) Variaciones positivas y negativas del orden del 10%, 20% y 30% del aporte de contaminantes y nutrientes

(nitrógeno) provenientes de centros urbanos o de agentes económicos ajenos a la acuicultura, o de sedimentos proveniente de los ríos.

2.5 Proponer un programa monitoreo de las variables físicas, químicas y biológicas, que afecten la capacidad de carga de las bahías.

2.6 Aplicar un modelo de simulación que considere las variables señaladas en el punto 5.5 anterior, para efectos de predicción.

3. ANTECEDENTES

3.1 Area de Estudio

El área de estudio está localizada en Bahía Inglesa ($27^{\circ} 03' 02,24''S - 70^{\circ} 51' 44,30''W$) y en Bahía Tongoy ($30^{\circ} 12' 13'' S - 71^{\circ} 34' W$) (Figs. 1 y 58).

3.2 Antecedentes Generales

El rápido desarrollo de la acuicultura a nivel mundial y nacional, ha generado la necesidad del conocimiento de los cuerpos de agua, mediante el estudio de diferentes parámetros ambientales, y posteriormente se ha intentado diseñar modelos y metodologías dirigidas a conocer la capacidad del medio, para asegurar la producción de organismos en cultivo. Debido a que las grandes agregaciones de organismos bentónicos pueden provocar un significativo impacto en los nutrientes y en el ciclo de energía en ecosistemas marinos someros (Boynton et al., 1980; Dame et al., 1980). Asimismo, los organismos filtradores de los bancos naturales, consumen grandes concentraciones de partículas en la columna de agua (Wright et al., 1982 ; Carlson

et al., 1984 ; Cohen et al., 1984; Fréchette y Bourget, 1985), y se piensa que actúan como controladores naturales de procesos de eutroficación en bahías semicerradas (Cloern, 1982 ; Officer et al., 1982).

Tasas de filtración en mitílidos, estimadas en laboratorio, señalan cantidades de 2 - 3 l/h por gramo de mitílido (Winter, 1987; Bayne y Newell, 1983). En sistemas bien mezclados como el Oosterchelde y en el mar de Wadden, los mitílidos pueden filtrar el volumen total de agua cada 4 a 7 días (Smaal et al., 1986; Dankers y Koelemaij, 1989). Asimismo, como producto de la alta tasa de filtración se producen heces y pseudoheces, conocidas como biodeposición, las que producen un enriquecimiento del sedimento con materia orgánica (Kautsky y Evans, 1987) y a la vez un incremento de la actividad microbiana con la consecuente reducción de las concentraciones de oxígeno disuelto (Tenore et al., 1982), además un aumento en la reducción del sulfato (Dahlbäck y Gunnarsson, 1981) y un aumento en la denitrificación (Kaspar et al., 1985).

Los primeros intentos de evaluar el impacto de la acuicultura, estuvieron dirigidos a calcular la capacidad de carga (Incze y Lutz, 1980; Incze et al., 1981; Rosenberg y Loo, 1983), teniendo presente que el aumento descontrolado de la densidad del stock, eventualmente reducirá las tasa de crecimiento y provocará alteraciones en el medio ambiente (Héral, 1987). Posteriormente, el énfasis se ha dado en modelar el impacto de los cultivos en relación a toda la dinámica del sistema, incluyendo aspectos tales como la competición por alimento (Hanson et al., 1986; Héral, 1987; Rodhouse y Roden, 1987) y el reciclamiento de nutrientes (Kaspar et al., 1985).

Una de las maneras de disminuir el riesgo y por lo tanto conocer de manera preliminar la capacidad de carga, es disponer de una base de datos de las condiciones ambientales y sobre el recurso

a bajos niveles de densidad, para luego ir progresivamente actualizando y acotando dichos cálculos, en la medida de que se aumenta la densidad de organismos y se disponga de la información relevante respecto a su comportamiento y a las condiciones del medio.

Canadá es un país que ha tenido una rápida expansión del cultivo de mitílidos, lo que ha llevado a hacer estimaciones de la capacidad de carga, considerando una densidad de organismos a la cuál se maximizan los niveles de producción, sin afectar negativamente las tasas de crecimiento (Carver y Mallet, 1990).

En estas estimaciones, se consideran como variables relevantes la oferta alimenticia del lugar y la demanda alimenticia de los organismos, en función de su tasa de filtración y de la concentración de alimento.

Al respecto, es importante considerar que los organismos en cultivo no son los únicos que disponen de la oferta alimenticia del lugar. Hanson et al., (1986), encontró que el zooplancton compite con los cultivos de moluscos por el alimento en la ría Arosa en España y Rodhouse y Roden (1987), estimó que el zooplancton herbívoro consume el 29 % de la producción anual de fitoplancton en Killary Harbour en Irlanda. En este sentido Rodhouse y Roden (1987) recomendaron que sólo el 50 % de la oferta alimenticia sea considerada para efectos de cultivo de mitílidos, de otra manera, predijeron "severas modificaciones en el medio ambiente y una disminución de la producción por unidad de área". De manera similar Incze et al., (1981), especificaron en su modelo de capacidad de carga, que los mitílidos deberían consumir sólo el 50 % de la oferta alimenticia disponible.

En las estimaciones de la capacidad de carga, es de suma importancia considerar el movimiento del agua, en términos de mantener una constante oferta de partículas para los organismos

filtradores en cultivos suspendidos (Incze et al., 1981; Rosenberg y Loo, 1983; Wildish y Kristmanson, 1984; Fréchette y Bourget, 1985). El patrón y la tasa de renovación de partículas varía dependiendo de la hidrografía del sistema. En los estuarios el movimiento de partículas es dominado por el flujo del río, mientras que en el interior de las zonas costeras, el movimiento de partículas está regido principalmente por las corrientes de mareas. En las bahías, en general, la producción primaria local puede constituir la mayor fuente de alimento (Rodhouse y Roden, 1987).

3.3 Antecedentes del recurso y áreas de estudio

En zonas costeras próximas a eventos de surgencia, la oferta alimenticia estará dominada en gran medida por este proceso, tal es el caso de las bahía de Tongoy aledaña a Punta Lengua de Vaca, zona ampliamente conocida por la presencia casi periódica de estos eventos, reportados por Alarcón, (1976); Neshyba y Méndez, (1976); Viviani, (1979); Espinoza et al., (1983); Uribe y Neshyba, (1983) y Acuña et al., (1988).

Este dinámico proceso, está definido por la presencia de aguas superficiales más frías en la superficie de la zona costera (Neshyba y Méndez, 1976; Espinoza et al., 1983). Esta masa de agua, corresponde al agua ecuatorial subsuperficial (AESS), la cual se caracteriza por presentar altos contenidos de nutrientes (Alarcón, 1976; Silva y Fonseca, 1983), pasando a ser factor responsable de la alta biomasa fitoplanctónica próxima a la costa en la zona de Coquimbo (Uribe y Neshyba, 1983; Boré et al., 1993).

Temperaturas superficiales del mar obtenidas por satélite y datos físicos y químicos, permiten confirmar la existencia de un gran centro de surgencia casi permanente frente a la zona de Coquimbo, proporcionando al sistema de bahías de la Región una

alta productividad primaria, la cual sustenta las pesquerías de la zona y un aumento cada vez mayor de los cultivos de bivalvos (Acuña et al., 1988). La presencia e intensidad de este proceso en bahía Inglesa, no esta aún definida debido a los escasos estudios realizado en esta área. Sin embargo, la aguas ubicadas frente a bahía Inglesa, se han considerado como pobres en biomasa fitoplanctónica, debido a una introducción hacia la costa de aguas oceánicas mas calidad y pobres en nutrientes (Avaria et al., 1982; Uribe y Castillo, 1982; Uribe y Neshyba 1983).

Los primeros estudios de manejo del recurso ostión en la bahía Tongoy, se inician en 1975 con una evaluación del banco el que cubría 3.059 há, con una densidad de 0.17 ost/m² y una biomasa total de 5.096 millones de ostiones (CIS, Universidad Católica del Norte 1975). Posteriormente se han realizado 6 evaluaciones, siendo la última en 1990 (Alarcón y Wolff 1991), donde se registró una cobertura de 1.431 há y una densidad de 0.16 ost/m² y una biomasa total de 2.313 millones de ostiones. Además de entregar cifras de biomasa también se realizó un importante estudio de calidad de substrato y macrofauna asociada al recurso ostión.

En 1981, se genera un catastro de las bahías aptas para el cultivo en la IV Región (Villanueva, 1982) en base a áreas con presencia de bancos naturales y zonas protegidas. Akaboshi e Illanes (1983), realizan las primeras experiencias en la captación de semilla, precultivo y cultivo del ostión del norte en Bahía Tongoy. Además, establecen las densidades de ostiones factibles a cultivar en sistemas suspendido a diferentes profundidades, en relación a la temperatura y transparencia del agua. Finalmente estos autores concluyen que el ostión del norte alcanza la talla comercial (9 cm.) en 14 a 15 meses. Similares estudios realizó Trench (1984) en Bahía Herradura, determinando

el número de ostiones por cm² en diferentes sistemas de cultivo y en relación a la profundidad obteniendo la talla comercial solo en 12 meses.

Estos resultados mostraron que el éxito de los cultivos de pectínidos y ostras van a depender de las técnicas de cultivos y a las condiciones ambientales especialmente a las variaciones de temperatura y biomasa microalgas que van a estar influyendo directamente en la tasa de crecimiento y madurez gonadal. Investigadores de la UC del Norte, quienes inician en Septiembre de 1981, un muestreo semanal hasta Noviembre de 1989, para conocer el recurso ostión del norte y su medio ambiente, en bahía Tongoy (Informe UCN 1990). Los resultados del presente estudio han sido ampliamente divulgados en congresos y talleres de trabajos, los cuales han sido aprovechados por los cultivadores del país; entre ellos se puede destacar tasas de crecimiento, épocas de desoves y registro larval con el objeto de instalar los colectores de semillas en el mar (Pereira et al 1987). Además de conocer las condiciones de El Niño, como favorables para la captación de semillas (Illanes et al 1973).

Durante 1986-87 el Instituto de Fomento Pesquero y la Universidad Católica del Norte (CORFO 1987), inician los estudios de repoblación de organismos bentónicos en un área piloto de la IV Región, logrando importantes resultados, que actualmente sirven para el diseño y manejo de corrales de fondo para el cultivo del ostión.

Alarcón y Wolff (1991), realizan un estudio biológico pesquero sobre el recurso Ostión de Bahía Tongoy, entregando las pautas de manejo de este recurso bentónico. Sin embargo, con el reciente Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura, gran parte de este banco natural que se encuentra en el fondo de las concesiones de acuicultura, pasa hacer propiedad de las empresas de cultivo, por lo tanto, el banco

natural será manejado con un interés netamente comercial.

La excelente captación de semillas de ostión (230 millones) registrada en bahía Tongoy en 1993, nos presenta una nueva problemática en el manejo de este recurso, debido a que en las 1703 há de concesiones solicitada en Tongoy, solo se podría cultivar 108 millones de ejemplares a talla comercial, si se considera tres líneas de cultivo o 75,000 ostiones por hectárea (Uribe, 1993), Esta sobre captación de semilla, obligado a muchos acuicultores vender este producto a acuicultores de otras bahías. Sin embargo, en bahía Tongoy se tiene un stock de ejemplares en cultivos superior a 150 millones, de los cuales mas de 50 millones se están cultivando experimentalmente en corrales de fondo (Inf. SERNAP).

Este programa de cultivo (> 150 millones de ostiones) que se esta realizando en bahía Tongoy (1993-94), nos mostrará por primera vez, si el alimento fitoplanctónico de esta bahía es suficiente, que se reflejara en mantener o disminuir las tasas de crecimiento histórico del ostión en esta área de cultivo. Además nos mostrará cual sería el impacto ambiental, especialmente en el bentos con una gran cantidad de heces y pseudoheces que se depositaran en el fondo tal vez con bajas de oxígeno y cambio de macrofauna asociada a este recurso. Similar situación esta ocurriendo en bahía Inglesa, que ya cuenta con un stock de ostiones en cultivo superior a lo estimado (45 millones de ejemplares).

Los estudios de producción primaria y fitoplancton realizados en las bahías de la III y IV Región son escasos y no se cuenta con la información suficiente, para definir la disponibilidad de alimento (fitoplancton) para organismos en cultivo tanto suspendido como de fondo. Por este motivo fue que en 1987-88 se inicio un estudio con un muestreo de alta frecuencia, para conocer mas sobre la dispersión y concentración de las

poblaciones fitoplanctónica en relación a ciclos de marea y cambios estacionales en un sistema de bahía (Uribe 1989), detectándose que la época de primavera-verano la variabilidad espacio-temporal del fitoplancton es muy alta y solo se puede conocer con un muestreo de alta frecuencia especialmente para la bahía La Herradura. (Richter 1991) Martínez (tesis 1993); Allende (tesis 1993) y Navarro (Tesis 1993) han realizados estudios en bahía Tongoy con el objetivo de conocer heterogeneidad espacio-temporal de las poblaciones fitoplanctónicas y producción primaria en relación a los nutrientes y estructuras físicas del ambiente y en especial en relación a los procesos de surgencias en la región.

Los resultados obtenidos en bases a estudios de alta frecuencia realizados en esta bahía, indican que el aporte de nutrientes desde el centro de surgencia ubicado en Pta. Lengua de Vaca es bastante alto ($>2.5 \mu\text{M PO}_4$; $>12 \mu\text{M NO}_3$) en época de invierno. Sin embargo, también existe un aporte de nuevas poblaciones fitoplanctónicas desde este centro de surgencia hacia la bahía, que representan biomasa superiores a 10 mg/m^3 de clorofila "a". La dinámica que imprime los vientos del sur y suroeste a las aguas en la bahía Tongoy, provocan un hundimiento de aguas superficiales con altas concentraciones microalgales hasta los 15 m de profundidad rompiendo fuertes termoclinas.

Estos fuertes vientos del sur en primavera, pueden renovar gran parte del agua de la bahía Tongoy, situación detectada por la desaparición del 90% de las larvas de ostión en menos de 48 hrs. Debido a estos resultados que los estudios futuros, se han propuestos con muestreos de alta frecuencia con el objeto de entender la dinámica física y biológica de la bahía Tongoy. Similar situación ocurriría con la dinámica de bahía Inglesa, debido a que en bahía Calderilla (Uribe y Heyn 19), mostró en las épocas de verano e invierno una alta heterogeneidad de las poblaciones fitoplanctónicas, similar a lo observado en bahía

La Herradura de la IV Región.

El conocimiento que se tiene del metabolismo y crecimiento en moluscos bivalvos en relación a los factores como temperatura, salinidad, oxígeno, cantidad y calidad de alimento, y velocidad de corriente lo han investigado muchos autores (His, 1977; Malouf y Breese, 1978; Winter, 1977, 1978, 1984; Navarro y Winter, 1982; Gerdes, 1983; Rivas y Masse, 1983; Heral et al 1984; Seeman, 1985; Martínez et al 1992; Martínez et al (en prensa) y Grizzle et al 1992).

Las relaciones y respuestas de los organismos con el medio ambiente son complejas, por lo que se deben analizar principalmente los factores que sean o puedan hacerse limitantes (Goldener et al 1988).

En este contexto, la temperatura es uno de los factores que provoca cambios en la fisiología de los organismos. His en 1977, demostró que la tasa de filtración en los moluscos bivalvos se ve afectada ya que a temperaturas altas, la tasa de filtración se eleva. Esto también fue demostrado por Rivas y Masse en 1983, los que concluyeron que tanto las altas como las bajas temperaturas afectan la tasa de filtración, igualmente observaron que la tasa de filtración disminuye a medida que aumenta la talla de los organismos. Por otra parte, Malouf y Breese en 1978 realizaron experiencias con *Crassostrea gigas* y demostraron que la temperatura es un factor que hace variar el crecimiento de los organismos.

Otro de los factores que altera el metabolismo es la velocidad de la corriente, este factor influye en las tasas de ingestión y biodeposición de los organismos. Wilson y Seed fide Winter (1978) demostraron que existe una relación entre el flujo y la eficiencia de retención del alimento. Malouf y Breese (1978), comprobaron que a flujos de corrientes muy lentas la capacidad

de crecimiento de *Crassostrea gigas* disminuye, concluyendo que a flujos entre 32-40 ml./ostra/minuto y a temperatura de 15 - 20°C, el crecimiento de los organismos se ve favorecido, lo que está relacionado con la cantidad de alimento que los organismos son capaces de filtrar del medio.

Winter en 1978, realizó una revisión crítica de factores que intervienen en la alimentación de moluscos bivalvos, concluyendo que los organismos no son capaces de seleccionar el alimento a filtrar, por lo que una alta concentración de partículas no nutritivas disminuye significativamente el crecimiento, observó también, que la alta concentración del alimento es un factor que se debe considerar en la Acuicultura, ya que una alta concentración de alimento no es sinónimo de un mejor crecimiento y que incluso podría ser negativa debido a la alta tasa de biodeposición (pseudoheces) producida por los organismos. La tasa de asimilación de los bivalvos se mantiene relativamente constante debido a una adecuación en la tasa de ingestión y eficiencia de asimilación en relación a la concentración en el medio (Winter, 1982; 1984).

Otro factor importante que está ligado a la temperatura, salinidad, concentración de fitoplancton, es el oxígeno disuelto, por lo que este factor es altamente variable en el medio acuático. Por lo demás, el oxígeno es un gas que debido a sus propiedades químicas, es limitativo en el medio ambiente acuático, debido a su baja solubilidad (Odum, 1971).

Es así que diversos autores han analizado la respuesta de los organismos ante diferentes concentraciones del oxígeno en el medio, demostrando que a bajas concentraciones de éste, los organismos bajan su metabolismo. En relación a la temperatura y salinidad, la solubilidad del oxígeno es inversamente proporcional ya que a una alta temperatura y alta salinidad, la solubilidad disminuye.

Mientras que el alimento no es en la mayoría de los casos un factor limitante, debido a las altas concentraciones de éste en el medio, no ocurre lo mismo con el oxígeno disuelto, el que debido al consumo tanto metabólico de los organismos cultivados como el consumido por la descomposición microbiana de las biodeposiciones se vuelve muchas veces en el primer causante de altas mortandades. En el caso de la bahía de Mutsu Bay en Japón donde se produjeron altas mortandades debido a la mezcla de aguas cenóticas (provocadas por la alta descomposición en el fondo) con las aguas de toda la columna. Ventanilla (1982) reportó que las altas mortandades ocurridas en 1975 en Mutsu Bay se debieron a las condiciones desfavorables del fondo.

En bahía Paracas (Perú), el año 1984, más del 90% de todos los organismos cultivados perecieron por falta de oxígeno (Wolff, 1986), similar experiencia se tuvo en bahía Mejillones en 1990, donde se registro un alta mortalidad de ostiones cultivados en Long-line (Sturla com. pers). Por lo tanto, los factores que principalmente están influyendo en el crecimiento de una población en cultivo son la temperatura, oxígeno, concentración de alimento y el flujo, los cuales están interactuando sobre los procesos fisiológicos de los organismos, provocando alteraciones en el crecimiento y en las tasas de biodeposición.

El suministro de oxígeno es vital para el mantenimiento y desarrollo de los organismos, elemento que debe considerarse como el factor preponderante para la evaluación de la capacidad de carga, especialmente en una bahía donde se realizan cultivos intensivos o lugares con poca circulación de agua, altamente productivas, pero también altamente inestable en su equilibrio ecológico si son utilizadas para la introducción masiva de organismos, situación que se ve en las bahías de la III y IV Región, con varazones de ostiones sin un motivo razonable.

Por otro lado las exigencias de oxígeno disuelto en el ambiente

marino están dadas por los heterotrófos, los que requieren del oxígeno para la descomposición de la materia orgánica por bacterias aeróbicas. Wolff (1986) señala, que los ostiones producen en un año 5 veces más su biomasa en biodeposiciones, por lo que el requerimiento de oxígeno es alto.

De acuerdo al punto anterior, es importante considerar el volumen de las biodeposiciones, ya que aparte de las altas exigencias de oxígeno, pueden provocar grandes pérdidas de la población cultivada por intoxicación debido a la producción de H_2S por descomposición de las biodeposiciones por bacterias anaeróbicas (Goldener et al, 1988).

Vélez (1980) señala que en bahías muy cerradas y de poco movimiento acuático, o en casos de contaminación puede formarse fácilmente ácido sulfídrico, que se disuelve en el agua y reemplaza paulatinamente al oxígeno disuelto con los consiguientes efectos sobre los organismos en cultivo. Para la construcción de un modelo de capacidad de carga se debería considerar, por lo tanto, al oxígeno como el factor limitativo y en base a los aportes y requerimientos de oxígeno en el lugar a cultivar, se determinará la capacidad que el sistema es capaz de soportar a través del tiempo, sin que ocurra un desequilibrio que pueda provocar la mortalidad de los organismos cultivados.

De acuerdo a los antecedentes señalados, las variables a considerar en el cálculo de la capacidad de carga biológica deberían apuntar a tres situaciones distintas, a saber: fuente de alimento, fuente de oxígeno para el metabolismo de los organismos y fuente de oxígeno para la demanda biológica del substrato por efecto de las biodeposiciones.

Se propone para la primera situación una ecuación que analiza cuántos organismos puede soportar el área, para que no se llegue

a un agotamiento de la fuente alimenticia productora de oxígeno (comunidad fitoplanctónica).

La ecuación propuesta consta de una fuente de demanda y dos fuentes de oferta de fitoplancton al sistema. La fuente de demanda se refiere a la tasa de filtración o consumo de fitoplancton por los organismos cultivados. Las fuentes de entrada o aportes están dadas por la duplicación del fitoplancton en el sistema y principalmente la entrada de fitoplancton por el flujo de agua que ingresa al sistema.

4. METODOLOGIA DE TRABAJO

A continuación se describe la metodología de trabajo por objetivos específicos y actividad.

4.1 Diseñar y validar una metodología que permita estimar la capacidad de carga de Bahía Inglesa y Tongoy.

El diseño metodológico para el cálculo de la capacidad de carga se desarrolló basado en la integración de los aspectos biológicos relativos a los recursos de interés, oceanográficos y meteorológicos que modifican las condiciones de las bahías y de los relativos a la disponibilidad de superficie en cada lugar.

En Bahía Inglesa y Tongoy existen tres recursos objeto de cultivo, estos son el ostión del norte, ostra del pacífico y el alga denominada pelillo. Sin embargo, en términos de valor de la producción, el más importante es el ostión del norte por lo cuál el cálculo de la capacidad de carga se ha hecho hacia este recurso.

El modelo de capacidad de carga, considera a las bahías como grandes estanques de una dinámica de producción equilibrada, en

que es preciso definir las entradas y salidas de los elementos orgánicos e inorgánicos, sus características bióticas y abióticas para poder conocer en parte los procesos y su dinámica.

Se define la capacidad de carga como la biomasa (en toneladas por hectárea), del recurso de talla comercial, que puede existir en un instante del cultivo, de acuerdo a la disponibilidad de alimento y condiciones ambientales.

Existen diversos modelos para el cálculo de la capacidad de carga en áreas costeras marinas. Sin embargo, la mayoría utiliza variables similares, principalmente consideran como factor limitante la disponibilidad de alimento, debido a que en general, la fase de crecimiento y engorda de moluscos bivalvos se realiza aprovechando las condiciones naturales del medio y supone el establecimiento de un equilibrio entre el alimento disponible y la biomasa posible de producir (Wildish and Kristmanson, 1987; Newell, 1987; Carver et al 1987; Thompson, 1989; Carver and Mallet, 1990; Smaal, 1991 y 1992; Heral, 1991; Frechette, 1991). Asimismo, Wolff (1994), aplicó a la bahía Tongoy un modelo trófico usando el software ECOPATH II, de Christensen y Pauly (1992), con el objetivo de determinar la capacidad de la bahía para cultivo suspendido del ostión del norte. Este modelo considera la Producción, Biomasa, Eficiencia ecotrófica, Mortalidad por predación, Otras mortalidades y Exportaciones de 17 grupos de organismos que habitan o están presentes frecuentemente en la bahía.

El modelo seleccionado para las bahías en estudio, considera la oferta de alimento, variable de vital importancia en cultivo de bivalvos, ya que este item es suministrado por el medio natural. Dicha oferta depende de variables ambientales, tales como corrientes, nutrientes, productividad primaria, etc.; por lo que su cuantificación adquiere gran relevancia para determinar la

magnitud que puede alcanzar el cultivo sin que se produzcan efectos negativos en los recursos cultivados. En el presente estudio se ha considerado como oferta de alimento, la disponibilidad de biomasa fitoplanctónica y la de materia orgánica.

Por otra parte, el oxígeno disponible también adquiere relevancia en la determinación de la capacidad de carga, ya que tiene un rol fundamental en los procesos biológicos de los recursos vivos, les permite respirar y por ende, desarrollar su metabolismo. Un análisis de los datos obtenidos en ambas bahías lo confirman, se observa en algunos casos, una baja importante de este elemento en profundidad.

La disponibilidad de oxígeno para el cultivo, depende de lo utilizado en los procesos biológicos de otros organismos y de los procesos de degradación de la materia orgánica existente en forma natural en el medio y de la generada por los organismos en cultivo (heces y pseudoheces). Finalmente es aplicable un criterio de nivel de base de oxígeno no utilizable de 5 mg/l (3.5 ml/l), asegurando de esta manera, una baja probabilidad de restricción de este elemento en algún momento del proceso productivo. Cabe señalar, que este criterio es utilizado para determinar capacidad de carga tanto en moluscos (chorito) como en peces (salmón) por Ledermann et al (1985) en los fiordos del sur de Chile, donde aplicó un nivel de 5,5 mg/l.

Otro aspecto importante, relacionado con la capacidad de carga, está dado por el comportamiento del recurso objetivo, su consumo de alimento diario, tasa de excreción y respiración, cuyo conocimiento permite completar las variables para la determinación de la capacidad de carga para cultivo.

El modelo en función del alimento disponible, requirió conocer también el comportamiento de la fauna acompañante,

considerándose de principal importancia en el cultivo de ostión el organismo denominado *Ciona intestinalis* en términos de la competencia por alimento y oxígeno, lo cuál fué evaluado en laboratorio, e incorporado en la metodología.

El modelo de capacidad de carga enunciado originalmente, así como otros desarrollados para moluscos bivalvos (Ledermann et al 1985; Brylinsky and Sephton, 1991; Grant and Thompson, 1989 y otros), están orientados específicamente para ambientes tipo fiordos, con comportamiento dinámico diferente a los que se han encontrado en bahías objeto del presente estudio.

Es así que, los resultados de los muestreos de las variables, ha exigido realizar algunas modificaciones a la metodología para el cálculo de capacidad de carga, como asimismo, establecer algunas restricciones sobre las cuales el modelo entrega respuestas.

La metodología fue validada en el transcurso del proyecto con los datos de los muestreos mensuales e intensivos de ambas bahías.

El aporte de desechos afecta la capacidad de carga de las bahías, por lo que se verificó la presencia de fuentes contaminantes de actividades económicas y de grupos humanos que pudiesen influir directamente sobre las unidades en estudio. Considerando que el mayor impacto en los cultivos y en la capacidad de carga de ambas bahías, lo tiene la descarga de aguas servidas, se procedió a tomar contacto con la Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo (ESSCO), en relación a Tongoy y la Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama (EMSSAT), para bahía Inglesa, con el fin de conocer los proyectos de disposición de agua potable y alcantarillado de dichas ciudades.

Un aspecto de gran relevancia en los modelos de capacidad de

carga lo constituye la determinación del tiempo de renovación del agua en las bahías así como el flujo de agua al interior de ellas.

Tasa de renovación

Asumiendo que el nivel del mar de las bahías no presenta variaciones significativas del en un período mayor que el de las mareas, el volumen de agua que entra debe ser igual al que sale, por lo que el tiempo de residencia o tasa de renovación de las aguas, estará dado por la expresión (Blanco et al, 1994):

$$\text{res} = \frac{\text{vol}}{\frac{1}{2} \text{ secc} * \text{corr}}$$

donde:

res = tiempo de residencia (días)

vol = volumen de agua al interior de la bahía (m³)

secc = área de la boca de la bahía (m²)

corr = velocidad de la corriente (m/día)

Tanto el área como la sección de la boca de las bahías se determinó en base a la carta náutica SHOA N°311 para bahía Inglesa y N°412 para Tongoy.

Los valores mínimos, máximos, media y moda de la velocidad de la corriente, se determinaron de las mediciones continuas obtenidas mediante correntómetro, durante los períodos de muestreo intensivo de verano y de invierno.

Estudio Biométrico del Ostión del norte.

Para conocer las relaciones biométricas del Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*), se seleccionaron ejemplares tallas entre 1,0 y 9,0 cm de largo provenientes del hatchery de la Unidad de

Producción del Centro Costero de Acuicultura de la Universidad Católica del Norte. Cada ejemplar fue medido en el eje ántero-posterior de la concha, posteriormente se dejó destilar por unos 10 minutos y luego se pesaron en una balanza Shimadzu EB 280 con una precisión de 1 mg. A continuación, se procedió a separar las partes blandas y se volvieron a pesar, para determinar el peso húmedo. Posteriormente las partes blandas se llevaron a una estufa de 60°C hasta lograr un peso constante para conocer el peso seco.

Tasa de Filtración.

La tasa de filtración que representa el volumen de agua libre de partículas que pasa por las branquias por unidad de tiempo (Winter 1978), se determinó a través de un método indirecto, el cual mide el descenso de la densidad de microalgas del medio experimental. Las mediciones fueron hechas con un contador de partículas Elzone 180 XY, equipado con un tubo de 120 μm de abertura. Los experimentos se realizaron en sistemas estáticos con un volumen de 10 l por un tiempo promedio de 6.5 horas y a una concentración de 30×10^6 cel/l. Se utilizaron 6 acuarios durante cada sesión de trabajo con ostiones de 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 gr de peso seco. De estos acuarios 5 de ellos contenían ostiones y 1 se utilizaba como control, conteniendo sólo *Isochrysis galbana*, la homogenización de los medios experimentales fue realizado a través de difusores de aire (Gonzalez 1995).

Una vez realizadas todas las mediciones se procedió al cálculo de la tasa de filtración, según la fórmula:

$$TF = \frac{(C_i - C_f)/C_i) \times V (l)}{T (h)}$$

Donde:

TF = Tasa de filtración

C_i = Concentración Inicial (30 x 10⁶ cel/l)

C_f = Concentración al tiempo de 1 hora

T = Tiempo

V = Volumen filtrado

Este procedimiento de cálculo, se repitió para cada hora de trabajo, utilizándose como resultado final de la tasa de filtración el promedio de dichas mediciones realizadas durante un experimento. (Gonzalez, 1995).

Además se procedió a evaluar la tasa de filtración del ostión del norte con fitoplanctón natural, con el objeto de conocer si esta especie presentan una selectividad específica, para luego hacer las correcciones a los resultados obtenido en laboratorio. Para este efecto, se colocaron 25 ostiones de un promedio de 35 mm de largo en un estanque de 20 litros, al cual se le agrego fitoplancton de la bahía Tongoy, obtenido con una red bicónica estandar de 35 micrones. Los registro para el cálculo de tasa de filtración se realizaron a los 0, 10 y 45 minutos. El fitoplancton fue posteriormente cuantificado por especie, bajo un microscopio invertido Shimadzu, siguiendo la técnicas de Utermöhl (1958), y la tasa de filtración fue calculada por algoritmo descrito anteriormente.

Tasa de Ingestión.

La tasa de ingestión, que representa la cantidad de alimento que es ingerido por unidad de tiempo, se obtuvo del producto entre la tasa de filtración y el valor del peso de *Isochrysis galbana*

a una concentración de 30×10^6 cel/l (González 1995). A partir de la tasa de ingestión se pudo determinar la tasa de ingestión orgánica, que se desprende de la siguiente fórmula:

$$\text{TIO} = \frac{\text{TI} \times \% \text{MOI}}{100}$$

Donde:

TIO = Tasa de Ingestión Orgánica (mg/h)

TI = Tasa de Ingestión (mg/h)

% MOI = Porcentaje de material orgánico presente en *I. galbana*

Eficiencia de Absorción.

La eficiencia de absorción se determinó utilizando el método de Conover (1966), que se basa en la asunción que sólo la fracción orgánica del alimento es absorbida por el organismo. Una vez terminados los experimentos de filtración, las fecas fueron retiradas de los acuarios con la ayuda de una pipeta y guardadas a -20°C hasta el momento de su análisis. Las fecas fueron filtradas a través de filtros millipore de $0.45 \mu\text{m}$, previamente pesados en una balanza Sartorius 2434, siendo lavadas con una solución isotónica de formato de amonio para eliminar las sales. Los filtros secados por espacio de 24 horas a 80°C , luego de lo cual fueron pesados nuevamente, para ser quemados finalmente en una mufla Naber (D-2804) a 500°C durante 3 horas y dejados en un desecador para ser pesados por última vez. De esta forma se obtuvo el peso seco total y el peso de la fracción orgánica e inorgánica presente en las fecas (González, 1995). Este mismo procedimiento fue utilizado para obtener el peso seco total, la fracción orgánica e inorgánica de *Isochrysis galbana*. Para la obtención de la eficiencia de absorción se utilizó la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{(F' - E) \times 100}{((1-E') F')}$$

Donde:

- EA = Eficiencia de absorción expresada como porcentaje
 F = Proporción de materia orgánica presente en el alimento
 E' = Proporción de materia orgánica presente en las fecas

Tasa de Absorción.

A partir de la eficiencia fue posible calcular la tasa de absorción según la siguiente fórmula:

$$TA = \frac{TIO \times EA}{100}$$

Donde:

- TA = Tasa de absorción (mg/h)
 TIO = Tasa de ingestión orgánica (mg/h)
 EA = Eficiencia de absorción (%)

Consumo de Oxígeno.

La tasa de respiración fue medida en cámaras selladas con volúmenes de 1,5 a 2,5 l, utilizando para ello un analizador paralográfico, donde la homogeneización de las cámaras fue realizado mediante un agitador magnético. Cada electrodo detecta la baja de la tensión de oxígeno presente en el medio, señal que es amplificada en un equipo ISY Modelo 53 y luego registrada gráficamente en un equipo Kipp & Zonen Bd (González, 1995). Antes de cada medición los ostiones fueron alimentados y dejados por espacio de 2 a 4 h dentro de las cámaras. Los valores del

consumo de oxígeno fueron transformados a equivalentes calóricos según Thompson & Bayne (1974) utilizando el factor $1 \text{ ml } O_2 = 19,9 \text{ J}$.

Tasa de Excreción.

La tasa de excreción se determinó colocando los ostiones previamente alimentados en envases de vidrio, cuidadosamente lavados con una solución de agua destilada y ácido clorhídrico fumante. Estos envases contenían agua de mar filtrada en volúmenes de 0,1 a 1,0 l, utilizándose uno de ellos sin animales como control. Las muestras y los controles fueron incubadas durante 4 horas, analizadas según el método calorimétrico de Solorzano (1969) y leídas en un espectrofotómetro Shimadzu (UV - 150-02) a 640 nm (González, 1995). Luego de realizadas las mediciones para cada salinidad la tasa de excreción se obtuvo según la fórmula:

$$TE = \frac{28 \times V \times \mu M}{T}$$

Donde:

28 = Factor

V = Volumen (l)

μM = Micromoles de Amonio

T = Tiempo (h)

Los resultados transformados a Joules corresponden a $1 \text{ mg } NH_4 = 24,85 \text{ J}$ (Elliot & Davison 1969).

Estudio biométrico de la *Ciona intestinalis*

Para conocer la relaciones biométricas de la *Ciona intestinalis* (L.), se seleccionaron ejemplares de distintos tamaños, los cuales fueron medidos por desplazamiento de volumen,

posteriormente se dejaron destilar por 10 minutos y se procedió a pesar en una balanza Shimadzu eb 280 para determinar el peso húmedo. Luego se colocaron en una estufa a 60°C, hasta lograr un peso constante para conocer el peso seco.

Tasa de filtración

La tasa de filtración se ha definido como el volumen de agua que es limpiado (filtrado) completamente de sus partículas, durante un tiempo determinado y depende principalmente del tamaño corporal del organismo (Navarro, 1983; Winter, 1973; Conover 1966; y Carver y Mallet 1990), está definida por la siguiente ecuación:

$$TF = a * W^b$$

donde:

TF = tasa de filtración (l/h)

W = peso seco de la carne del organismo (gr)

a = intercepto (valor absoluto de TF, para un organismo de 1,0 gr. de peso seco de la carne)

b = pendiente (aumento relativo de TF en relación al tamaño corporal)

Los ejemplares de *Ciona intestinalis* fueron colocados en recipientes plásticos con volumen conocido. Cada 30 minutos, por espacio de 2 hr, se tomó 1 ml del medio y se fijó con lugol para contar el número de células de *Isochrysis galbana* var *tahitiana* en el hematocitómetro. El cálculo de la tasa de filtración se realizó a través de la ecuación:

$$F = V \times (\ln C_i - \ln C_t) / T$$

Donde:

- V = volumen de agua
 Ci = concentración de microalgas inicial
 Ct = concentración de microalgas final
 T = diferencia de tiempo entre las tomas de muestra

Los resultados se expresaron en ml/hr/peso seco. De acuerdo a varios autores la tasa de filtración está influenciada por la oferta alimenticia y la velocidad del flujo.

Eficiencia de asimilación

Se define como el porcentaje del alimento ingerido que es incorporado por el organismo. De acuerdo a la experiencia en otras especies, la eficiencia de asimilación es independiente del tamaño corporal, pero dependiente de la oferta alimenticia.

Este parámetro se calcula mediante la diferencia entre la tasa de filtración y la tasa de excreción (Navarro op.cit.)

$$T.A. (\%) = a * W^b$$

$$E.A. (\%) = \frac{((T.F. - T.E.) * f) * 100}{TF}$$

donde:

- T.A. = tasa de asimilación en porcentaje
 W = peso seco de carne
 f = es un factor de corrección el cual será determinado en laboratorio.

Tasa de respiración

La tasa de respiración de *Ciona intestinalis* fue determinada utilizando una cámara sellada en la cual es colocado un ejemplar

de esta especie. Cada 15 minutos por espacio de una hora se midió el porcentaje de saturación de oxígeno dentro de la cámara mediante un oxigenómetro YSI modelo 53. Los resultados se expresaron finalmente en ml de O₂/hr/ peso seco. Una vez finalizada la experiencia los ejemplares fueron secados hasta peso constante, a 60 °C, a fin de determinar el peso seco.

El metabolismo estándar sumado a los procesos de filtración y digestión, la que en organismos filtradores se ajusta a la ecuación siguiente:

$$T.R. = a * W^b$$

donde:

T.R. = tasa de respiración (mg O₂/hora)

W = peso seco de la carne (mg.)

a = intercepto

b = pendiente

4.2. Determinar la capacidad de carga (stock cultivable) de Bahía Inglesa y Tongoy, respectivamente.

4.2.1. Plan de muestreo en Bahía Inglesa y Tongoy

Para determinar la capacidad de carga de ambas bahías, fue necesario su caracterización desde un punto de vista oceanográfico, lo que permitió conocer su dinámica y las variables más relevantes para el cálculo de capacidad de carga. Para ello, se planteó la ejecución de muestreos oceanográficos mensuales en cada bahía y dos muestreos intensivos, para verano e invierno respectivamente. Además durante todo el período de estudio se contó con estaciones meteorológicas automáticas ubicadas al oeste del Faro de

Punta Lengua de Vaca y en un promontorio de Punta Caldereta (Fig 1 y 60).

Muestreo mensual

Los muestreos mensuales se realizaron en las estaciones I6 para bahía Inglesa y T6 para bahía Tongoy (Fig 1 y 60). En estas estaciones se colectaron muestras y se registraron las variables biooceanográficas durante 24 hrs. Los intervalos de toma de muestras, fueron cada 4 hrs entre agosto 94 - enero 95 y cada 6 hrs entre febrero a julio del presente año. Este sistema de muestreo (yo-yo), permitió conocer la dinámica de las variables bióticas y abióticas en la columna de agua durante el ciclo de mareas, en distintas épocas del año (Tabla 1).

Los parámetros físicos medidos en las estaciones I6 y T6, fueron luz, temperatura, salinidad, corriente puntual y oxígeno disuelto. Mientras que los nutrientes registrados fueron: nitrato, nitrito, amonio, fosfato, silicato disuelto mas nitrógeno, fósforo y carbono particulado. Finalmente los parámetros biológicos medidos fueron clorofila "a", feofitina, fitoplancton cualitativo y cuantitativo de 0, 5, 10, 15 y 20 m. Además se hicieron registros de fluorescencia a cada metros de la columna de agua.

Muestreo intensivo

En ambas bahías se realizó un estudio intensivo para verano e invierno (Tabla 1), en 9 estaciones oceanográficas durante 15 días para cada muestreo (Fig 1 y 60). Esta metodología de toma de muestras, permite conocer la estructura y dinámica de los parámetros oceanográficos físicos, químicos y biológicos en condiciones climáticas anuales extremas.

Etapa 1

En las estaciones I6 y T7 (Fig. 1 y 60) se instaló un correntómetro Aanderaa a una profundidad de 10 m, durante 15 días en verano e invierno respectivamente, en ambas bahías. Este instrumento está equipado con sensor de temperatura del agua, además de registrar la magnitud y dirección de las corrientes cada hora. Cabe señalar que a esta profundidad se encuentra el 90% de los sistemas de cultivo de ostión. Además, durante este período de muestreo, se instalaron en las playas de ambas bahías en su sector central, estaciones meteorológicas automáticas.

Etapa 2

Esta etapa corresponde al muestreo en las 9 estaciones oceanográficas (Fig 1 y 60). El día 5, después de haber instalado el correntómetro en la estación I6 o T6 y estación meteorológica en la playa, se inició la toma de muestras por estaciones. Los días 5, 7 y 9 se realizó un muestreo en las nueve estaciones, mientras que los días 6 y 7 se obtuvo muestras de las estaciones 1, 6 y 7. En todo este período se midió con un correntómetro de lectura directa, la dirección y magnitud de las corrientes a las profundidades de 5, 10 y 20 m en todas las estaciones. Además se registraron perfiles de temperatura, salinidad y densidad de la columna de agua, mediante el uso de CTD, también penetración de la luz con un quantómetro y perfiles de fluorescencia mediante el uso de un fluorómetro. Cabe señalar, que durante el muestreo en bahía Tongoy, el que se realizó a bordo de la L/I Stella Maris II, se tomaron datos de magnitud y dirección del viento y temperatura del aire, mediante una estación metereológica Aanderaa que fue instalada abordo.

Los muestreos realizados los días 5, 7 y 9, se tomaron muestras de agua a las profundidades de 0, 5, 10, 20 y 40 m con botellas Niskin, dependiendo de las profundidades de las 9 estaciones. Mientras que el muestreo de los días 6 y 8, que corresponde a un corte oceanográfico, que involucra las estaciones 1, 6 y 7 para ambas bahías, se tomaron muestras de agua con botella Niskin a las profundidades de 0, 5, 10, 15, 20, 30 y 40 m. En ambos muestreos se midió temperatura, salinidad, oxígeno, nitrato, nitrito, amonio, silicato, clorofila "a", feofitina, fitoplancton cualitativo y cuantitativo. Se tomaron muestras de agua para la determinación de nitrógeno, fósforo y carbono particulado, solo en las estaciones 1, 6 y 7, realizadas en los días 6 y 8. Cabe señalar que los días 8 de cada muestreo intensivo en la estación I6 y T6 se realizó una evaluación de la producción primaria de la columna de agua con la metodología del radiocarbono con incubación in "situ".

Análisis de Muestras:

Instrumentos y métodos de medición

En ambas estaciones meteorológicas, se midió el viento con anemómetros R.M. Young, modelo Wind Sentry, con sistema digital de cuenta cuentas y veleta potenciométrica. Ambos sensores se ubicaron a 4 m de la superficie, aproximadamente, sobre un trípode anclado en su base. La información se promedió escalar y vectorialmente en períodos de 30 minutos, con un intervalo de 15 segundos, en "data-logger" Campbell.

Las mediciones de viento cerca del extremo sur de las correspondientes bahías, se realizaron durante los períodos de observación intensiva que se prolongaron por 5 días consecutivos en invierno y verano en cada una de las bahías.

Para ello se utilizó un anemómetro Aanderaa con almacenamiento de direcciones y promedios escalares de velocidad a cada hora en cinta magnética.

A las estaciones fijas se agregó en Tongoy la instalación de un anemómetro Heath de lectura digital directa sobre el L/I Stella Maris II. Las lecturas se registraron manualmente en el puente de mando a intervalos de 5 minutos durante las estaciones junto a la correspondiente lectura del compás de navegación. El anemómetro Heath se calibró previamente mediante comparación directa con las observaciones realizadas en Lengua de Vaca y se orientó de modo que el norte coincidiera con la proa del buque.

La salinidad fue determinado con un salinómetro de inducción Autolab 601 MIII. El contenido de oxígeno disuelto, mediante el método de Winkler y la temperatura con termógrafo y termómetro de inversión. El análisis de nitrato, amonio, fosfato y silicato mediante las técnicas estandarizadas de Strickland y Parsons (1972). La fluorescencia en vivo, con un fluorómetro Turner Design Modelo 10, con cubeta de flujo continuo. La penetración de luz en el mar RFA, mediante un cuantómetro sumergible plano Li Cor, 190 SB (λ). La clorofila "a" y feopigmento, mediante la metodología de fluorescencia descrita por Evans y O'Reilly (1983).

La estimación de la producción primaria en cada nivel de irradiancia se hizo mediante incubación de las muestras in situ con $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ y las determinaciones en un contador de centelleo Beckman LS 3801.

El análisis taxonómico fue efectuado mediante observación directa al microscopio de contraste de fase Zeiss, usando la literatura especializada de diatomeas y dinoflagelados. Mientras que la evaluación cualitativa y cuantitativa del

fitoplancton se realizó en un microscopio invertido Nikon Diaphot, siguiendo la metodología de Utermóhl (1958) y los resultados del análisis cuantitativo se expresan en células por mililitro y en gramos por litro, según método presentado por Avaria (1965).

Evaluación de heces y pseudoheces producidas por el ostión del norte

Se instalaron en cada piso de linterna de tamaño estándar, 25 ostiones, de tres diferentes rangos de tallas (2-3, 5-6 y 8-9 cm), a las profundidades de 5, 10 y 15 m en bahía Tongoy. Estas experiencias con sus respectivas replicas, se realizaron los días 12-13 de diciembre de 1994 y los días 23-24 de enero de 1995. Para coleccionar las heces y pseudoheces, producidas por los ostiones de las tres diferentes tallas, instaló bajo de cada piso de la linterna, " un cono de sedimentación", el cual fue retirado cada 24 hrs para su posterior análisis en laboratorio, donde se determinó: sedimento total, nitrógeno, fósforo, carbono orgánico y materia orgánica, con la metodología de Gravimetría; Strickland y Parson (1972); Gaudette y Fligght (1974).

Sedimentos que aportan los Centros de Cultivos

En cada bahía en estudio, se instalaron tres pares de trampas, las cuales fueron construidas con tubos PVC, cuyas dimensiones fueron 11 cm de diámetro y 77 cm de alto, adosándose a cada par de trampas una veleta, para que quedaran siempre expuesta a la corriente de manera de mantener su estabilidad. En la construcción e instalación de trampas se basó en la metodología de Wassmann y Heisknen 1988.

De estas tres pares en duplicado, dos de ellas fueron ubicadas en área de cultivo y una fuera de la zona de cultivos. Para bahía Inglesa: Estación 1 (27°06'49"S 70°52'03"O), Estación 2 (27°06'52"S 70°52'05"O) y Estación 3 (27°07'45"S 70°52'29"O) (Fig 1). Para bahía Tongoy se instalaron en la Estación 1 en la Lat 30°16'45"S y Long 71°34'56"O; Estación 2 (30°17'00"S 71°33'50"O) y Estación 3 ubicada en los 30°16'25"S 71°31'55"O (Fig 60). Todas estas trampas se instalaron a una profundidad de fondo de 20 m, quedando suspendida a 1 m sobre el fondo. Estas trampas permanecieron entre 2 a 3 días colectando sedimentos, el cual fue posterior retirado y análisis en laboratorio, donde se determinó: sedimento total, nitrógeno, fósforo, carbono orgánico y materia orgánica, con la metodología de Gravimetría, Strickland y Parson (1972); Gaudette y Fliggth (1974).

La calibración de estas trampas (Anexo 1), mostró una eficiencia de un 68.8%

Consumo de Oxígeno por el sedimento

La muestra para determinar consumo de oxígeno por el sedimento (COS) se obtuvo de las trampas de sedimentación. La porción líquida se extrajo por sifón y la materia orgánica del fondo se trasvasió a un frasco de 500 ml.

De la muestra original previamente homogenizada manualmente se toman alícuotas de 10, 15, 20, 25 y 30 ml por duplicado y se vierten en un matraz, donde se añoran a 200 ml con agua de mar filtrada a un micrón, la que previamente se airea por 30 min., luego uno de los matraces se fija de inmediato y el otro se incuba a 20° C en oscuridad por 5 días, al cabo de los cuales se determina su concentración mediante el método de Winkler (1888).

$$\text{COS real (ml/l)} = \frac{\text{COS}_1 - \text{COS}_5 * 100}{\text{ml alicuota}}$$

Los valores a utilizar para el COS real, serán aquellos en que la diferencia entre el valor inicial y el observado al cabo de 5 días estén entre el 40 y 70 % del valor inicial.

Sistema de Información Geográfica

Con el fin de visualizar en un contexto espacial el comportamiento de las variables relevantes, se representó la información obtenida de los muestreos intensivos de verano e invierno en mapas temáticos, mediante el uso del Sistema de Información Geográfico (SIG), IDRISI, desarrollado por la Universidad de Clark (Estados Unidos), el que permite el procesamiento, representación y análisis de la información.

Además de las variables relevantes, se representó, las profundidades de cada bahía (veriles) y el área cubierta por la zona de cultivos (Figs. 1 y 60).

La información utilizada para la representación de las variables relevantes corresponde al valor promedio por estación de muestreo, en superficie 5, 10 y 20 metros, obtenida en el muestreo intensivo de verano y de invierno. La información mensual no se ha representado ya que sólo refleja la situación de dichas variables en sólo un punto de muestreo (estación yo-yo).

Previo a su representación se evaluó estadísticamente la existencia de diferencias significativas entre los días de muestreo por profundidad, constatándose la no existencia de dichas diferencias.

Las imágenes han sido clasificadas, de acuerdo a una clasificación común para todas las profundidades y para ambas bahías, con el fin de hacer comparable la información.

El manejo de los datos se hizo a través del uso de la base de datos DBASE y de entidades gráficas vectoriales a través del SIG.

Para el uso del Sistema se requirió la digitalización de un mapa base de cada una de las bahías, el que se basó en la carta náutica N° 311 y 412 (del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada), para Bahía Inglesa y Bahía Tongoy respectivamente.

Determinación de la Capacidad de Carga.

Para el cálculo de la capacidad de carga se desarrolló un programa en lenguaje QBASIC, en el que se han incorporado al modelo, las ecuaciones de cálculo, factores y variables ambientales relevantes.

Los datos generales de entrada al modelo son los siguientes:

| | Bahía | |
|---------------------------|----------|----------|
| | Tongoy | Inglesa |
| Area (m ²) | 55.86E06 | 26.03E06 |
| Volumen (m ³) | 2.01E09 | 1.04E09 |
| Sección (m ²) | 2.05E05 | 2.61E05 |
| Longitud ostión (cm) | 10 | |

El cálculo de capacidad de carga se realizó para la situación de mayor y menor disponibilidad de oxígeno y alimento (biomasa fitoplanctónica, calculada en base a los niveles de clorofila "a"), observados durante el estudio. Asimismo, se consideró para la tasa de renovación una velocidad de corriente de 3cm/seg, por ser la de mayor frecuencia de ocurrencia. Dichos cálculos se realizaron considerando el valor de cada variable integrado entre 0 y 20 metros. Los niveles máximos y mínimos de oxígeno fueron de 1,87 ml/l (febrero) y de 6,53 ml/l (septiembre), en bahía Inglesa; de 3,47 ml/l (noviembre) y 7,74 ml/l (septiembre), en Tongoy. A su vez las concentraciones máximas y mínimas de clorofila "a", fueron de 2,46 mg/m³ (agosto) y 9,98 mg/m³ (octubre), en bahía Inglesa. En bahía Tongoy, los valores son de 1,09 mg/m³ (agosto) y de 17,82 mg/m³ (septiembre).

Cuantificación de la Producción de Especies Cultivadas

La Unidad de Investigación y Producción en Cultivos Marinos de la Universidad Católica del Norte dispone de un catastro de cultivo del ostión del norte y ostra del Pacífico, desde 1982, en que se considera las captaciones de semilla de ambiente natural y producción en hatchery, stock de juveniles en engorda y cosechas de ostiones de talla comercial, de las empresas ubicadas en la III y IV región. En el presente estudio, se actualizará dicha información para el año 1994. Además de considerar la información que dispone el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) de cada Región, por ser el organismo oficial sobre estadísticas de desembarque y producción en el país.

Además de recopilar la información correspondiente a producción del alga Gracilaria, proveniente de cultivos, de las bahías en estudio.

4.3 Estimar el stock de recursos bentónicos cultivables en Bahía Inglesa y Tongoy, respectivamente, considerando los siguientes supuestos técnicos:

- a) variaciones positivas y negativas del orden del 5, 10 y 15 %, de variables ambientales relevantes consignadas en la metodología.
- b) variaciones positivas y negativas del orden del 10, 20, y 30 % del aporte de contaminantes y nutrientes (nitrógeno), provenientes de centros urbanos o de agentes económicos ajenos a la acuicultura, o de sedimentos provenientes de los ríos.

Este objetivo ha sido realizado una vez ajustada la metodología planteada y calculado las capacidades de carga de cada bahía. Para lo cuál, se ha realizado siguiendo un pauteo de simulación en función de la variación porcentual establecida.

Para el punto a), la simulación se basó en los niveles de mayor y menor disponibilidad de biomasa fitoplanctónica y oxígeno observados durante el período de estudio en cada bahía; dichos valores han sido señalados en el punto anterior.

Las velocidad de corriente considerada para este análisis, fue de 3 cm/seg, por ser la de mayor frecuencia de ocurrencia en ambas bahías.

Para el punto b) se estimó un ingreso potencial de materia orgánica producto de aguas servidas, para ello se consideró para Bahía Inglesa una población de 33.639 habitantes en verano, cifra entregada por EMSAAT de una encuesta de flujo turístico del año 1994; la población de invierno se estimó en 292 habitantes y corresponde al doble de la población de invierno obtenida en el censo de 1992. Para Bahía Tongoy se consideró una

población de 14.120 habitantes en verano y de 4.942 en invierno, cifras entregadas por ESSCO (Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo), para 1994.

El cálculo del consumo de oxígeno por degradación de materia orgánica que entraría al sistema por aguas servidas, se realizó considerando el valor de DBO de 19 kg/persona/año, factor entregado para estos efectos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

4.4 Aplicar un modelo de simulación que considere las variables para efectos de predicción.

En base a la metodología de cálculo propuesta y los valores de oxígeno y biomasa fitoplanctónica mensual obtenida a las profundidades de 10 y 20 metros, se realizó una simulación del cálculo de capacidad de carga.

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se entregan por objetivos específicos y actividad.

5.1 Diseñar y validar una metodología que permita estimar la capacidad de carga de bahías Inglesa y Tongoy.

5.1.1 Capacidad de carga en función del oxígeno disponible

a) Supuestos y limitantes

En este caso, se establece el supuesto que el oxígeno medido durante los muestreos corresponde a aquél no utilizado por los procesos biológicos y químicos, que se desarrollan en el

área objetivo antes de la intervención de la actividad a implantar, es decir en este caso, el cultivo suspendido de ostiones.

El oxígeno así disponible, no lo es en forma completa, pues aquí se asume un segundo supuesto que establece que un nivel de oxígeno disuelto de 5 mg/l no será utilizado para el cultivo, como norma general para establecer un umbral de seguridad y mitigación de efectos negativos ante posibles disminuciones puntuales de la tensión de este elemento en el medio.

Por otra parte, el cultivo no utiliza toda la columna de agua, es decir desde superficie a fondo, sino se sitúa en un nivel intermedio y superior a los 20 m. De esta forma, el cálculo de capacidad se realiza considerando el volumen del cuerpo de agua hasta 20 m de profundidad.

Entonces, el número de individuos estará dado por el oxígeno disponible (od) dividido por los consumos, tales como: tasa de respiración del ostión (gr/d) (tro), tasa de respiración de la ciona (gr/d) (trc), consumo de oxígeno por excreción (gr/d) (comex) y consumo de oxígeno por materia orgánica (gr/d) (como).

$$ni = \frac{od}{(tro + trc + comex + como)}$$

$$od = vol_{20} * ((ox * 1.428) - 5) / ren$$

$$comex = (tex / o2mo) / 1000$$

$$como = (3.5 / profme) / o2mo$$

$$tro = (.63 * w^{0.49}) * 1.428 * 24 / 1000$$

$$trc = 4.4 * tro$$

donde:

ren = tasa de renovación del agua (d)

o2mo = 9 mg/l = materia orgánica que degrada 1 mg/l

profme = 15 m = profundidad media

vol₂₀ = volumen de 0 a 20 metros = área * profme

tex = tasa de excreción, la que esta dada por:

$$\text{tex} = (20.4 * w^{0.67}) * 24 / 1000000$$

5.1.2 Capacidad de carga por alimento

a) Supuestos y limitantes

Al igual que en el caso anterior, existe el supuesto que el alimento disponible corresponde al no utilizado por los organismos existentes en el área objetivo, antes del desarrollo de la actividad.

De acuerdo al estudio de CORFO (1981), se asume que solo el 8 % del fitoplancton disponible, estaría siendo realmente utilizado por los organismos filtradores.

El número de individuos estará dado por el alimento disponible (ad) dividido por los consumos, los que están dados por el consumo de alimento diario del ostión (cado) y de la ciona (cadc).

$$n_i = \frac{\text{ad}}{(\text{cado} + \text{cadc})}$$

donde:

$$\text{ad} = \text{vol}_{20} * (\text{moc} + (\text{bmo} * 8\%)) / \text{ren}$$

$$\text{cado} = (2.2 * w^{0.8}) * 24 / 1000$$

$$\text{cadc} = 0.33 * \text{cado}$$

ren = tasa de renovación del agua (d)

moc = 3.5 = materia orgánica en la columna de agua

bmo = biomasa fitoplanctónica seca (gr/d)

$$bmo = 1.371 * cl_n - 2.043$$

La biomasa por hectárea (bih) en toneladas esta dada por:

$$bih = bio * 10000 / \text{área}$$

donde bio es la biomasa total (ton) para la bahía

$$bi = ni * wh / 1000000$$

ni es el número de individuos y wh el peso húmedo (gr) de un ostión de tamaño comercial, sin valvas.

La determinación del tiempo renovación del agua en ambas bahías, así como el flujo hacia el interior de cada una de ellas, ha sido hecha a través de medición directa de corrientes, obviando el criterio de cálculo del prisma mareal, en atención a que la diferencia entre las altas y bajas mareas es estrecha (inferiores a 1 m), la circulación principal en el sistema no está regulado por las mismas.

El cálculo de tiempo de residencia para ambas Bahías es el siguiente:

| | Bahía | | | |
|---------------------------|----------|--------|----------|--------|
| | Tongoy | | Inglesa | |
| Area (m ²) | 55.86E06 | | 26.03E06 | |
| Volumen (m ³) | 2.01E09 | | 1.04E09 | |
| Sección (m ²) | 2.05E05 | | 2.61E05 | |
| | corr | res | corr | res |
| | (cm/s) | (días) | (cm/s) | (días) |
| Verano | | | | |
| mínimo | 1.4 | 16.0 | 1.1 | 8.3 |
| moda | 3.5 | 6.5 | 3.0 | 3.1 |
| media | 5.0 | 4.6 | 3.7 | 2.5 |
| máxima | 15.6 | 1.5 | 9.2 | 1.0 |
| Invierno | | | | |
| mínimo | 1.1 | 20.6 | 1.4 | 6.6 |
| moda | 1.8 | 12.6 | 2.4 | 3.8 |
| media | 2.1 | 11.0 | 2.7 | 3.4 |
| máxima | 4.3 | 5.3 | 7.5 | 1.2 |

Existe una gran diferencia de las velocidades de la corriente entre los períodos de invierno y verano en ambas bahías, siendo notoriamente mas intensas en la época de verano. Dado que el tiempo de residencia es función directa de la velocidad de la corriente, este también presenta una gran variabilidad a través del año.

Utilizando los valores de corriente mas frecuentes, el tiempo de residencia modal para bahía Tongoy estaría entre 6 y 12 días y para bahía Inglesa entre 3 y 4 días, estos

valores se encuentran en el rango de los calculados para bahía Concepción (Mesias y Salinas, 1986).

5.1.3 Cuantificación de los desechos aportados por actividades económicas y de grupos humanos que influyan directamente sobre las unidades de estudio.

La cuantificación de los desechos aportados por actividades económicas y de grupos humanos que influyen directamente sobre las unidades de estudio, en ambas bahías no existen actividades de tipo industrial o de grupos humanos, externos a la actividad de cultivo que puedan afectar directamente las unidades de estudio, lo cuál fué corroborado por visitas a terreno y confirmado por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAP) de la III y de la IV Región.

En términos de la capacidad de carga, los principales efectos pueden producirse por la descarga de materia orgánica, debido al aporte de nutrientes y el consumo de oxígeno necesario para su degradación. En este sentido, los principales aportes de materia orgánica a la zona costera se producen por las descargas de alcantarillado. Sin embargo, actualmente Tongoy y bahía Inglesa, no cuentan con un sistema de alcantarillado público y la mayoría de las viviendas tienen fosas sépticas (con el efluente descargando a pozos absorbentes o drenajes) o pozos negros.

Según la Empresa de Servicios Sanitarios de Coquimbo (ESSCO), (Torres com pers.), dentro de los próximos dos años se formalizaría el establecimiento de agua potable para Tongoy y por ende el alcantarillado. Tanto para Tongoy como para bahía Inglesa, las Empresas Sanitarias correspondientes han financiado estudios para definir desde el punto de vista ambiental y económico, la mejor alternativa de tratamiento

y/o disposición de las aguas servidas. El estudio para Tongoy (ICSA, 1992), el cuál está enfocado también a dar solución a la bahía de Guanaqueros, señala que la problemática de tratamiento y disposición final de los efluentes constituye un aspecto de particular relevancia debido a las actividades de cultivo y de turismo que se realizan en dichas bahías, motivo por el cuál, después de realizados los estudios de disposición de las aguas servidas se concluyó que "La solución mediante disposición marina de los efluentes, se contrapone técnica y económicamente con las actividades actualmente concesionadas en dichas áreas, ya que para Tongoy, el cumplir con las exigencias para efectos del cultivo de especies marinas implicaría un emisario (sin grado de seguridad apropiado), de una longitud mayor de 2.000 m lo que lo hace inviable". De esta manera, se evaluaron alternativas de tratamiento previo a la disposición final del efluente.

El sistema de tratamiento seleccionado después de la evaluación de varias alternativas, es el de lagunas de estabilización facultativas, el cuál según se señala es un método de reconocida ventaja cuando existe terreno suficiente como en el presente caso. También existe una adecuada experiencia operacional y constructiva del sistema. Son estéticamente adecuadas y proveen un recurso hídrico de buena calidad, susceptible de ser usado para fines de riego.

Para bahía Inglesa (Véliz com. pers.) se tiene una solución similar a la planteada para Tongoy; por lo tanto, de concretarse las soluciones de tratamiento de aguas servidas planteadas en los estudios realizados al respecto, no habrían descargas de este tipo a ninguna de las dos bahías.

Cabe señalar que en estas bahías existe actividad pesquera artesanal, la cuál aporta con desechos de tipo orgánico. Asimismo existe descarga de desechos orgánicos de la actividad de cultivo, producto de las faenas de limpieza y cosecha, la que merece ser evaluada.

5.2 Determinar la capacidad de carga (stock cultivable) de bahía Inglesa y bahía Tongoy, respectivamente, mediante la aplicación de la metodología citada.

5.2.1. Plan de muestreo de Bahía Inglesa y Tongoy

El 22 de agosto se inició el muestreo en Tongoy, con la estación yo-yo, localizada en $30^{\circ}16'16''\text{S} - 71^{\circ}31'40''\text{O}$ y el 26 del mismo mes en bahía Inglesa ($27^{\circ}06'42''\text{S} - 70^{\circ}52'24''\text{O}$), con el objeto de evaluar la variabilidad de los parámetros abióticos y bióticos en relación a los ciclos de mareas (Tabla 1).

BAHIA INGLESA

Variación temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno

La variación temporal de temperatura, muestra un calentamiento de la columna de agua, el que comienza en el mes de octubre (14°C) y dura aproximadamente hasta el mes de marzo (17°C), donde posteriormente comienza a enfriarse la columna de agua. En este cambio temporal, se puede apreciar el paso desde una estructura térmica de mezcla invernal a una estructura de estratificación térmica de la columna de 0 a 20 m, hasta el mes de marzo. Desde esta última fecha, vuelve un nuevo ciclo de estructura de mezcla. Cabe señalar que durante el verano se presentan ascenso de aguas de baja temperatura ($< 14^{\circ}\text{C}$) hasta los 10 m durante el mes de febrero (Fig 2).

La variación temporal de salinidad, muestra en general una columna de agua homogénea con valores que fluctúan entre 34.65 a 34.85 psu, observándose un aumento de ésta, desde agosto a octubre donde alcanza su máximo valor (34.85 psu), salinidad que posteriormente comienza a disminuir, detectándose los menores valores (< 34.55 psu) desde marzo a junio. Cabe señalar, que en mes de febrero al igual que la estructura térmica, se presenta un ascenso de aguas de mayor salinidad (> 34.70 psu) (Fig 2).

Oxígeno disuelto presenta en general una capa superficial bien oxigenada (> 5.0 ml/l), disminuyendo su concentración en profundidad (< 3.0 ml/l), observándose el ascenso hasta los 10 m de aguas pobre en este elemento (< 2 ml/l) especialmente el mes de octubre y febrero. Cabe señalar, que en los meses de invierno la columna de agua de superficie a los 20 m, presenta valores homogéneos y superiores a 5 ml/l de oxígeno disuelto (Fig.2)

Variación temporal del nitrito, nitrato y fosfato

El contenido de nitrito en la columna de agua presenta una distribución homogénea, con concentraciones que disminuyen desde agosto ($> 0.5 \mu\text{M}$) a enero ($< 0.1 \mu\text{M}$), valores que vuelven a incrementar ($> 0.5 \mu\text{M}$) en el mes de febrero y posteriormente vuelven a disminuir a menores de $0.2 \mu\text{M}$ de nitrito a partir del mes de mayo (Fig 3).

La variación temporal de nitrato presenta ciclos de alta y baja concentración, observándose los ciclos de alta concentración en los meses de agosto, octubre-noviembre y mes de febrero ($> 10 \mu\text{M}$), mientras que los menores valores ($2 \mu\text{M}$) se presentaron en el mes de enero sobre los 10 m y abril en toda la columna de agua (Fig 3).

Respecto a fosfato, este presenta el mismo patrón de distribución que nitrato, con los mayores valores en agosto ($>2 \mu\text{M}$), mientras que las menores concentraciones ($<0.5 \mu\text{M}$), se detectan a partir de mes de enero hasta junio. Cabe señalar que sobre los 10 m entre enero y febrero los valores de fosfato se aproximan a $0 \mu\text{M}$ (Fig 3).

Variación temporal de la saturación de oxígeno, penetración de luz y clorofila "a".

La variación temporal de la saturación de oxígeno, presentan valores superiores al 100% generalmente sobre los 10 m, especialmente en los meses de enero-febrero donde supera los 160 % Estos altos valores de saturación se ven interrumpidos por ascenso de aguas de baja concentración en los meses de octubre ($<60\%$) y febrero ($<40\%$). Estos porcentaje de saturación vuelven aproximarse al 100% en los meses de invierno (Fig 4).

La variación temporal de la penetración de la luz en la columna de agua no presenta un ciclo estacional, ya que valores mayores a $500 \text{ uE m}^{-2}\text{s}^{-1}$, se observan sobre los 5 m de profundidad en todo el período de estudio, a excepción mayo a junio. Estos valores van disminuyendo mas rápidamente hacia profundidad, especialmente en los meses de febrero a abril donde se registró valores menores a $5 \text{ uEm}^{-2}\text{s}^{-1}$ bajo los 10 m de profundidad (Fig 4).

La variación temporal de clorofila "a", presenta sus mayores concentraciones ($> 10 \text{ mg/m}^3$) en la columna de agua en mes de octubre y sobre los 10 m entre diciembre a marzo. Las menores concentraciones ($<2 \text{ mg}^3$) de este pigmento fotosintético se detectan en los meses de invierno y en febrero con el ascenso de aguas subsuperficiales (Fig 4).

Variación temporal del silicato, amonio y feofitina

Las concentraciones de silicato fluctúan entre menos de $5 \mu\text{M}$ a valores mayores de $20 \mu\text{M}$ durante el período de estudio. Este nutrientes incrementa sus valores en la columna de agua a partir de octubre ($> 10 \mu\text{M}$) hasta el mes de marzo, época donde el silicato se reduce a valores menores de $5 \mu\text{M}$, los cuales se mantienen hasta es mes de mayo, donde vuelven a incrementar en hasta el mes de julio ($> 10 \mu\text{M}$). Cabe señalar que las mayores concentraciones de silicato ($> 20 \mu\text{M}$) se presentan en octubre y febrero con el ascenso a de aguas subsuperficiales hasta los 10 m, mientras que los menores valores ($< 5 \mu\text{M}$) registrados se encuentran en superficie en los meses de agosto, noviembre y febrero (Fig 5).

El amonio no presenta un ciclo temporal, ya que los mayores valores ($> 1.5 \mu\text{M}$) se detectaron en los meses de agosto y diciembre, mientras que las menores concentraciones ($< 0.5 \mu\text{M}$) se presentan en toda la columna de agua durante gran parte del período de estudio (Fig 5).

Los valores de feofitina presentan una distribución estacional, y sus mayores valores ($> 4 \text{ mg/m}^3$) se registraron en el mes de diciembre a marzo. Concentraciones que bajan a menos de 2 mg/m^3 en meses de invierno y cuando se presentan ascenso de aguas subsuperficiales (Fig 5).

Fluctuaciones de los parámetros abióticos y bióticos por efectos de las mareas

Las series de tiempos de las variables físicas, químicas y biológicas presentadas en las figuras 2 a 5 fueron confeccionadas con los promedios de los 6 y 4 registros obtenidos en el día de muestreo. Esta gran cantidad de datos

obtenidos en un día, se debió a la detección del efecto de las naturales fluctuaciones ambientales producidas en la bahía diariamente, donde se consideró los efectos de las mareas. Los registros de temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia en la columna de agua para el mes de septiembre y clorofila integrada (0-20m) de los meses agosto, septiembre y octubre, se analizan para detectar si las variables observadas están sujetas a los efectos de mareas.

Temperatura y salinidad

Durante el mes de septiembre los valores de temperatura presentaron una fluctuación entre 14.7 a 15.0°C en los 5m de profundidad durante las 24 horas de muestreo. Estos valores fueron gradualmente disminuyendo hacia los 20 m donde presentaron una fluctuación de entre los 14,5°C a las 16:15 hrs y 14,0°C a las 23:50 hrs (Fig 6). Mientras que los valores de salinidad fluctuaron entre 34.63 y 34.71 psu en la columna de agua y durante las 24 horas de muestreo (Fig 6).

Oxígeno y fluorescencia

Los valores de oxígeno a los 5 m, presentaron una fluctuación entre los 5.8 ml/l a las 12:25 hrs a 8.7 ml/l a las 16:15 hrs. Estos valores fueron disminuyendo gradualmente a los 20 m de profundidad, donde este elemento presentó una fluctuación de sus concentraciones de 4.7 ml/l a las 12:25 hrs a 6.2 ml/l a las 04:20 hrs (Fig 7). Los valores relativos de fluorescencia se registraron cada 1m en la columna de agua. Al igual que las variables anteriores los mayores valores, se detectaron en superficie donde presentaron una fluctuación entre 0.012 a las 08:21 hrs a 0.022 a las 16:48 hrs. Estos valores fueron disminuyendo

gradualmente hacia profundidad, donde a los 20 m se detectó el menor valor de fluorescencia relativa de 0.003 a las 08:21 hrs a 0.011 a las 16:48 hrs (Fig 7).

Clorofila "a" integrada 0-20m

La clorofila "a" activa integrada, entre superficie y los 20 para los meses de agosto, septiembre y octubre, presenta las menores concentraciones en el mes de agosto (4.48 mg/m^2) y las mayores en el mes de octubre con 285.86 mg/m^2 (Fig 8). En general se puede observar que las mayores concentraciones de este pigmento integrado, se presentan a las 16:00 y 20:00 hrs y las menores a las 08:00 y 12:00 hrs. Esta variabilidad de los valores físicos, químicos y biológicos que presentan durante un día de estudio, no presentan una relación con el ciclo semidiurno de marea.

Muestreo intensivo de verano, bahía Inglesa.

Bahía Inglesa fue estudiada entre el 3 y 13 de enero, con un muestreo intensivo de vientos, corrientes y 9 estaciones oceanográficas (Fig 1).

Registros de Vientos.

La comparación de los vientos entre Caldereta y bahía Inglesa, se detalla para el período comprendido entre los días 3 y 13 de enero de 1995 (caso de verano) (Fig 9 y 10) y entre los días 14 y 22 de Junio de 1995 (invierno), correspondientes a días julianos 165 a 173.

Mediciones de Verano

- a) Durante este período, la marcha del SES muestra dos ciclos completos de refuerzo/relajación.

Períodos de surgencia/relajación: Los valores diarios del seudoefuerzo superficial del viento, mostraron valores máximos los días 6 (15) y 7 (8). Por otra parte, valores mínimos del seudoefuerzo diario fueron obtenidos los días 9 (0) y 11 (-1)

- b) Direcciones y velocidades dominantes en bahía Inglesa: Los vientos registrados en la estación fija de bahía Inglesa, muestran una ocurrencia de velocidades máximas del NNW (340-350) entre las 15 y 20 horas con velocidades en torno a los 5 m/s para todos los días muestreados, excepto durante la ocurrencia del evento de viento en que el máximo ocurre alrededor de las 23 horas con valores de 6 m/s y direcciones del SW (240).
- c) Direcciones y velocidades dominantes en Punta Caldereta: Esta estación presenta máximo también de 5 m/s, pero desde el W (270) entre las 13 y 17 horas, dos horas antes que en bahía Inglesa. Durante los eventos de viento el máximo se desplaza al intervalo entre las 13 y 15 horas con velocidades de 7 m/s y dirección del WSW (255).

Análisis de Corriente

El registro continuo de corrientes se efectuó entre el 3 y 13 de Enero de 1995, con un correntómetro anclado en la estación fija a 12 m de profundidad, en un fondo de 30 metros. En este estudio se registró valores de velocidad máximos de 9.2 cm/s, mínimos de 1.1 cm/s y con una velocidad

media de 3.7 cm/s. La velocidad mas frecuente (moda) fue de 3.0 cm/s (Fig 11). La orientación de la boca de la Bahía Inglesa es al Noroeste, de modo que la descomposición de las velocidades en coordenadas geográficas no muestra una entrada o salida de agua de la bahía. Las componentes tienen un comportamiento oscilante, y la resultante neta es de un valor bajo.

La influencia de la componente semidiurna de mareas en las mediciones puntuales afecta notoriamente los datos obtenidos. El 10 de enero, las corrientes puntuales (Fig. 12), indican la entrada e agua desde el norte a 10 m, lo cual corresponde con el registro continuo a mediodía. El día 12 la variación en mayor en dirección, con valores menores en la magnitud en los registros puntuales. Sin embargo, el correntómetro fijo presenta magnitudes mayores a mediodía y una clara señal semidiurnal.

Distribución horizontal de los parámetros físicos

La temperatura superficial osciló entre 17.3 y 18.5 °C, para el 10 de enero, la cual aumentó a 19.5° C para el 12 del mismo mes (Fig 13). En el nivel de 10 m se produce una disminución de las temperaturas (<15.5°C), no observándose grandes diferencias en ambos días de estudio (Fig 14).

La salinidad superficial no presenta grandes fluctuaciones, oscilando sus valores alrededor de 34.7 psu (Fig 13), en el nivel de 10 m los valores son levemente inferiores a los valores superficiales fluctuando estos entre 34.55 y 34.70 psu (Fig 14).

Con respecto al oxígeno disuelto, en la capa superficial se encontraron valores superiores a 7 ml/l de oxígeno disuelto midiéndose saturaciones sobre el 140 % (Fig 15). En el nivel

de 10 m, se produce una disminución del contenido de oxígeno (<4 ml/l) especialmente en 10 de enero, oscilando su porcentaje de saturación entre el 65-120 % y entre un 80-115 % el segundo día de estudio (Fig 16).

Distribución horizontal de los nutrientes.

Las concentraciones superficiales de nitrito en general son bastante bajas, a excepción del primer día en la estación 5 en donde este valor es de 0.3 μM , para el segundo día de estudio, no fueron detectadas concentraciones superiores a 0.01 μM de este nutriente (Fig 17). En el nivel de 10 m, se pudo apreciar un aumento de las concentraciones las cuales oscilaron entre 0.04-0.24 μM para el 10 de enero y entre 0.00-0.06 para el último día de estudio (Fig 18).

Las concentraciones de nitrato superficial fluctuaron entre 1-8 μM para el 10 de enero, observándose un aumento de la concentración en dirección sur (Fig 17). En cambio para el segundo día se observó una disminución de las concentraciones y una orientación de las isolíneas desde costa a océano, para el nivel de 10 m, al igual que en superficie se observan las mayores concentraciones el 10 de enero, pero con un aumento de los valores (> 8 μM) hacia el centro de la bahía, para el segundo día la orientación de las isolíneas es en dirección N-S (Fig 18).

Para fosfato superficial, tanto para el 10 de enero como para el segundo día de observación las concentraciones son menores a 0.5 μM , siendo relativamente mayores las concentraciones detectadas el primer día (Fig 19). Para el nivel de 10 m se observa al igual que en superficie, las mayores concentraciones el primer día con valores entre 1-2 μM con un aumento hacia el sector sur, en cambio para el último día de estudio se detectó concentraciones de 1 μM

solamente en el sector sur de la bahía (Fig 20).

Las concentraciones superficiales de silicato oscilaron entre 5-28 μM para el 10 de enero, disminuyendo los valores para el último día de observación a concentraciones menores a 4 μM (Fig 19). En el nivel de 10 m se produce al igual que en superficie una disminución de los valores desde el 10 de enero (6-22 μM) al segundo día de estudio (2-14 μM), donde las mayores concentraciones se observaron en el centro de la bahía (Fig 20).

Distribución horizontal de los pigmentos fotosintéticos.

Los valores de clorofila "a" a nivel superficial para bahía inglesa durante los dos días de muestreo fluctuaron entre 4 y 13 mg/m^3 de clorofila "a". Los mayores valores de clorofila "a" (10 y 14 mg/m^3) se observaron en el sector noreste de la bahía para los días 10 y 12 de enero, mientras que las menores concentraciones se detectaron el día 12 en el sector suroeste de la zona de estudio (Fig 21).

Con respecto a las concentraciones de feofitina a nivel superficial, presenta similar estructura de distribución a la clorofila "a". En sector noroeste de la bahía se registran las mayores concentraciones ($> 7.5 \text{ mg}/\text{m}^3$) para los dos días de muestreo, mientras que los menores valores ($< 5.5 \text{ mg}/\text{m}^3$) se ubican en sector suroeste de la área de estudio (Fig 21).

La distribución de las concentraciones de clorofila "a" a nivel de 10m para el 10 de enero, presenta una estructura inversa a la observada en superficie, ya que los mayores valores se ubican en el sector suroeste de la bahía con 13 mg/m^3 , mientras que para el día 12 los mayores valores se

ubican próximo a la costa en el centro de la bahía (Fig 22).

Con respecto a la distribución de feofitina, a la profundidad de 10 m, muestra sus mayores valores ($> 11 \text{ mg/m}^3$) en centro de la bahía, concentraciones que disminuyen ligeramente hacia el noreste con valores inferiores a 7 mg/m^3 de feofitina (Fig 22).

Distribución vertical de los parámetros físicos

La distribución vertical de temperatura para el 10 de enero, presenta valores que fluctúan entre $14-17 \text{ }^\circ\text{C}$ en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía y entre $14-18 \text{ }^\circ\text{C}$ en las estaciones próximas a la playa (Fig 23 y 24). Para el segundo día se puede detectar un calentamiento de la columna de agua en las estaciones ubicadas tanto en la boca de la bahía como al interior de la bahía ((Fig 23 y 24).

La salinidad en general muestra una columna de agua muy homogénea para el 10 de enero, donde sus menores valores (34.65 psu) se encuentran en la capa de 10 a 20 m (Fig 23 y 24). Para el segundo día de observación, la situación es mas o menos similar, detectándose el mínimo relativo de salinidad ligeramente mas profundo que en la observación anterior (23 y 24).

El oxígeno disuelto, presentó en general una capa superficial con altos valores ($> 7 \text{ ml/l}$) cuya sobresaturación superiores al 100% se encuentra en los primeros 5 m en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía y sobre los 10 m en las estaciones del interior para el 10 de enero (Fig 25 y 26). En el segundo día de estudio, es posible observar un hundimiento de las isolíneas en toda la bahía, ubicándose el 100 % de saturación alrededor de

los 10 m de profundidad (Fig 25 y 26).

Distribución vertical de los nutrientes.

El nitrito para los días de estudio, presentó en general bajos valores en la columna de agua, oscilando sus valores entre 0.05-0.3 μM (Fig 27 y 28).

El nitrato presentó para el 10 de enero, valores de alrededor de 2 μM en los primeros 5 m y sobre 5 μM bajo los 10 m (Fig 27 y 28). Para el segundo día de estudio, se puede apreciar un aumento de este nutriente en toda la columna de agua, excepto en las estaciones ubicadas en el interior de la bahía, en donde se produce un descenso de las concentraciones ($< 2 \mu\text{M}$) entre los 5 y 20 m (Fig 27 y 28).

El fosfato para el primer día de estudio, presentó concentraciones superficiales que fluctúan entre 0.2-1.0 μM , valores que aumentan en profundidad (Fig 29 y 30). Para el segundo día de mediciones, se pudo detectar un decaimiento de las concentraciones superficiales, con valores de alrededor de 0.2 μM , sin embargo, se mantienen las concentraciones observadas anteriormente en las capas subsuperficiales (Fig 29 y 30).

Para el primer día de estudio, los silicatos presentan en general altas concentraciones ($> 10 \mu\text{M}$) en la columna de agua, excepto en los primeros 20 m de las estaciones ubicadas en la boca de la bahía, donde las concentraciones son inferiores a 5 μM (Fig 29 y 30). Mientras que en el segundo día de estudio, se puede apreciar un levantamiento de las isolíneas en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía y una disminución de las concentraciones en el interior de la bahía (Fig 29 y 30).

Las concentraciones de amonio para el 10 de enero, oscilaron entre 0.2-1.6 μM detectándose las mayores concentraciones alrededor de los 20 m en las estaciones ubicadas en el exterior de la bahía y las menores concentraciones en los primeros 10 m de las estaciones del interior (Fig 31 y 32). Para el segundo día de estudio, se produce en general una disminución de las concentraciones de este nutriente en toda la columna de agua, oscilando sus valores entre 0.2-0.6 μM (Fig 31 y 32).

Distribución vertical de los pigmentos fotosintéticos

La distribución vertical de los valores de clorofila para el 10 de enero, muestra las mayores concentraciones ($>10 \text{ mg/m}^3$) en el nivel de los 10 m, valores que disminuyen a menos de 3 mg/m^3 a los 20 m. Cabe señalar que en la estación 7 próxima a la playa, también se registran valores superiores a 10 mg/m^3 de este pigmento fotosintético (Fig 33 y 34). El 12 de diciembre las mayores concentraciones de clorofila "a" ($> 14 \text{ mg/m}^3$) se localizan en la estación, 1 entre superficie y 10 m, valores que van disminuyendo hacia la estación 3 tanto en superficie como a 20 m y hacia el centro de la bahía a nivel de los 10 m, donde se detectó un núcleo con valores menores a 4 mg/m^3 de clorofila "a" (Fig 33 y 34).

La distribución de feofitina para el 10 de enero, mostró sus mayores valores ($> 7.0 \text{ mg/m}^3$) en superficie, concentraciones que van disminuyendo hacia los 20m de profundidad y hacia la estación 7, donde se detectan valores inferiores a 3 mg/m^3 de este pigmento (Fig 33 y 34). Para el día 12 la distribución vertical mostró las mayores concentraciones ($> 7.0 \text{ mg/m}^3$) a los 10 m de las estaciones 2 y 7, mientras que los menores valores ($< 3 \text{ mg/m}^3$) se ubicaron en superficie y 20 m hacia la boca de la bahía (Fig 33 y 34).

Muestreo intensivo de invierno, bahía Inglesa.

Bahía Inglesa fue estudiada durante los días 14 y 23 de junio, con un muestreo intensivo de vientos, corrientes y 9 estaciones oceanográficas (Fig 1).

Registros de Vientos.

Durante este período la marcha del SES en Caldereta, muestra dos ciclos completos de esfuerzo/relajación.

- a) Períodos de surgencia/relación: Los valores diarios del SES mostraron valores máximos los días 16 (6), 17 (6) y 20 (5). Por otra parte los valores mínimos del seudoesfuerzo diario fueron obtenidos en los días 18 (0) y 21 (-2).
- b) Direcciones y velocidades dominantes en la bahía Inglesa: Los vientos registrados en la estación fija de bahía Inglesa, mostró una ocurrencia de velocidades máximas variables entre SW y NE entre las 14 y 21 horas con velocidades típicas de 3 m/s. Esto corresponde a todos los días muestreados, excepto durante la ocurrencia de los eventos de viento en que el máximo ocurre entre las 15 y 16 horas con velocidades de 8 m/s y direcciones del SSW (210).
- c) Direcciones y velocidades dominantes en Punta Caldereta: Esta estación presenta, excluyendo los días con eventos, velocidades máximas de 4 m/s con dirección variable entre el W y E (pasando por N), entre las 14 y 21 horas, igual que en bahía Inglesa. Durante los eventos de viento, el máximo ocurre alrededor de las 15 horas con velocidades de 5 a 6 m/s y dirección del SW (240).

Análisis de Corrientes

Entre el 14 y 23 de junio se registró vientos y corrientes en los mismos lugares de observación que en el verano. Este estudio registró velocidades de corrientes máximas de 7.5 cm/s y mínimas de 1.4 cm/s con una media de 2.7 cm/s, valor que esta muy cercana a la moda de 2.4 cm/s (Fig 35). Las componentes de las corrientes muestran una corriente neta media al norte de 0.17 cm/s y al este de 0.9 cm/s, valores muy bajos de circulación. Esto concuerda con lo registrado en el verano. La componente semidiurna de marea aparece como dominante.

Los registros puntuales de corriente muestran una entrada de agua por el lado norte a 5 y 10 m, el día 19 de Junio en la boca de la bahía, y salen las aguas por el lado sur. Sin embargo, el día 21 sólo se observa la salida de agua en estos niveles, y el día 23 no hay una tendencia clara. Estas observaciones no corresponden con los vientos de los registros continuos, sino más bien, con el registro de mareas (Fig. 36).

Distribución horizontal de los parámetros físicos

La temperatura superficial osciló entre 14.6 y 15.2 °C, para el 19 de junio, la cual disminuyó a 14.8° C para el 23 del mismo mes con una estructura muy homogénea (Fig 37). En el nivel de 10 m se mantienen estos rangos térmicos (14.2 a 14.6 °C) no observándose grandes diferencias en los tres días de estudio (Fig 38).

La salinidad superficial no presenta grandes fluctuaciones, oscilando sus valores alrededor de 34.5 psu (Fig 37), en el nivel de 10 m. Estos valores se mantienen, sin embargo, se observan aguas ligeramente mas salinas en el sector

suroeste que en el interior de la bahía (>34.5) psu (Fig 38).

Con respecto al oxígeno disuelto, en la capa superficial se encontraron valores de hasta 6.8 ml/l, correspondiendo a una saturaciones sobre el 120% en el sector suroeste de la bahía (Fig 39). En el nivel de 10 m, se produce una leve disminución del contenido de oxígeno (5.2 ml/l) especialmente el 19 de junio, en el sector noreste de la bahía, donde se el porcentaje de saturación llega al 80%, mientras que las aguas mas oxigenadas siguen en el sector suroeste de bahía Inglesa (Fig 40).

Distribución horizontal de los nutrientes.

Las concentraciones superficiales de nitrito en general son bastante bajas, a excepción del primer día en el sector sur de la bahía, donde se registraron valores superiores $0.4 \mu\text{M}$. Para el segundo y tercer día de estudio, no fueron detectadas concentraciones superiores a $0.25 \mu\text{M}$ de este nutriente (Fig 41). En el nivel de 10 m, se pudo observar una conservación de la estructura de distribución y valores de este nutriente, especialmente para el 19 de junio (Fig 42).

Las concentraciones de nitrato superficial fluctuaron entre $5-9 \mu\text{M}$ para el 19 de junio, observándose un aumento de la concentración en dirección norte (Fig 41). En cambio para el segundo y tercer día se observó una disminución de las valores, detectándose concentraciones de $4 \mu\text{M}$ para el mismo sector norte de la bahía. En el nivel de 10 m, al igual que en superficie, se observan las mayores concentraciones el 19 de junio ($> 9 \mu\text{M}$) hacia el centro de la bahía, mientras que para los restantes días las menores concentraciones ($< 5 \mu\text{M}$) se observaron en el sector suroeste de la bahía (Fig 42).

Los valores de fosfato superficial fluctuaron entre 0.4 a 1.0 μM , detectándose para el segundo día de estudio las mayores concentraciones ($>1.0 \mu\text{M}$), mientras los menores valores de este nutriente ($< 0.4 \mu\text{M}$) se registró el 23 de junio en el sector suroeste de la bahía (Fig 43). Para el nivel de 10 m se observó las mayores concentraciones ($> 1 \mu\text{M}$,) en el segundo día de estudio en el sector noreste de la bahía (Fig 44).

Las concentraciones superficiales de silicato oscilaron entre 4-22 μM para los días de estudio, registrándose las mayores concentraciones ($>20 \mu\text{M}$) en el centro de la bahía para el 21 de junio, mientras que los menores valores (4 μM) se localizaron en sector norte de la bahía para el tercer día de estudio (Fig 43). En el nivel de 10 m se mantienen la altas concentraciones en el centro de la bahía para el 21 de junio. Sin embargo, tanto para el primer como para el tercer día, los valores de silicato presentan un incremento en sus valores ($> 18 \mu\text{M}$) especialmente en la zona norte de la bahía (Fig 44).

Distribución horizontal de los pigmentos fotosintéticos.

Los valores de clorofila "a" a nivel superficial durante los tres días de muestreo fluctuaron entre 1 y 4 mg/m^3 de clorofila "a". Los mayores valores de este pigmento fotosintético se observaron en el sector suroeste de bahía Inglesa (Fig 45). La distribución de las concentraciones de clorofila "a" a nivel de 10m presenta una estructura similar a la observada en superficie, ya que los mayores valores ($> 5 \text{mg}/\text{m}^3$) se ubican en el sector suroeste de la bahía para el 21 de junio, mientras que las menores concentraciones ($< 1\text{mg}/\text{m}^3$) se presentan en el sector noreste de bahía Inglesa (Fig 46).

La feofitina a nivel superficial, presentan una fluctuación de sus valores entre 0.4 y 2 mg/m³, registrándose las mayores valores en el sector suroeste de la bahía durante el 21 de junio. Mientras que los menores valores (< 0.4 mg/m³), se ubican en el sector noroeste de la bahía durante el primer día de muestreo (Fig 45).

Con respecto a la distribución de feofitina nivel de 10m, muestra sus mayores valores (> 2 mg/m³) en centro de la bahía, concentraciones que disminuyen ligeramente hacia el noreste donde se detectan valores menores 0.4 mg/m³ de feofitina para el 19 de junio (Fig 46).

Distribución vertical de los parámetros físicos

La distribución vertical de temperatura durante los días de estudio, presentó una capa homogénea, tanto en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía (Fig 47), como en las estaciones ubicadas al interior de esta (Fig 48), fluctuando sus valores entre 13.5-14.5 °C, los mayores valores se observaron el tercer día de estudio (23 junio) donde se pudo observar la isoterma de 14.5 °C bajo los 10m.

La salinidad muestra valores entre 34.46 a 34.51 psu, observándose en general una columna de agua relativamente homogénea, con algunos mínimos subsuperficiales tanto en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía como al interior de ella (Fig 47 y 48).

El contenido de oxígeno disuelto presentó valores entre 4.5 y 6.5 ml/l, las mayores concentraciones se observaron en los 10 primeros metros (Fig 49 y 50) con valores sobre 6.0 ml/l (> 100%). Para el primer día de muestreo (19 junio) es posible apreciar una disminución de las concentraciones de

oxígeno con la profundidad, tanto en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía como al interior de esta, para finalmente el día 23 de junio, observar una columna de agua prácticamente homogénea con concentraciones de oxígeno sobre 6.0 ml/l y con una saturación superior al 100% (Fig 49 y 50).

Distribución vertical de nutrientes

Las concentraciones de nitrito en general son bajas, observándose las mayores concentraciones para el día 19 de junio, con valores de 0.4 μM alrededor de los 15 m en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía (Fig 51). Para los días 21 y 23 de junio se pudo detectar una disminución de las concentraciones de este nutriente en toda la columna de agua, llegando a valores inferiores a 0.2 μM en todas las estaciones muestreadas (Fig 52).

Para nitrato, se pudo observar en el día 19 de junio en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía concentraciones superiores a 10 μM (Fig 51) y concentraciones entre 7 y 10 μM en las ubicadas al interior de ella (Fig 52). Para el día 23 de junio, se pudo apreciar una disminución de las concentraciones en zona superior de la columna de agua, llegando a valores inferiores a 3 μM y concentraciones superiores a 5 μM , bajo los 10 m.

El fosfato muestra para el 19 de junio una columna prácticamente homogénea con valores entre 0.6-0.8 μM (Fig 53 y 54), en cambio para el día 21 de junio es posible detectar un aumento de las concentraciones, las cuales sobrepasan 1.0 μM en toda la columna de agua, valores que disminuyen durante el 23 de junio, especialmente en las estaciones ubicadas hacia la boca de la bahía (Fig 53) en donde se midieron valores de 0.4 μM en el nivel de 20 m.

La distribución vertical de silicato muestra una columna de agua bastante abastecida de este nutriente, con valores de entre 10 y 18 μM en la columna de agua para las estaciones ubicadas en la boca e interior de la bahía (Fig 53 y 54). Para el día 21 de junio, se observó un aumento de las concentraciones de este nutriente ($> 20 \mu\text{M}$) en toda la columna de agua, valores que disminuyen ligeramente el día 23 de junio, con concentraciones entre 8-10 μM en superficie y valores entre 18-20 μM bajo los 20 m .

El amonio presentó las mas altas concentraciones en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía, para los días 19 y 21 de junio, en donde se pudo registrar valores superiores 2 μM bajo los 30 m en la estación 1 y alrededor de 1.2 μM en los 10 m de la estación 2 durante el día 21 de junio (Fig 55). Para día 23 de junio se pudo observar una disminución de este nutriente en la columna de agua, observándose concentraciones entre 0.2 y 0.8 μM tanto para las estaciones de la boca de la bahía como las del interior de ella (Fig 55 y 56).

Distribución vertical de los pigmentos fotosintéticos

La distribución de clorofila "a" para la columna de agua durante el 19 de junio es muy homogénea, con valores alrededor de 1.0 mg/m^3 (Fig 57 y 58). Estas concentraciones incrementaron a 3.0 mg/m^3 durante los días 21 y 23 de mismo mes, especialmente entre superficie y los 10m, quedando los menores valores ($< 1.0 \text{mg}/\text{m}^3$) bajo los 15 m.

Los valores de feofitina al igual que los de clorofila "a" son muy homogéneos durante el 19 de junio, con concentraciones que fluctúan entre 0.2 y 1.0 mg/m^3 . Para el 21 de junio, los valores de este pigmento alcanzan a los 2.0

Nitrógeno, Fósforo y Carbono particulado Bahía Inglesa

En la Estación 6 de bahía Inglesa, se tomaron muestras de aguas desde superficie a 20 m, para la evaluación de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y carbono particulado en la columna de agua. Debido a que estos parámetros presentan valores muy homogéneos en la columna de agua, por lo que se analizó los promedio por muestreos. El contenido de carbono orgánico particulado en bahía Inglesa, osciló entre 1.036 y 2.341 mg/l, el nitrógeno articulado fluctuó entre 0.019 y 0.081 mg/l y fósforo articulado entre 0.029 y 0.056 mg/l, al obtener una relación C:N:P se obtuvo de un valor promedio para esta bahía resultando una relación 148: 2.18 :1 (Tabla 2).

BAHIA TONGOY

En Bahía Tongoy se realizaron desde agosto de 1994 a julio 1995 10 muestreos yo-yo y dos muestreos intensivos correspondientes a las observaciones de verano e invierno (Tabla 1). Además se instalaron dos estaciones meteorológicas fijas, en centro de la bahía Tongoy y otra en punta Lengua de Vaca (Fig 60).

Distribución temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno.

La variación temporal de temperatura, muestra en general parte de un ciclo estacional, con un calentamiento de la columna de agua a partir de octubre ($> 14^{\circ}\text{C}$) a enero ($> 17^{\circ}\text{C}$), donde se mantiene una estructura térmica de estratificación hasta el mes de marzo, época donde se vuelve a enfriar el agua, llegando a la estructura térmica de mezcla con valores de menores a los 13°C como lo es en el mes de julio (Fig 61).

La salinidad en general muestra una columna homogénea con un aumento de esta desde agosto a octubre, con valores de 34.5 a 34.7 psu respectivamente, manteniéndose estos valores hasta el mes de diciembre, donde posteriormente comienza a disminuir sus salinidades hasta el mes de junio 34.5 psu (Fig 61).

Con respecto al oxígeno disuelto, éste muestra una capa superficial bien oxigenada (> 7 ml), para los meses de primavera verano observándose en ocasiones ascensos de aguas de bajo contenido de oxígeno disuelto (< 3 ml/l), que llega a los 10 m en los meses de noviembre y enero. Durante los meses de invierno se presentan altos valores de oxígeno disuelto (> 7.0 ml/l) en toda la columna de agua (Fig 61).

Distribución temporal del nitrito, nitrato y fosfato.

Nitrito en general presenta valores muy homogénea con concentraciones inferiores a $0.2 \mu\text{M}$ durante todo el año de estudio, excepto en los meses de septiembre y noviembre cuyos valores son superiores a $0.3 \mu\text{M}$ (Fig 62).

La variación temporal de nitrato, al igual que nitrito, registra sus mayores concentraciones ($> 8 \mu\text{M}$) bajo los 10 m durante los meses de octubre, noviembre, diciembre, febrero y junio. Mientras que las bajas concentraciones de este nutriente se presentó abril con valores menores a $2 \mu\text{M}$ (Fig 62).

En cuanto al fosfato, presenta un patrón de distribución semejante a los descritos para nitrito y nitrato, con sus mayores concentraciones ($> 2 \mu\text{M}$) en los meses de agosto, octubre, noviembre y diciembre, mientras que los menores valores ($< 0.5 \mu\text{M}$) se presentan en los meses de enero y marzo (Fig 62).

Distribución temporal de saturación de oxígeno, penetración de luz y clorofila "a".

La variación temporal de la saturación de oxígeno disuelto, presenta valores de sobresaturación (>100%) durante todo el año sobre la capa de los 10 m. Sin embargo, con la presencia de ascenso de aguas pobre en oxígeno como ocurre en los meses de noviembre y febrero, se obtienen a los 10m valores inferiores al 50% de saturación (Fig 63).

Con respecto a la variación temporal de la penetración de la luz en el mar, se puede señalar que valores superiores a $1000 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$ se detectan sobre los 5m entre octubre a abril. Estos valores de radiación que van disminuyendo hacia profundidad, donde alcanza los $5 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$ en los 20 m entre septiembre, noviembre y abril (Fig 63).

La variación temporal de los valores de clorofila "a", presenta sus mayores concentraciones (> 8 mg/m^3) entre los 5 a 15 m desde septiembre a noviembre y marzo. Estos valores que decrecen hacia el verano y al mes de mayo con concentraciones de 2 mg/m^3 de clorofila "a". Cabe señalar, que en los meses de agosto y julio estas concentraciones vuelven a incrementarse sobre los 8 mg/m^3 y con una distribución muy homogénea de este pigmento fotosintético en la columna de agua (Fig 63).

Distribución temporal de silicato, amonio y feofitina.

En la distribución temporal del silicato, sus valores están fluctuando entre menos de $5 \mu\text{M}$ y mayores de $25 \mu\text{M}$ durante el período de estudio. Las mayores concentraciones (> $15 \mu\text{M}$) se registraron generalmente bajo los 10m desde octubre a febrero, excepto el mes de julio donde se presenta en toda

la columna de agua, mientras que las menores concentraciones ($< 5 \mu\text{M}$) se presentan en septiembre y desde febrero a junio con la excepción del mes de mayo donde se presentan valores superiores a $10 \mu\text{M}$ (Fig 64).

Con respecto al amonio se observan las mayores concentraciones ($> 1.5 \mu\text{M}$) en los meses de agosto-septiembre y noviembre, mientras que los menores valores ($< 0.5 \mu\text{M}$) se presentan entre los 5 a 15m durante los meses de enero a junio (Fig 64).

La variación temporal de la feofitina, muestra las mayores concentraciones bajo los 10m ($> 4 \text{ mg/m}^3$), especialmente en los meses septiembre, diciembre, abril y mayo. Registrándose los menores valores ($> 1 \text{ mg/m}^3$) en los meses de diciembre y mayo (Fig 64).

Fluctuación de los parámetros abióticos y bióticos por efectos de las mareas

Para detectar las fluctuación de las variables registradas en relación al ciclo de mareas, se presentan los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno y fluorescencia de septiembre de 1994. Además de clorofila "a" integrada (0-20 m) desde el mes de agosto a octubre.

Temperatura y salinidad

Los valores de temperatura son muy homogéneo en la columna de agua y durante el día de muestreo. A nivel de los 5 m los seis valores registrados fluctúan alrededor de los 13.4°C , mientras que a los 20 m se presentan alrededor de los 13.0°C (Fig 65). Mientras que los valores de salinidad al igual que los de temperatura, presentan una alta homogeneidad en la

columna de agua y durante el día de muestreo, los cuales fluctuaron entre 34.45 y 34.49 psu (Fig 65).

Oxígeno y fluorescencia

Las concentraciones de oxígeno disuelto por este mes de septiembre, presentaron una fluctuación de sus valores en el nivel de los 5 m de 8 ml/l a las 21:10 hrs incrementando 9.5 ml/l a las 01:00 hrs. Estos valores disminuyen gradualmente hacia los 20 m, observándose una concentración de 5.7 ml/l a las 21:10 hrs y una máxima de 7.3 ml/l a las 01:00 hrs (Fig 66). La fluorescencia relativa también presentan una alta homogeneidad de sus valores, como los ya descrito en los parámetros anteriores. Estos valores fluctúan tanto en superficie como a los 20 m entre 0.005 y 0.1 de unidades de fluorescencia (Fig 66).

Clorofila "a" integrada (0-20m)

La clorofila "a" integrada, entre superficie y los 20 m para Bahía Tongoy, es muy homogénea durante los seis muestreos del día y para estos tres meses analizados. Sus valores muestran que la menor biomasa se detecta en agosto (15.99 mg/m²) y la máxima en el mes de septiembre (405.41 mg/m²) (Fig 67).

La homogeneidad vertical de los valores de temperatura, salinidad, oxígeno, fluorescencia y además de la clorofila "a" integrada, muestra que la influencia de las mareas sobre estas variables entre superficie y los 20 m para Bahía Tongoy es casi nula.

Muestreo intensivo de verano, bahía Tongoy

Bahía Tongoy, fue estudiada con un muestreo intensivo de vientos desde el 9 de noviembre al 19 de diciembre, corrientes desde el 5 al 20 de diciembre y 9 estaciones oceanográficas durante los días 12, 13, 14, 15 y 16 de diciembre (Fig 60).

Registro de Vientos

La comparación de los vientos entre Lengua de Vaca y bahía Tongoy se detalla para el período comprendido entre los días 12 y 16 de diciembre de 1994.

La estación fija en Tongoy funcionó solo en el período de verano por 40 días, entre los días julianos 314 (10-11-94) y 353 (19-12-94) de 1994. Dentro de este período no fue posible recuperar los datos de la estación Punta de Lengua de Vaca entre los días 328 y el 340.

Mediciones de verano.

Períodos de surgencia/relación: Los valores diarios del seudoesfuerzo superficial del viento, consistente s en un promedio de las componentes sur del esfuerzo entre las 12 y 24 horas de cada día (TUC-4) mostraron valores máximos los días 316 (61), 318 (52.8), 319 (55.1), 347 (50.8), 348 (60.7), 349 (45.6), 350 (45.9) (Fig 68) Al comparar los datos registrado en la estación de Tongoy con los de Punta Lengua de Vaca se puede inferir que los días 328, 332, 333, 336, 337 y 339 también corresponden a vientos diurnos intensos del sur. Por otra parte valores mínimos del seudoesfuerzo diario fueron obtenidos los días 313 (-2.0), 341 (-1.3) y 345 (2.0).

Direcciones dominantes en la bahía Tongoy: Los vientos registrados en la estación fija de la bahía Tongoy, muestran el efecto de la brisa local con una ocurrencia de velocidades máximas del noreste (40%), NW (22%) y N (10%) entre las 13 y las 17 horas. En el 24 % de los casos se registraron máximas velocidades (7 a 8 m/s) del SW centradas a las 17 horas (surazo o terrales) en la bahía Tongoy, situaciones que coinciden con valores altos de la velocidad en Lengua de Vaca (10 a 11 m/s). Sin embargo, no todos los casos en que Lengua de Vaca presenta valores altos de los vientos del SW en la tarde se manifiestan de esa manera en Tongoy durante el período con registros. En los días 349 (15-12-94) y 350 (16-12-94) en que ocurrieron surazos en bahía Tongoy, se observó un máximo significativo de vientos de NE (brisa) desplazado hacia la mañana (11 horas) (Fig 69).

Vientos en las estaciones oceanográficas

Los días 12, 14 y 16 de diciembre, se registraron los vientos en las 9 estaciones oceanográficas. Los días 13 y 15 del mismo mes sólo registraron observaciones en las estaciones oceanográficas exteriores (1, 2 y 3).

Para el día 346 (12 de diciembre) la Fig. 70 muestra direcciones y velocidades en cada estación oceanográfica (línea continua) y los correspondientes en Lengua de Vaca (línea segmentada). Ese día Lengua de Vaca presentó vientos con una dirección dominante del WSW con un máximo de 8 m/s y dirección 240 entre las 15:30 y las 17:30 horas. Los vientos en la estación fija de Tongoy aparecen erráticos y débiles ese día, por lo que no se han incluido en la figura 70. Se observa que, a pesar de la barrera topográfica al W de la bahía, los vientos en Lengua de Vaca a partir de las 13 horas tienen una dirección comparable con los del buque,

aunque estas muestras velocidades superiores.

La Figura 71 correspondiente al día 347 muestra la brisa (dirección del NNW en este caso) en torno al mediodía, contrastando con los vientos del SW en Lengua de Vaca.

El día 348 representado en la Figura 72, corresponde a las máximas velocidades registradas en Lengua de Vaca en todo el período. Mientras las estaciones exteriores (de la 1 a la 6) muestran direcciones asociadas con la brisa en el período matinal, las inferiores estaciones (7, 8 y 9) muestran componentes del WSW (7 y 8) y WNW (9). Los valores registrados en la estación fija de la bahía Tongoy se indican en líneas de puntos, coincidiendo con las direcciones típicas de las brisas en la mañana y con las registradas en Lengua de Vaca en la tarde. Entre las 15 y las 16 horas, los valores de las velocidades en la estación fija de Tongoy, llegaron a los 7 m/s con dirección del SW (225).

La Figura 73, ilustra nuevamente la influencia de la Bahía en la generación de un sistema de brisas matinales, que conduce a un giro ciclónico del viento entre Lengua de Vaca, las estaciones exteriores y la estación fija en el extremo sur de la Bahía.

Como en el día precedente, la Figura 74, muestra un comportamiento general que exceptuando la estación 4, se caracteriza por un giro ciclónico del viento, el que resulta particularmente abrupto al considerar las estaciones interiores (7, 8 y 9). Durante este día, al igual que en los 3 días anteriores se observó un período de alrededor de una hora con vientos del SW.

Análisis de Corrientes

En la bahía Tongoy, en la estación fija, se instaló un correntómetro Aanderaa RCM 7 a 10 m de profundidad durante 15 días, entre el 5 y 20 de diciembre de 1994. La máxima velocidad registrada fue de 15.6 cm/s, la mínima de 1.4 cm/s, con una media de 5.0 cm/s y con una moda de 3.5 cm/s (Fig 75). La componente u (este-oeste), de la velocidad muestra variaciones oscilantes respecto al 0, mostrando un valor medio de 2,2 cm/s al oeste. La componente v (norte-sur) , que también muestra variaciones, señala la entrada de agua al interior con una magnitud media de 3.9 cm/s. La bahía es abierta al norte de modo que el agua entraría desde el norte, siguiendo hacia el oeste, considerando que las observaciones de este registro continuo sean representativas de la circulación de la bahía en este período del año.

Los días 12, 14 y 16 de diciembre, se caracterizan por la variabilidad de las corrientes en el registro continuo (Fig. 75). Es por esto que la comparación entre las corrientes puntuales y los datos del correntómetro anclado, se describe en forma general como correspondencia en dirección. El día 12 hay una entrada de agua a los 10 m en toda la bahía (Fig 76), coincidiendo con el correntómetro anclado. El día 14 no tiene un patrón en esta profundidad, es decir hay variabilidad espacial, lo cual también corresponde con el registro continuo, señalando entrada y salidas de aguas.

Al tratar de relacionar las corrientes medidas puntualmente con los vientos medidos en los diferentes puntos, se observa una mayor correspondencia entre la dirección de las corrientes, con los vientos medidos en bahía Tongoy. En el sector este de la bahía se puede encontrar relación con la medición de Lengua de Vaca.

Distribución horizontal de los parámetros físicos

La temperatura superficial, osciló entre 17,5 a 19.5°C, observándose los mayores valores hacia el sector sur de la bahía (Fig 77). A los 10 m de profundidad, los mayores valores (>15°C) se registraron en el sector este de la bahía (12-14 diciembre) y hacia el centro del área de estudio el día 16 (Fig 78).

La salinidad, tanto en superficie como a 10 m, no mostró grandes fluctuaciones, detectándose un ligero aumento hacia el sector suroeste con valores alrededor de 34.7 psu (Fig 77). En el nivel de 10 m se observó una situación similar, donde las salinidades son ligeramente menores que en superficie, fluctuando sus valores alrededor de 34.7 psu (Fig 78).

Para oxígeno disuelto, se registraron concentraciones mayores a 5.5 ml/l, alcanzando niveles de sobresaturación superiores a 130% el día 16 (Fig 79). En el nivel de 10 m los valores son altos (> 6 ml/l), especialmente los días 12 y 16; observándose para el día intermedio una disminución de las concentraciones, llegando incluso a 2.5 ml/l. En esta oportunidad los valores de sobresaturación oscilaron entre 40 y 90%, los cuales son inferiores a los días previos y posteriores al día de observación (14 diciembre) (Fig 80).

Distribución horizontal de los nutrientes

Nitrito superficial osciló entre 0.0 y 0.49 μM , concentraciones que disminuyen en general hacia el sur (Fig 81). En el nivel de 10 m las concentraciones son similares, observándose una disminución de las concentraciones el 12 de diciembre en dirección sur (< 0.02 μM). Para el 14 del mismo mes se observaron las mayores

concentraciones ($> 0.20 \mu\text{M}$) en el centro de la bahía, la cual vuelve a disminuir ($< 0.20 \mu\text{M}$) en esta misma área de la bahía durante el 16 de diciembre (Fig 82).

Las concentraciones de nitrato superficial, fluctuaron entre 1 y $10 \mu\text{M}$, registrándose las mayores valores durante el 12 de diciembre, mientras que las menores ($< 1 \mu\text{M}$) concentraciones se observaron el día 14. Estas concentraciones posteriormente aumentan el último día de estudio (Fig 81). En los 10 m de profundidad, la orientación de las isolíneas es similar a las de superficie, observándose en esta oportunidad las mayores concentraciones ($> 10 \mu\text{M}$) el día 16 en el sector norte de la bahía (Fig 82).

Fosfato superficial, presenta un aumento de la concentración desde el 12 hasta el 16 de diciembre, registrándose las mayores concentraciones ($> 1.5 \mu\text{M}$) hacia el sector Este de la bahía (Fig 83). En nivel de los 10 m el comportamiento de este nutriente es similar, observándose un aumento de las concentraciones ($> 1.6 \mu\text{M}$) en el centro de la bahía para el día 14 y en el sector noreste el 16 de diciembre (Fig 84).

Silicato superficial muestra las mayores concentraciones ($> 8 \mu\text{M}$) el 14 de diciembre, mientras que los menores ($< 3 \mu\text{M}$) se presentaron el día 12 (Fig 83). En el nivel de 10 m ocurre una situación similar, es decir bajas concentraciones ($< 3 \mu\text{M}$) el 12 de diciembre, y un aumento hacia el día 14 en el sector sur, donde alcanzan concentraciones superiores a $25 \mu\text{M}$, y posteriormente una leve disminución de las concentraciones hacia el día 16 (Fig 84).

Distribución horizontal de los pigmentos fotosintéticos

La distribución de la clorofila "a" a nivel de superficie, sus concentraciones presentan una fluctuación de sus valores

entre menos de 1 y a más de 3 mg/m³ (Fig 85), para el 12 de diciembre los mayores valores (> 2 mg/m³), se ubicaron en el sector noreste de la bahía, mientras que para el 14 del mismo mes, estas mayores concentraciones (> 3mg/m³), se encuentran en el sector suroeste de la bahía. Esta distribución se mantiene hasta el 16 de diciembre con valores de clorofila "a" mayores a 2 mg/m³.

La distribución de las concentraciones feofitina a nivel superficial fue muy homogénea, con valores que fluctúan entre 0.1 a 1.2 mg/m³ (Fig 85). Los mayores valores de este pigmento (> 1.0 mg/m³) se presentan en el sector noreste de la bahía, durante el 12 de diciembre, mientras que las áreas de menor concentración (< 0.2 mg/m³), se ubicaron en el centro de la bahía durante el 14 de diciembre.

La distribución de los valores de clorofila "a" a nivel de 10 m presenta una fluctuación entre 1 a 14 mg/m³ (Fig 86). Para el 12 de diciembre las mayores concentraciones (> 7 mg/m³), se ubicaron en el centro de la boca de la bahía, valores que van decreciendo radialmente alcanzando los 2 mg/m³ en el sector suroeste de la bahía. Para el 14 del mismo mes los valores de este pigmento aumentan en un 100% con respecto al muestreo anterior. Las mayores concentraciones (> 14 mg/m³), se detectaron en el sector noreste de la bahía, valores que van disminuyendo gradualmente llegando a los 4 mg/m³ de clorofila "a" en el sector sureste y oeste de la bahía, quedando en el centro del área de estudio un núcleo de 8 mg/m³. Las concentraciones y distribución de la clorofila "a" cambia fuertemente para el 16 de diciembre al nivel de 10 m, estructura que se parece la ya observa en el nivel de superficie donde los mayores valores (> 3 mg/m³) se ubicaron en el sector suroeste de la bahía (Fig 86).

La distribución de feofitina a nivel de 10 m, presentan una estructura similar a la observada en clorofila, sin embargo, los valores son mayores y fluctúan entre 1 y 7 mg/m³ (Fig 86). La distribución de este pigmento para el 12 de diciembre, presenta sus mayores valores (> 7 mg/m³) en el centro de la bahía, quedando las menores concentraciones (< 2 mg/m³) al este y oeste de esta área de estudio. Para el 14 del mismo mes los valores de feofitina experimentan un decrecimiento los cuales fluctúan entre 1 y 3 mg/m³. Al igual que la distribución de clorofila "a" las mayores concentraciones de feofitina (> 3 mg/m³), se ubican en el centro de la bahía mientras que los menores valores (< 1.0 mg/m³) se encuentran en el sector sureste del área de estudio. Las concentraciones de feofitina, para el 16 de diciembre caen bruscamente a 0.5 mg/m³ en centro de la bahía con una distribución muy homogénea (Fig 86).

Distribución vertical de los parámetros físicos

La distribución vertical de temperatura, fluctúa entre 18°C en superficie y los 14°C alrededor de los 20 m, ubicándose la termoclina en los primeros 10 m, para el segundo día de estudio, se produce un levantamiento de las isolíneas y la aparición de la isoterma de 13°C (Fig 87), el 16 de diciembre, se pudo apreciar un hundimiento de las isolíneas bajo los 10 m en el sector sur de la bahía y un levantamiento de estas bajo los 20 m en el sector norte de esta (Fig 88).

La salinidad muestra para el 12 de diciembre una columna de agua casi homogénea, con valores entre 34.65-34.75 psu, en el segundo día de observación, se puede apreciar la aparición de un mínimo relativo subsuperficial centrado a los 20 m en la estación 2 y que puede ser visualizado en las

estaciones 3 y 1. Finalmente en el último día de observación este mínimo subsuperficial es detectado con mayor intensidad alrededor de los 20 m en el sector sur de la bahía (Fig 87 y 88).

El oxígeno disuelto muestra altas concentraciones en la capa superficial (> 6 ml/l), alcanzando valores de sobresaturación de hasta un 120 %. Estas concentraciones de oxígeno disminuyen con la profundidad a valores de alrededor de 2 ml/l bajo los 30 m con un porcentaje de saturación de un 30 %, para el segundo día de estudio se puede observar un levantamiento de la isolínea de 2 ml/l sobre los 20 m y la aparición de la isolínea de 1 ml/l bajo los 30 m, lo que es equivalente a un 20 % de saturación. El 16 de diciembre, se vuelve a las condiciones encontradas en el primer día de muestreo, en el que se observan valores de 120 % de saturación en superficie y valores menores a 50 % bajo los 20 m (Fig 89 y 90).

Distribución vertical de los nutrientes

En general las concentraciones de nitrito en la columna de agua fueron bajas, observándose un aumento de los valores en profundidad para el 12 de diciembre los cuales oscilan desde 0.0 en superficie a $0.3 \mu\text{M}$ bajo los 30 m. Para el segundo día de estudio, se detectó disminución de las concentraciones de este nutriente ($< 0.1 \mu\text{M}$), llegándose casi a un agotamiento de este en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía, pero no así en el interior de ella, en donde las concentraciones oscilaron entre $0.05-0.2 \mu\text{M}$. Para el 16 de diciembre, es posible observar un aumento de este nutriente en la capa subsuperficial (10-20 m), en donde se detectaron concentraciones superiores a $0.4 \mu\text{M}$ (Fig 91 y 92).

Con respecto a nitrato, se encontró una columna de agua bastante abastecida de este nutriente ($> 8 \mu\text{M}$) en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía, pudiéndose observar en los 10 m un mínimo relativo ($< 6 \mu\text{M}$), mientras que hacia el interior de la bahía se produce una disminución de este nutriente, llegando a valores menores a $1 \mu\text{M}$ bajo los 10 m (Fig 91 y 92). En el segundo día de estudio, se produce una disminución de este nutriente en las capas superficiales, aumentando la concentración en profundidad en las estaciones 1, 2 y 3 ($> 10 \mu\text{M}$), pero no así en las estaciones interiores de la bahía. En el tercer día de observación, se produce nuevamente un aumento de la concentración en toda la columna de agua con valores superiores $12 \mu\text{M}$, aumento que es detectado en las estaciones ubicadas al interior de la bahía (Fig 91 y 92).

Fósforo para el 12 de diciembre muestra en superficie concentraciones inferiores a $0.5 \mu\text{M}$, valores que aumentan gradualmente en profundidad, hasta alcanzar valores de $1.5 \mu\text{M}$ bajo los 30 m. En el segundo día de observación en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía es posible apreciar una disminución del contenido de fósforo en casi toda la columna de agua, a excepción del nivel entre los 10-20 m en donde se ubica un máximo relativo de este nutriente ($> 1.2 \mu\text{M}$), en cambio para las estaciones ubicadas al interior de la bahía es posible observar un aumento de las concentraciones en toda la columna de agua. Para el 16 de diciembre, se pudo detectar un aumento de las concentraciones en toda la columna de agua, observándose las mayores concentraciones en las estaciones del sector norte de la bahía y que alcanza concentraciones de $2.8 \mu\text{M}$ en el nivel de 25 m (Fig 93 y 94).

La distribución vertical de silicato presenta en general bajas concentraciones ($< 5 \mu\text{M}$) en los primeros 10 m,

valores que va gradualmente en aumento con la profundidad. Para el segundo día de observación, se pudo detectar en general un leve aumento de este nutriente en la capa superficial, pero además una disminución de las concentraciones en el resto de la columna de agua con respecto a la observación anterior, mientras que hacia el interior de la bahía se pudo detectar un aumento de este nutriente ($> 15 \mu\text{M}$), el cual abarcó toda la columna de agua. El 16 de diciembre, se puede observar un aumento de las concentraciones en toda la columna de agua, incremento que es mas notorio en las estaciones ubicadas en el sector de la boca de la bahía, mientras que en las estaciones ubicadas hacia el interior de esta, se pudo detectar que las concentraciones en la columna de agua disminuyeron (Fig 93 y 94).

Las concentraciones de amonio en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía, fluctuaron entre $1.8-2.4 \mu\text{M}$, en cambio para las estaciones ubicadas al interior de esta, oscilaron entre $0.4-2.2 \mu\text{M}$. Las menores concentraciones se presentaron entre la superficie y los 10 m de las estaciones ubicadas al interior de la bahía (Fig 93 y 94). El 14 de diciembre, se produce una disminución de las concentraciones de este nutriente en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía y un aumento de este en las estaciones ubicadas al interior. En el tercer día de estudio, se puede observar una disminución de las concentraciones, tanto en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía como las ubicadas al interior de esta (Fig 95 y 96).

Distribución vertical de los pigmentos fotosintéticos

La distribución vertical de la clorofila "a", para el 12 de diciembre presentó los menores valores ($< 2\text{mg/m}^3$) en

superficie, los cuales van incrementando hacia profundidad en el centro de la bahía, con concentraciones mayores a 10 mg/m³. Para el 14 del mismo mes las mayores concentraciones (> 14 mg/m³) se ubican a los 10 m de la estación 1, quedando los menores valores (< 3 mg/m³) en superficie y profundidad, y hacia las estaciones 6 y 7. El día 16 de diciembre las concentraciones de clorofila "a" se reducen a menos de 0.5 mg/m³ entre 0 y 10m de la estación 2, siendo en general muy homogéneas (Fig 97 y 98).

La distribución vertical de los valores de feofitina, presentan una fluctúan entre 0.4 y 5 mg/m³. Para el 12 de diciembre los mayores valores (> 5 mg/m³) se ubican en centro de la boca de la bahía en los 20 m y los menores en superficie (<1 mg/m³). Para el 14 del mismo mes, los mayores valores de feofitina (> 3.0 mg/m³) se localiza en las profundidades próximas al fondo de la estación 6 y 7. Igual situación ocurre el 16 de diciembre, donde los mayores (> 3.0 mg/m³) valores se ubican bajo los 15 m en las estaciones 6 y 7. En cambio las concentraciones de este pigmento en la boca de la bahía es muy homogéneo con valores inferiores a 0.8 mg/m³ (Fig 97 y 98).

Muestreo intensivo de invierno, bahía Tongoy

Bahía Tongoy, fue estudiada durante los días 29, 31 de mayo y el 2 de junio, con un muestreo intensivo en 9 estaciones oceanográficas (Fig 60).

Registro de Vientos

La Figura 99, muestra la configuración de los vientos en la Bahía Tongoy, entre las 10 y las 16 horas del día 151 (31 de Mayo de 1995). Este día culminó un evento de viento intenso

en Lengua de Vaca según los valores del SES.

La fase de relajación de los vientos se observa el 2 de junio (día 153) en que el SES se anuló (Figura 100). En este caso los vientos en el Lengua de Vaca son débiles y con dirección desde el cuadrante NW. Exceptuándose las estaciones 3 y 7, los débiles vientos también rotan levemente en un sentido ciclónico.

Análisis de Corrientes

Durante el período de mediciones (23 mayo al 7 de junio) sólo se midió corrientes a 10 m de profundidad. Las componentes indican un valor medio al sur muy pequeño de 0,4 cm/s, y una componente al oeste neta de 2,2 cm/s. Estas condiciones difieren en magnitud de los valores encontrados en el período de verano de 1994, siendo menores, pero conservando la dirección.

Las corrientes puntuales para el día 29 de mayo, muestran una entrada de agua tanto a 5 como a 10 m en las estaciones de la boca. Las estaciones del interior presentan velocidades bajas o nulas, el día 31 del mismo mes se mantiene la entrada de agua en las estaciones más este, saliendo por el lado oeste de la bahía en la línea de boca. Al interior, salvo en el centro que el agua sale con velocidad mayor a 5 cm/s, los valores nuevamente son bajos (Fig 101). Estas direcciones de las corrientes muestran un giro a la derecha respecto a la dirección del viento medido en Lengua de Vaca, o la izquierda respecto al medido a bordo. El 2 de junio se mantiene la tendencia general a entrar agua a la bahía, saliendo sólo en 10 m en el lado oeste, con un flujo no definido en el interior. Los vientos tienen gran variabilidad durante el día, observándose una tendencia de las corrientes a girar a la izquierda respecto

a la dirección del viento (Fig 101).

Distribución horizontal de los parámetros físicos

La temperatura superficial, osciló entre 14.2 a 15.4 °C, observándose los mayores valores hacia los sector oeste de la bahía, durante el 31 de mayo (Fig 102). Mientras que los valores fueron muy homogéneos (14.4°C) durante el primer y último día de muestreo. A los 10 m de profundidad, esta homogeneidad de las temperatura se mantiene alrededor de los 14.2 °C para los tres días de estudio (Fig 103).

La salinidad, tanto en superficie como a 10 m, mostró una homogeneidad de sus valores, los que fluctuaron entre 34.44 a 34.50 psu . Las mayores variaciones se presentaron el día 2 de junio, detectándose las menores salinidades (34.44 psu) en sector oeste de la bahía (Fig 102). En el nivel de 10 m se observó una situación similar, con una homogeneidad de sus salinidades que fluctuaron alrededor de 34.52 psu (Fig 103).

Para oxígeno disuelto a nivel superficial presentó una fluctuación de sus valores entre 5.7 a 8.0 ml/l, observándose sus menores valores (< 6.0ml/l) en el sector norte de la bahía, concentraciones que fueron incrementando hacia el interior de la bahía, llegando a valores que están sobre el 120% de saturación del oxígeno (Fig 104). En el nivel de 10 m se presentó una homogeneidad de los valores, los cuales fluctuaron entre 5.5 a 6.5 ml/l, concentraciones que corresponden entre el 95 a 110% de saturación (Fig 105).

Distribución horizontal de los nutrientes

Nitrito superficial osciló entre 0.16 y 0.36 μM , concentraciones que disminuyen en general hacia el norte y

centro de la bahía (Fig 106). En el nivel de 10 m se observó una similar estructura de distribución de este nutriente, con concentraciones que presentan una mas amplia fluctuación (0.08 a 0.54 μM). Los mayores valores ($> 0.32 \mu\text{M}$) se detectan el sector noroeste y centro de la bahía (Fig 107).

Las concentraciones de nitrato superficial, fluctuaron entre 4 y 11 μM , registrándose las mayores valores ($>10 \mu\text{M}$) durante el 29 de mayo y 2 de junio en el sector oeste y centro de la bahía respectivamente (Fig 106). En los 10 m de profundidad, se presentó una similar estructura de distribución a la de superficie. Sin embargo, para el 29 de mayo donde se observaron los menores valores ($< 4 \mu\text{M}$) en superficie, a los 10 m se detectan las mayores concentraciones de nitrato ($>10 \mu\text{M}$) (Fig 107).

Los valores de Fosfato superficial, presentan una fluctuación de las concentraciones entre 0.6 y 2.4 μM , observándose la mayores valores para los días 29 y 31 de mayo, en el sector centro norte de la bahía. Mientras que las menores concentraciones ($<0.8 \mu\text{M}$) de este nutriente se detectó en el día 2 de junio (Fig 108). En el nivel de los 10 m, el comportamiento de este nutriente es similar, observándose un aumento de las concentraciones ($> 2.4 \mu\text{M}$) en el centro-sur de la bahía durante el primer día de muestreo y presentándose las menores concentraciones ($< 1 \mu\text{M}$) en el día 2 de junio (Fig 109).

Silicato superficial muestra las mayores concentraciones ($> 18 \mu\text{M}$) el 2 de junio, mientras que los menores valores de este nutriente ($< 4 \mu\text{M}$) se detectan en el centro de la bahía para los días 29 y 31 de mayo (Fig 108). En el nivel de 10 m ocurre una situación similar a la observada con nitrato, ya que las mayores concentraciones ($> 18 \mu\text{M}$) se presentan durante los días 29 de mayo en centro-norte de la bahía y el

2 de junio en el centro-sur de esta área de estudio, quedando los menores valores ($< 6 \mu\text{M}$) en el centro de la bahía para el 31 de mayo (Fig 109).

Distribución horizontal de los pigmentos fotosintéticos

La distribución de la clorofila "a" a nivel de superficie, sus valores presentan una fluctuación entre menos de 1 y mas 8 mg/m^3 . Las menores concentraciones ($< 1\text{mg}/\text{m}^3$) se presenta al sector norte de la bahía, mientras que las mayores concentraciones de este pigmento fotosintético ($>4 \text{mg}/\text{m}^3$) se registraron en el área suroeste de la bahía (Fig 110).

La clorofila "a" a nivel de 10m presenta una similar estructura de distribución a la ya observada a nivel superficial, sin embargo sus concentraciones son ligeramente superior, registrándose valores mayores a 3 mg/m^3 en el área interior de la bahía (Fig 111).

Las concentraciones feofitina a nivel superficial fluctuaron entre 0.5 a 4.0 mg/m^3 , detectándose los mayores valores ($> 3 \text{mg}/\text{m}^3$) el día 2 de junio en el interior de la bahía, mientras que las menores concentraciones ($< 0.5 \text{mg}/\text{m}^3$) se presentaron en el primer día de muestreo en el sector norte de la bahía (Fig 108).

A nivel de los 10m la estructura de distribución es muy similar a la observada en superficie, sin embargo, las concentraciones son ligeramente superior. El día 29 de mayo se presentó un fuerte cambio, ya que los valores de feofitina alcanzan los 7 mg/m^3 , en el interior de la bahía, mientras que los menores valores ($<1 \text{mg}/\text{m}^3$) se localizan en el sector norte del área de estudio. Por el contrario el día 31 del mismo mes, las mayores concentraciones de este

pigmento ($> 3 \text{ mg/m}^3$) se ubican en el centro de la bahía. El 2 de junio la estructura de distribución y valores de este pigmento son mas similares al primer día de estudio (Fig 111).

Distribución vertical de los parámetros físicos

La distribución vertical de la estructura térmica para los tres días de estudio es muy homogénea, donde sus valores que fluctúan entre $14-15^\circ\text{C}$ en las estaciones ubicadas en la boca de la bahía y entre $14-14.2^\circ\text{C}$ en las estaciones próximas a la playa (Fig 112 y 113).

La salinidad muestra una columna de agua muy homogénea para los tres días de estudio, tanto el corte de la boca de la bahía como perpendicular a ella, cuyos valores fluctúan entre 34.48 a 34.52 psu (Fig 112 y 113).

El oxígeno disuelto muestra en la columna de agua presentó valores muy homogéneos, los cuales fluctúan entre 5 a 6.5 ml/l. Las mayores concentraciones ($> 6.5 \text{ ml/l}$), se distribuyen a nivel superficial y hacia el interior de la bahía, cuyos valores de sobresaturación de oxígeno alcanzan los 115%. Cabe señalar, que solo el 29 de mayo en el sector oceánico se detectó valores inferiores a 95% de saturación de oxígeno (Fig 114 y 115).

Distribución vertical de los nutrientes

En general las concentraciones de nitrito en la columna de agua fueron bajas, observándose un aumento de las concentraciones en profundidad para el 31 de mayo con valores que oscilan desde 0.4 en superficie a $0.8 \mu\text{M}$ bajo los 30 m. Tanto para el primer y tercer día de muestreo los

valores de nitritos fueron muy homogéneos, los cuales fluctuaron entre 0.2 y 0.4 μM (Fig 116 y 117).

Con respecto a nitrato, se encontró una columna de agua bastante abastecida de este nutriente ($> 10 \mu\text{M}$) en las estaciones ubicadas en el centro de la boca de la bahía bajo los 20 m, mientras que las menores concentraciones ($< 4 \mu\text{M}$) se registraron en la columna de agua en la estación 3 del 29 de mayo (Fig 116 y 117).

Fosfato mostró para el 29 mayo sus mayores concentraciones ($> 2.6 \mu\text{M}$) a nivel superficial, mientras que para el 31 de mayo, estos valores incrementaron a 3.4 μM , los cuales se ubicaron próximo a los 40m de la estación 2. En ambos días las concentraciones de este nutriente fueron menores en el interior de la bahía. No ocurre de esta manera el 2 de junio, donde las mayores concentraciones de fosfato solo alcanzaron los 1.4 μM , tanto en la boca como en el interior de la bahía (Fig 118 y 119).

La distribución vertical del silicato presenta en general elevadas concentraciones ($> 16 \mu\text{M}$) para el 29 mayo y 2 junio, en los primeros 10 m y bajos los 20 m respectivamente. Para el 31 de mayo los valores de este nutriente son mas bajos ($< 10 \mu\text{M}$) tanto en la boca, como en el interior de la bahía. En esta última área fue donde se detectaron los menores valores de este nutriente ($< 4 \mu\text{M}$) (Fig 118 y 119).

Las concentraciones de amonio solo se detectaron en el muestreo realizado el 29 de mayo, con valores que fluctuaron entre 0.1 a 1.1 μM . Las mayores concentraciones ($> 0.8 \mu\text{M}$) se presentaron en la estación 6. Los valores de este nutriente fueron prácticamente 0 μM en toda la columna de agua, para los días 31 de mayo y 2 de junio (Fig. 120

y 121).

Distribución vertical de los pigmentos fotosintéticos

La distribución vertical de la clorofila "a", para el 29 de mayo presentó los mayores valores ($> 3 \text{ mg/m}^3$) bajo los 10 m en la sección del interior de la bahía, mientras que en la sección de la boca, los valores de este pigmento fotosintético son inferiores a 0.5 mg/m^3 . El 31 de mayo se mantienen las concentraciones de clorofila en el rango de 2 mg/m^3 , sin embargo en las estaciones 2 y 3 de la boca de la bahía, estos valores bajan a menos de 0.5 mg/m^3 . Para el 2 de junio los valores de este pigmento fotosintéticos caen a concentraciones menores de 1 mg/m^3 en toda la columna de agua (Fig 122 y 123).

La distribución vertical de los valores de feofitina, presentan una fluctúan entre 0.5 a 2.5 mg/m^3 para todo el período de estudio. Los mayores valores (2.5 mg/m^3) se presentaron en el interior de la bahía durante el 29 de mayo, mientras que los menores valores ($<0.5 \text{ mg/m}^3$) se registraron en la sección de la boca de la bahía. El 31 de mayo los mayores valores ($> 1.5 \text{ mg/m}^3$), se observaron sobre los 10 m, mientras que a mayor profundidad estas concentraciones disminuyen drásticamente a menos de 0.5 mg/m^3 de este pigmento. El día 2 de junio los valores de feofitina para la columna de agua son inferiores a 1 mg/m^3 (Fig 122 y 123).

Producción primaria bahía Tongoy

En la Estación 6 se realizaron estudio de producción primaria durante la época de verano y invierno. La Figura 124, muestra las interrelaciones entre luz, carbono y

clorofila "a" en la columna de agua. Para el 13 de diciembre de 1994, el valores de I_0 fue de $2040 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$ llegando a los 15 m solo $30 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$. El mayor Carbono incorporado fue de $21.9 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en los 10 m mientras que el menor valor registrado fue a los 15 m con $2.5 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$. Por otra parte los mayores valores de clorofila "a" (8.14 mg/m^3) se detectó en los 10 m, mientras que la menor concentración de este pigmento (1.58 mg/m^3) se observó en los 5 m. Cabe señalar que el mayor índice fotosintético se ubicó en los 5 m con $5.8 \text{ mg C mg Cl}^{\text{a}}\text{h}^{-1}$. Al integrar la columna de agua entre superficie y los 15 m se obtiene un resultado de $2.34 \text{ grC/m}^2/\text{día}$.

En invierno (2 de junio de 1995) el I_0 fue de $170 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$ llegando a los 15 m con $49 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$. En relación al carbono incorporado presentó su mayor valor en superficie con $1.05 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$, mientras que el menor valor fue de $0.69 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ a los 15 m. Las concentraciones de clorofila "a" fueron muy homogéneas con el mayor valor en superficie (0.23 mg/m^3), mientras que el menor valor se ubicó en los 10 y 15 m con 0.12 mg/m^3 de este pigmento fotosintético (Fig 124). Cabe señalar que la mayor eficiencia fotosintética se encuentra en los 10m con un valor de $7.0 \text{ mg C mg Cl}^{\text{a}}\text{h}^{-1}$. La productividad de la columna para esta época del año fue de $0.14 \text{ grC/m}^2/\text{día}$.

Nitrógeno, Fósforo y Carbono articulado en Bahía Tongoy

En la Estación 6 de bahía Tongoy se tomaron muestras de aguas desde superficie a 20 m, para evaluar las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Carbono articulado en la columna de agua. Debido a que estos parámetros presentaron valores muy homogéneos a las diferentes profundidades estudiadas y generalmente no relacionadas con

las demás variables abióticas, fue necesario analizar solo sus promedios.

El rango de variación del contenido de C. Orgánico en Bahía Tongoy, fluctuó entre 0.741 y 1.405 mg/l, el nitrógeno articulado osciló entre 0.012 y 0.037 mg/l y finalmente el fósforo articulado fluctuó entre 0.016 y 0.055 mg/l, al realizar la relación C:N:P se obtuvo un valor promedio de 112 : 1.93 : 1 (Tabla 3).

5.2.2 Análisis de la información mediante uso de un SIG

Como apoyo al análisis de la información, mediante el uso del SIG, se representó en imágenes, las profundidades de cada bahía (veriles) y el área cubierta por la zona de cultivos (Figs. 125 y 126). Además, de las variables relevantes para el cálculo de la capacidad de carga. Esto es, el oxígeno y alimento disponibles (clorofila "a"), basado en la información obtenida del muestreo intensivo de verano y de invierno. La información mensual no se ha representado ya que sólo refleja la situación de dichas variables en un punto de muestreo (estación yo-yo).

Las imágenes reflejan la situación en superficie, 5, 10 y 20 m. La información representada, corresponde a un promedio de los valores obtenidos en los muestreos intensivos de verano e invierno. Previo a su representación se evaluó estadísticamente la existencia de diferencias significativas entre los días de muestreo por profundidad, constatándose la no existencia de dichas diferencias.

Las imágenes han sido clasificadas, de acuerdo a una clasificación común para todas las profundidades y para ambas bahías, con el fin de hacer comparable la información.

De esta comparación se observó claramente en las dos bahías una disminución de los valores de oxígeno desde superficie hacia los 20 m, encontrándose en superficie valores de entre 6 y 8 ml/l en verano y entre 6 y 7 ml/l en invierno en bahía Inglesa y de entre 6 y 7 ml/l en ambas estaciones en Tongoy. A 20 metros, estos valores disminuyen a alrededor de 2 y 3 ml/l, en ambas bahías, lo cuál es una limitante para el cultivo a dicha profundidad (Figs. 127 y 128). Como es de esperar, ambas bahías presentan niveles mas estables de oxígeno y clorofila "a", en todas las profundidades en el período de invierno. Cabe señalar que en bahía Inglesa se observan valores mayores de clorofila "a" que en Tongoy (Figs. 127 y 129).

Si los valores de clorofila "a" obtenidos en la columna de agua de superficie a 20 m son integrados y posteriormente se obtiene un promedio de sus valores por hectárea y por cada cuadrante de muestreos, se puede conocer la variabilidad de la biomasa fitoplanctónica en el espacio y en el tiempo para ambas bahía en las épocas de verano e invierno. Bahía Inglesa presentó sus mayores valores promedios en verano los cuales oscilaron entre 1.27 a 1.74 kg/Há de clorofila "a" mientras que para el período de invierno esta biomasa fluctuó entre 0.21 y 0.57 Kg/Há de este pigmento fotosintético (Fig 130). Para bahía Tongoy los valores promedio de clorofila "a" de la columna de agua, fueron mas bajos que los registrados en bahía Inglesa y además presentaron una mayor variabilidad espacio temporal el la época de verano (Fig 131). Los mayores valores (1.10 Kg/Há) se presentan el los primeros días y en los cuadrantes próximos a la boca de la bahía, mientras que en interior se registraron valores de biomasa de 0.64 Kg/Há. El tercer día de estudio, los cuatro cuadrantes presentaron valores muy similares, con un promedios de 0.20 Kg/Há. La biomasa fitoplanctónica para esta área de estudio en invierno,

también presentó una mayor variabilidad con respecto a lo observado en bahía Inglesa (Fig 131), sin embargo sus biomasa también fueron pobres, con valores promedios que oscilaron entre 0.05 y 0.44 Kg/há de clorofila "a".

Biomasa fitoplanctónica, peso microalgas y clorofila "a"

A partir del recuento células por especie del fitoplancton, el cual fue analizado para ambas bahías desde el mes de agosto de 1994 a enero de 1995, se evaluó la biomasa fitiplanctónica por cálculo de volúmenes celulares y posteriormente su conversión a peso algas, tanto en mg/l como en gr/m³. Los valores de peso algal del fitoplanctónica para este período de estudio, fluctuaron entre 0.014 y 38.559 gr/m³. Esta biomasa fitiplanctónica presentó una correlación $r = 0.84$ ($n = 136$) con los valores de clorofila "a" significativa al 99% , donde la ecuación de la regresión lineal es:

$$\text{Peso alga}(\text{gr}/\text{m}^3) = 1.371 \text{ Cloro "a"} - 2.043$$

5.2.3 Determinación de la capacidad de carga

Considerando los niveles mínimos y máximos observados durante el período de estudio y la tasa de renovación de las bahías a las velocidad de corriente más frecuente, las capacidades de carga mínimas y máximas calculadas en ton/Há, para cada bahía son las siguientes:

Base disponibilidad de oxígeno

| | Ba. Inglesa | Tongoy |
|--------|-------------|--------|
| Mínima | 0,0 | 0,0 |
| Máxima | 21,7 | 12,3 |

Base disponibilidad de alimento

| | | |
|--------|-------|-------|
| Mínima | 20,95 | 8,32 |
| Máxima | 25,58 | 12,10 |

Los niveles mínimos de oxígeno y por ende las capacidades de carga mínimas en bahía Inglesa, se presentaron en el mes de febrero y en Tongoy, en noviembre. Los máximos ocurren en septiembre en ambas bahías. Asimismo, los valores mínimos de biomasa fitoplanctónica ocurren en agosto, tanto para bahía Inglesa como en bahía Tongoy y los máximos en diciembre en bahía Inglesa y en septiembre en bahía Tongoy.

Los resultados del modelo a diferentes velocidades de corriente y a diferentes disponibilidades de alimento y oxígeno se entregan en las Figs. 132 a,b y 133 a,b.

El análisis de las imágenes de las variables relevantes destaca claramente en las dos bahías una disminución de los valores de oxígeno desde superficie hacia los 20 metros, encontrándose en superficie valores de entre 6 y 8 ml/l en verano y entre 6 y 7 ml/l en invierno en Bahía Inglesa y de entre 6 y 7 ml/l en ambas estaciones en Tongoy. A la profundidad de 20 m, estos valores disminuyen a alrededor de 2 y 3 ml/l, en ambas bahías, lo cuál es una limitante para el cultivo a dicha profundidad (Figs 127 y 128). Como es de esperar, ambas bahías presentan niveles mas estables de

oxígeno y clorofila "a", en todas las profundidades en el período de invierno. Cabe señalar que en Bahía Inglesa se observan valores mayores de clorofila "a" que en Tongoy (Figs. 127 y 129).

Con el fin de comparar la situación actual en términos de producción de cada bahía y los valores de capacidad de carga obtenidos de la aplicación de la metodología, se cuantificó dicha producción, la que alcanza a 3 ton/Há en bahía Inglesa y a 2,5 ton/Há en bahía Tongoy.

5.3 Estimar el stock de recursos bentónico cultivables en bahía Inglesa y Tongoy respectivamente, considerando los supuestos técnicos:

- a) La variación positiva y negativa del orden del 5, 10 y 15%, de variables ambientales relevantes consignadas en la metodología.
- b) Variaciones positivas y negativas del orden del 10, 20 y 30% del aporte de contaminantes y nutrientes (nitrógeno, provenientes de centros urbanos o de agentes económicos ajenos a la acuicultura, o de sedimentos provenientes de los ríos.

Al aplicar las variaciones porcentuales señaladas a los valores máximos y mínimos de oxígeno y clorofila "a" observados durante el período de estudio, se obtienen los siguientes valores de capacidad de carga (ton/Há).

Bahía Inglesa

a) Oxígeno

| | - 5% | + 5% | - 10% | + 10% | - 15% | + 15% |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| máx. | 19,3 | 24,0 | 17,0 | 26,3 | 14,7 | 28,7 |
| min. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

b) Biomasa fitoplanctónica

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| máx. | 24,3 | 24,9 | 24,0 | 25,2 | 23,7 | 25,5 |
| min. | 19,9 | 24,0 | 17,0 | 26,3 | 14,7 | 28,7 |

Bahía Tongoy

a) Oxígeno

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|------|
| máx. | 11,2 | 13,5 | 10,1 | 14,6 | 9,0 | 15,7 |
| min. | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 1,4 |

b) Biomasa fitoplanctónica

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| máx. | 11,7 | 12,2 | 11,5 | 12,4 | 11,3 | 12,6 |
| min. | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,9 |

La aplicación de variaciones positivas y negativas de consumos de oxígeno por degradación de materia orgánica, por el potencial aporte de aguas servidas proveniente de la

población estable en cada bahía y de la población flotante en el período de verano, no arroja diferencias en los niveles de capacidad de carga.

5.4 Aplicar un modelo de simulación que considere las variables señaladas para efectos de predicción.

Una aplicación del modelo señalado, entrega valores de capacidad de carga para cada bahía basado en las variables consideradas relevantes a 10 y 20 metros (Fig 132 a 135).

En general, al aplicar el modelo con los valores ya señalados, se observó que bahía Inglesa muestra mayores capacidades de carga en ambas profundidades y para las dos variables consideradas relevantes (oxígeno y biomasa fitoplanctónica). Asimismo, en ambas bahías se observó que existen períodos, en que los niveles de oxígeno disminuyen, haciendo que el cálculo de la capacidad de carga resulte nulo, lo cuál ocurre principalmente a profundidad de 20 metros. Cabe señalar que dicha situación es transitoria (Fig 134 a,b y 135 a,b). Respecto a la capacidad de carga basada en la biomasa fitoplanctónica (Fig 134 c,d y 135 c,d), ésta se observa sin grandes variaciones a través de los meses con respecto a las diferentes velocidades de corrientes.

La capacidad de carga en bahía Inglesa en relación al ciclo anual del oxígeno disuelto, muestra claramente que en el mes de febrero este elemento es limitante a nivel de 10 metros, mientras que a los 20 metros la falta de oxígeno para sustentar una capacidad de carga se encuentran desde diciembre a marzo (Fig 134 a y b).

Con la disponibilidad de alimento los valores de capacidad de carga, presentan una estabilidad a lo largo del año, con leves bajas en la capacidad de carga en los meses de febrero y marzo

para los 10 metros y de diciembre a abril para los 20 metros de profundidad (Fig 134 c y d).

Con respecto a la capacidad de carga en bahía Tongoy en base al oxígeno disuelto, muestra los menores valores en el mes de noviembre a 10 metros, mientras que a los 20 metros de profundidad este elemento es limitante desde noviembre a febrero y en abril (Fig 135 a y b).

En relación con la oferta de alimento en bahía Tongoy, se presentó una estabilidad de la capacidad de carga en el ciclo anual, detectándose dos máximos valores a los 10 metros correspondientes a septiembre y abril. En cambio, a los 20 m de profundidad el máximo valor de capacidad de carga se presentó en septiembre, mientras que para el resto del año es muy estable (Fig 135 c y d).

5.4.1 Estimar la proporción y cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno articulado) consumido por los recursos bentónicos cultivados en Bahía Inglesa y Tongoy, respectivamente; así como la proporción y cantidad de nutrientes sedimentados y disueltos en el agua.

Evaluación de heces y pseudoheces

Los resultados no mostraron una diferencia significativa ($p > 0.05$) de la cantidad de heces atrapadas a diferentes profundidades (5, 10 y 15m) y de distintas tallas de ostiones (3, 5 y 9 cm). Esto se debería a que durante estas dos experiencias, la columna de agua el mes de diciembre presentó una homogeneidad con valores alrededor de 2 mg/m^3 de clorofila "a", y para el mes de enero, ocurre un situación similar con valores de 4 mg/m^3 de este pigmento fotosintético. Con respecto a la cantidad de heces

atrapadas, hay que hacer un cierto ajuste debido a dos factores que se deben de considerar: a) los ostión expulsan sus heces con un cierto grado de violencia, para que esta no se depositen próximas su cama; b) la eficiencia del cono para atrapar las heces va a depender de las velocidades de la corriente, y si están sobre los 4 cm/s, muchas heces caerán fuera de la trampa de sedimentación. Estos experimentos se repitieron en laboratorio, aplicando un sistema de aireación en el estanque para provocar una cierta turbulencia. De esta última experiencia se puede concluir que las pseudoheces no fueron colectadas en las experiencias realizadas en el mar, debido a que estas presentan una boyantes mas o menos neutra, y si se considera una velocidad de corrientes superior a 4 cm/s, las pseudoheces no estarían sedimentando en la trampa. Finalmente se estima que la eficiencia de estas trampas cono es de un 60% en atrapar las heces.

Los resultados mostraron para el mes de diciembre un promedio de heces de 2.34 mg MO/ostión/día y para el mes de enero 3.77 mg MO/ostión/día. Cabe señalar, que paralelamente se realizaron experiencia en laboratorio, con ejemplares de similares tallas alimentados con la microalga *Ischrysis galbana* var. *tahitiana* (30.000 cél/ml), cuyos resultado mostraron un producción promedio de 6.6 mgMO/ostión/día.

Los valores de materia orgánica de las heces colectadas a las tres profundidades, oscilan entre 10.82 a 11.77 mg/g. Estos valores tan similares, también se observaron en el contenido de carbono orgánico con una media de 0.073 mg/g; para nitrógeno fue de 0.072 y finalmente para fósforo, con una media de 0.033mg/g (Fig 136).

Sedimentos que aportan los Centro de Cultivos en bahía Inglesa

La materia orgánica que esta llegando a los fondos de bahía Inglesa, presentó sus mayores valores (>7.0 gr/m²/día) en los meses de marzo y abril y los menores (< 1.0 gr/m²/día) en el mes de junio (Fig 137). Los valores de la materia orgánica no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) en las tres estaciones, considerando que una de ellas se encuentra fuera del área de cultivo. Los mg/gr de materia orgánica fluctúan entre 53.13 a 650 mg/gr de materia orgánica, con una media de 301.49 mg/gr (Fig 138).

Con respecto a la variabilidad del carbono orgánico en esta bahía, presentó sus mayores valores (> 100 mg/gr), desde febrero a julio. En este parámetro no se detectó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las tres estaciones estudiadas (Fig 138). El nitrógeno orgánico, presentó una mayor variabilidad, sin embargo, las tres estaciones no presentan una diferencia significativa ($p > 0.05$), se registran sus mayores valores (> 50.0 mg/gr) en los meses de febrero y marzo, mientras que los menores valores (< 10.0 mg/gr) en el mes de enero (Fig 139). La distribución del fósforo total, presentó una similar estructura de sedimentación que el carbono orgánico con valores sobre 10 mg/gr desde marzo a junio, con la excepción de abril que presenta un promedio cercano a los 5.0 mg/gr. También este parámetro no presenta diferencias significativas en las tres estaciones estudiadas ($p > 0.05$) (Fig 139).

Sedimentos que aportan los Centro de Cultivos en bahía Tongoy

Las trampas de sedimentación instaladas en Bahía Tongoy, presentaron valores de materia orgánica superiores a 7.0

gr/m²/día en el mes de febrero, mientras que los menores valores (< 2.0 gr/m²/día) se detectan en el mes de octubre. Las tres estaciones mantienen similares concentraciones, no detectándose diferencia significativas entre ellas ($p > 0.05$) (Fig 140). Con respecto a la cantidad de materia orgánica por gr de sedimento colectado, presenta una oscilación de sus valores entre 116.62 a 407.70 mg/gr con una media de 224.50 mg/gr (Fig 141). Los valores de carbono orgánico durante el muestreo fueron muy similares, con una media de 55.80 mg/gr; sus mayores valores (>70 mg/gr) se detectaron en los meses diciembre, abril y mayo, mientras que valores inferiores a 30.00 mg/gr se presentaron en el mes de julio (Fig 141). El nitrógeno orgánico presentó una marcada estacionalidad, especialmente en la estación 1 donde los valores mayores a 20 mg/gr se encuentran en los meses de verano, mientras que en los meses de agosto y octubre se encuentran valores menores a 10 mg/gr (Fig 142). El fósforo total presentó un distribución azarosa con una media de 5.0 mg/gr. Sus mayores valores (> 7.0 mg/gr) se registran en los meses de enero, abril, mayo y julio. Sin embargo los valores de las tres estaciones no presentan diferencias significativa ($p > 0.05$) (Fig 142).

Distribución de la Materia orgánica, Carbono orgánico, Nitrógeno orgánico y Fósforo orgánico en el sedimento de bahía Tongoy.

En el muestreo de invierno se dejó un día para muestrear los fondos de Bahía Tongoy, donde se detectó que los mayores valores (>35.0 mg/gr) de materia orgánica se encuentra a profundidades mayores de 20m , mientras que en los fondos de menos de 10 m esta concentración se reduce a valores menores de 15 mg/gr de materia orgánica (Fig 143). El carbono orgánico presenta similar estructura de distribución al de materia orgánica, donde a profundidades mayores a 20 m se

encuentran valores superiores a 10 mg/gr y en los 10 m concentraciones menores a 6mg/gr (Fig 143). El nitrógeno orgánico presentó una similar distribución a los parámetros anteriores, donde bajo los 20 m se encuentran valores superiores a 1 mg/gr, sin embargo los menores valores (< 0.4 mg/gr) se ubican en el sector este de la bahía entre los 10 a 20 m de profundidad (Fig 144). El fósforo orgánico presenta una distribución inversa a la ya observada, sus mayores valores (>2.5 mg/gr) se ubican en profundidades cercanas a los 10 m mientras que los menores valores (< 1.5 mg/gr) se encuentran en sedimentos que se ubican a profundidades entre 20 m a 50 m (Fig 144).

Consumo de oxígeno por Materia Orgánica.

Se evaluaron los resultados de consumo de oxígeno por cantidad de materia orgánica, que fueron expresada como MO/DO. Para Bahía Inglesa los valores de (MO/DO) fluctuaron entre 3.18 a 14.11 con una media de 6.8 (MO/DO). Para Bahía Tongoy, estos valores fueron mas altos, los que oscilaron entre 3.47 a 16.63 con una media de 9.0 (MO/DO). Cabe señalar, que este último resultado fue considerado en el modelo de capacidad de carga en base al oxígeno. Estos resultados se consiguieron con dos metodologías distintas a) método Winkler y b) sugerido por Raymond Thompson (com. pers) especialista en el tema, el consumo de oxígeno medido cada una hora con un oxigenómetro Yellow Spring (YSI 57) durante las primeras 12 hrs.

Aspectos fisiológicos del recurso Ostión

Para realizar esta clase de estudio, el primer objetivo ejecutado fue un estudio biométrico del ostión (*Argopecten purpuratus*), para llevar todas las tallas (1 a 10 cm) a pesos seco, considerando todas las partes blandas del

ostión. Este análisis mostró que a medida que el ejemplar crece su peso aumenta exponencialmente de acuerdo a la ecuación:

$$P_s = 0,04 \times L^{2,10}$$

Esto significa que un ejemplar de talla comercial (10 cm), presenta un pesos seco de 5.03 gr. Además, se realizó un estudio biométrico entre el peso seco y peso húmedo de las partes blandas, variables que presentan una relación lineal de acuerdo a la ecuación (Martínez, 1986).

$$P_s = 0,08 + 0,17 P_h$$

Esto significa que el ejemplar de talla comercial (10 cm) cuyo peso seco de 5.03 gr, tiene un peso húmedo 30 gr de sus parte blandas.

Para realizar los estudios fisiológicos de esta especie, se consideraron solo ejemplares de 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 gr de peso seco, donde se determinó la Tasa filtración (l/h), Tasa de Ingestión (mg/h), Tasa de Ingestión Orgánica (mg/h), Tasa de Asimilación (mg/h), Porcentaje de Eficiencia de alimentación, Tasa de respiración (ml/l) y Tasa de Excreción ($\mu\text{g NH}_4\text{-N/h}$) con respecto al peso seco (Tabla 4).

La tasa de filtración que representa el volumen de agua libre de partículas que pasa por las branquias del ostión por unidad de tiempo, se determino por método indirecto, el cual se mide el descenso de la densidad de microalgas del medio experimental. En esta oportunidad, se realizaron dos experiencias , la primera que el la tradicional se realizó con *Isochrsys galbana* var. *tahitiana* y posteriormente con fitoplancton natural, donde se pudo comprobar con dos tipos de alimentos de fitoplancton natural con especies de tallas

de 5 a 500 u, que el ostión no presenta un selección específica del fitoplancton. Se pudo establecer que la tasa de filtración es dependiente del tamaño corporal, aumentando a medida que aumenta la talla, alcanzando un valor de 10.9 l/h en un ejemplar de 5.0 g relación que se ve expresada en la siguiente ecuación.

$$TF = 2.45 Ps^{0.80}$$

La tasa de ingestión (mg/ml) , que representa la cantidad de alimento que es ingerido por unidad de tiempo, se obtuvo del producto entre la tasa de filtración y el valor del peso de *I galbana* var. *tahitiana* a una concentración de 30×10^6 cél /ml, que al igual que la tasa de filtración, presenta una estrecha relación con las tallas, la cual es representada por la siguiente ecuación.

$$TI = 2.20 Ps^{0.80}$$

A partir de la tasa de ingestión se pudo determinar la tasa de ingestión orgánica, la que para un organismo de 5.0 gr es de 8.7 mg/h con una eficiencia de absorción de un 70 % . Cabe señalar que esta eficiencia se obtuvo en laboratorio con una alimento monoespecífico, ya que con fitoplancton natural donde dominan las diatomeas y algunas de ellas con fuerte estructura silícica, esta alta eficiencia de absorción obtenida en laboratorio se reduce drásticamente a un 30 a 40% (González com. per) la ecuación que relaciona la tasa de absorción con la talla del organismo en peso seco es:

$$EA = 72.7 Ps^{-0.03}$$

Con respecto a la tasa de respiración , también se observa un alto grado de dependencia en relación a la tasa de consumo de oxígeno con su correspondiente peso seco de los ejemplares en estudio, detestándose el mayo valor de 1.4 ml de O₂ / h en un organismo de 5.0 gr. (Tabla 4). La ecuación de esta relación es la siguiente:

$$TR = 0.30 Ps^{0.55}$$

La tasa de excreción del ostión también esta dada por la talla de los ejemplares en peso seco, observándose que el mayor valor 66.0 ug/h corresponde a un ejemplar de 5 gr (Tabla 4) y la ecuación es la siguiente:

$$TE = 20.4 Ps^{0.67}$$

Aspectos fisiológicos de *Ciona intestinalis*

Para realizar este estudio se tuvo que evaluar la población de *Ciona intestinalis* (L.). Lo primero que se realizó fue un estudio biométrico entre volumen desplazado, peso húmedo, peso seco y peso ceniza de este organismo. Todas estas relaciones presentaron una correlación superior a 0.97 significativas al 99%. la regresión entre peso húmedo y volumen desplazado esta dada por la ecuación :

$$Ph = 3.02 + 0.610 Vol$$

y peso seco con el volumen desplazado esta dado por:

$$Ps = - 0.006 + 0.058 Vol$$

La Tasa de filtración para un organismo de 1 gr es de 0.997 l/h y la tasa de ingestión corresponde a 0.259 mg/h,

mientras que la tasa de ingestión orgánica es de 0.06 mg/h con un eficiencia de absorción de un 23%. La tasa de respiración se medio en ejemplares cercanos a 0.5 gr donde se pudo determinar que el consumo de oxígeno fue de 0.364 ml O_2/l . También se realizó un cálculo de esta mismas variables para una linterna como unidad de cultivo. Cabe señalar que una linterna con ciona puede tener un peso máximo sobre los 120 kgr con una media de 80 Kgr. Generalmente se tiene un promedio de 6000 cionas por linternas de esta manera la tasa de filtración es de 5286 l/hr y una tasa de respiración de 3.4 l O_2/hr (Tabla 5).

Tasa de Crecimiento del Ostión del norte, promedios para Bahía Inglesa y Tongoy.

Para conocer el crecimiento diario del ostión se eligieron tres tallas que generalmente se conocen como: semilla (5-15mm), juvenil (30-55mm) y comercial (75-85mm). Con esta tres tallas se realizó un estudio de tasa de crecimiento diario, que este caso se promedio los resultados obtenidos en bahía Inglesa y bahía Tongoy. La Figura 145, muestra la tasa de crecimiento diario de estas tres tallas entre agosto de 1994 a marzo de 1995, donde se puede observar que crecimientos diario para la talla 5-15 mm es entre 0.190 - 0.275 mm, mientras que en juveniles (30-55 mm) se reduce a tasas de crecimiento diario al rango de 0.145 - 0.230 mm y finalmente se observa que los ostiones en fase precomercial, la tasas de crecimiento diario se presenta entre 0.05 a 0.11 mm. También cabe destacar que las menores tasa de crecimientos para las tres tallas se presenta en agosto y las mayores en primavera-verano. La última experiencia realizada fue la instalación de tres sistemas de cultivo de ostión del norte a las profundidades de 5, 10 y 15 m desde febrero a julio en bahía Tongoy, con el objeto de conocer la

tasa de crecimiento en relación a la disponibilidad de alimento en la columna de agua. Durante el estudio las aguas de esta bahía se caracterizaron de ser muy homogéneas en la columna, especialmente el fitoplancton. Los resultados obtenidos durante estos 5 meses en ostiones de tallas de 45-70 mm presentaron una tasa promedio de crecimiento diario de 0.17 mm y no se detectó diferencias significativas en el crecimiento ($p < 0.05$) en los 5, 10, 15m.

6. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Durante el fenómeno El Niño 1982-83, se presentaron condiciones favorables para el crecimiento del ostión de norte (*Argopecten purpuratus*), especialmente en las bahías de Mejillones, Inglesa y Tongoy. Durante 1984 se explotó este recurso de estas bahías, obteniéndose más de 465 ton de carne (músculo), las cuales fueron exportadas preferentemente a USA. Esta alta producción y la fuerte demanda del producto por el mercado internacional, despertó un gran interés de los industriales del sector en desarrollar el cultivo de esta especie. La iniciación de la actividad del cultivo del ostión del norte fue en 1983, la cual se vio apoyada por dos factores fundamentales; la política económica imperante en el país y la introducción de la tecnología japonesa de cultivo de pectínidos por parte de la Universidad Católica del Norte y SERNAP IV Región. Durante el 8º taller de Acuicultura organizado por la Universidad Católica del Norte y la Asociación de Productores de Ostra y Ostión, realizado en Caldera el 6-7 de Octubre de 1993 donde se celebró los 10 años del cultivo del ostión, donde se analizó el camino recorrido y se visualizaron los nuevos objetivos para el desarrollo del sector. El estudio de la capacidad de carga, especialmente para bahía Inglesa y Tongoy fue sugerida dentro los objetivos prioritario, debido fundamentalmente a que 1993 fue mejor año de captación histórico de semilla a nivel industrial, con más de 230 millones en bahía Tongoy. Además en

años anteriores se realizaron grandes inversiones en Hatcheries, como Cultivos Marinos Internacionales. La pregunta más frecuente en este 8º taller por parte del cultivador, " si la gran limitante de la década pasada que era la **semilla**, estaba superada" y por ende se podría hacer una mayor inversión. Sin embargo, surgió nueva interrogante " cuantos ostiones soportan las bahías sin que baje la tasa de crecimiento y aparezcan nuevas enfermedades".

Existen pocos antecedentes a nivel nacional e internacional, sobre modelos de capacidad de carga para moluscos bivalvos y están orientados principalmente a ambientes tipo fiordos (Ledermann et al 1985; Brylinsky and Sephton, 1991; Grant and Thompson, 1989 y otros). Motivo por el cuál, la metodología planteada inicialmente en el estudio fue validada y modificada en el transcurso del proyecto, con el fin de lograr su ajuste, en términos de la dinámica de las bahías en estudio.

La mayoría de las estimaciones de capacidad de carga en moluscos bivalvos consideran como variables relevantes la oferta alimenticia del lugar y la demanda alimenticia de los organismos, en función de su tasa de filtración y de la concentración de alimento (Incze et al., 1981; Carver and Mallet, 1987; Brylinsky and Sephton, 1991), concepto bajo el cuál, se desarrolló el modelo de capacidad de carga para las bahías Inglesa y Tongoy.

Es importante considerar que los organismos en cultivo no son los únicos que disponen de la oferta alimenticia del lugar, Incze et al., (1981) especificaron en su modelo de capacidad de carga, que los mitílidos deberían consumir sólo el 50 % de la oferta alimenticia disponible. Al respecto, de acuerdo con Ledermann (1988) y CORFO (1981), el modelo desarrollado considera en la oferta alimenticia el 8 % de la biomasa fitoplanctónica.

En zonas costeras próximas a eventos de surgencia, como la Bahía de Tongoy la oferta alimenticia estará dominada en gran medida por este proceso, el cual a su vez está dominado por los vientos (Acuña et. al 1988). En general, los modelos desarrollados se basan conceptualmente en los niveles de oferta del medio y demandas requeridas por los organismos objeto de cultivo respecto a alimento y oxígeno. De esta manera el conocimiento de la dinámica ambiental de las bahías es de particular interés para el modelo de capacidad de carga.

El régimen diurno y ciclo anual de los vientos por la diferente exposición de las estaciones (Caldereta y Lengua de Vaca) a los vientos costeros en relación a la orientación de las bahías, resultó en magnitudes y direcciones dominantes bastante diferentes en ambas estaciones. Así, mientras el régimen diurno de los vientos en Lengua de Vaca culmina alrededor de las 17 horas con una dirección casi permanente del SW (220-239 grados), en Caldereta lo hace alrededor de las 15 horas con una dirección dominante del W. En ambas estaciones los vientos más fuertes se dan en verano, seguidos de la primavera, con mínimos en invierno.

La variabilidad interdiaria del seudoesfuerzo superficial (SES) en general, y debido en parte a la exposición de las estaciones, el SES (Rutllant, 1992) en Lengua de Vaca resulta alrededor de 5 veces superior al determinado en Caldereta. Por otra parte, es frecuente encontrar un desfase entre los valores máximos de ambas estaciones del orden de 1 día, con Caldereta precediendo a Lengua de Vaca. Esto es consistente con el mecanismo de refuerzo de los vientos asociados con la propagación de depresiones costeras de N a S, con velocidades de fase del orden de 500 Km/día (Rutllant, 1993; Rutllant y Garreaud, 1995).

La frecuencia de eventos de viento fuerte resulta similar en ambas estaciones, con periodicidades dominantes de 4 a 7 días y

también de 15 días. Sin embargo, la duración de los eventos de viento fuerte ($SES > 50 \text{ m}^2/\text{s}^2$ en Caldereta) parece ser mayor en Lengua de Vaca.

La velocidad de la corriente que están estrechamente asociadas al ciclo diario y anual del SES, es un importante factor en el cálculo de la capacidad de carga ya que define las tasas de residencia. Durante el período de estudio se constató que existe una gran diferencia de las velocidades de la corriente entre los períodos de invierno y verano en ambas bahías, siendo notoriamente más intensas en la época de verano, alcanzando a 15,6 cm/seg en bahía Tongoy y 9,2 cm/seg en bahía Inglesa, mientras que para el invierno son del orden de 1.1 y 1.4 cm/seg para ambas bahías respectivamente. Hay estudios (Wildish et al., 1987; Kirby-Smith, 1972), que señalan que en especies de ostiones se inhibió el crecimiento a velocidades de corriente $> 5 - 20 \text{ cm/seg}$, por lo que para efectos del cálculo de la capacidad de carga se consideró un flujo de hasta 6 cm/seg en Tongoy y 5 cm/seg en Bahía Inglesa.

La disponibilidad de alimentos en ambas bahías está regulado principalmente por un ciclo anual de las condiciones hidrográficas de la columna de agua. Como es el período de verano con una estructura de estratificación de la columna con aguas más cálidas en superficie ($> 16^\circ\text{C}$), condición que se observó desde noviembre a abril en ambas bahías, mientras que para el resto del año se presentó una estructura de mezcla en la columna de agua con temperaturas inferiores a 14°C . Es frecuente que en ambas bahías se presenten durante el año, procesos de surgencia (Uribe y Neshyba 1983 y Acuña et. al. 1988). En bahía Inglesa se detectó este proceso de surgencia para los meses de octubre y febrero, mientras que para bahía Tongoy ocurrió en los meses de noviembre y enero, donde se observó un ascenso de aguas frías ($< 14^\circ\text{C}$), pobres en oxígeno ($< 3 \text{ ml/l}$) y ricas en

nutrientes ($> 10 \mu\text{M}$ nitrato y $> 2\mu\text{M}$ fosfato) hasta los 10 m de profundidad. Próximo a estos eventos de surgencia se presentaron altas biomásas fitoplanctónica ($> 10 \text{ mg/m}^3$ de clorofila "a") que se distribuye en la columna de agua preferentemente entre los 5 y 15 m de profundidad. Sin embargo, estas altas concentraciones de clorofila "a" ($> 10 \text{ mg/m}^3$) se observan con una mayor frecuencia en el tiempo que a los eventos de surgencia para ambas bahías. Cabe señalar que en los meses de septiembre y junio para bahía Tongoy, se presentaron biomásas de 16 y 8 mg/m^3 de clorofila "a" respectivamente, sin que se haya observado durante este período procesos de surgencia, lo que estaría indicando, que también llega a la bahía altas biomásas de fitoplancton procedente desde el exterior. Procesos inversos también fueron observados en períodos de 48 hrs, donde se reducen concentraciones fitoplanctónicas, como lo detectado en bahía Tongoy el 14 de diciembre con valores promedio de 1.14 kg/Há disminuyendo a 0.15 Kg/Há de este pigmento fotosintético al 16 de diciembre de 1994. Estas condiciones coinciden con los fuerte viento del sur ($> 7 \text{ m/s}$), lo que estaría relacionado con la tasa de renovación del agua de la bahía, que es alrededor de un día para estas condiciones. Sin embargo, en las bahías existe una tasa de producción, para los meses verano fue de 3.69 y 2.34 gr C m^2 por día para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente, los cuales fueron inferiores a la productividad detectada por Ahumada et al. (1991) durante un período de surgencia en bahía Concepción. En estos meses de verano se observó una fotoinhibición a nivel superficial con mas de 1000 $\text{uEm}^2\text{s}^{-1}$, y la intensidad de luz crítica ($3 \text{ uEm}^2\text{s}^{-1}$) no superó los 15 m de profundidad. En los meses invierno la tasa de producción fue 0.56 y 0.14 gr C m^2 por día para las bahías Inglesa y Tongoy respectivamente. Como se puede ver la disponibilidad de alimento es alto, si se considera que un ostión de talla comercial (9-10 mm) que presenta una tasa de ingestión alrededor de 10 mg/h , mas 0.26 mg/h de la ciona que

generalmente se encuentra en los sistemas de cultivo, mientras que la oferta alimentaria media (clorofila "a" de 5.7 mg/m^3 para ambas bahías, es de una biomasa microalgal 5.8 gr/m^3 . El alimento para los moluscos filtradores cultivados en las bahías no sería un limitante. Esto se estaría confirmando con los resultados de tasa de crecimiento del ostión en bahía Tongoy, ya que desde los primeros estudios realizados en 1981 a 1983 (Akaboshi e Illanes 1983), el ostión para llegar a tamaño comercial (9 cm) se requería un tiempo de 14 a 15 meses. En 1994 en esta misma área de cultivo se tuvieron alrededor de 150 millones de semillas en engorda y el tiempo para llegar a los 9 cm demoró un tiempo de 14 a 16 meses con un manejo de cultivo similar al realizado en 1983 (Uribe 1994). En bahía Inglesa los diferentes rango de tallas del ostión han conservado el crecimiento diario para las diferentes épocas del año durante los últimos cuatro años. Cabe señalar que a mediados 1993 solo la empresa Cultivos Marinos Internacionales tenía en engorda mas de 80 millones.

Los procesos de surgencia, además de subir nutrientes a la superficie, ascienden aguas pobres en oxígeno ($< 3 \text{ ml/l}$), elemento que si puede ser limitante, especialmente en las épocas de primavera verano cuando estos eventos son mas frecuentes. El proceso de oxidación de las biodeposiciones es un factor relevante en la disponibilidad de oxígeno, sin embargo no es de mayor preocupación debido a que las mayores concentraciones de sedimento orgánico que se aproxima al fondo son de 7.0 gr m^2 por día y un índice promedio oxidación de 9 M_0/D_0 . Si a este proceso además se agrega la excreción de $60 \text{ } \mu\text{g}$ por hora de un ostión de talla comercial, la suma no es de mayor relevancia por la alta tasa de renovación media de las bahías (3.5 días) y por la baja de oxígeno especialmente en las aguas de 20 m por el proceso de surgencia.

El deposito de materia orgánica en el fondo marino del área de

cultivo es inferiores a 30 mg/gr, valores que son menores a los 150 mg/gr encontrado Rudolph et al (1984) para bahía Concepción. Esta baja acumulación de materia orgánica en las bahías Inglesa y Tongoy se debe a las fuertes corrientes de fondo, que en algunas ocasiones superan los 10 cm/s arrastrando los sedimentos orgánicos a fondo mas profundo (50 m), donde se detectaron concentraciones superiores a los 50 mg/g.

Los niveles de capacidad de carga obtenidos para bahía Inglesa en base al oxígeno disponible, alcanzarían como máximo a alrededor de 55 ton /Há (vel. corr de 5 cm/seg), y para Tongoy a alrededor de 30 Ton/Há a la misma velocidad de corriente. Cabe señalar que la capacidad de carga esta referida a el peso húmedo de carne de ostión. En base a la clorofila "a" (oferta de alimento) los niveles son de alrededor de 45 ton/Há en bahía Inglesa y de menos de 20 ton/Há en Tongoy, cabe señalar que las velocidades más frecuentes en ambas bahías bordean los 3 cm/seg por lo que la capacidad de carga normalmente será menor a la señalada y se encontrará entre 20 y 26 ton/Há en bahía Inglesa y a alrededor de 12 ton/Há en bahía Tongoy. Al respecto los cálculos realizados en base a las metodologías propuestas se encuentran dentro de las estimaciones realizadas por Wolff (1994), quien señala que es imposible mantener en Tongoy más de 50 ton/Há y 5 ton/Há no produciría mayores alteraciones en el medio ambiente. Actualmente, la producción de bahía Inglesa es de 3 ton/Há y en bahía Tongoy de 2,5 ton/Há, niveles muy por debajo de los estimados en el presente estudio. Esto se debe a que las empresas de cultivo aprovechan con sus linterna solo 2 m de la culumna de agua para el cultivo y el modelo considera una culumna de 20 m.

Por otra parte, el modelo de capacidad de carga que considera al oxígeno como variable relevante, es mucho más sensible a variaciones de este elemento que el desarrollado en base a la disponibilidad de alimento, esto se debe principalmente a que el

alimento del ostión además del fitoplancton propiamente tal incluye otro tipo de materia orgánica que se encuentra en la columna de agua en cantidades relativamente estables y por tanto es una constante dentro del modelo.

Variaciones de - 5% a 15 % en los niveles mas altos y mas bajos de oxígeno observados durante el período de estudio, significan variaciones de hasta 9,4 ton/Há en bahía Inglesa y de entre 1,4 a 4,5 ton /Há en bahía Tongoy. Dichas variaciones en los niveles máximos y mínimos de clorofila "a" se reflejan en diferencias en la capacidad de carga de entre 1,2 y 8,8 ton/Há en bahía Inglesa y de hasta 1 ton/Há en bahía Tongoy. Este análisis demuestra la importancia de la variable oxígeno en el cálculo de la capacidad de carga.

El ingreso potencial de materia orgánica proveniente de aguas servidas considerando la actual población estable y la población flotante proveniente del flujo turístico a estos lugares, no afecta a la capacidad de carga en términos del consumo de oxígeno por degradación de la materia orgánica. Sin embargo, lo más importante en términos de su efecto perjudicial, en los cultivos es el ingreso de microorganismos patógenos que imposibilitarían la comercialización del producto tanto a nivel nacional como internacional.

7. CONCLUSIONES

1. La disponibilidad de oxígeno en el sistema es de suma importancia en la capacidad de carga en ambas bahías, ya que en ciertos períodos éste disminuye a niveles que podrían ser críticos para la sobrevivencia de los ostiones. La importancia de este elemento en el cálculo de la capacidad de carga ha quedado en evidencia al aplicar el análisis de sensibilidad.

2. En la metodología aplicada, la velocidad de la corriente, en términos de su efecto en la tasa de renovación de las aguas en cada bahía, juega un papel muy importante en el cálculo de la capacidad de carga e influye en gran medida en su variabilidad.
3. En general, la capacidad de carga de bahía Inglesa es mas alta que la de bahía Tongoy, debido a que los niveles de oxígeno y clorofila "a", variables relevantes de la metodología aplicada, se encuentran en concentraciones mayores.
4. Los niveles actuales de capacidad de carga de acuerdo a la producción estimada, son del orden de 2 a 3 ton/Há en ambas bahías por lo que desde el punto de vista de las estimaciones del presente estudio, estos pueden aumentarse sin efectos negativos para los ostiones y el medio ambiente.
5. En términos de un mejor ajuste de las metodologías desarrolladas es importante profundizar en aspectos que no están incluidos en el estudio, relativos a los niveles de oxígeno que el ostión podría soportar sin afectar su sobrevivencia y crecimiento. Asimismo, determinar la frecuencia de ocurrencia de las bajas de oxígeno en cada bahía.

8. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, E., J. Moraga y E. Uribe. 1988. La Zona de Coquimbo: Sistema Nerítico de Surgencia de Alta Productividad. Memorias del Simposio Internacional sobre los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar.
- Ahumada B., R. 1991. Balance asimétrico del carbono orgánico particulado (COP), en la bahía de Concepción, Chile. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 26(2):233-251.
- Alarcón, E. 1976. Oceanographic conditions in coastal waters of the Coquimbo Zone. pp 149 - 161. En: Valle, J.C. (Ed.). International Symposium Coastal Upwelling, Proceedings. U del Norte.
- Ali, C.Q., L. G. Ross and M.C.M. Beveridge. 1991.
- Akaboshi, S. y J.E. Illanes. 1983. Estudio experimental sobre la captación, pre-cultivo y cultivo, en ambiente natural de *Chlamys* (*Argopecten*) *purpurata*, Lamarck 1819, en Bahía Tongoy, IV Región, Coquimbo. Simposium Internacional de Acuicultura, Coquimbo, Chile. 233-254
- Microcomputer spreadsheets for the implementation of geographic information systems in aquaculture: a case study on carp in Pakistán. *Aquaculture*, 92: 199 - 205.
- Bayne, B. L. and Newell, R.C. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: A.S.M. Saleuddin and K.M. Wilbur (Editors), *The Mollusca*, Vol. IV, Physiology I. Academic Press, New York, NY, pp. 407-515.

- Blanco, J.L., C. Jevéz y H. Reyes. 1994. Estudio de la dinámica física del Estero Castro. Una aproximación para el desarrollo de la acuicultura. Informe final de proyecyo FONDECYT N°0085-92.
- Boré, D., J.L. Blanco, E. Acuña, J. Moraga, J. Olivares, A. Mujica y E. Uribe. 1993. Evaluación de la distribución de recursos pelágicos de la IV Región y condiciones oceanográficas asociadas. Informe Técnico IFOP. Proyecto FIP.
- Brylinsky, M. and T.W. Sephton. 1991. Development of a computer simulation model of a cultured blue mussel (*Mytilus edulis*) population. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1805:viii + 81 p.
- Boynton, W.R.; Kemp, W.M. and Osborne, C.G. 1980. Nutrient fluxes across the sediment-water interface in the turbid zone of a coastal plain estuary . In: V.S. Kennedy (Editor), Estuarine Perspectives. Academic Press, New York, NY, pp.93-111.
- Carlson, D.J.; D.W. Townsend; A.L. Hyliard and J.F. Eaton. 1984. Effect of an intertidal mudflat on plankton of the overlying water column. Can. J. Aquat. Sci., 41:1523-1528.
- Carver, C.E. A and A.L. Mallet. 1987. Assessing the carrying capacity of a mussel culture operation: A preliminary study. Abstracts. National Shellfisheries Association. Annual Meeting, August, 9 - 13.
- Cloern, J.E. 1982. Does the benthos control phytoplankton biomass in South San Francisco Bay ?. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9: 191 - 202.

- Dahlbäck, B. and L.A.H. Gunnarson. 1981. Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Mar. Biol.* 63: 269-275.
- Dame, Richard F. 1990. Ecosystem Dynamics and Bivalve Culture. Abstracts, Annual Meeting, National Shellfish Association, April 1-5.
- Dankers, N. and K. Koelemaij. 1989. Variations in the mussel population of the Dutch Wadden Sea in relation to monitoring of other ecological parameters. *Helgol. Meeresunters.*, 43: 529 - 535.
- Espinoza, F.R.; S. Neshyba and M. Xiang. 1983. Surface water motion off Chile revealed in satellite images of surface chlorophyll and temperature, pp. 41 - 57. En: *Marine Resources of the Pacific. Proceedings.* U. Católica de Valparaíso. Arana P. (Ed.).
- Fréchette, M. and E. Bourget. 1985. Food-limited growth of *Mytilus edulis*. *L. Limnol. Oceanogr.*, 34: 19 - 36.
- González, C. 1995. Efecto de la salinidad sobre la respuesta fisiológica del ostión *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). Tesis de grado para Liceado en Biología Marina. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología Marina. 45 pp.
- Héral, M. 1991. Carrying capacity of ecosystems: Review of methods. *The Ecology and Management Aspects of Extensive Mariculture.* Symposium held in Nantes, 20-23 June 1989, vol. 192: 48-62.

- ICSA. 1992. Construcción Sistema de Alcantarillado y Disposición Final de Aguas Servidas de Tongoy y Guanaqueros. Estudio de Alternativas. Tomo I de II. ESSCO S.A. Santiago, Chile. Marzo de 1992.
- Incze, L.S. and R. A. Lutz. 1980. Mussel culture: an east coast perspective. In: R.A. Lutz (Ed.), Musselculture and harvest. A North American Perspective. Elsevier, Amsterdam: 99-140.
- Kapetsky, J., L. McGregor and H. Nanne. 1987. A Geographical Information System to Assess Oportunities for Aquaculture Development: A FAO-UNEP/GRID Study in Costa Rica. FAO Fish. Tech. Pap. 287. FAO, Rome 51 p.
- Kaspar, H.F.; P.A. Gillespie; I.C. Boyer and A.L. McKenzie. 1985. Effects of a mussel acquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepu Sounds, New Zealand. Mar. Biol., 85: 127 - 136.
- Kautsky, N. and S. Evans. 1987. Role of biodeposition by *Mytilus edulis* in the circulation of matter and nutrients in a Baltic coastal ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser., 38: 201-212.
- Ledermann, G., C. Jélvez, J.L. Blanco. 1985. Perspectivas de Desarrollo de Cultivos Marinos en la XI Región. Primera Etapa. Provincia de Aysén. Informe Técnico IFOP - CORFO.
- Martínez, G. 1986. Estudio de algunas características fisiológicas y bioquímicas del ostión del norte *Chlamys* (*Argopecten*) *purpuratus*. Informe Interno Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo. 25 pp.

- Meaden, G. 1987. Where should trout farms be in Britain ?. *Fish Farmer*, 10(2): 33-35.
- Mesias, J. y S. Salinas. 1986. Corrientes en la Bahía de Concepción, Chile. *Biología Pesquera* 15:55-62.
- Neshyba, S. y R. Méndez. 1976. Análisis de temperaturas superficiales del mar como indicadores de movimientos de aguas superficiales en el pacífico Suroeste. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur* 5: 129 - 137.
- Officer, C.B.; T.J. Smayda and R. Mann. 1982. Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. *Mar. Ecol.Prog.Ser.* 9: 203 - 210.
- Rodhouse, P.G. and C.M. Roden. 1987. Carbon budget for a coastal inlet in relation to intensive cultivation of suspension-feeding bivalve molluscs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 36: 225-236.
- Rosenberg, R. and L.O. Loo. 1983. Energy flow in a *Mytilus edulis* culture in Western Sweden. *Aquaculture* 35: 151 - 161.
- Rudolph, A., Ahumada, R. y S. Hernández. 1984. Distribución de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la bahía de Concepción. *Biología Pesquera* 13:71-82.
- Maal, A.C. ; J.H.G. Verhagen ; J. Coosen and H.A. Haas. 1986. Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterchelde, The Netherlands. *Ophelia*, 26:385 - 399.

- Tenore, K.R.; L.F.Boyer; R.M.Cal ; J. Corral; C. García Fernández; N. González; E. González-Gurriaran; R.B. Hanso; J. Iglesias; M.Krom; E. López-Jamar;J. McClain;M.M. Pamatmat; A. Pérez; D.C.Rhoads; G. De Santiago; J. Tietjen; J. Westrich and L.H.Windom. 1982. Coastal upwelling in the Rias Bajas, NW Spain: contrasting the benthic regimes of the Rias Arosa and de Muros. *J. Mar. Res.*, 40: 701 - 772.
- URIBE, E. 1994. Estado actual y perspectivas de la producción de semilla y engorda de especies marinas producidas en centros de cultivos de Chile. Informe Interno Universidad Católica del Norte, Sede Coquimbo, Convenio CIID-Canadá-ECODEMAR, 40 pp.
- Uribe, E. y J. Castillo. 1982. Tintínidos indicadores de masa de agua. *Inv. Mar. Valparaíso*, 10 (1-2):15 - 34.
- Uribe, E. y S. Neshyba. 1983. Phytoplankton pigments from NIMBUS -7 Coastal Zone Color Scanner: Coastal waters of Chile from 18° to 40°S, pp. 33 - 40. En: *Marine Resources of the Pacific. Proceedings. U. Católica de Valparaíso. Arana P. (Ed.)*.
- Viviani, C. 1979. Zoogeografía del litoral chileno. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 14: 64 - 123.
- Wildish, D. J. and D.D. Kristmanson. 1987. Estimating bivalve carrying capacity and potential production. Abstracts, National Shellfisheries Association. Annual Meeting, August 9- 13.
- Winter, J.E. 1978. A review on the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, 13: 1 - 33.

Wolff, M. 1986. Consideraciones Ecológicas para el Cultivo de Moluscos en el Ambiente Natural, 9 pp.

Wolff, M. 1994. A trophic model for Tongoy Bay - a system exposed to suspended scallop culture (Northern Chile). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 182:149-168.

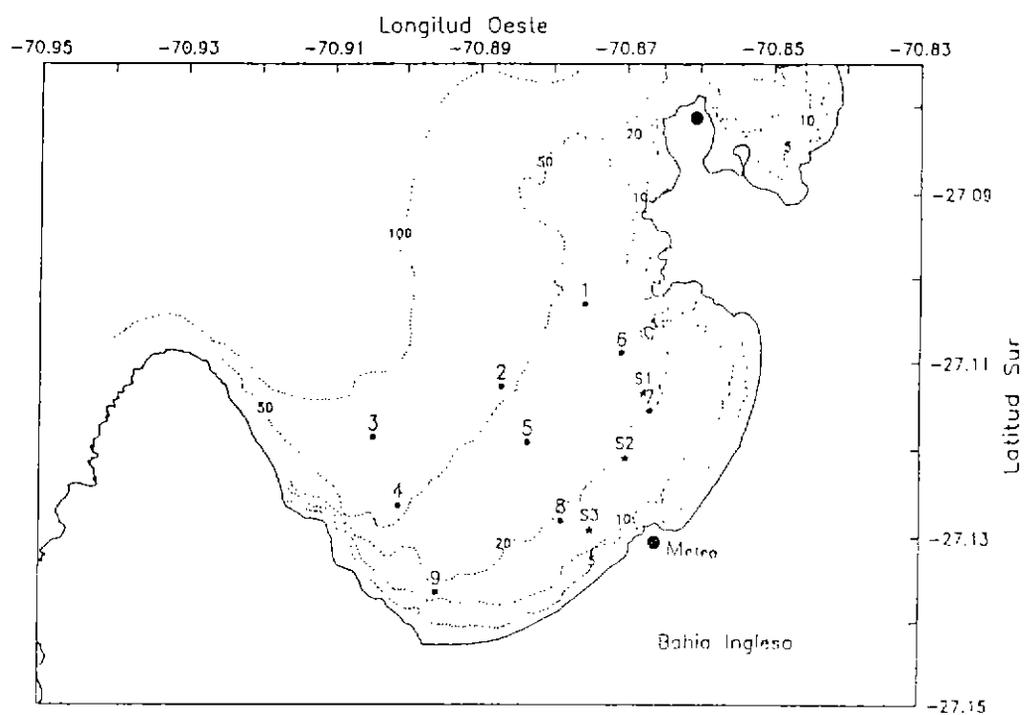


Fig. 1 Localización de las estaciones oceanográficas en Bahía Inglesa

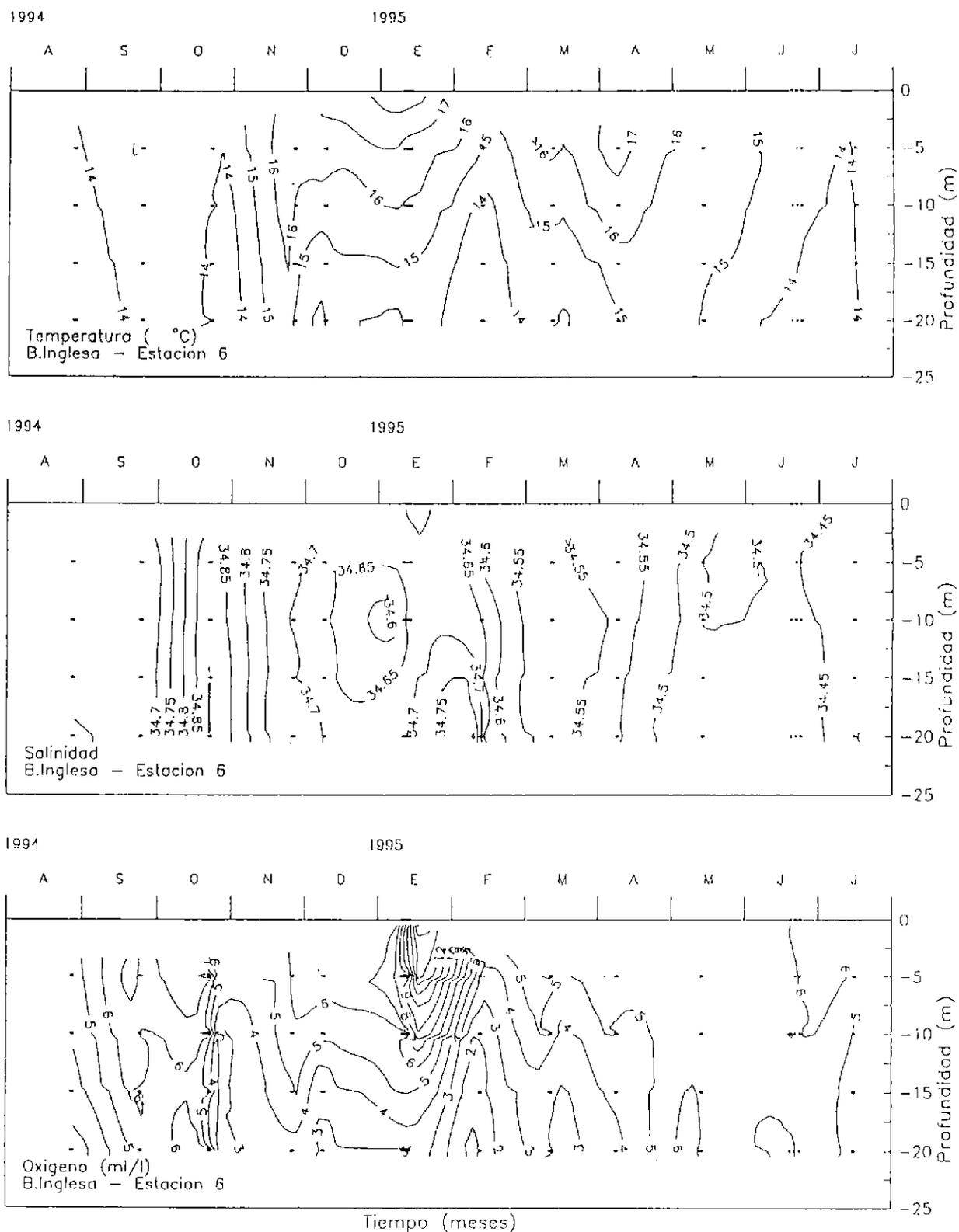


Fig. 2 Distribución temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno

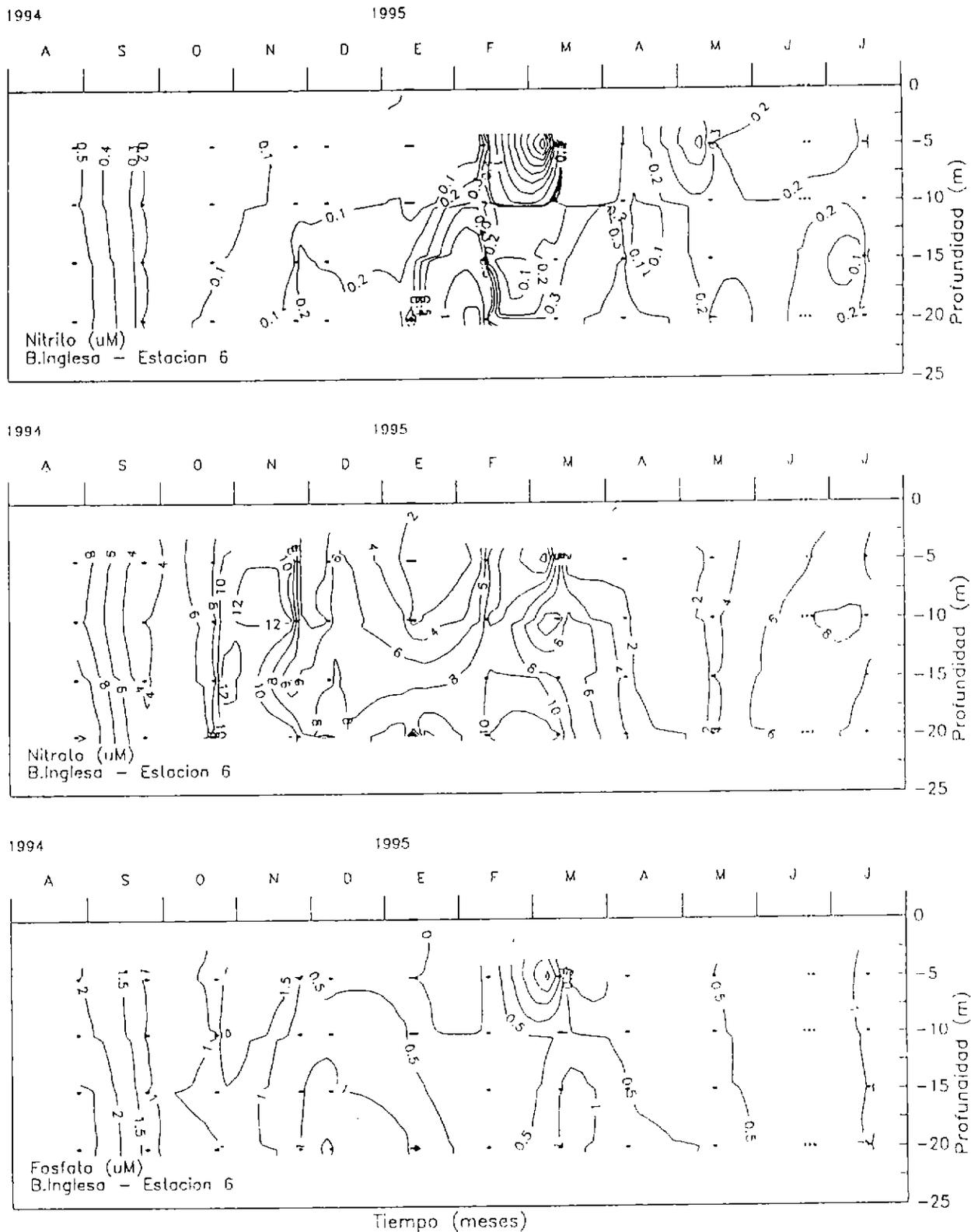


Fig. 3 Distribución temporal de los nitritos, nitratos y fosfatos

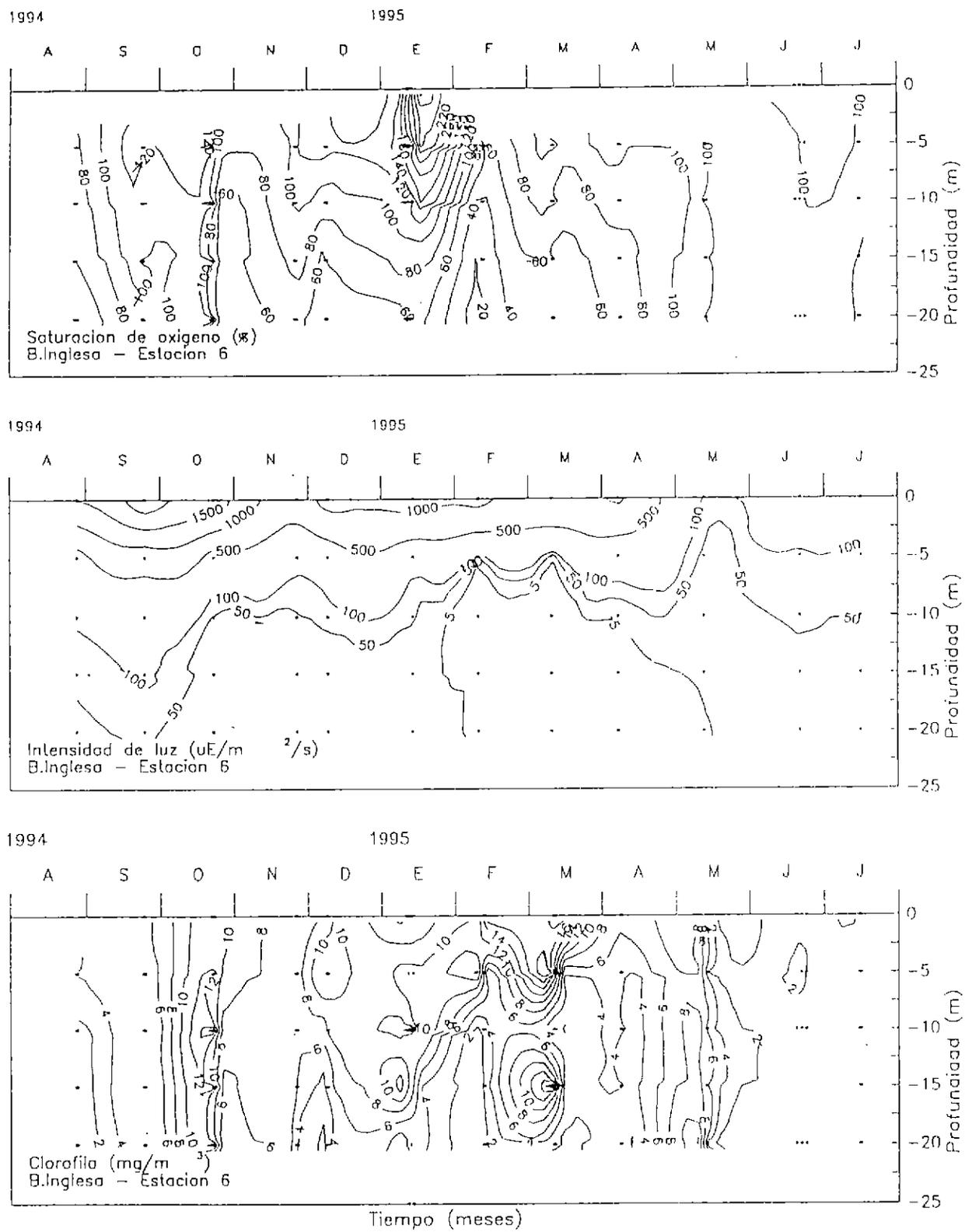


Fig. 4 Distribución temporal de la saturación de oxígeno, luz y Clorofila "a"

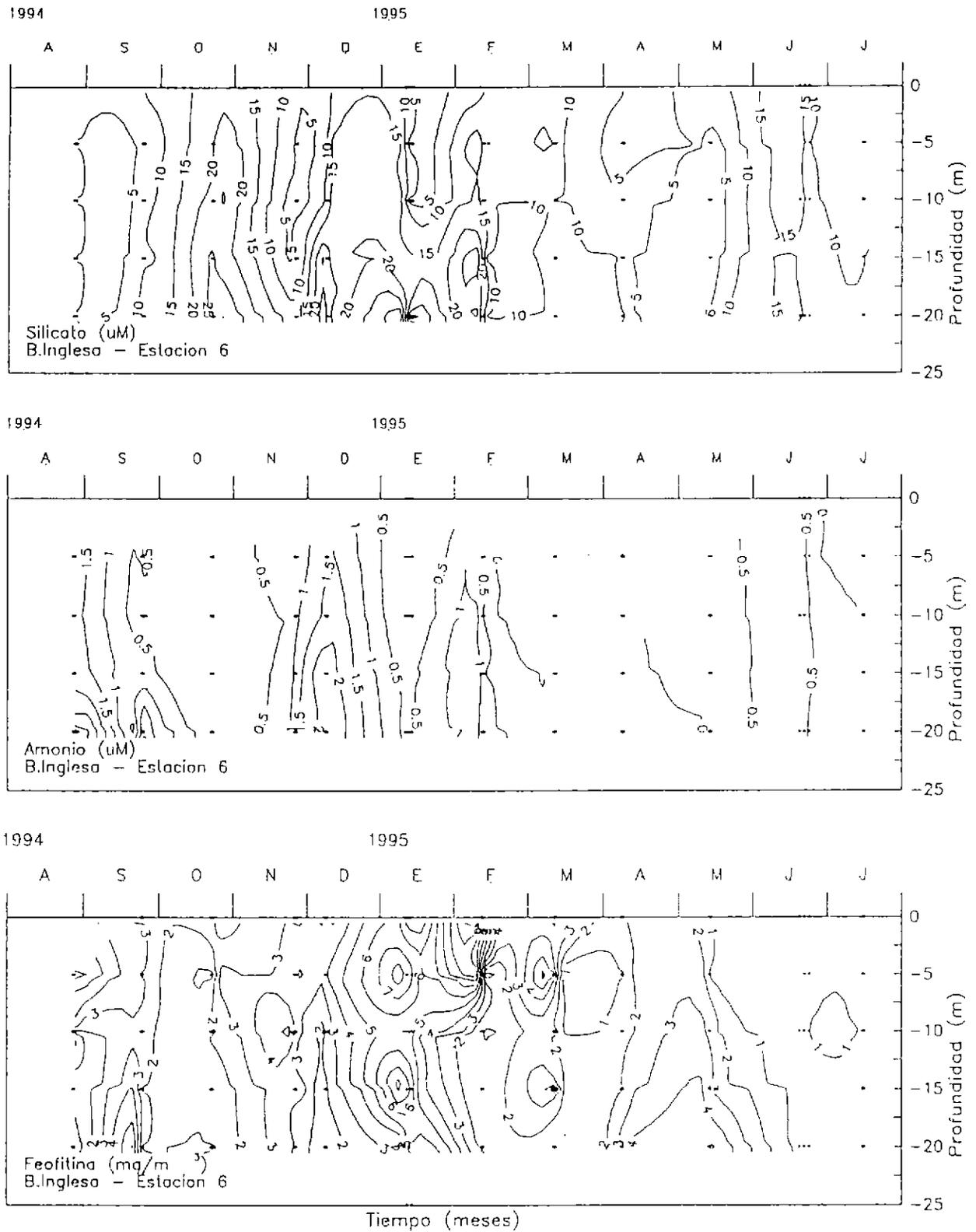
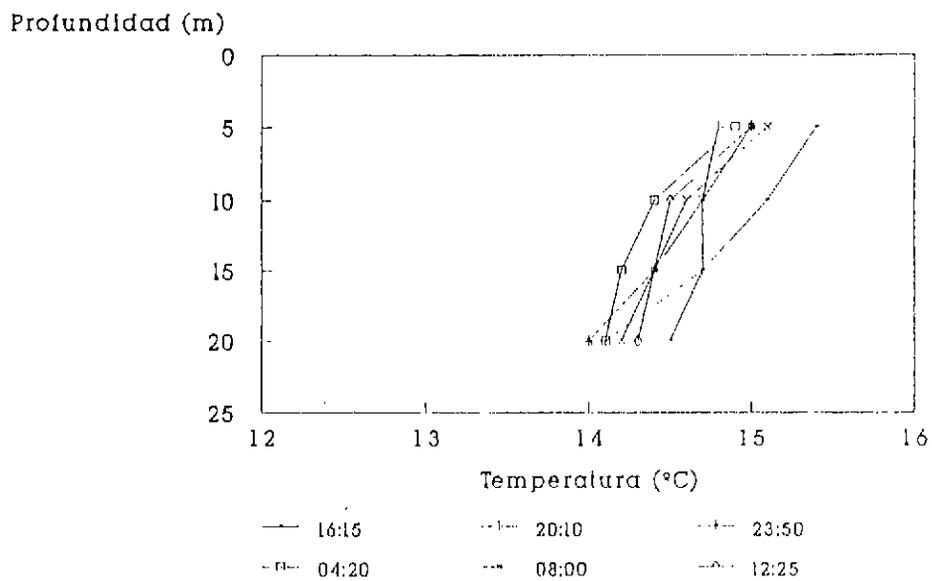


Fig. 5 Distribución temporal de Silicato, Amonio y Feofitina

Fig. 6 Temperatura de la columna de agua en B. Iglesia (23-24/9/94)



Salinidad en la Columna de agua en B. Inglesa (23-24/9/94)

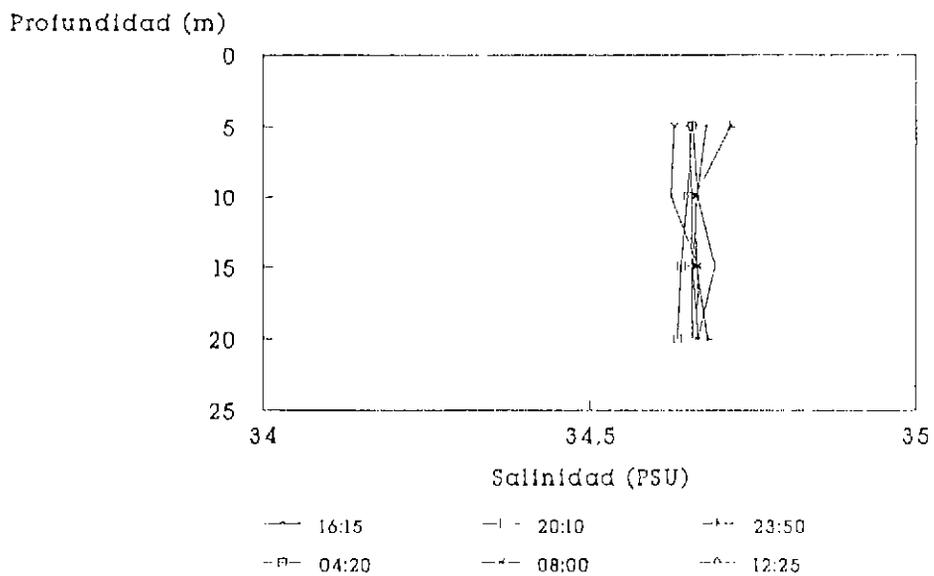
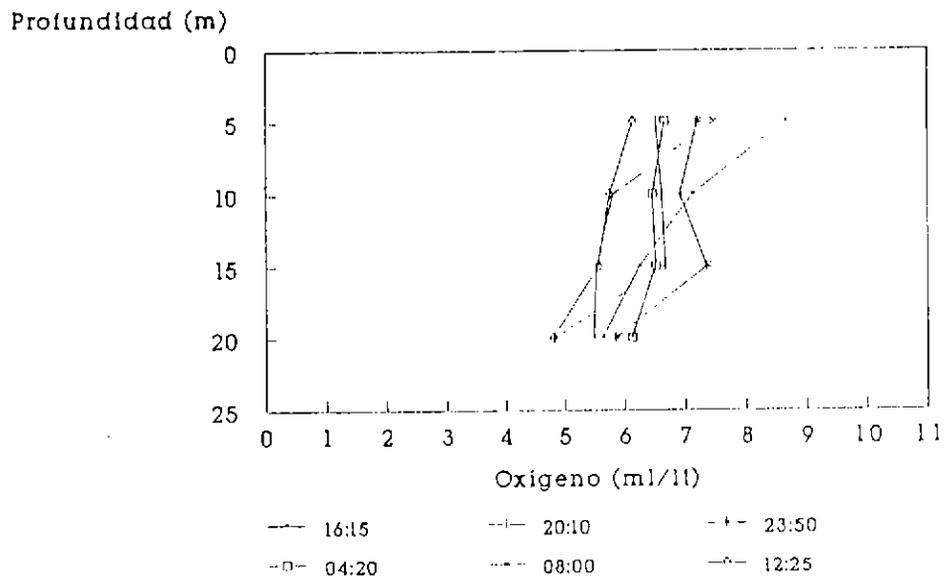
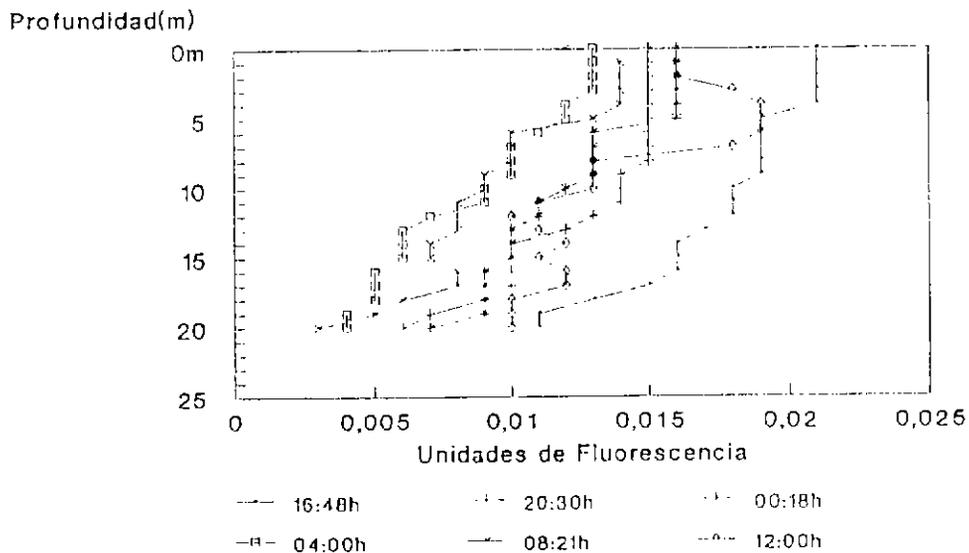


Fig. 7 Oxígeno en la Columna de agua en
B. Inglesa (23-24/9/94)



FLUORESCENCIA B. INGLESA 23-24/09/94



CLOROFILA "a" INTEGRADA 0-20m BAHIA INGLESA

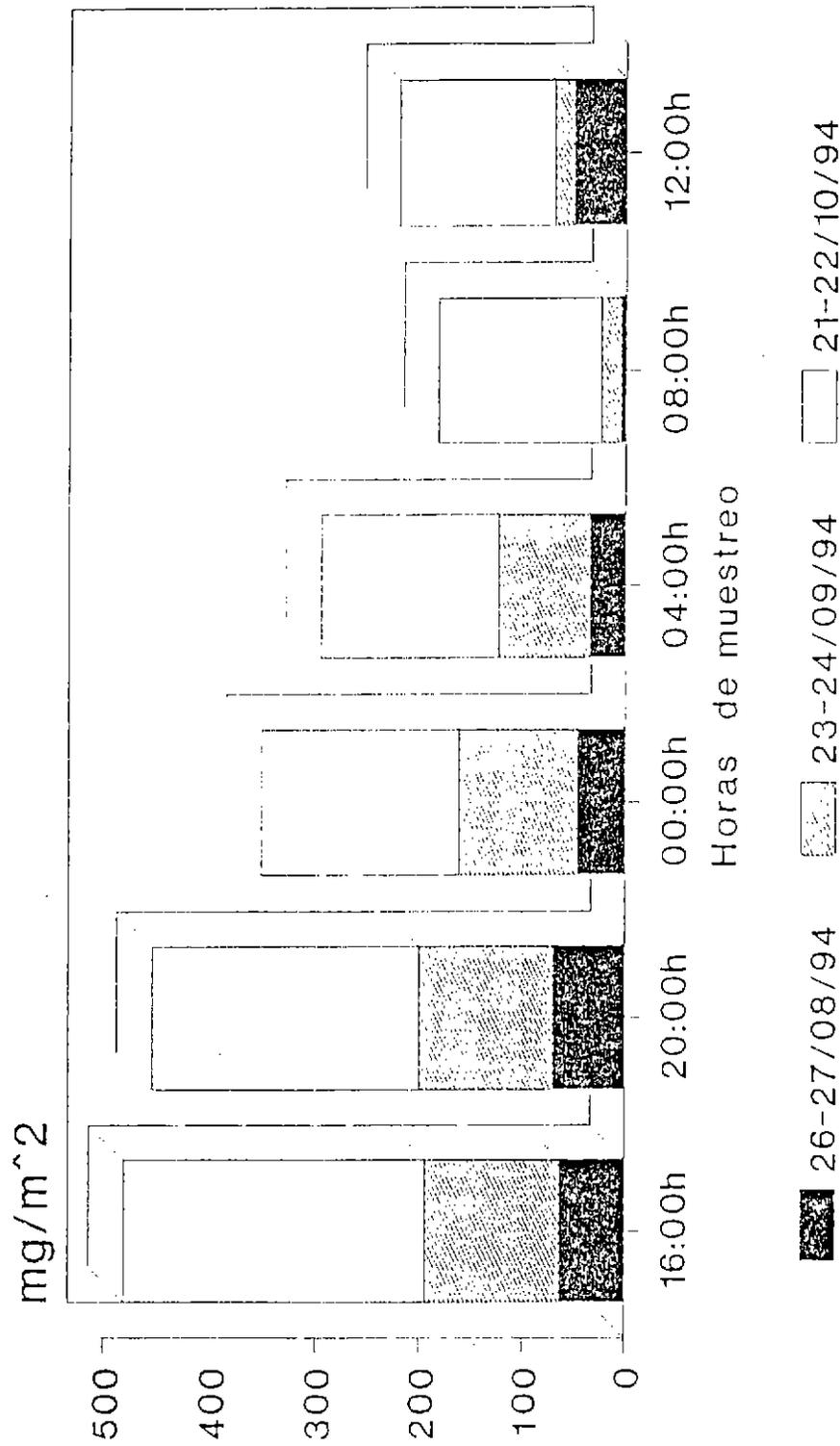


Fig. 8

Fig. 9 Dirección del viento Ene/95

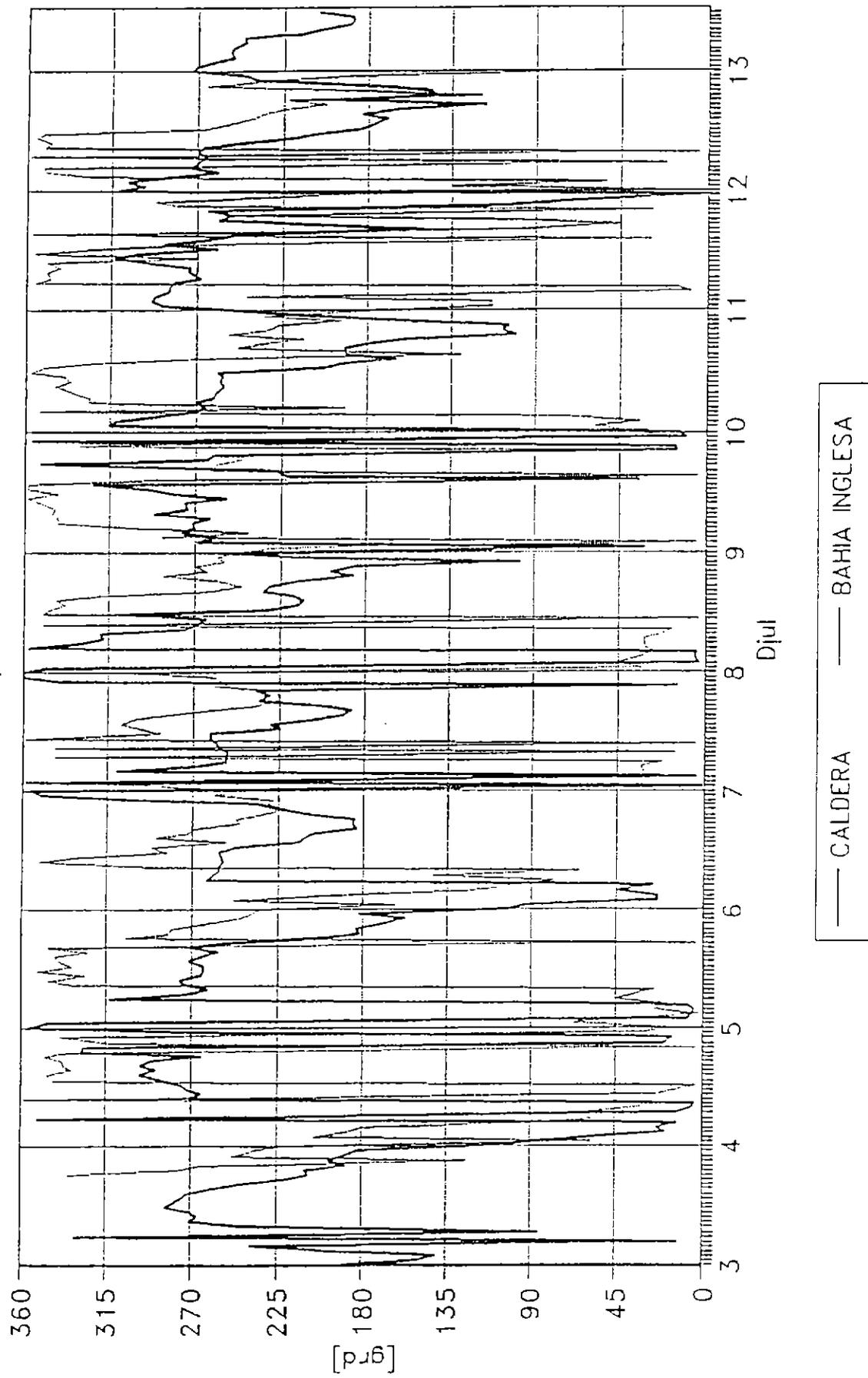
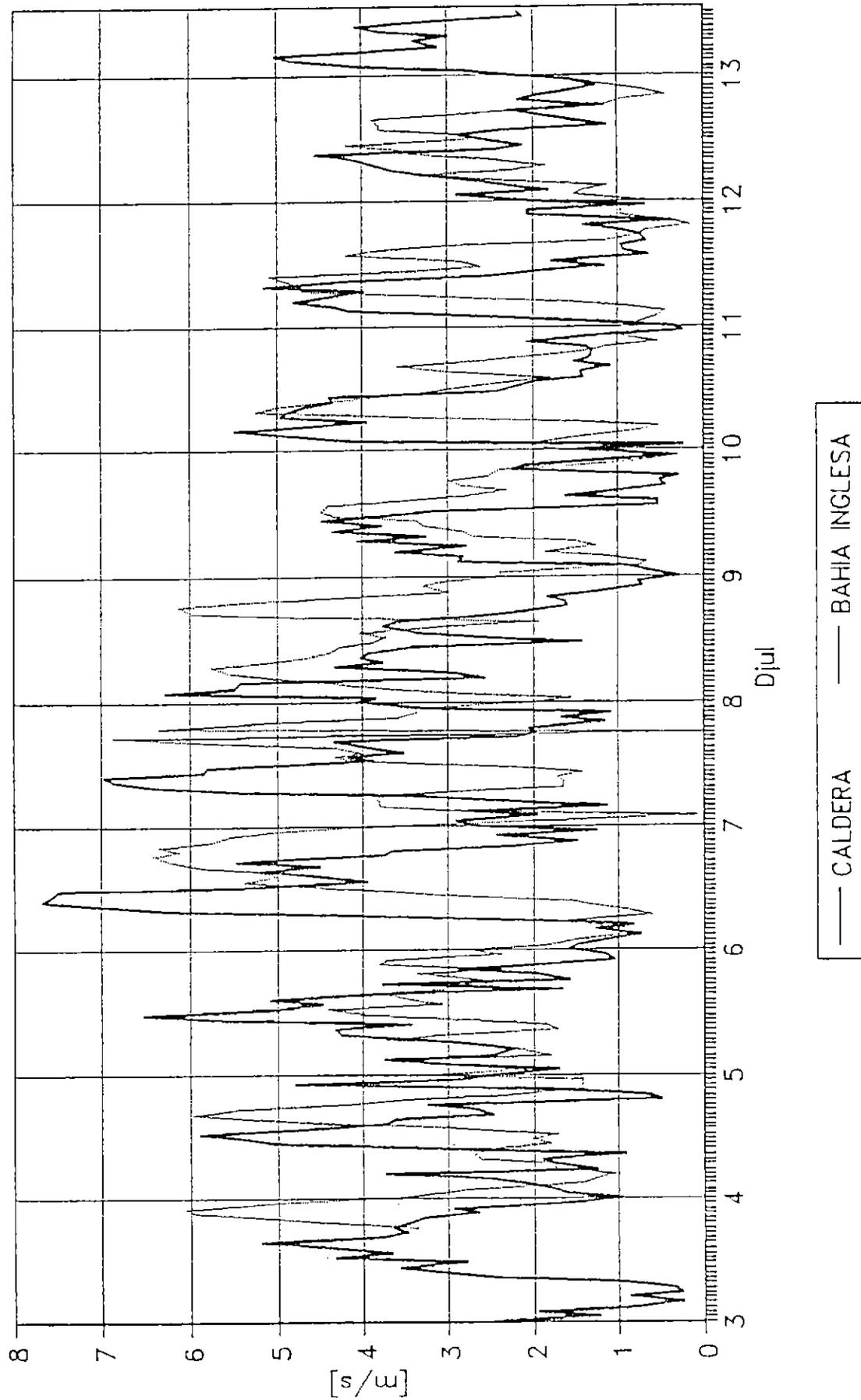


Fig. 10 Velocidad del viento
Ene/95



Capacidad de Carga

Bahía Inglesa

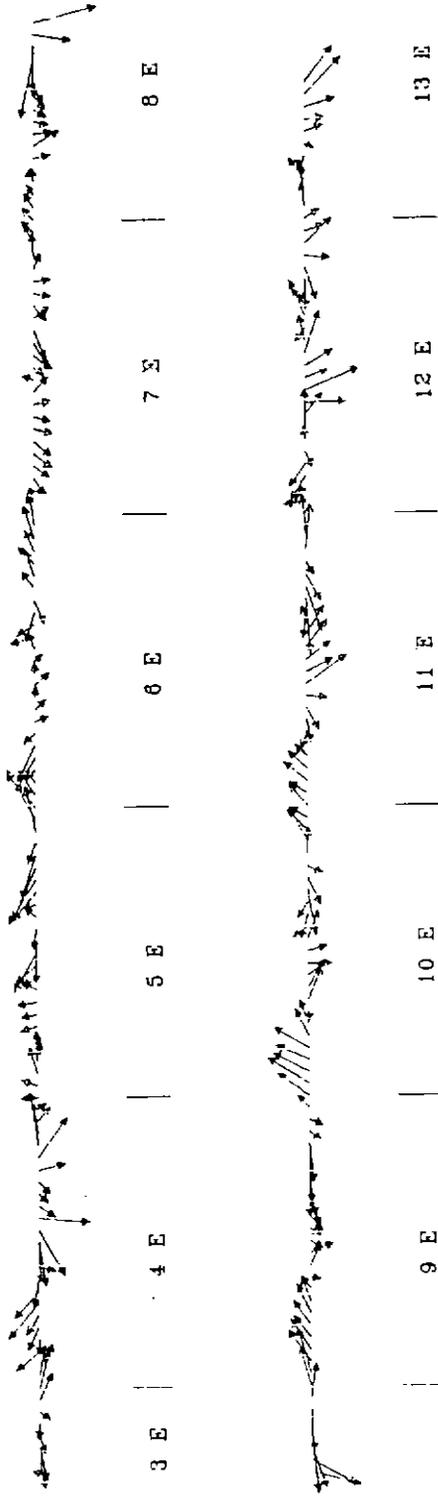


Fig. 11 Dirección e intensidad de las corrientes en el nivel de 10 m de profundidad en Bahía Inglesa.

N.M.



10 cms/seg

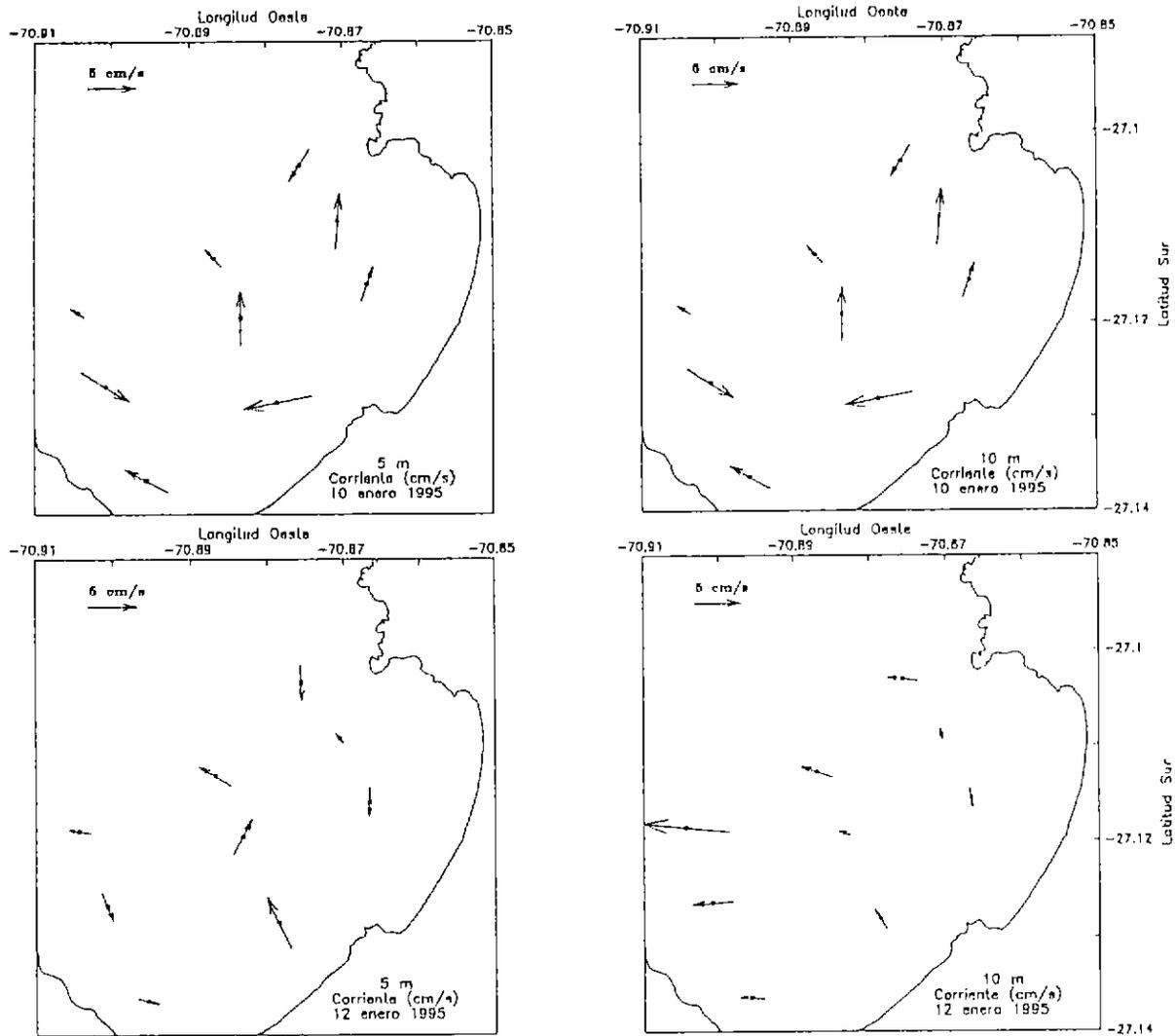


Fig. 12 Dirección e intensidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m

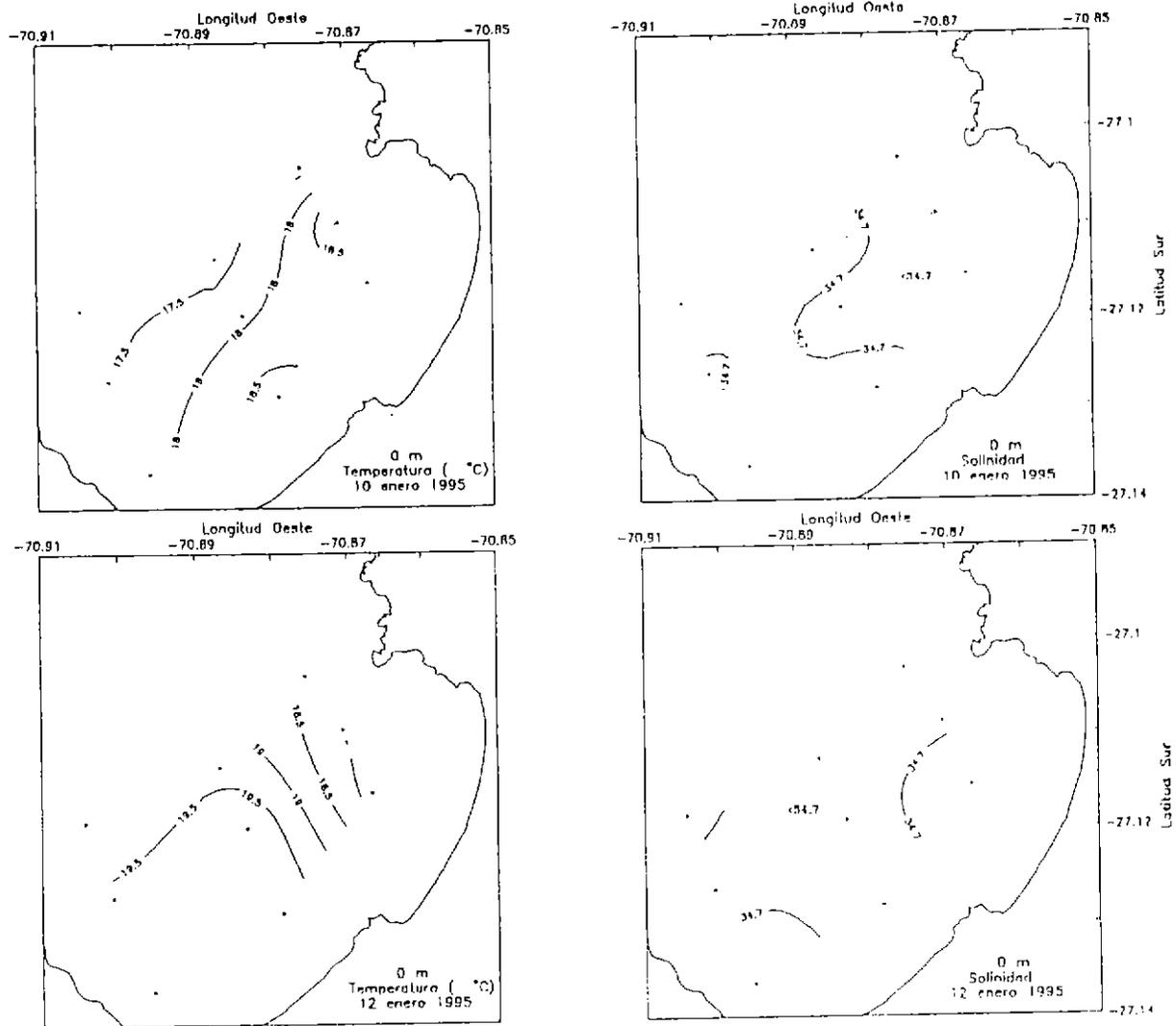


Fig. 13 Distribución superficial de la temperatura y salinidad

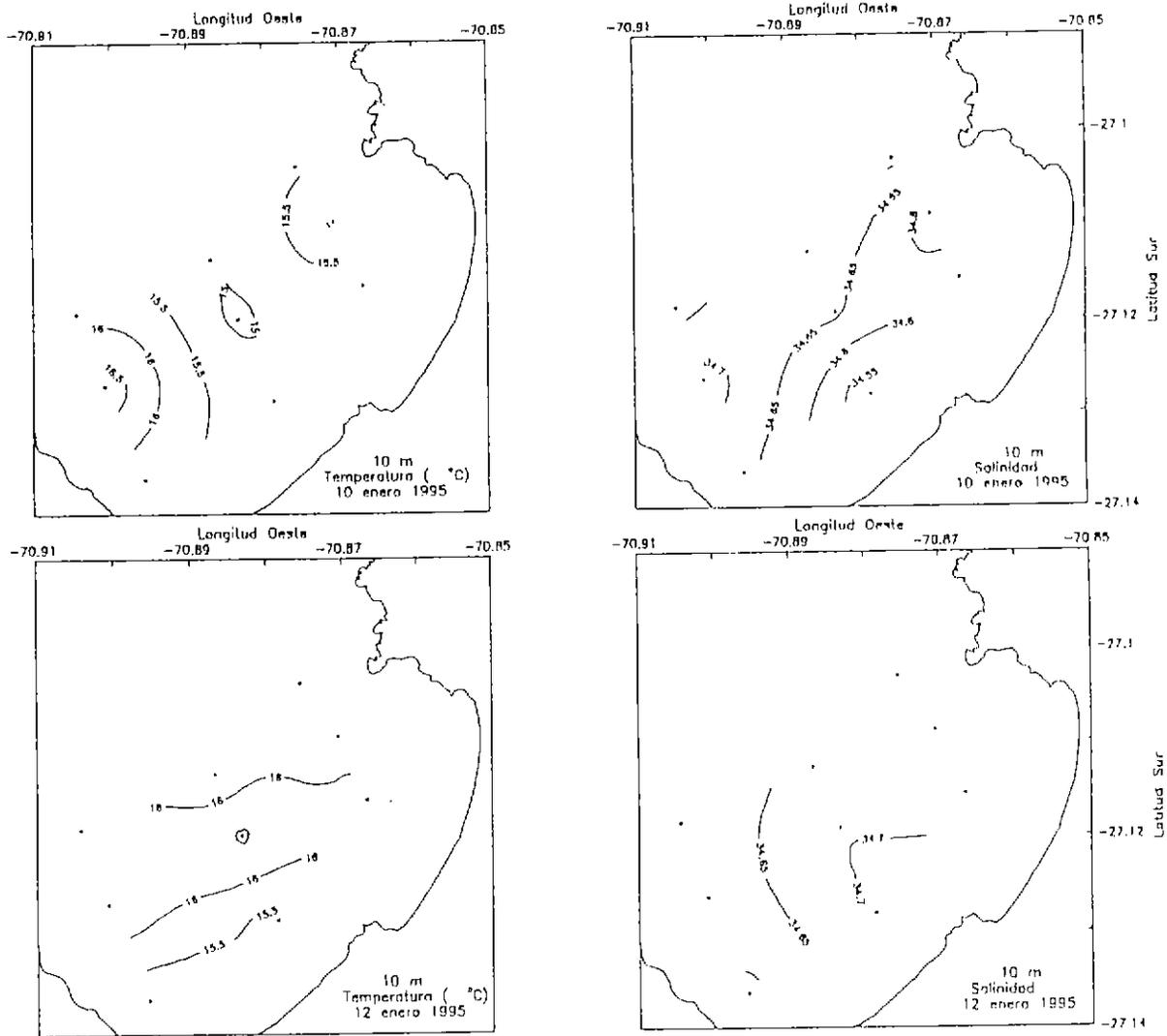


Fig. 14 Distribución de la temperatura y salinidad a nivel de 10 m

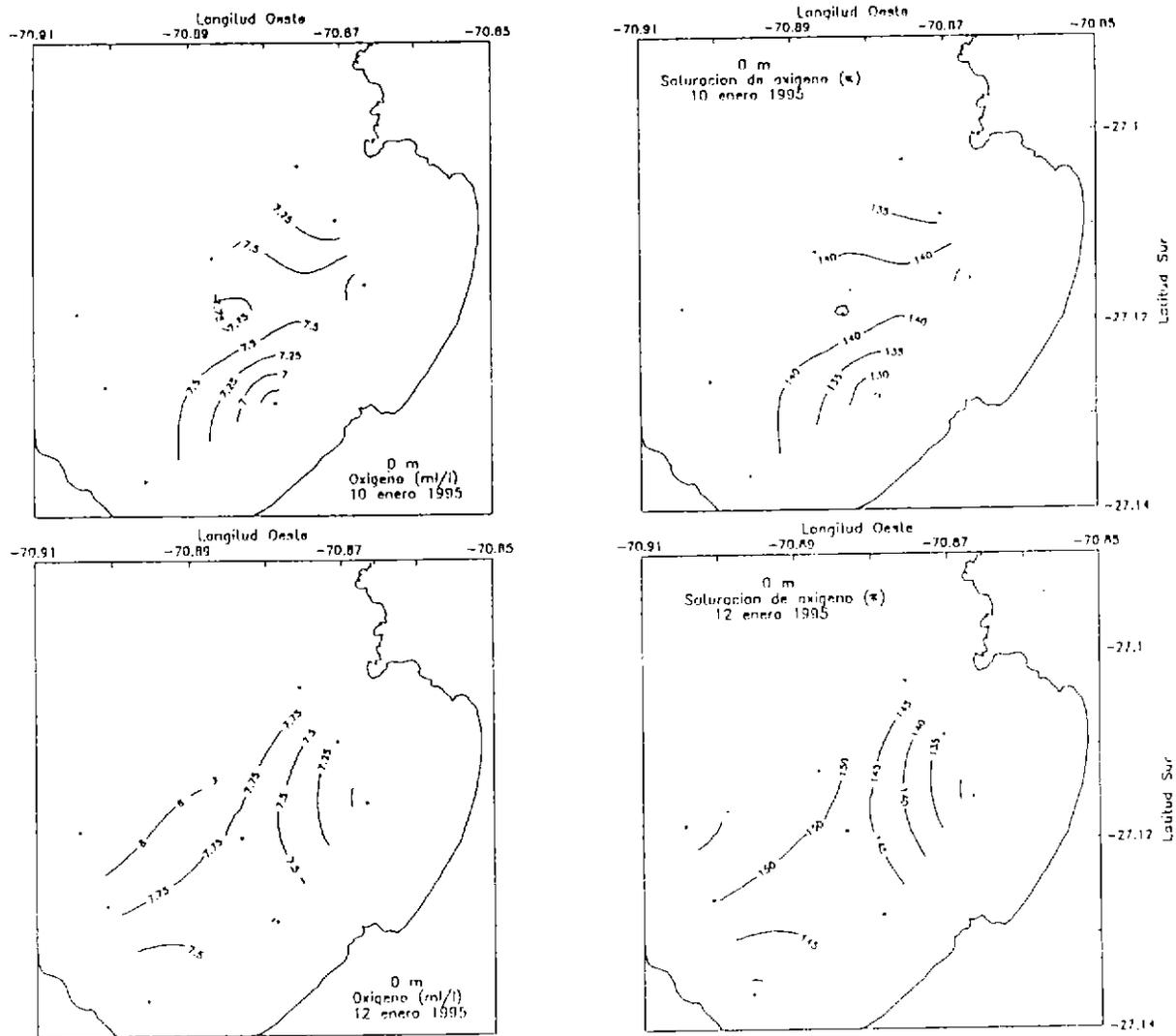


Fig. 15 Distribución superficial del oxígeno y saturación de oxígeno

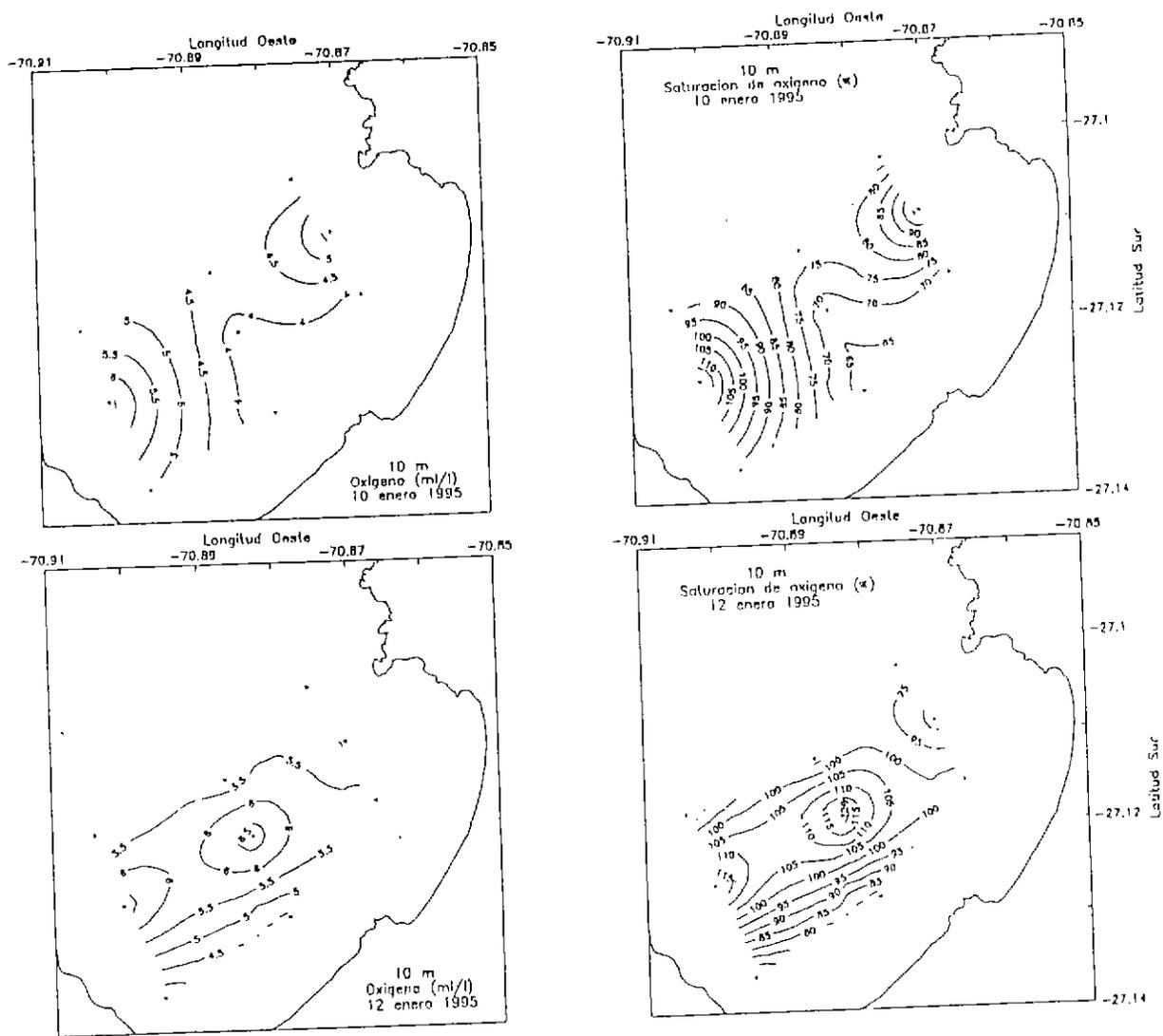


Fig. 16 Distribución del oxígeno y saturación del oxígeno a nivel de 10 m

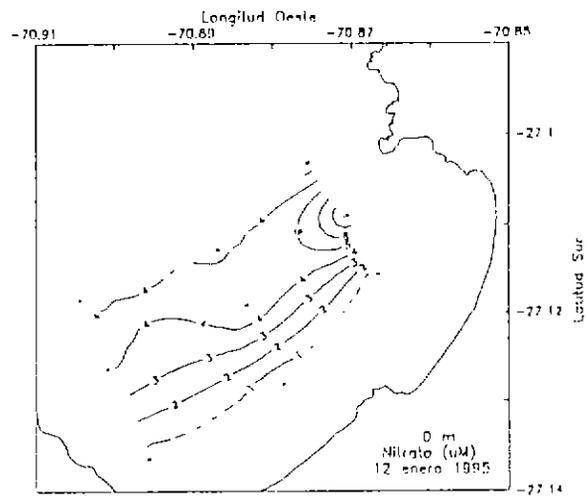
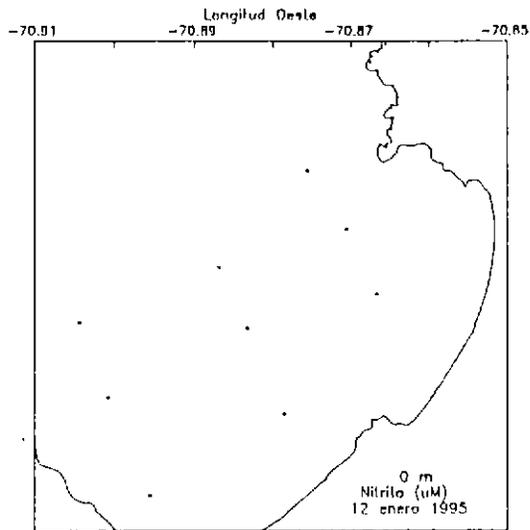
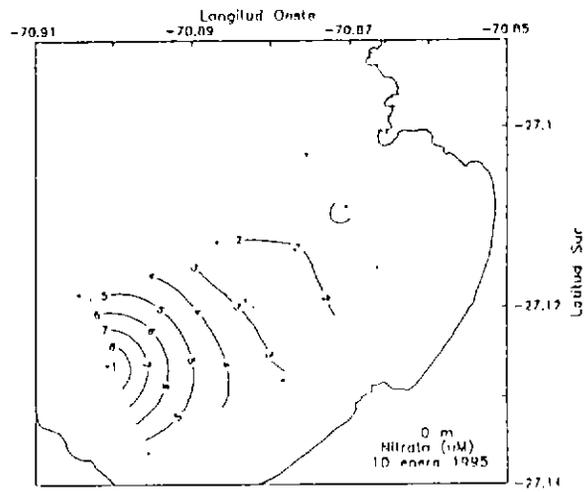
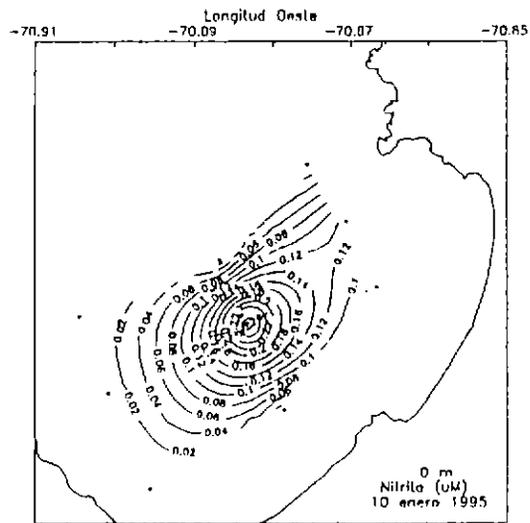


Fig. 17 Distribución superficial de los nitritos y nitratos

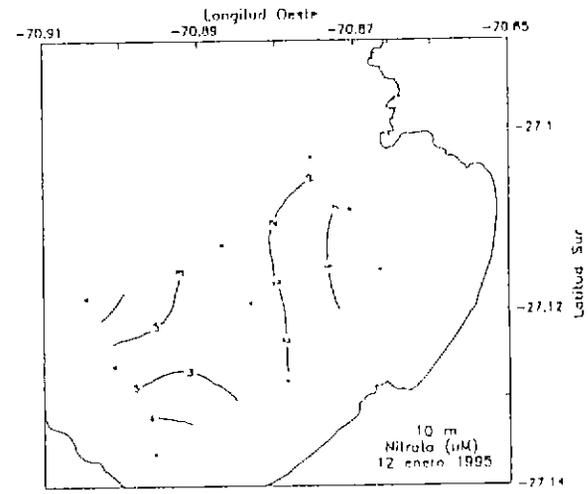
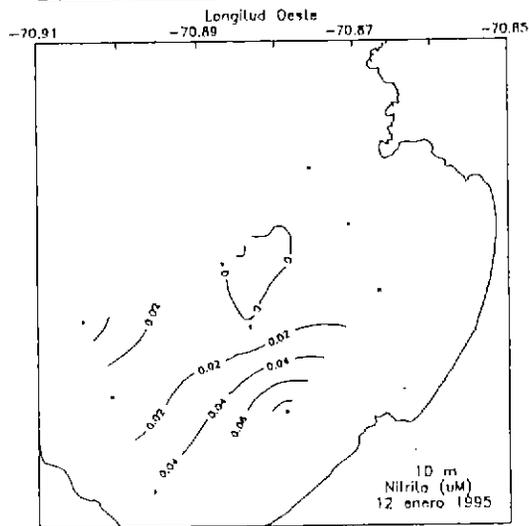
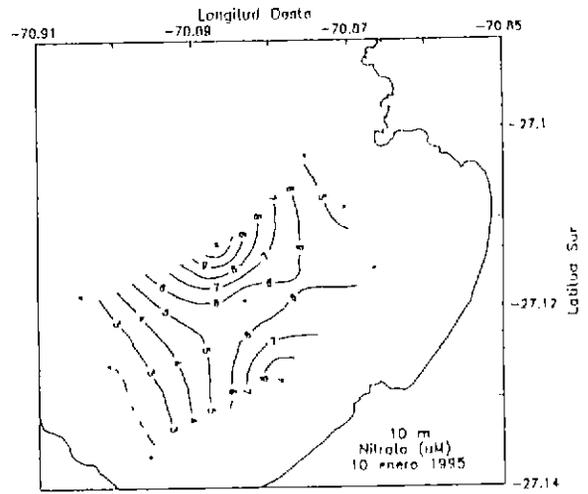
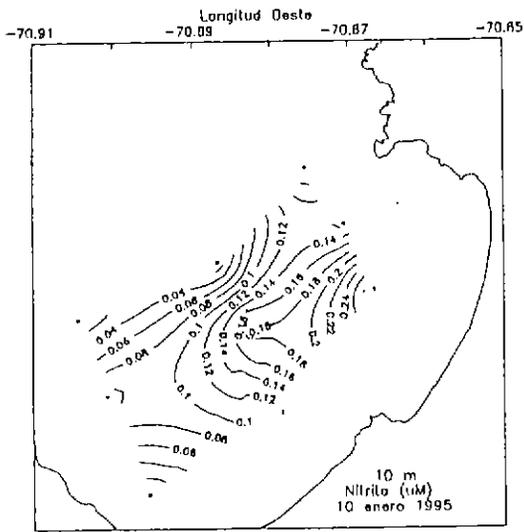


Fig. 18 Distribución de los nitritos y nitratos a nivel de los 10 m

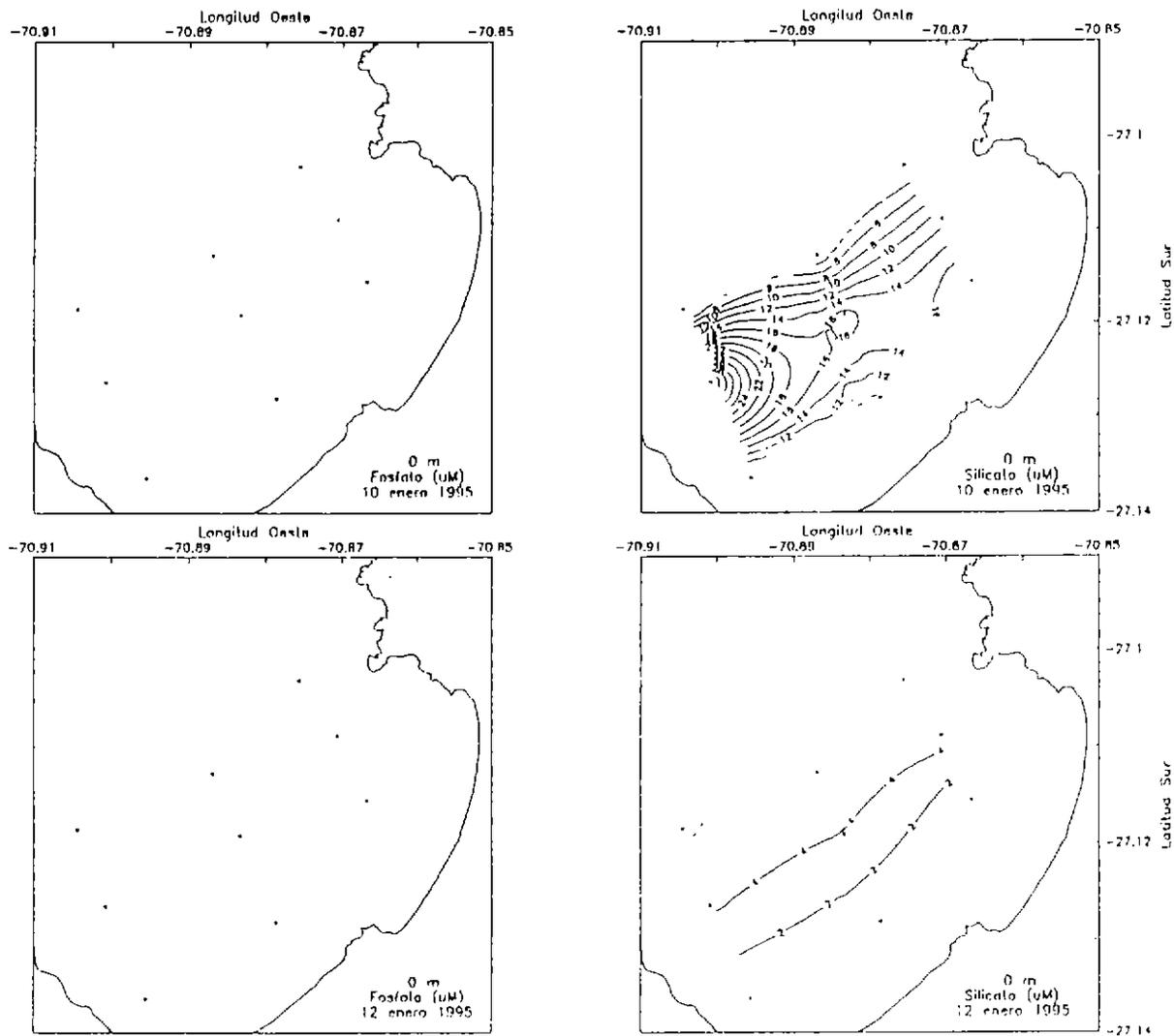


Fig. 19 Distribución superficial de los fosfatos y silicatos

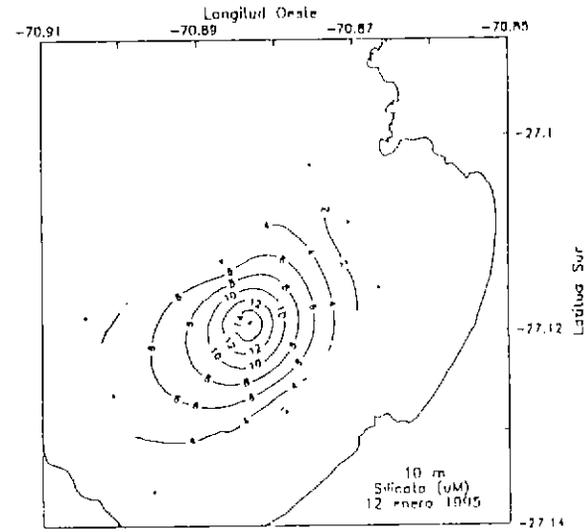
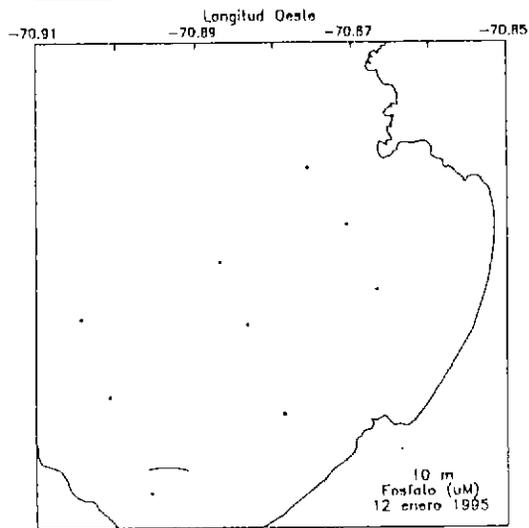
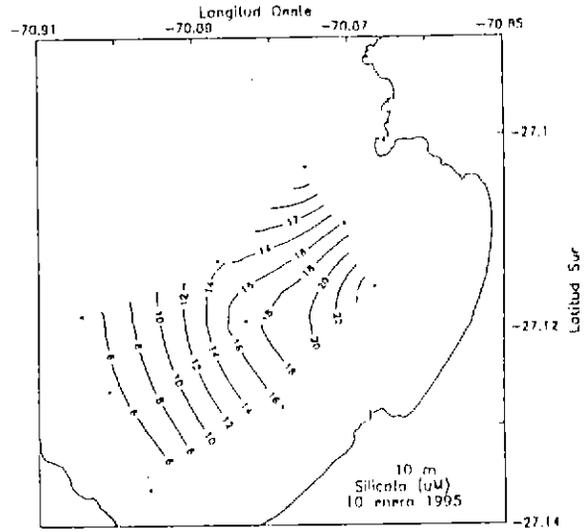
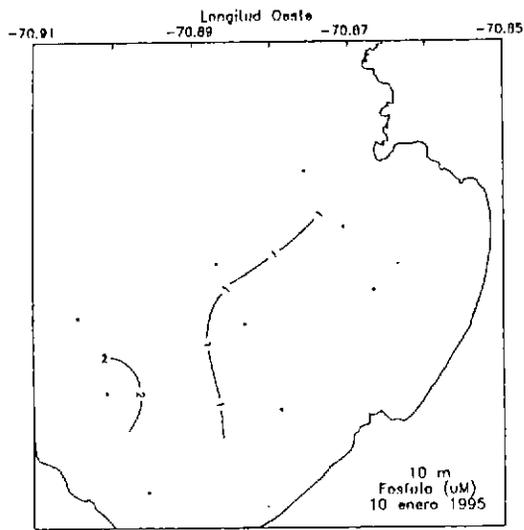


Fig. 20. Distribución de los fosfatos y silicatos a nivel de los 10 m

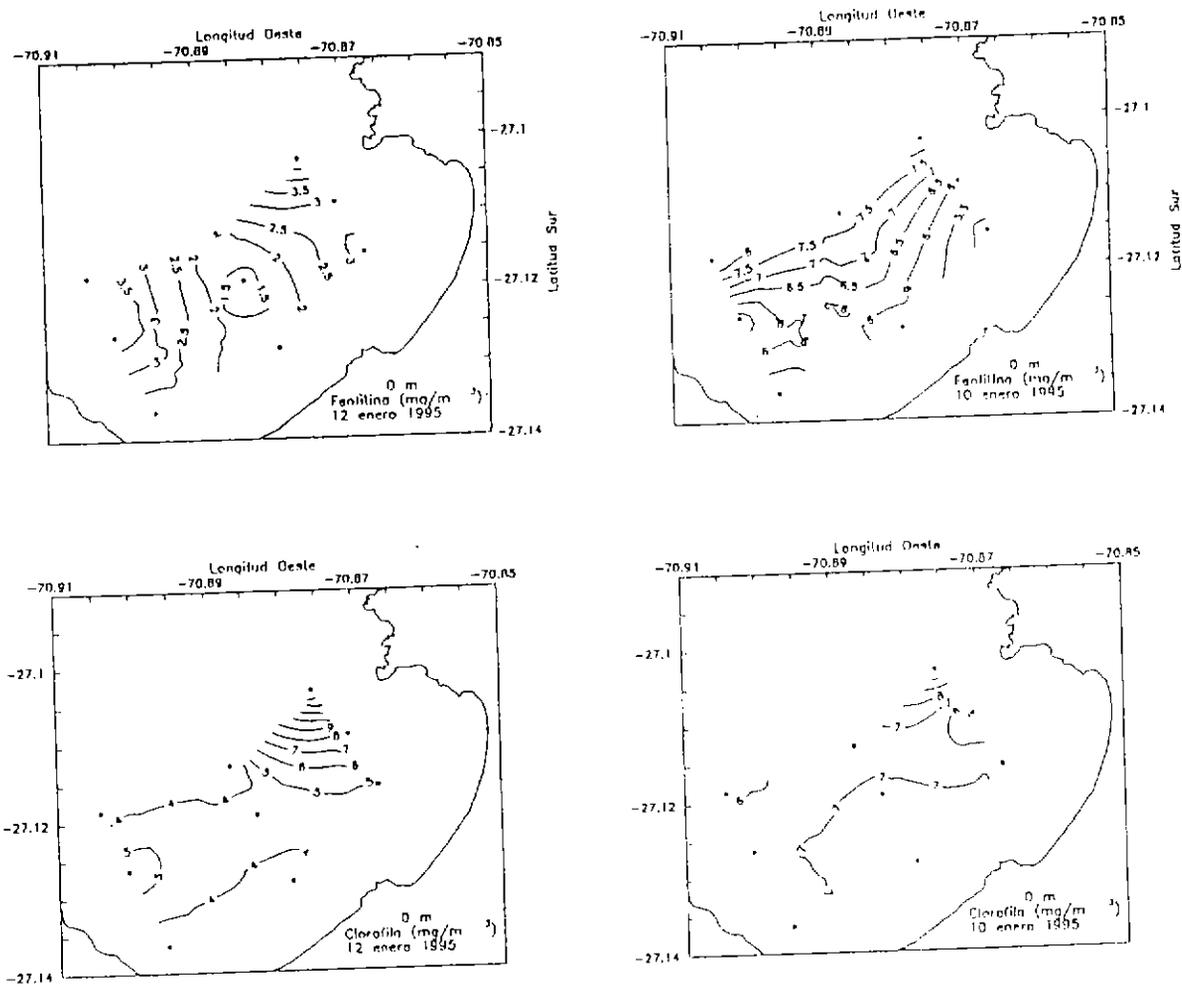


Fig. 21 Distribución superficial de Clorofila "a" y feofitina

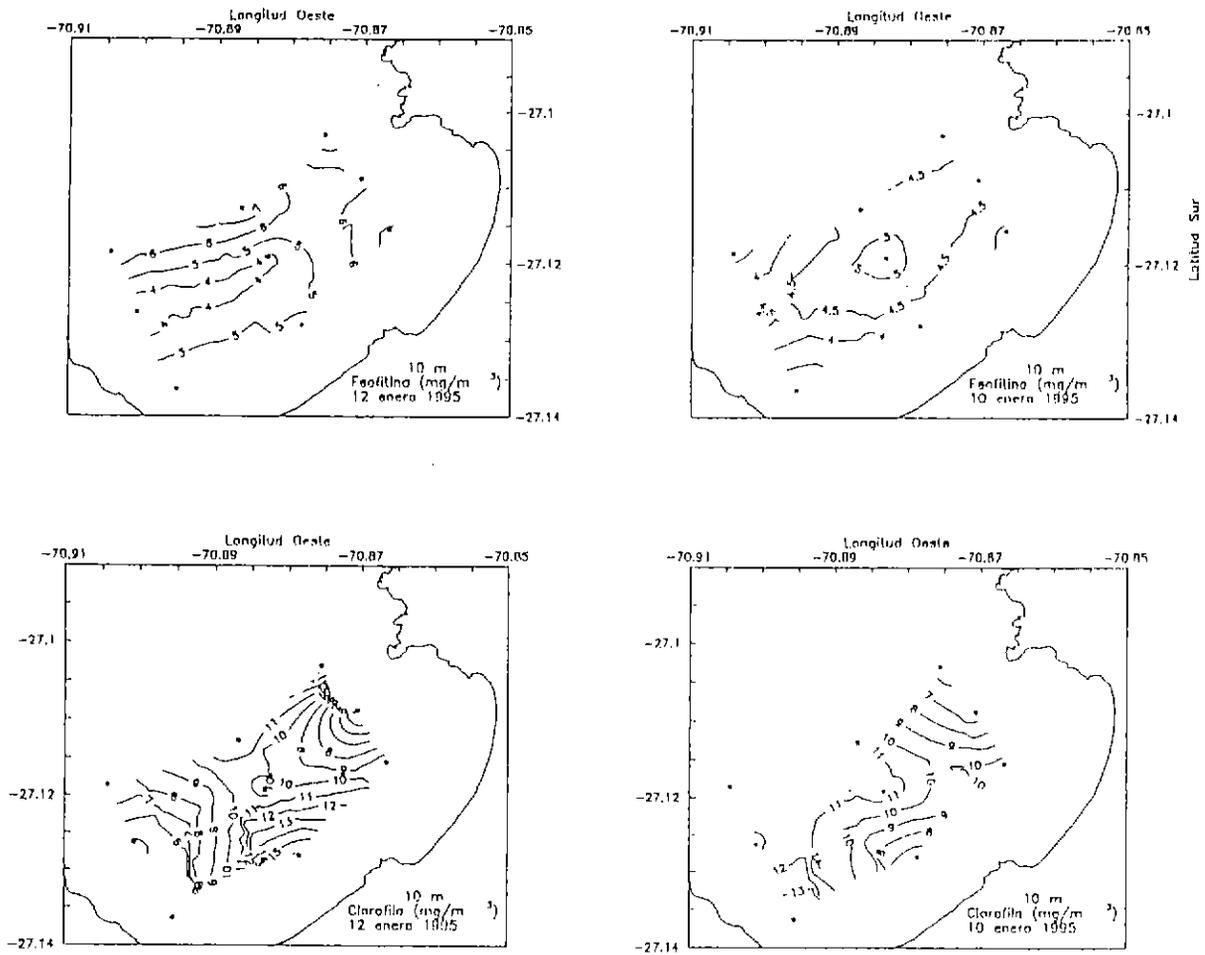


Fig. 22 Distribución de la Clorofila "a" y Feofitina a nivel de 10 m

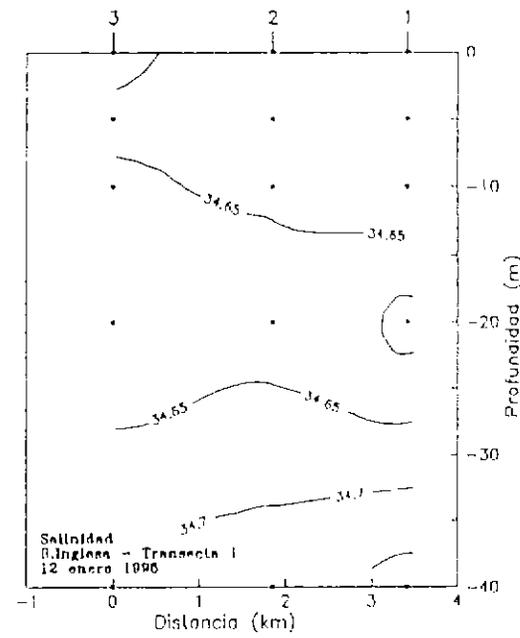
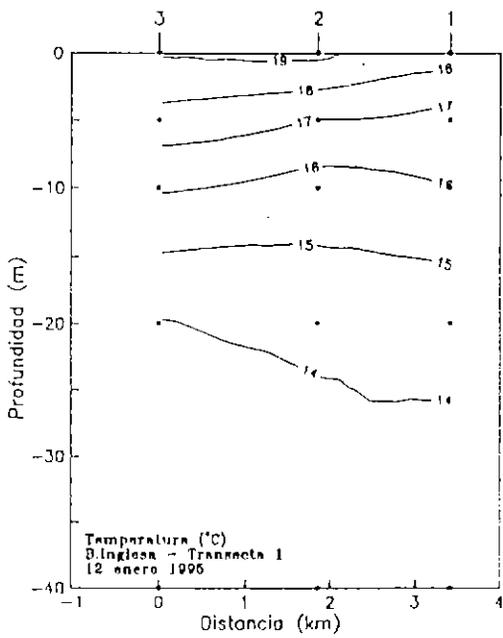
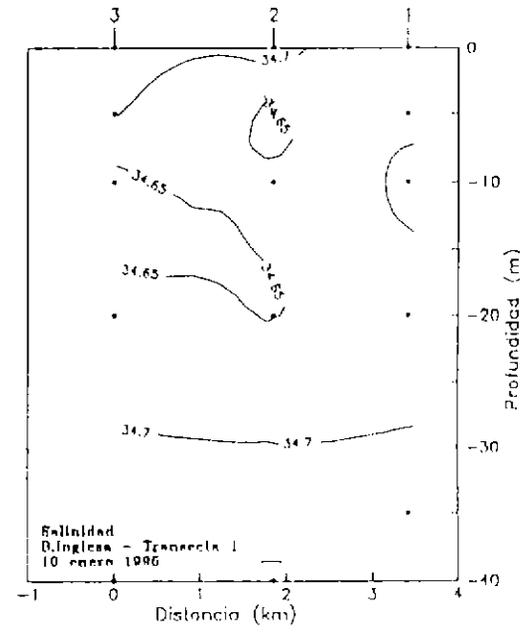
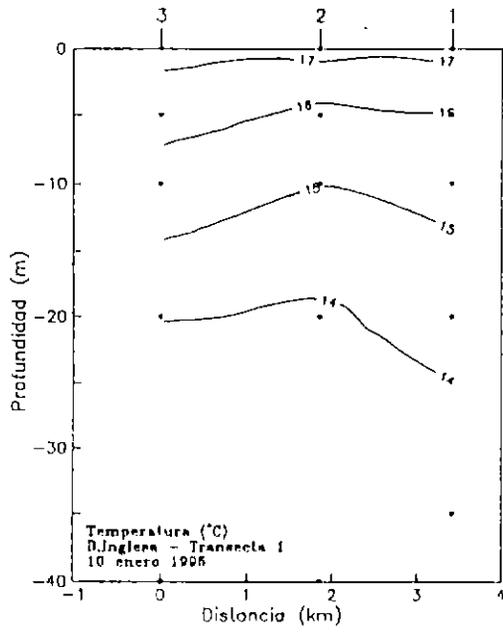


Fig. 23 Distribución vertical de temperatura y salinidad

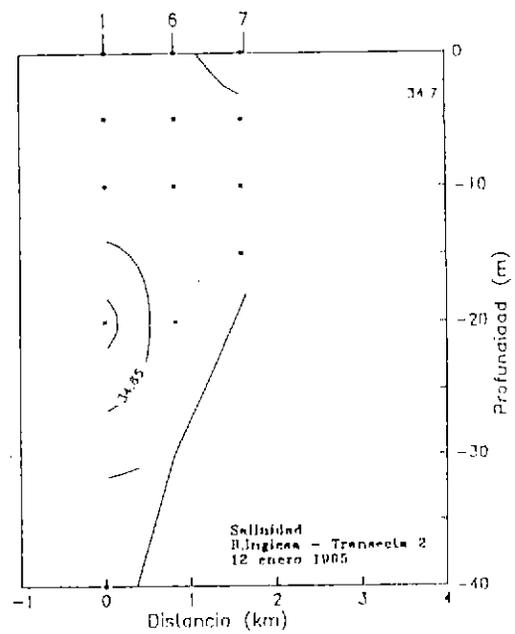
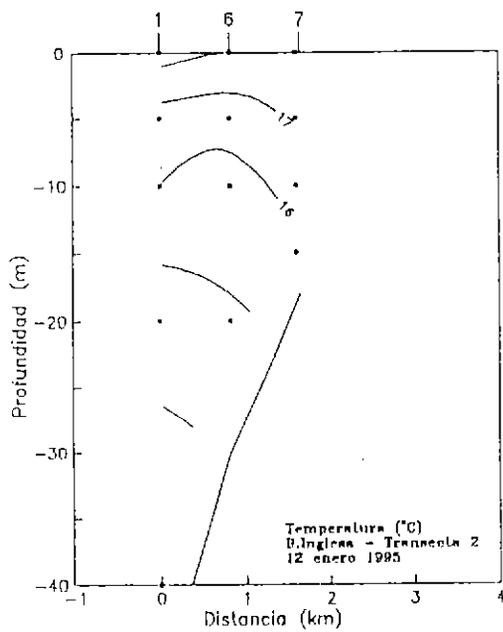
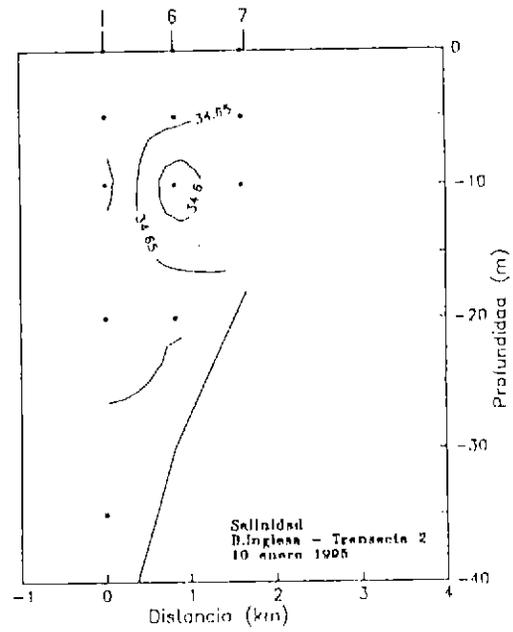
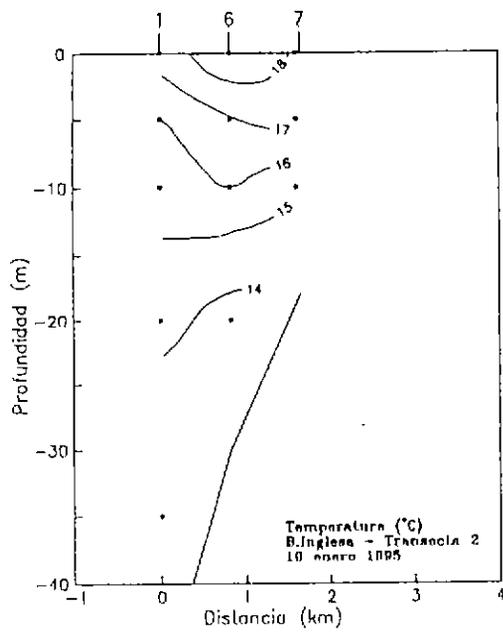


Fig. 24 Distribución vertical de temperatura y salinidad

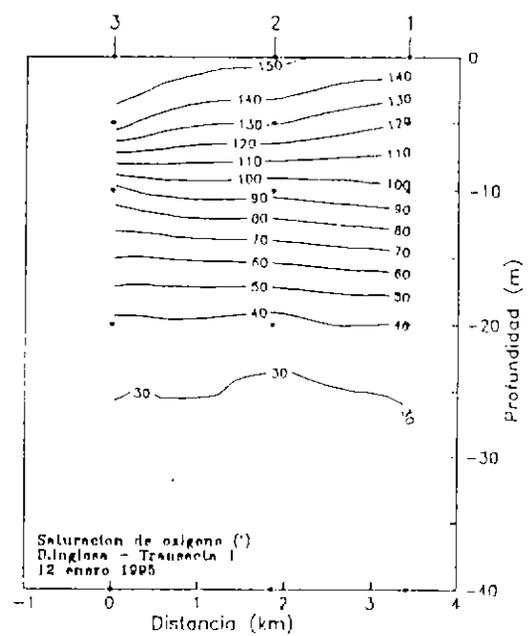
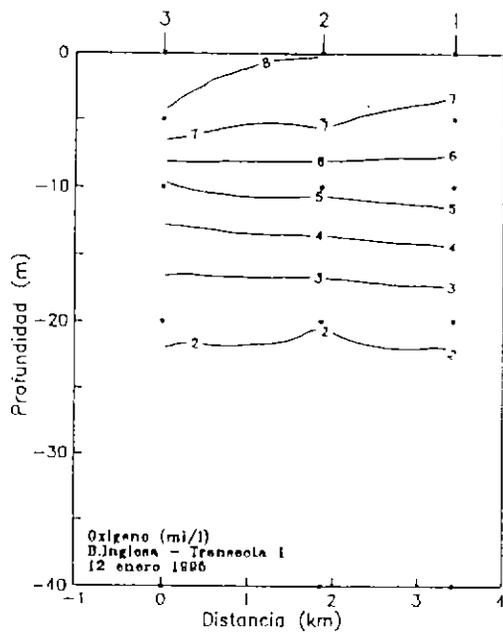
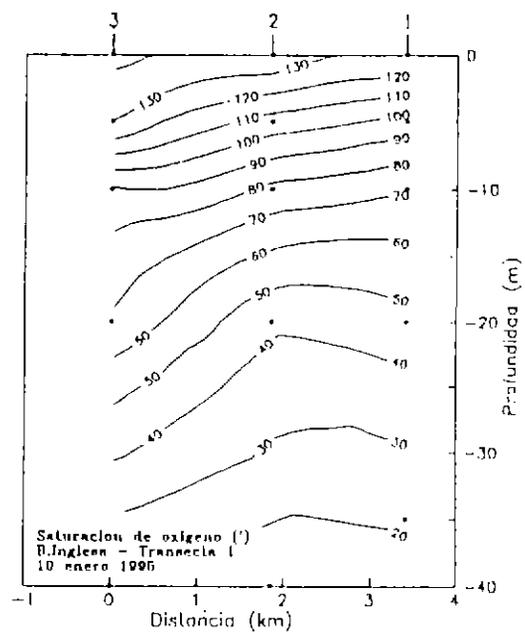
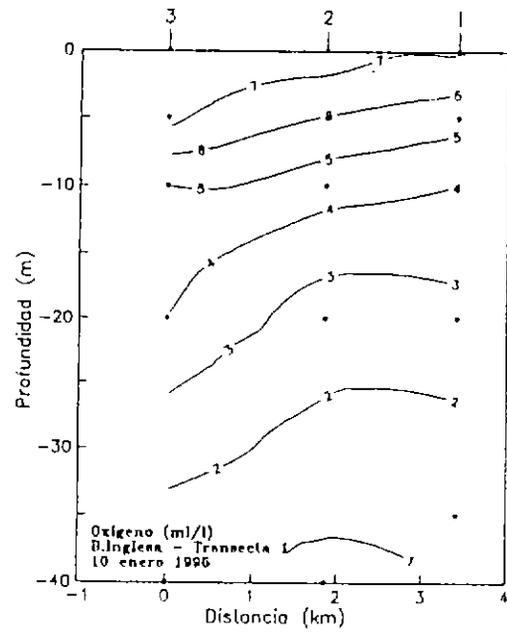


Fig. 25 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

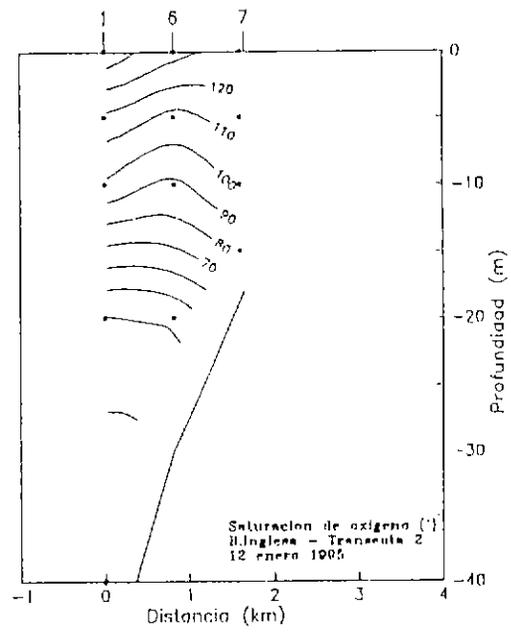
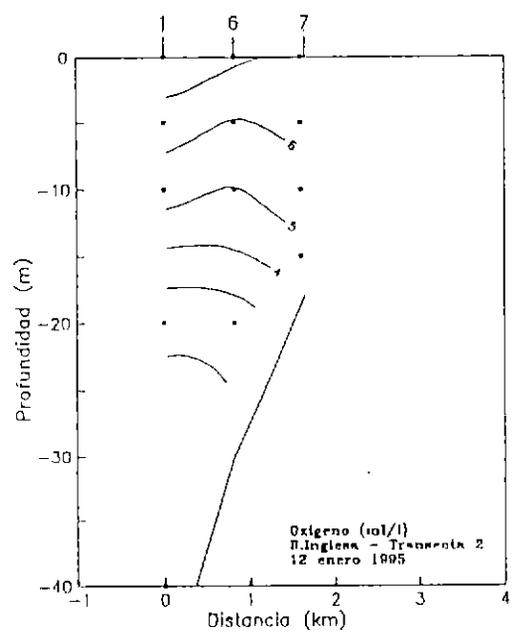
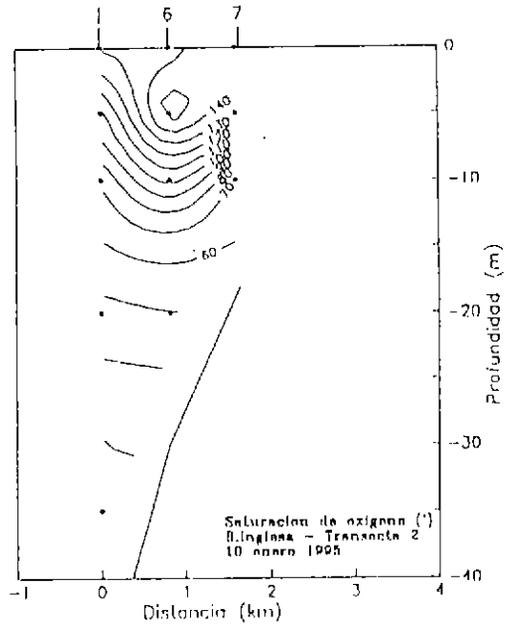
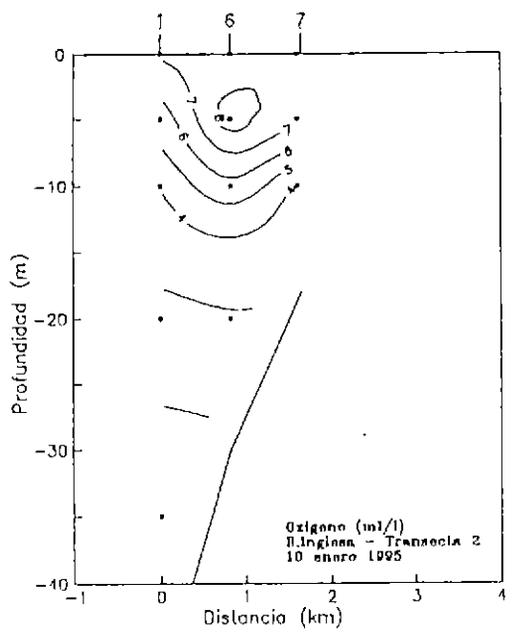


Fig. 26 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

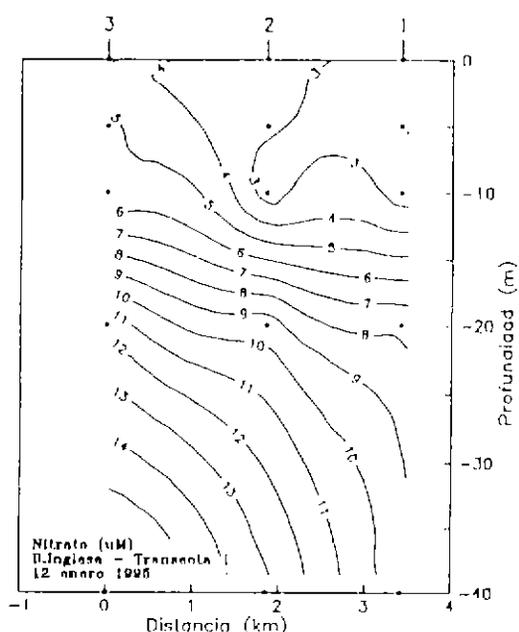
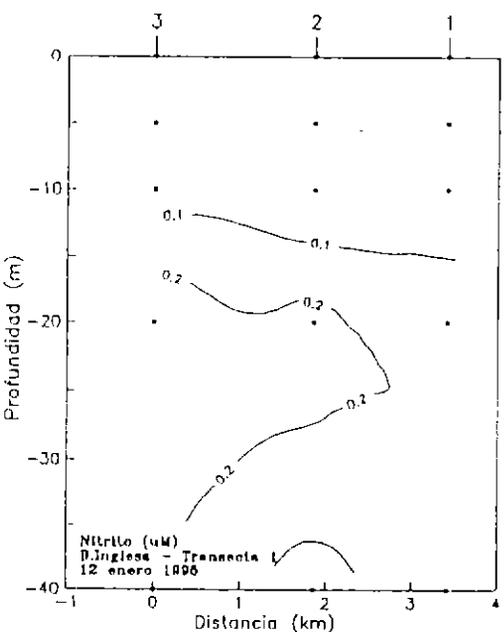
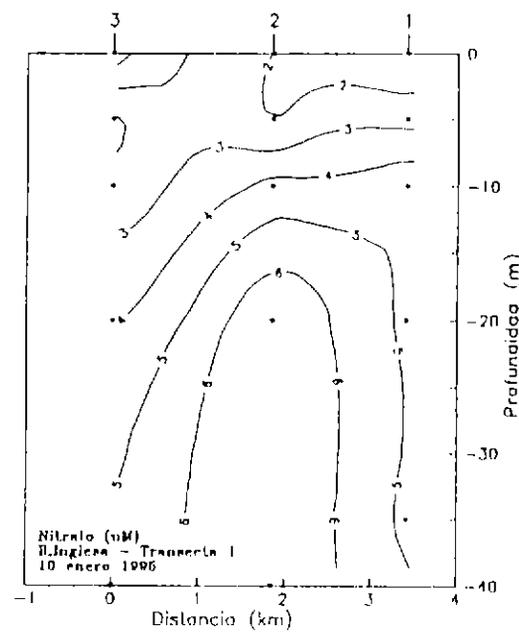
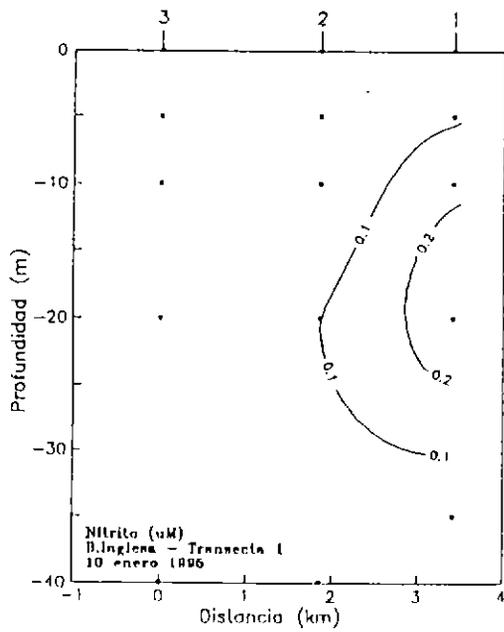


Fig. 27 Distribución vertical de Nitrito y Nitrato

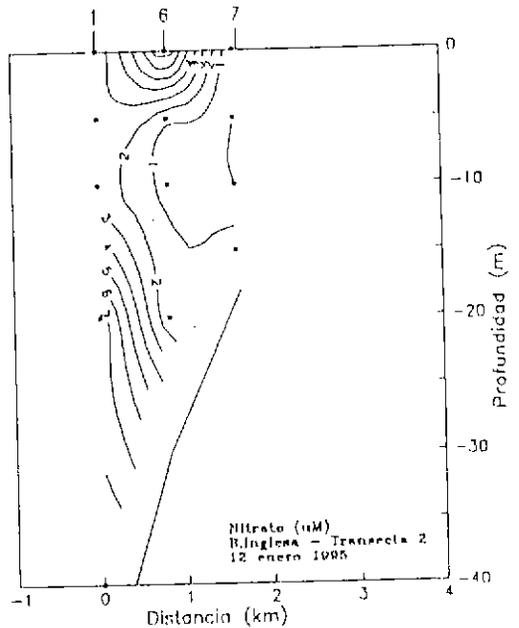
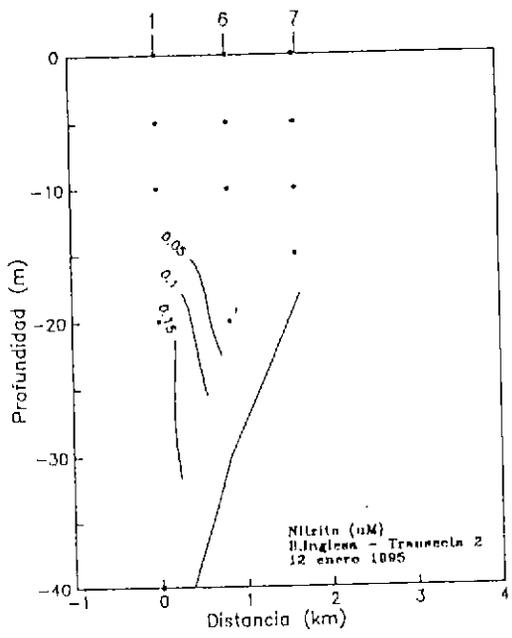
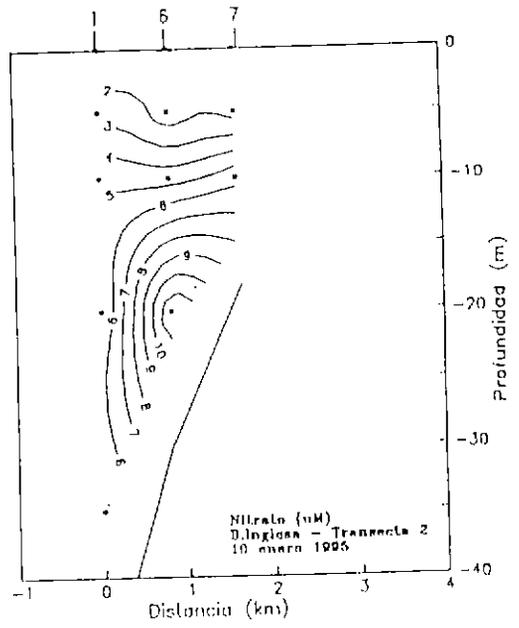
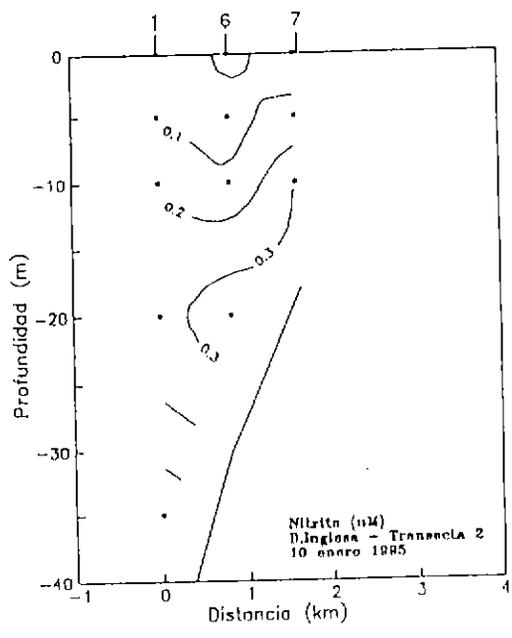


Fig. 20 Distribución vertical de nitrito y nitrato

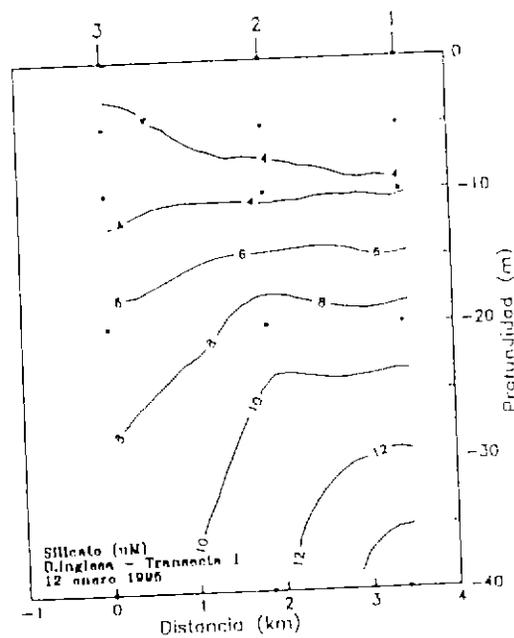
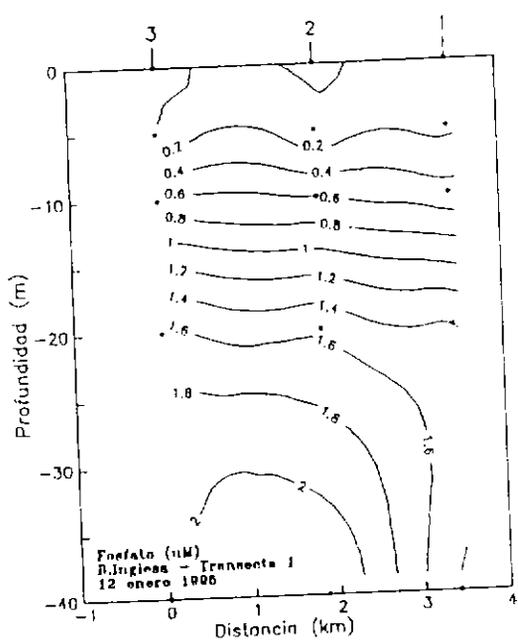
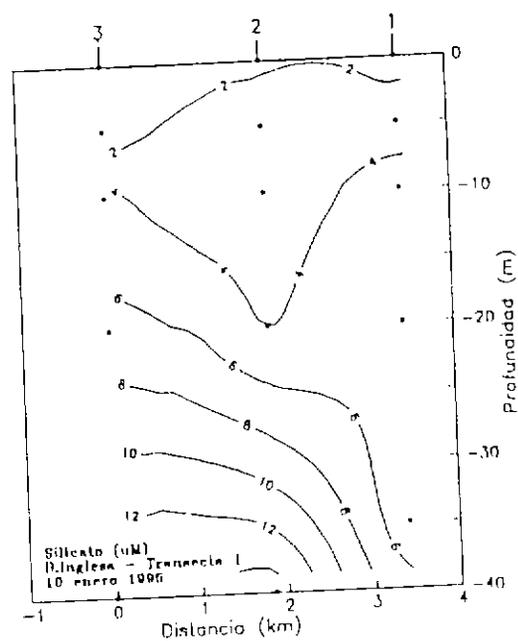
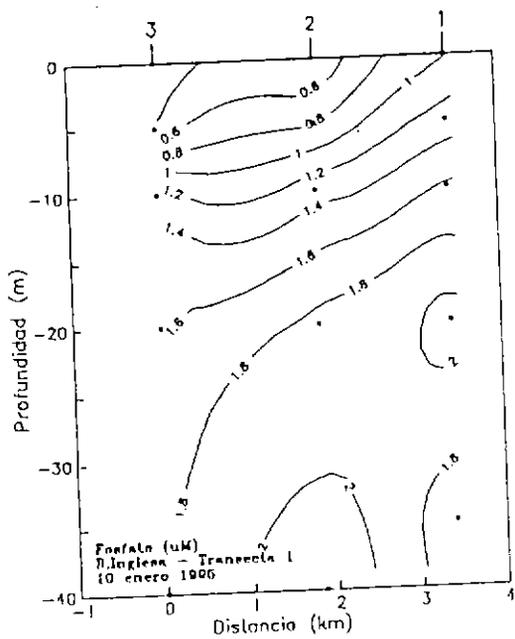


Fig. 29 Distribución vertical de fosfato y silicato

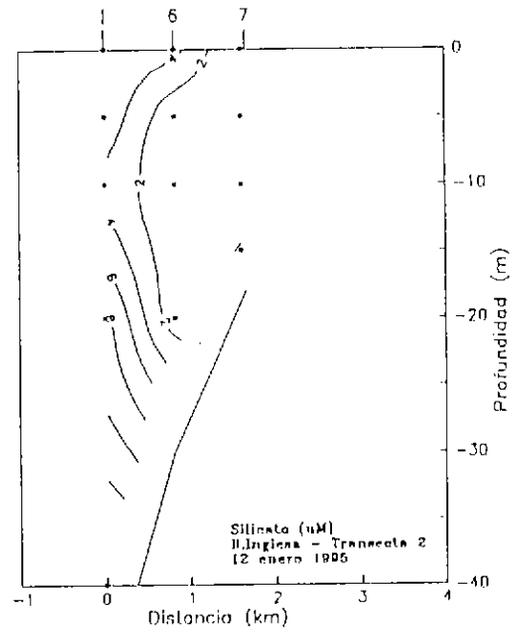
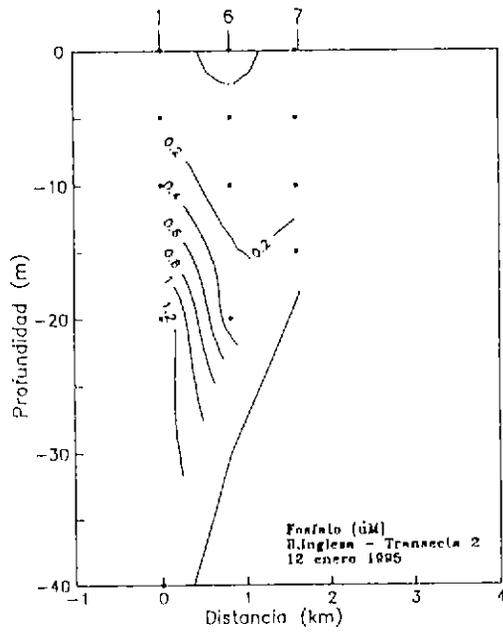
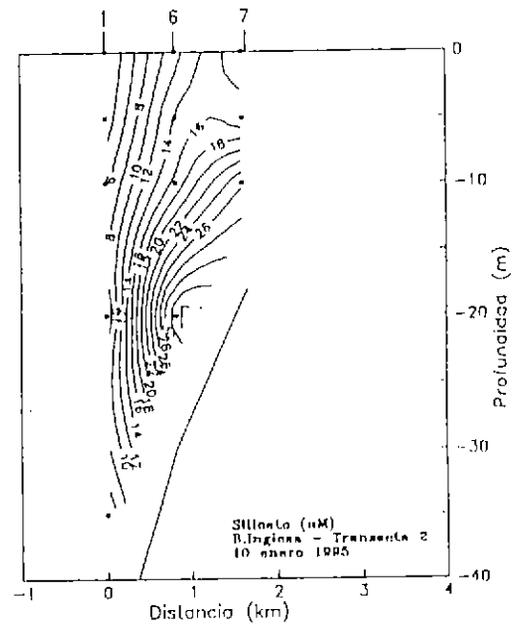
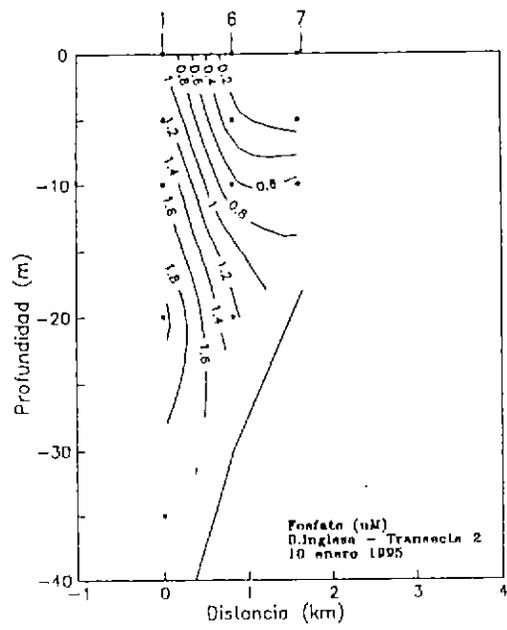


Fig. 30 Distribución vertical de fosfato y silicato

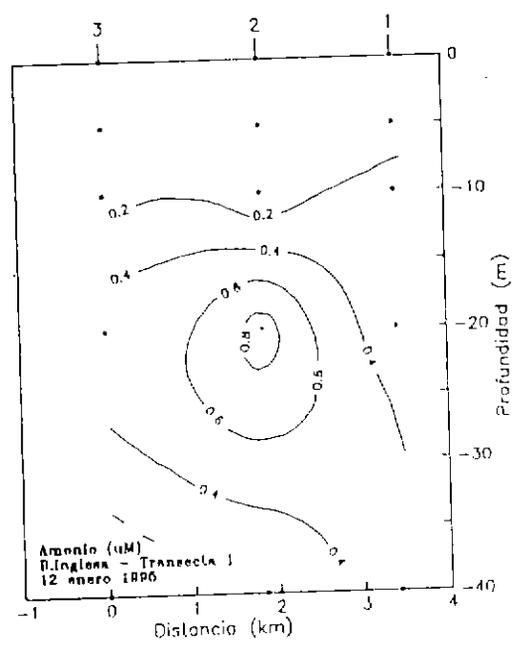
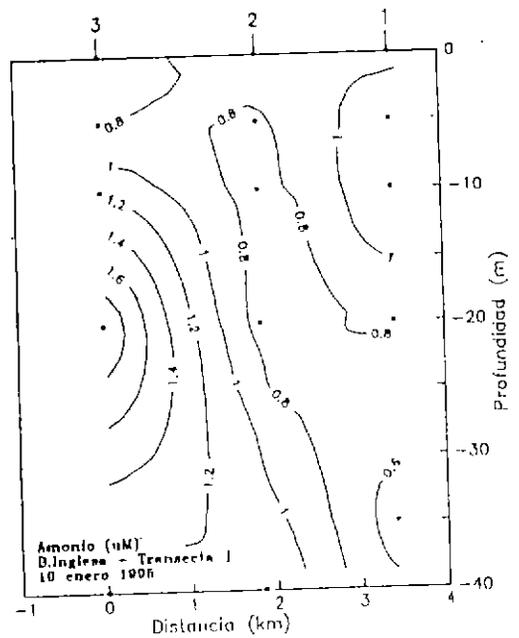


Fig. 31 Distribución vertical de amonio

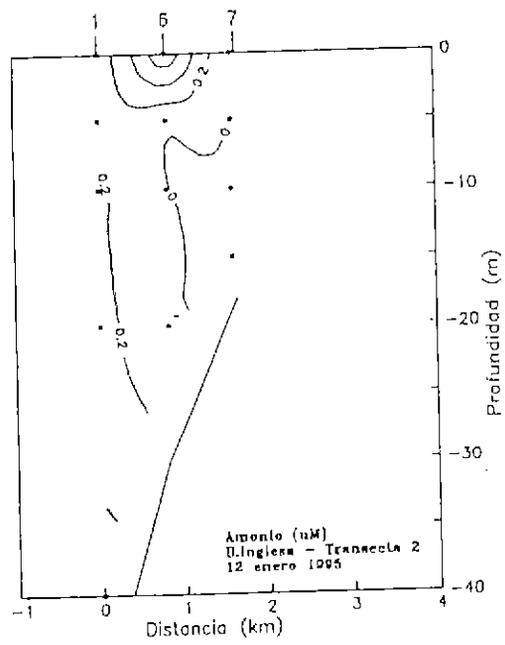
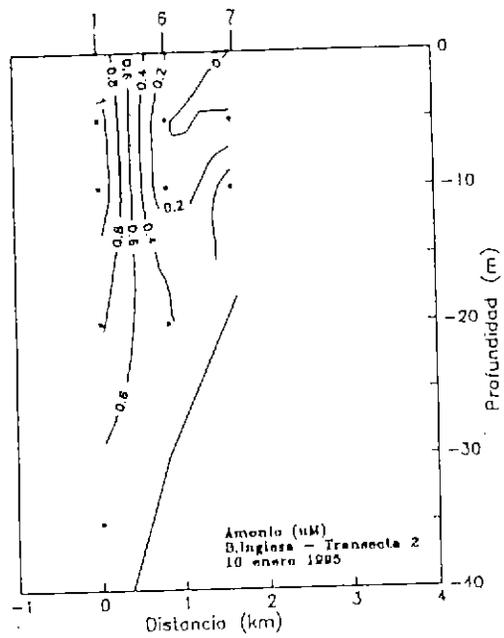


Fig. 32 Distribución vertical de amonio

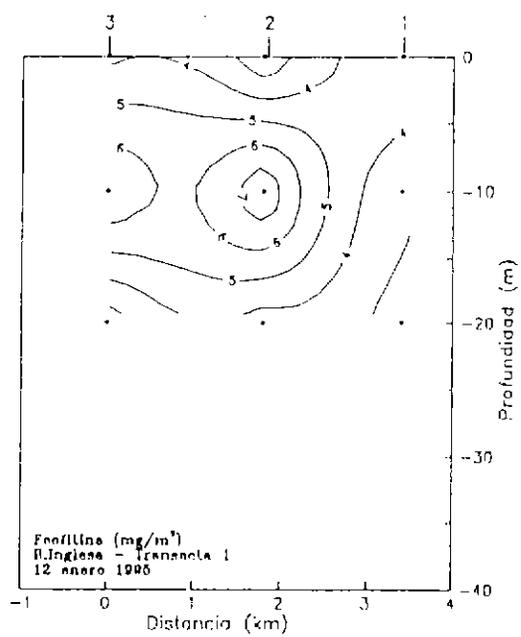
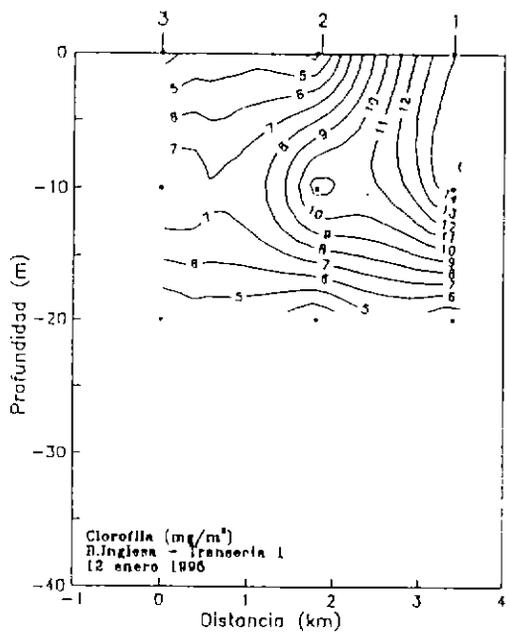
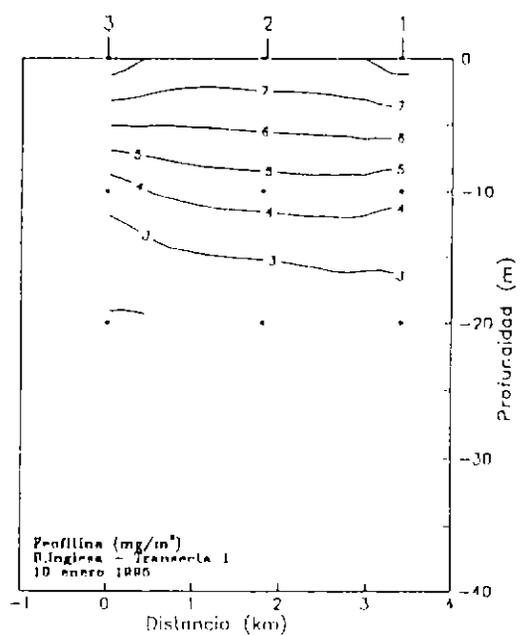
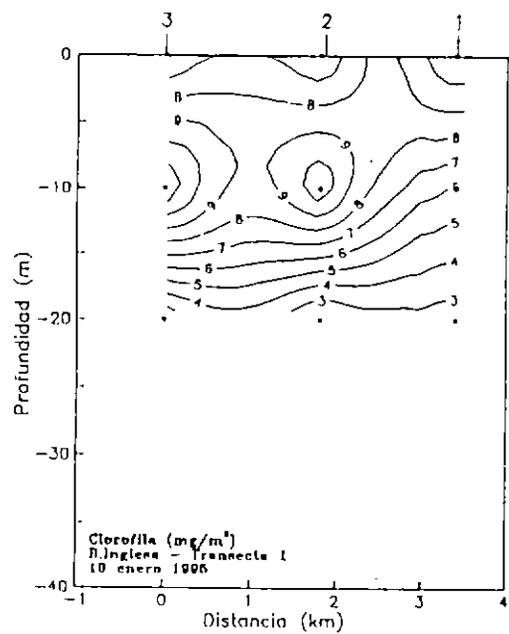


Fig. 33 Distribución vertical de clorofila y feofitina

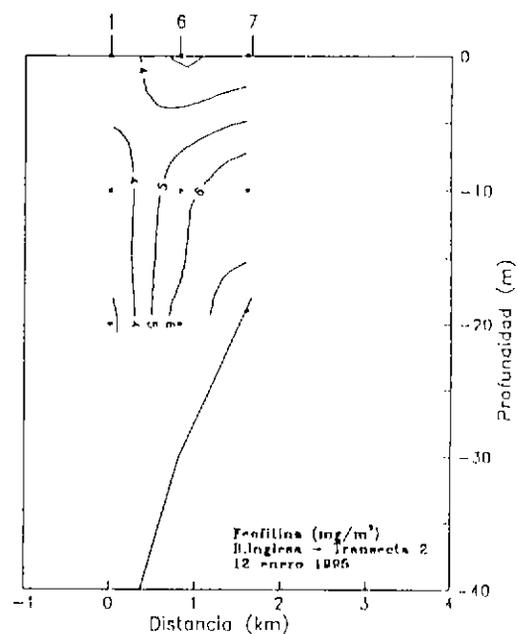
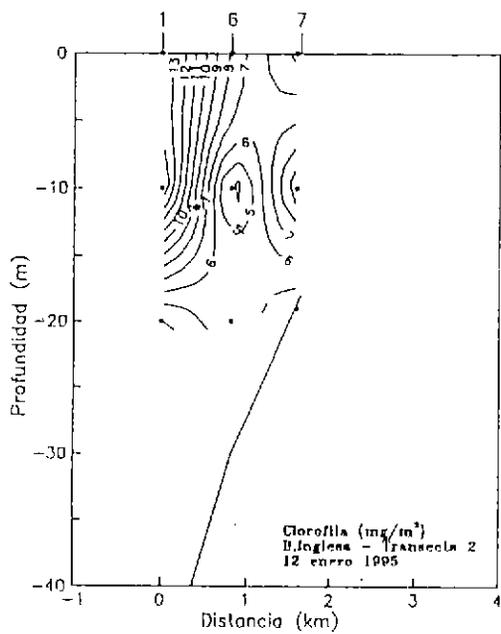
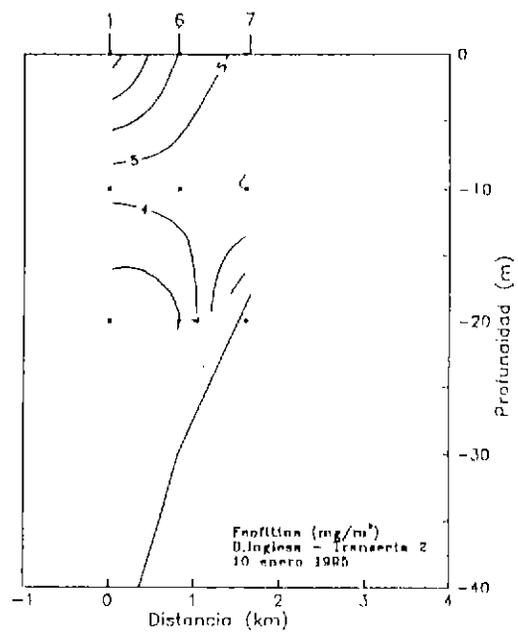
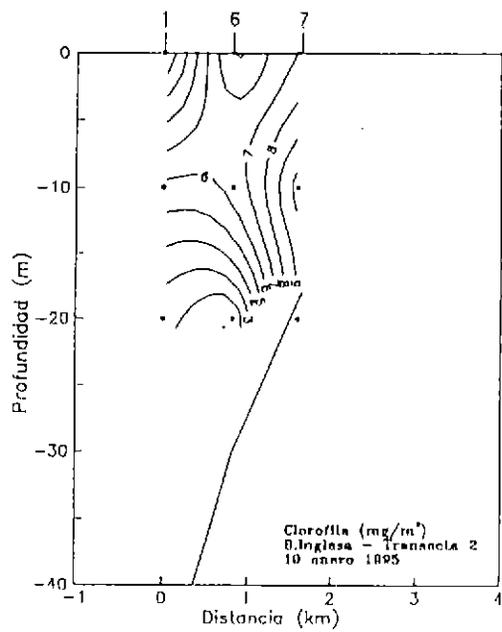


Fig. 34 Distribución vertical de clorofila y Feofitina

Bahía Inglesa - Corrientes

14 - 23 Junio 1995

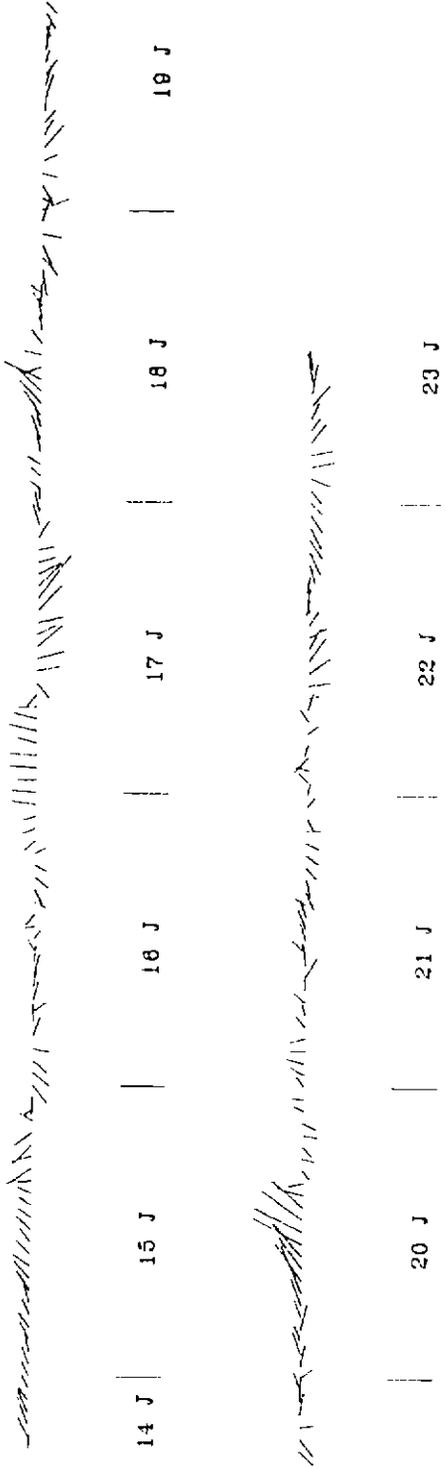


Fig. 35 Dirección e intensidad de las corrientes a nivel de 10 m en Bahía Inglesa

10 cms/seg

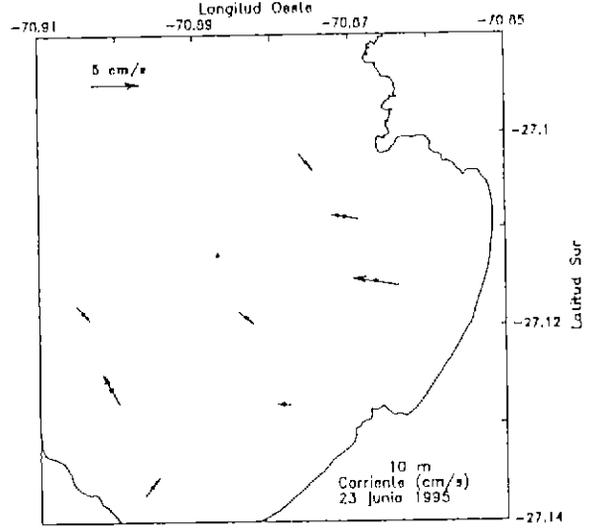
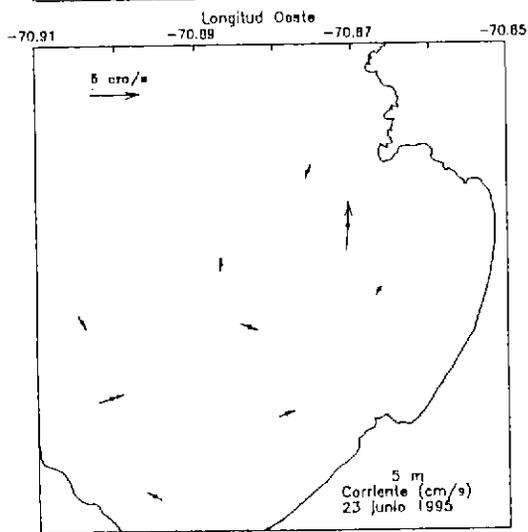
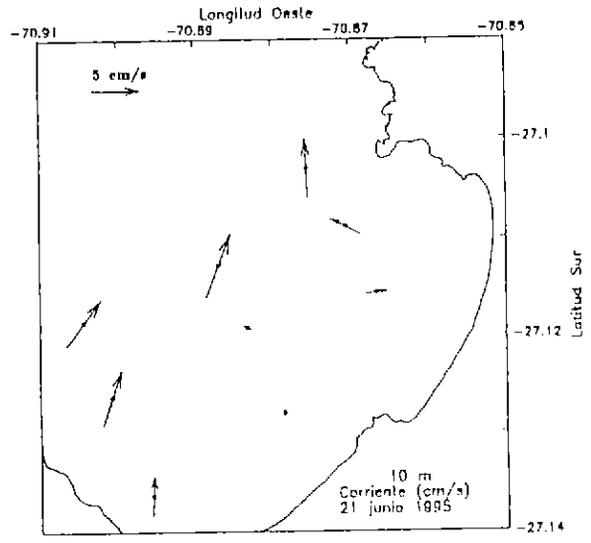
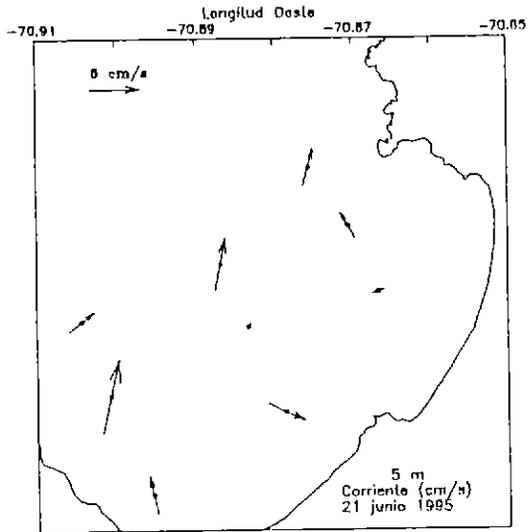
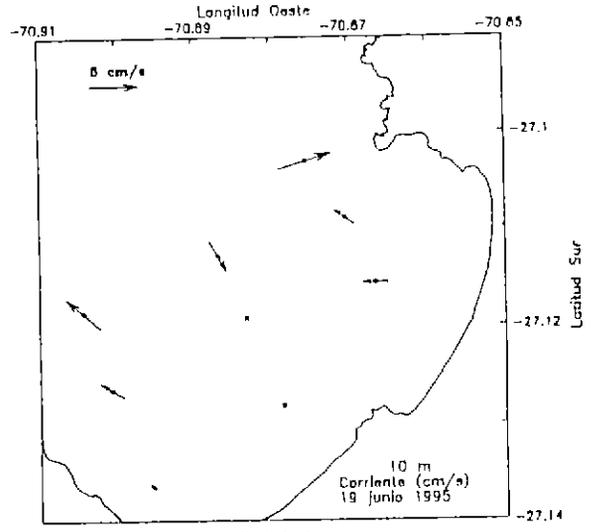
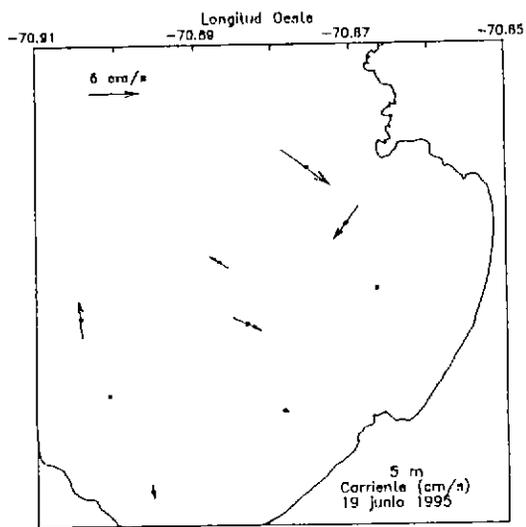


Fig. 36 Dirección y velocidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m

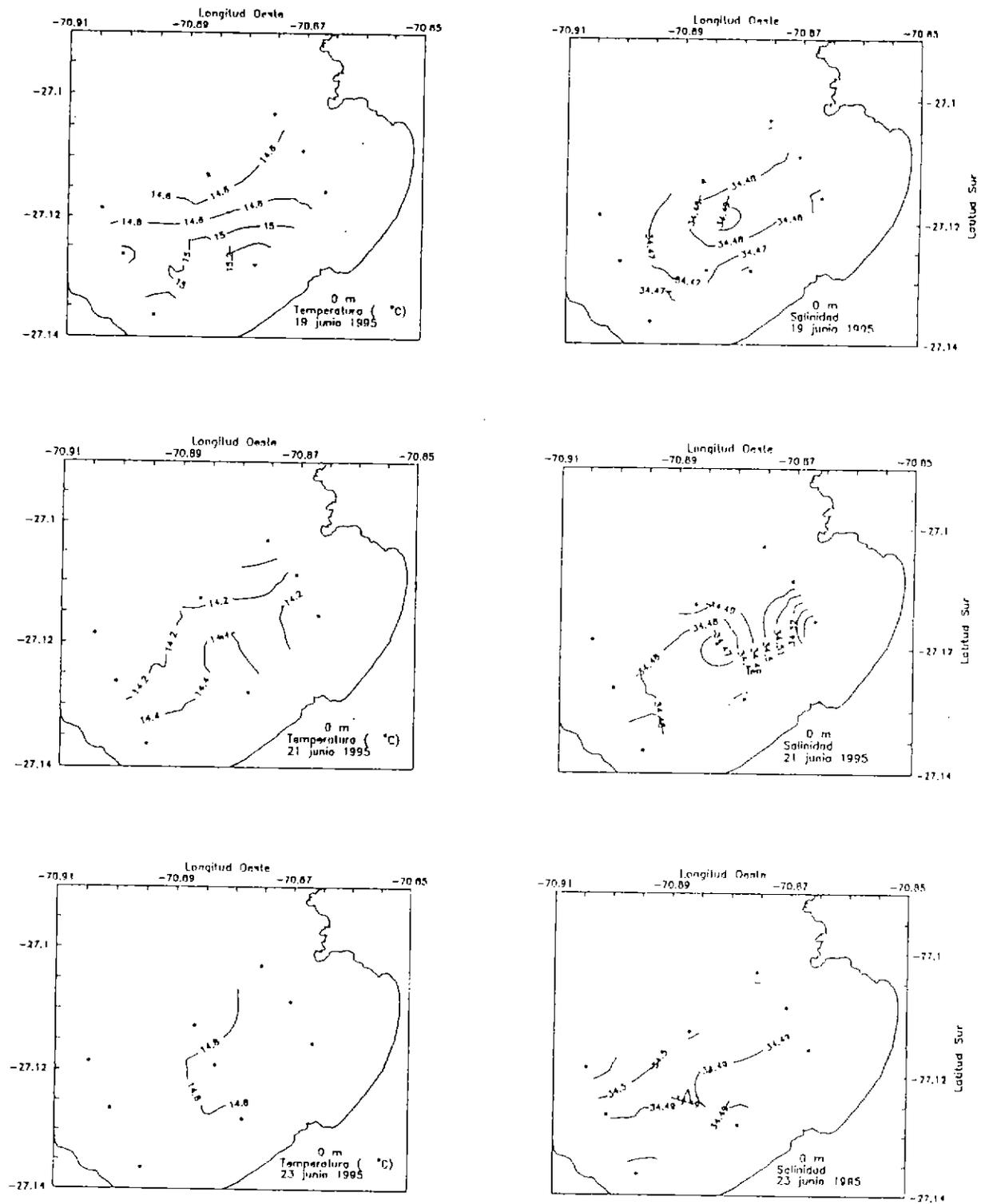


Fig. 37 Distribución superficial temperatura y salinidad

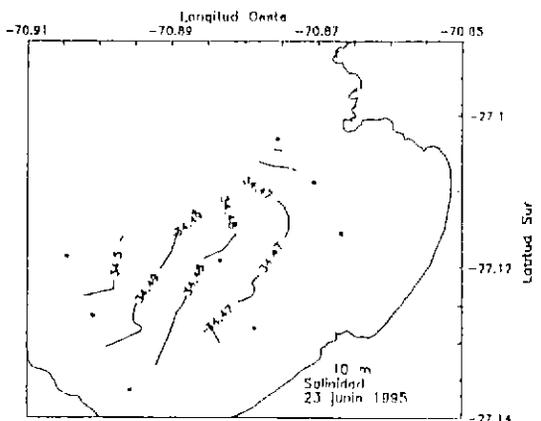
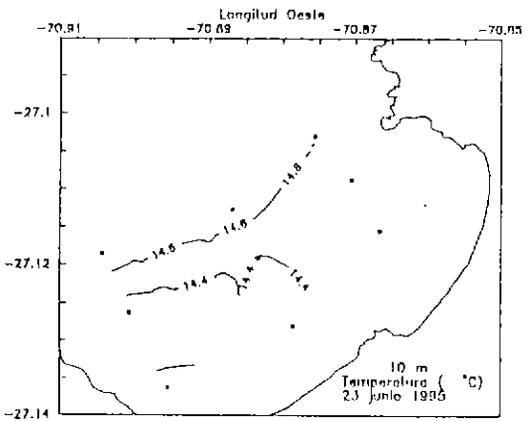
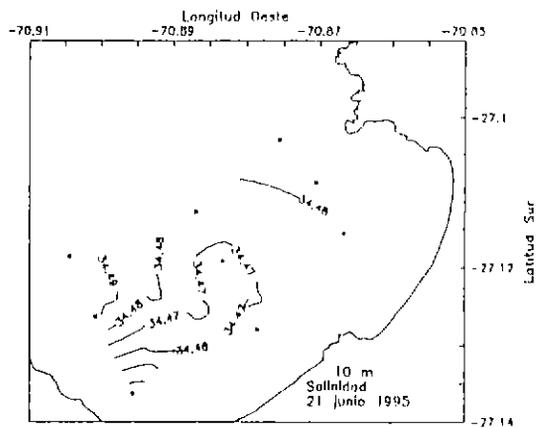
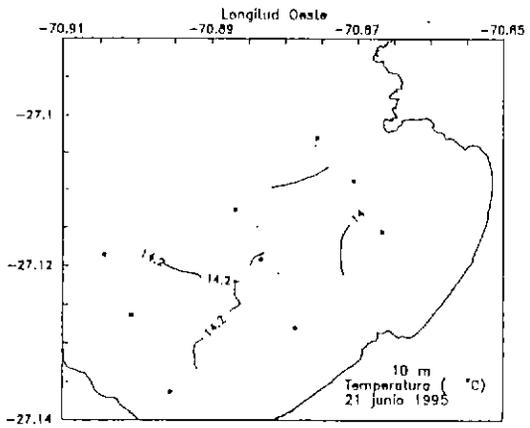
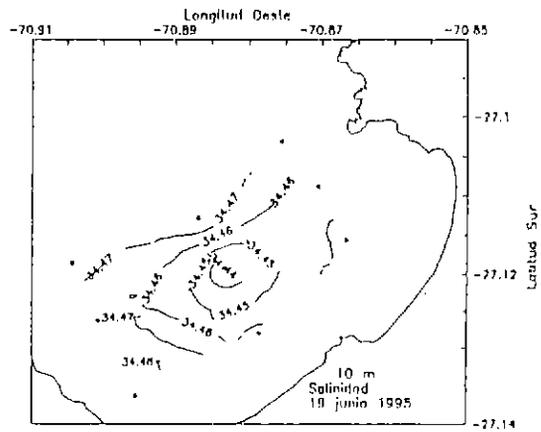
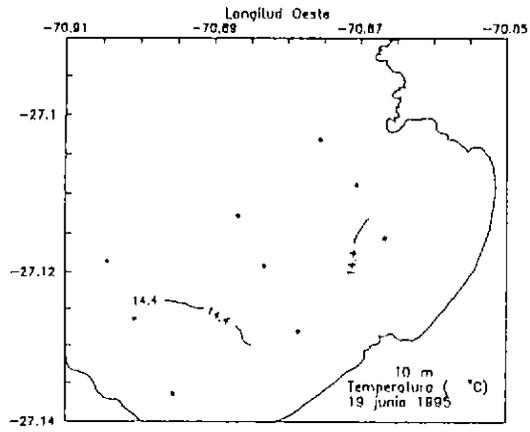


Fig. 38 Distribución de temperatura y salinidad a 10 m

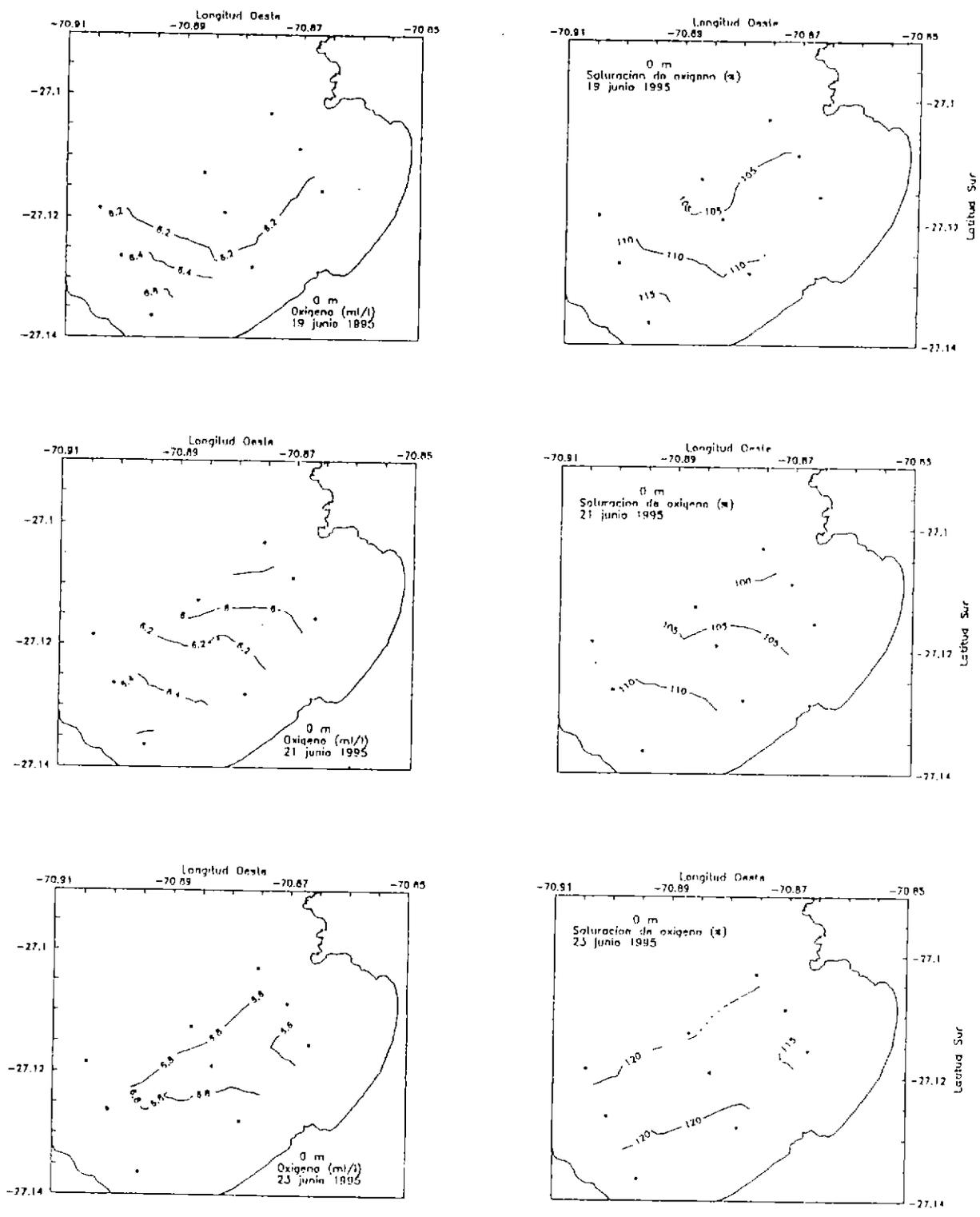


Fig. 39 Distribución superficial de oxígeno y saturación de oxígeno

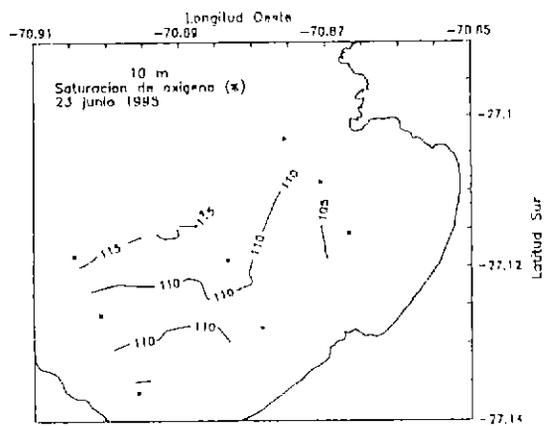
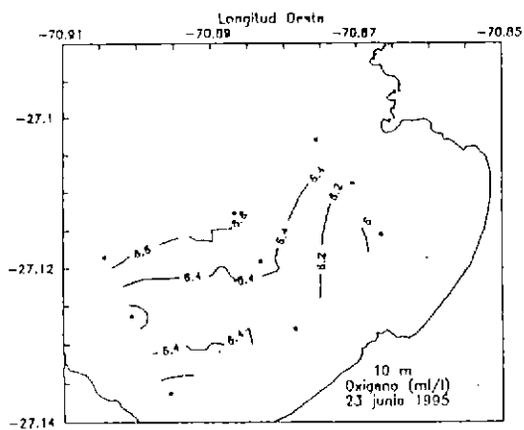
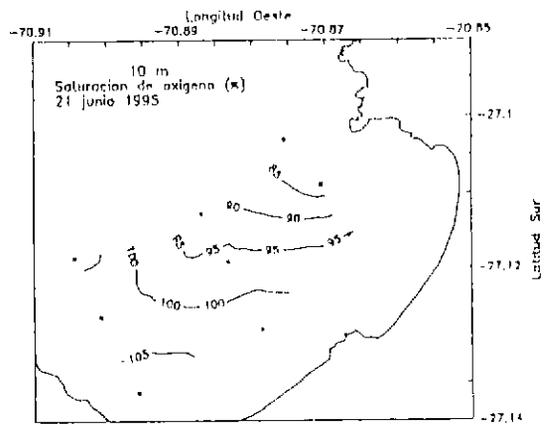
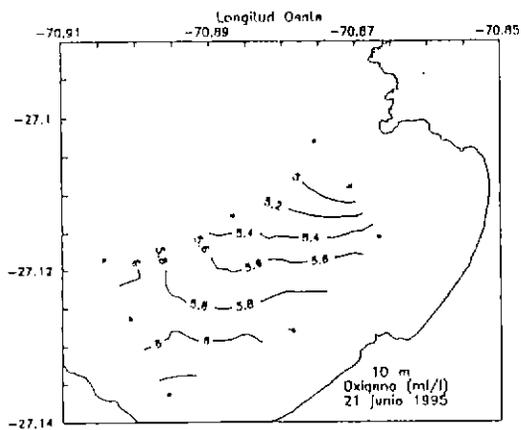
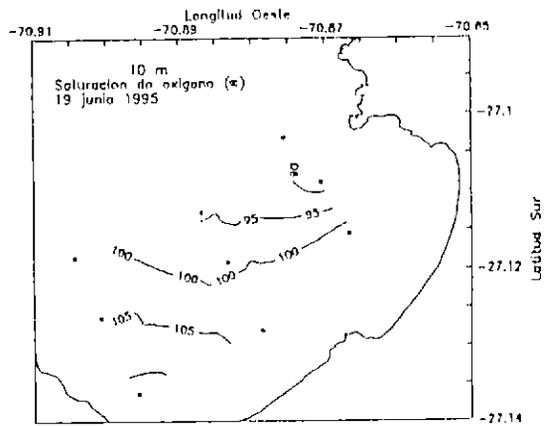
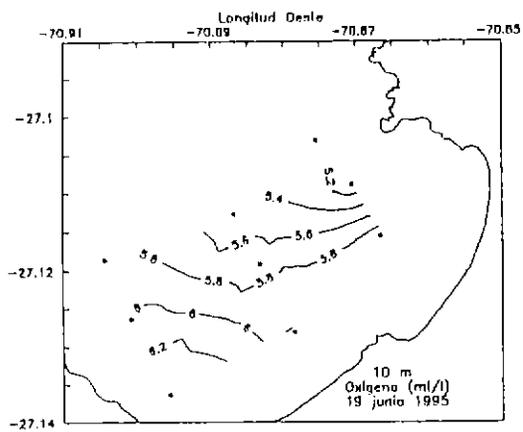


Fig. 40 Distribución de oxígeno y saturación de oxígeno a 10 m.

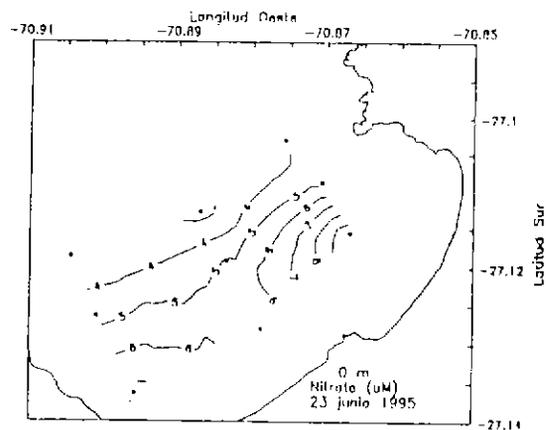
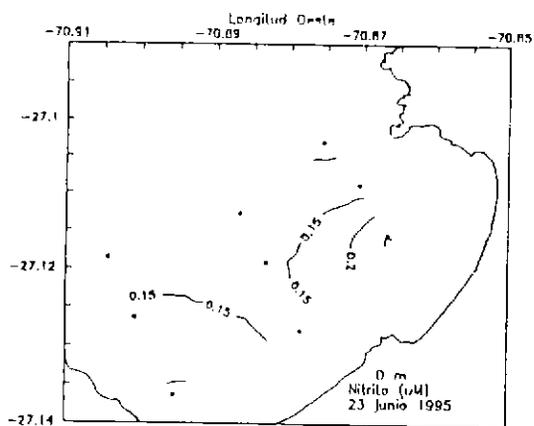
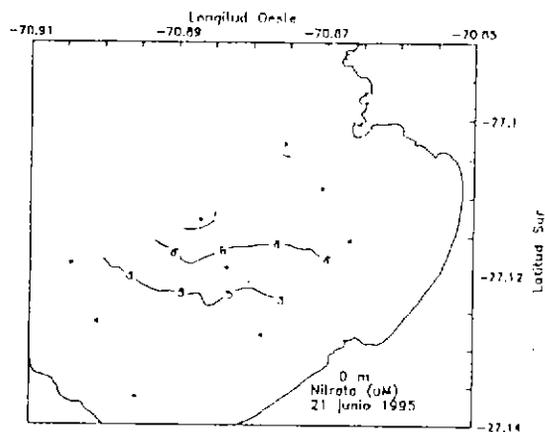
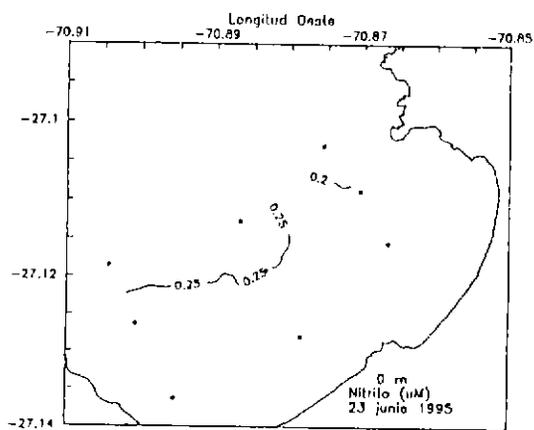
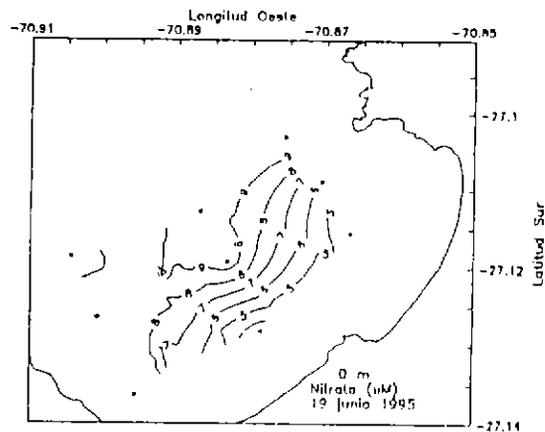
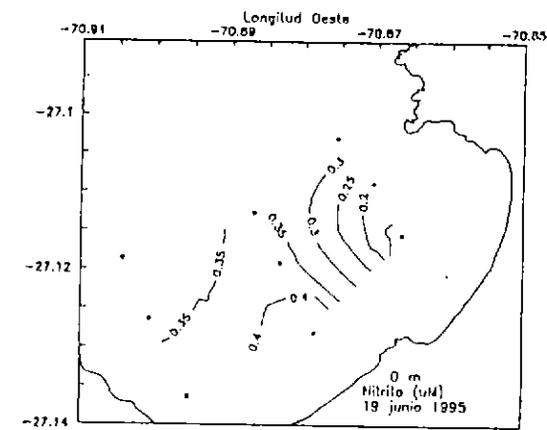


Fig. 41 Distribución superficial de nitrito y nitrato

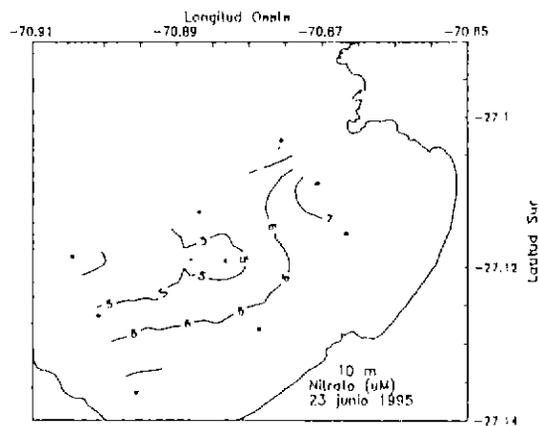
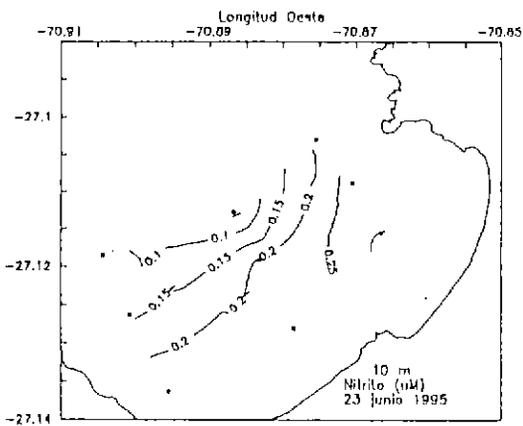
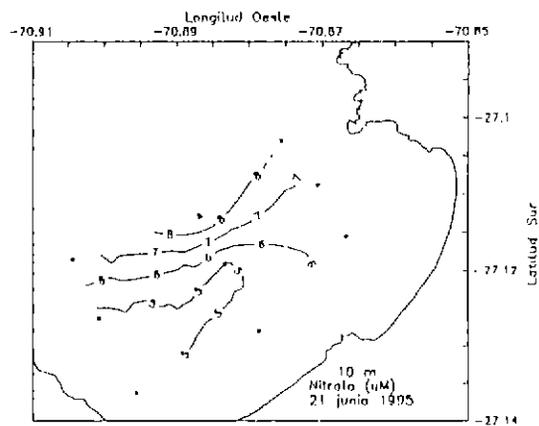
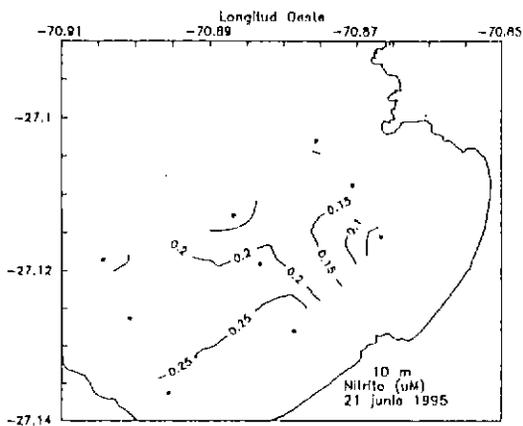
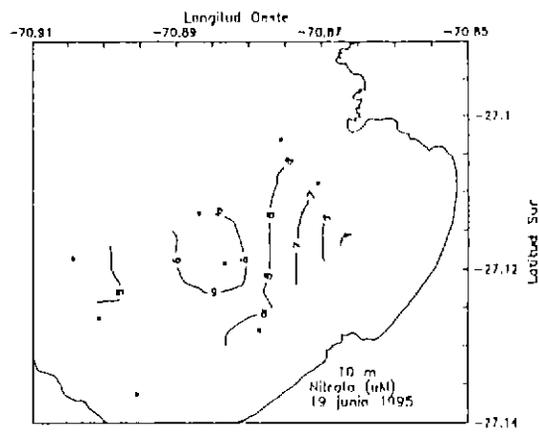
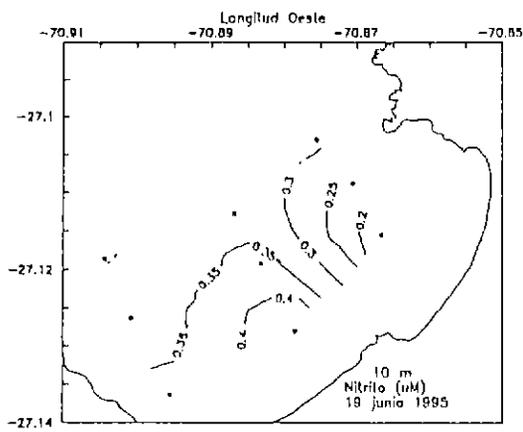


Fig. 62 Distribución de nitrito y nitrato a 10 m.

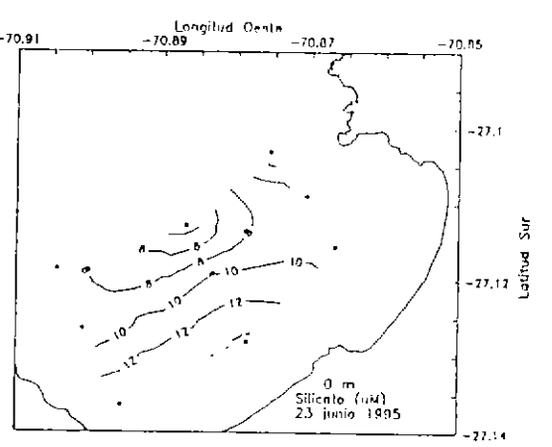
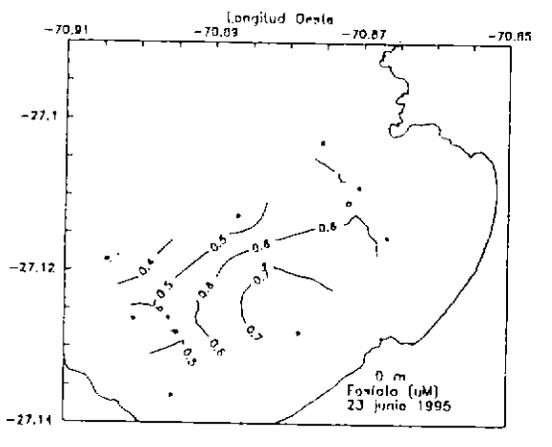
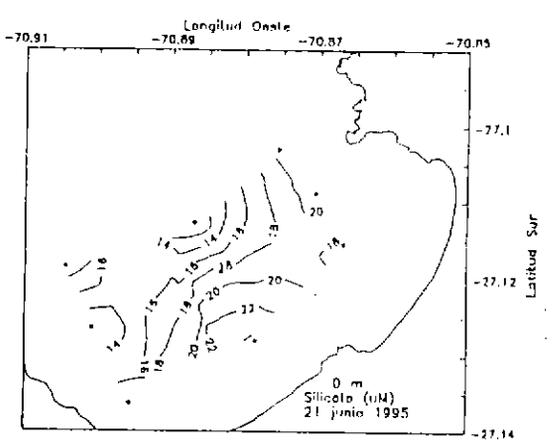
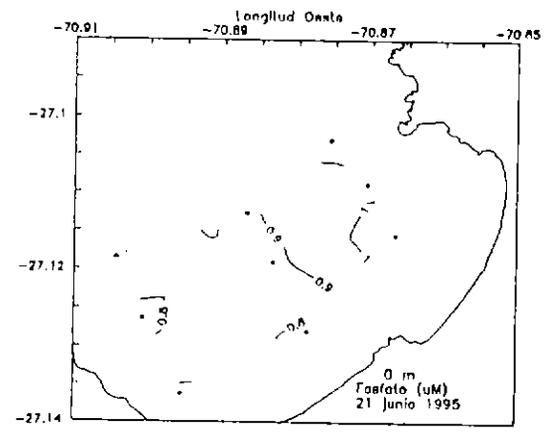
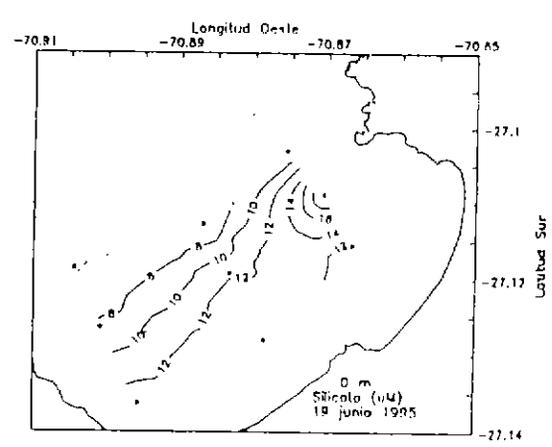
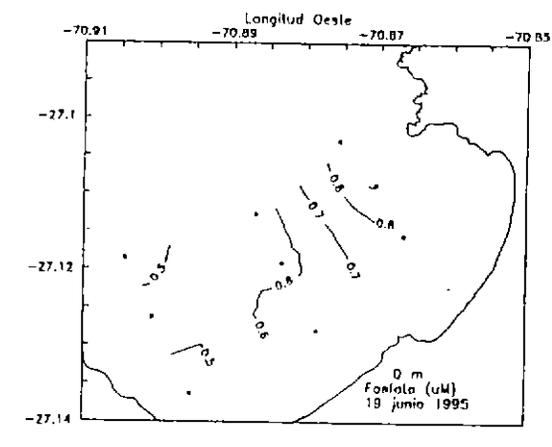


Fig. 43 Distribución superficial de fosfato y silicato

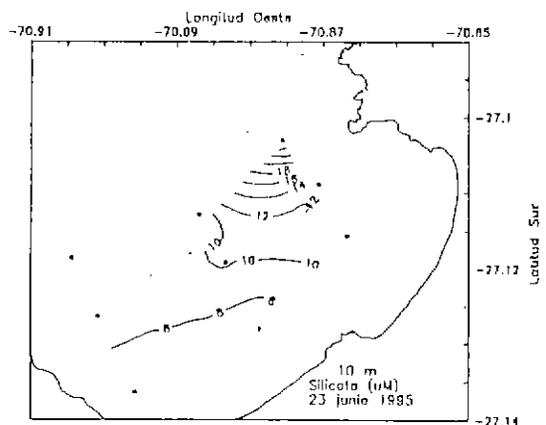
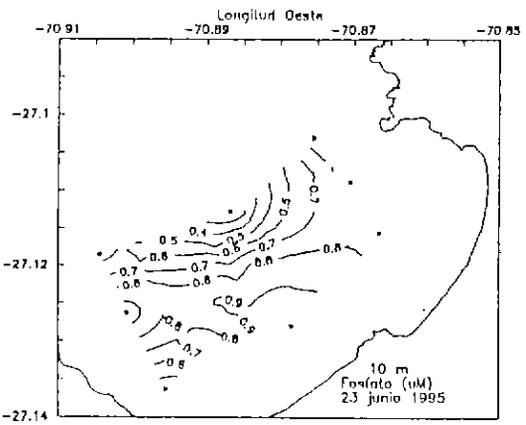
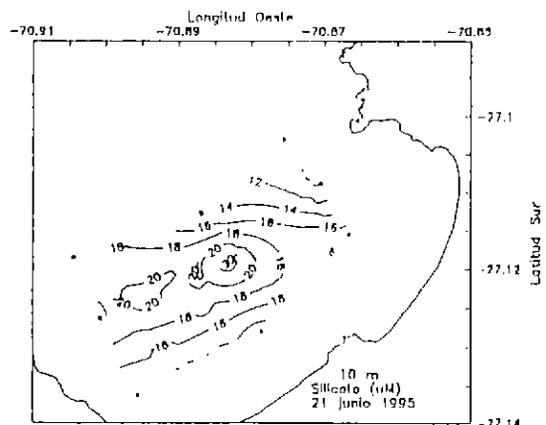
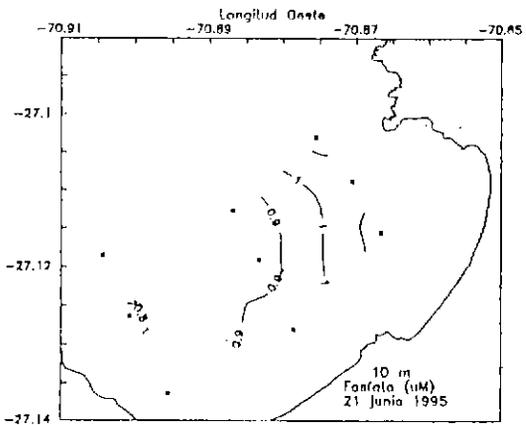
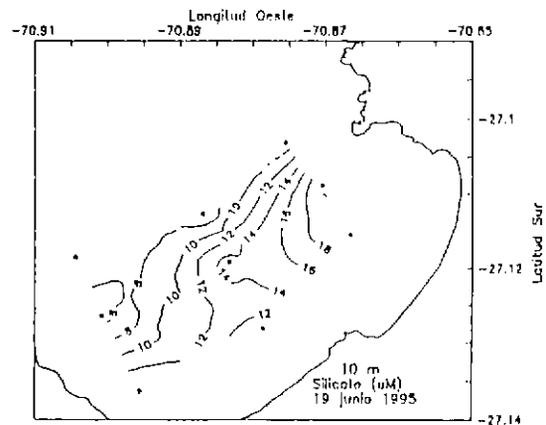
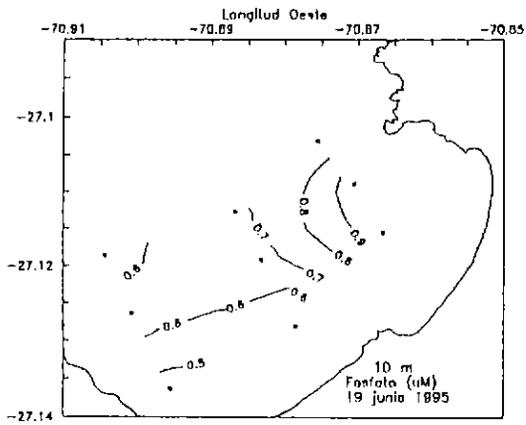


Fig. 44 Distribución de fosfato y silicato a 10 m.

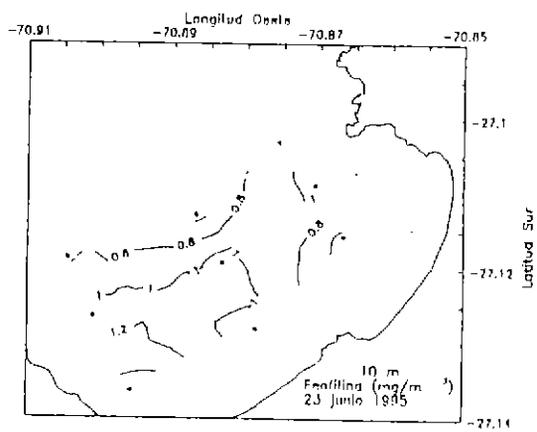
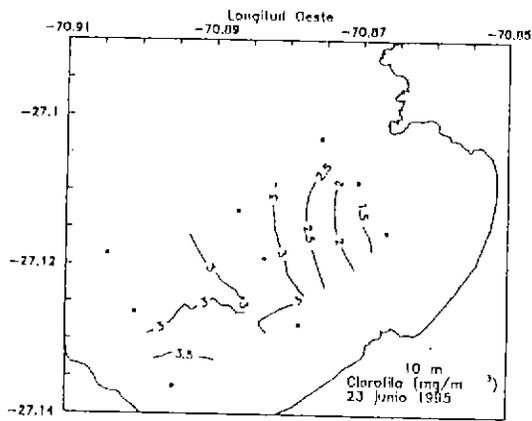
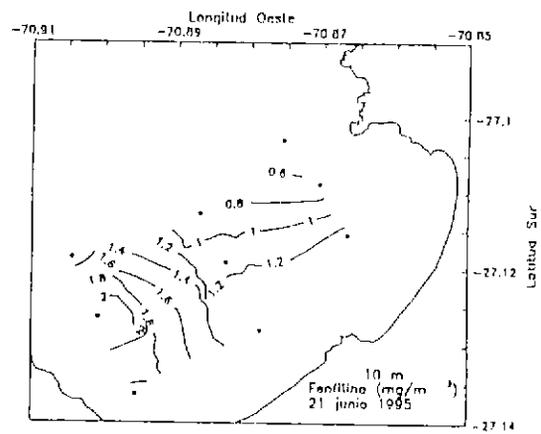
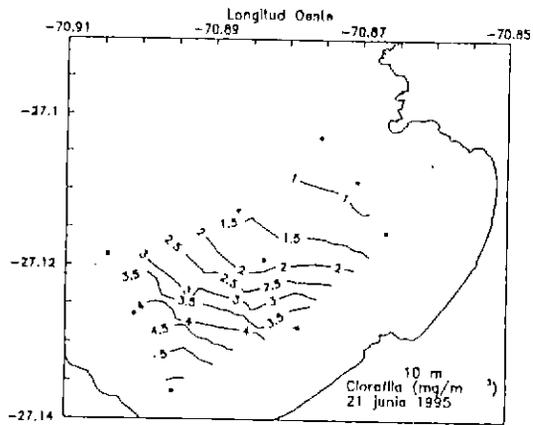
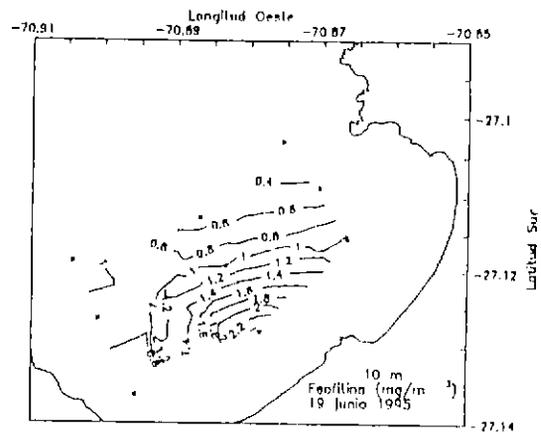
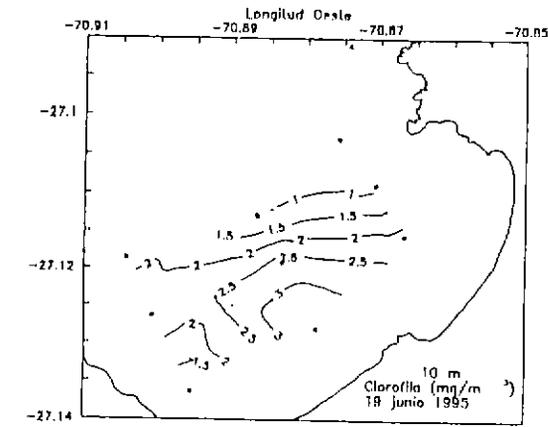


Fig. 46 Distribución de clorofila y Feofitina a 10 m.

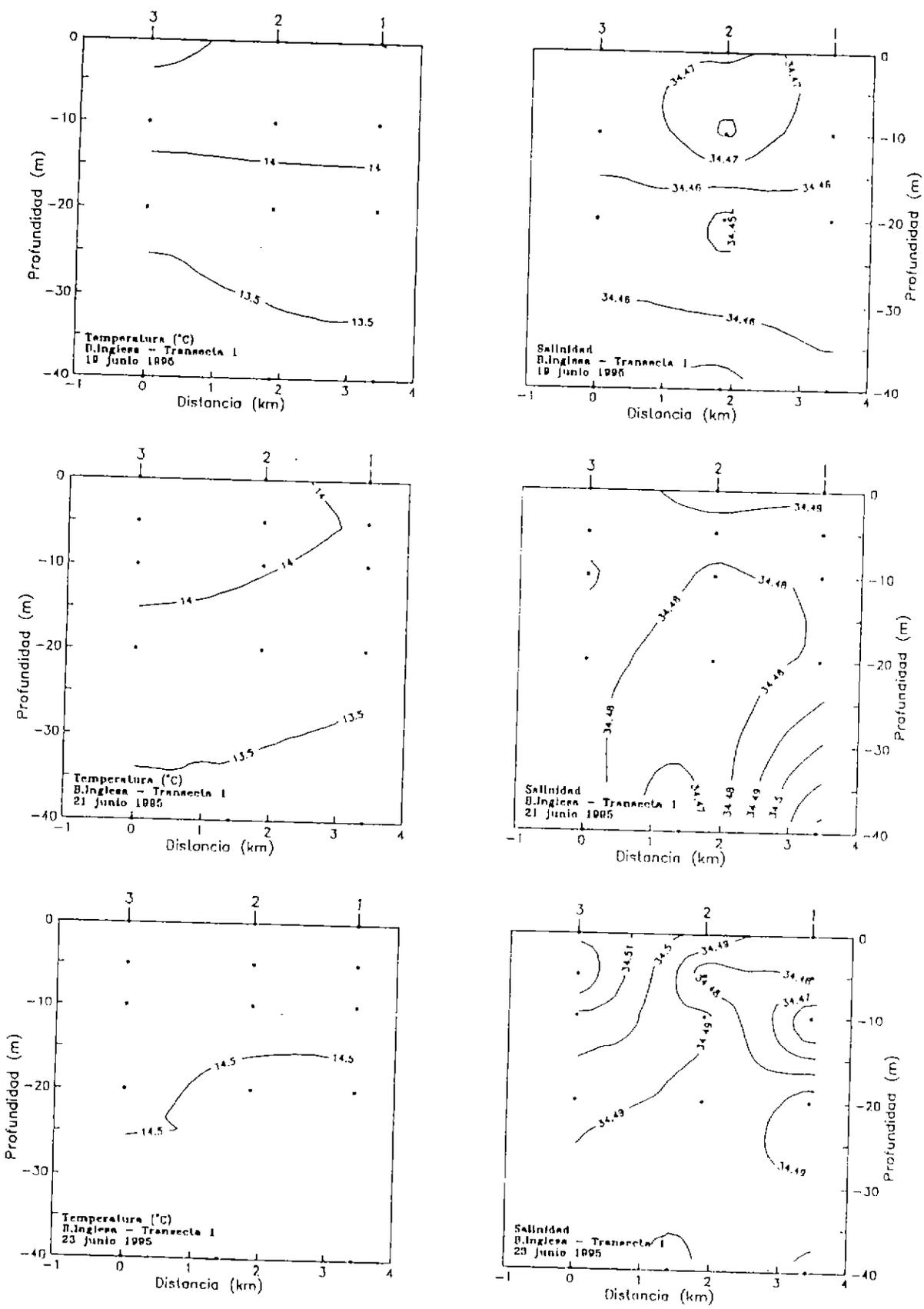


Fig. 47 Distribución vertical de temperatura y salinidad

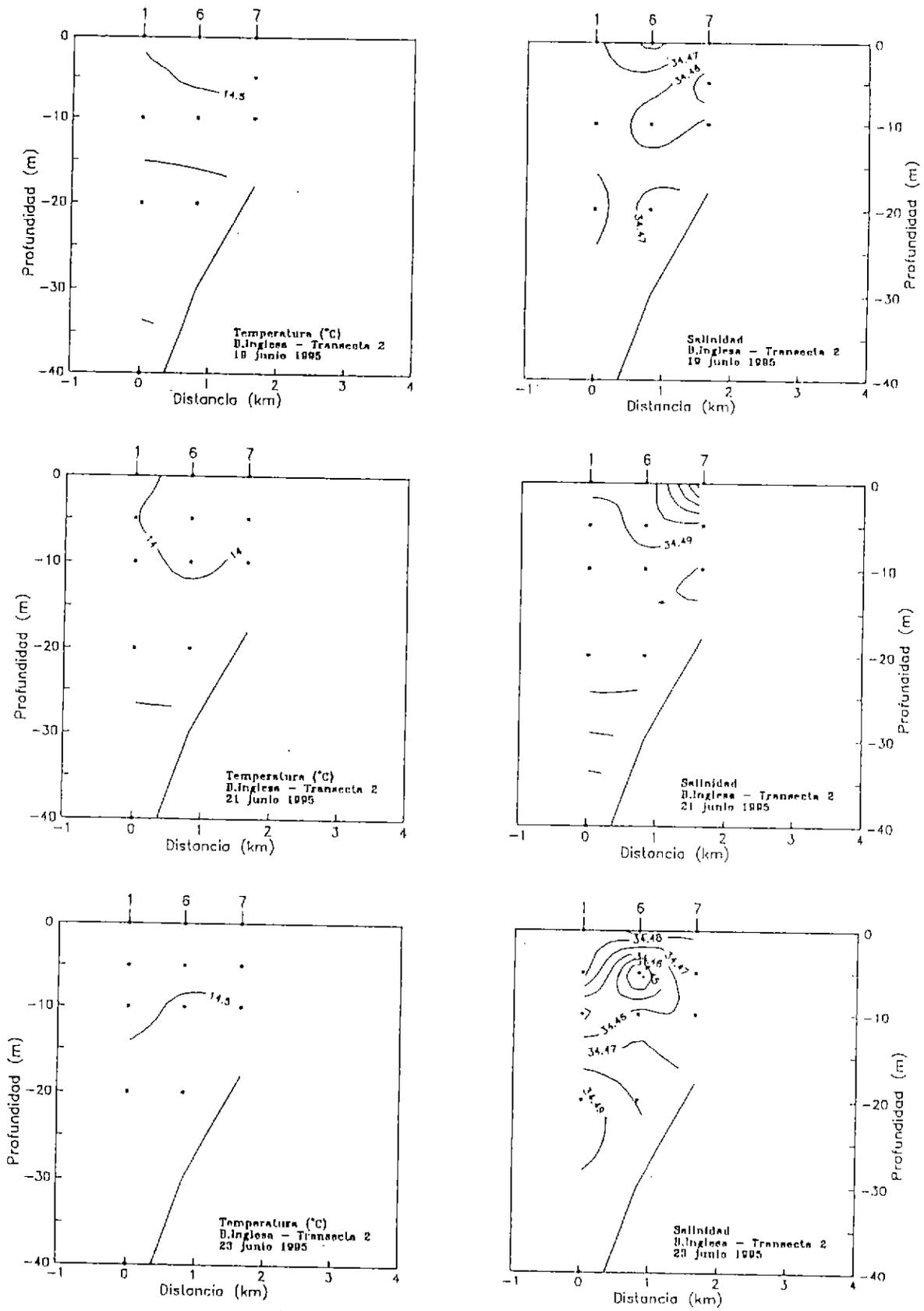


Fig. 48 Distribución vertical de temperatura y salidad

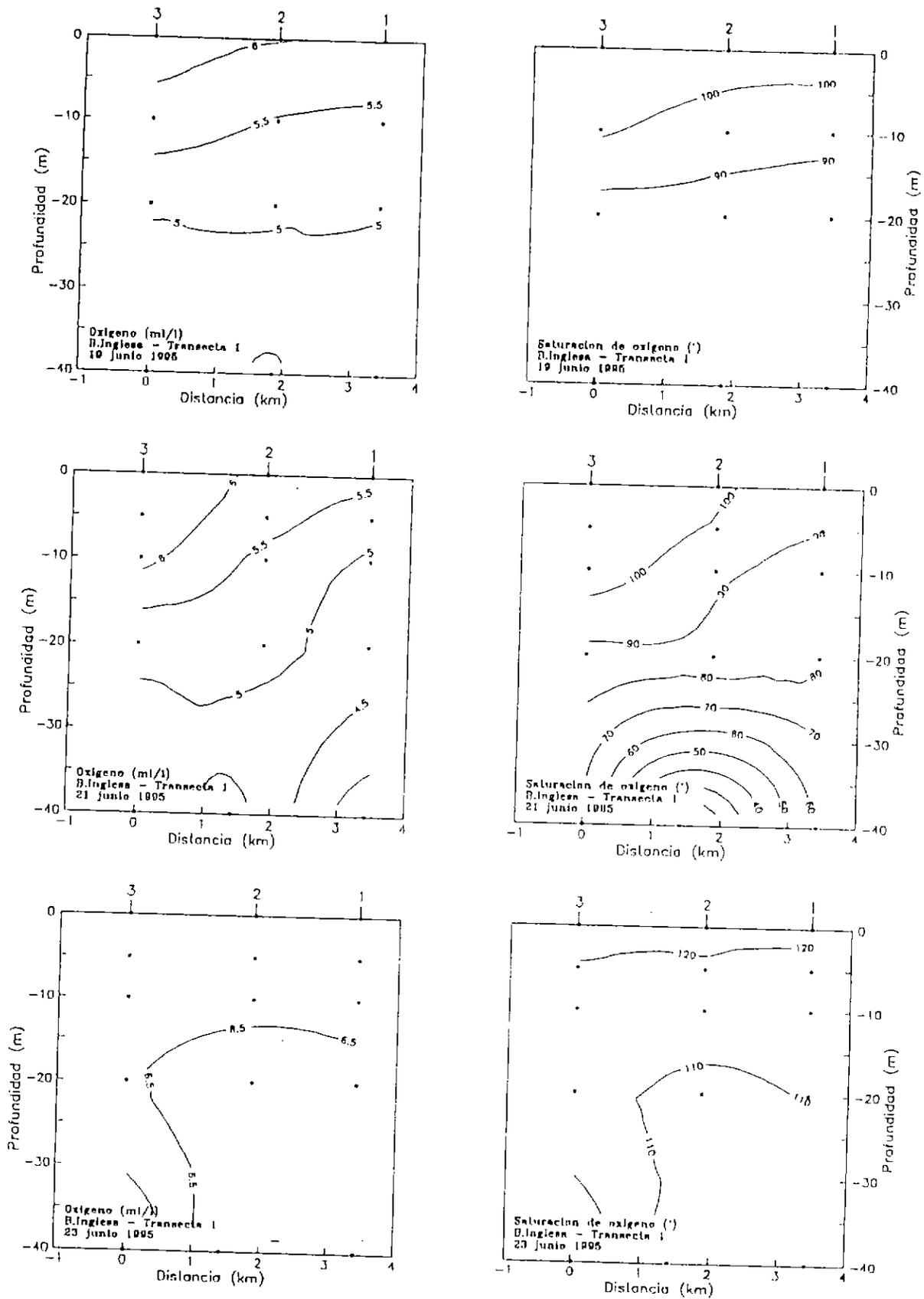


Fig. 49 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

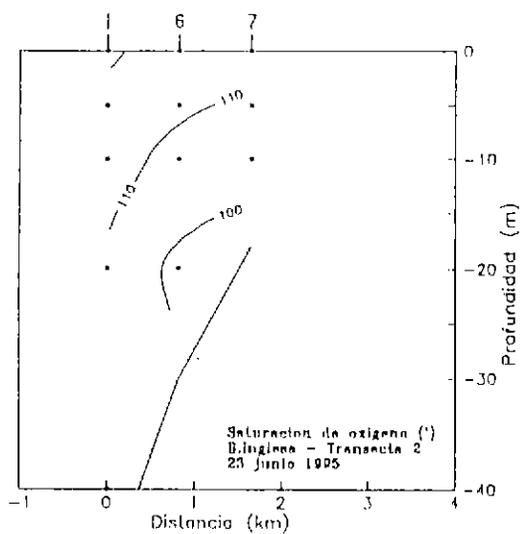
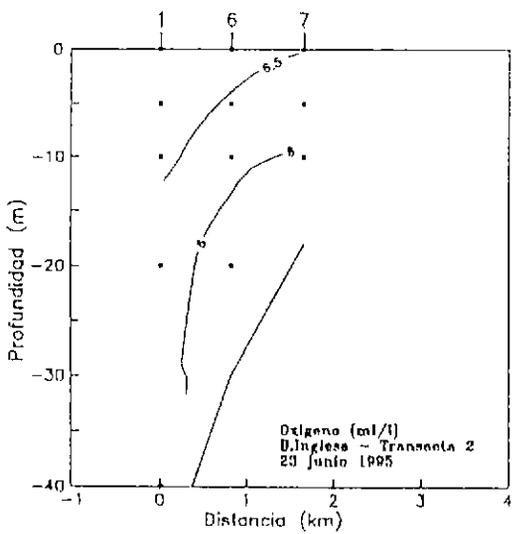
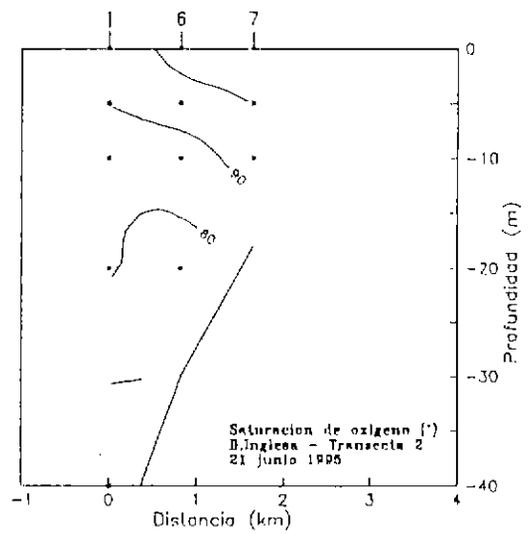
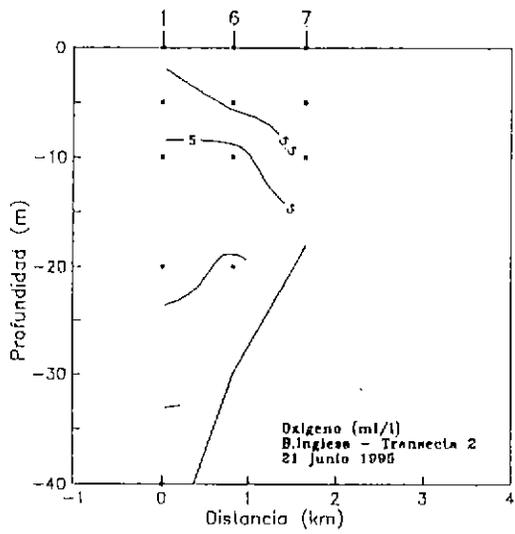
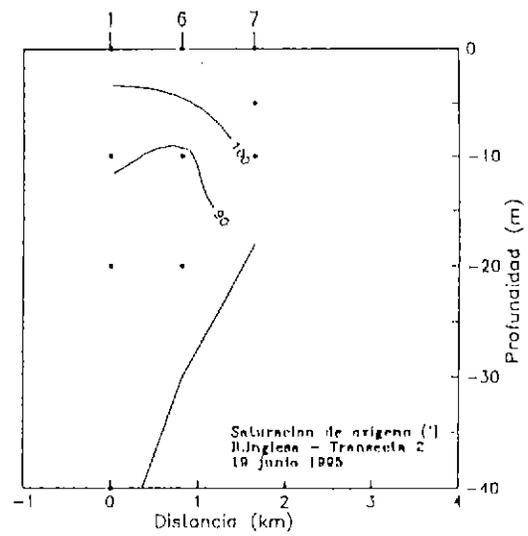
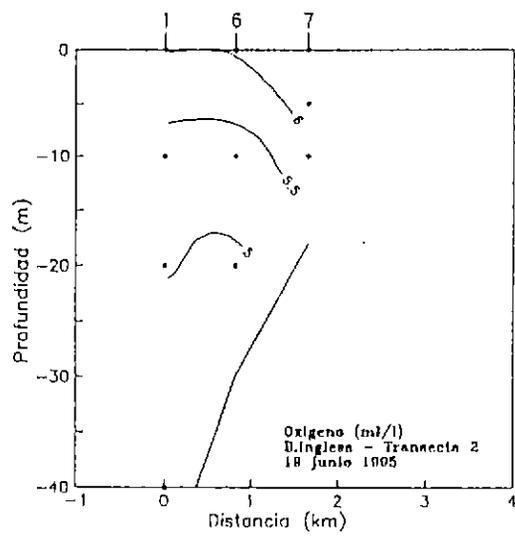


Fig. 50 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

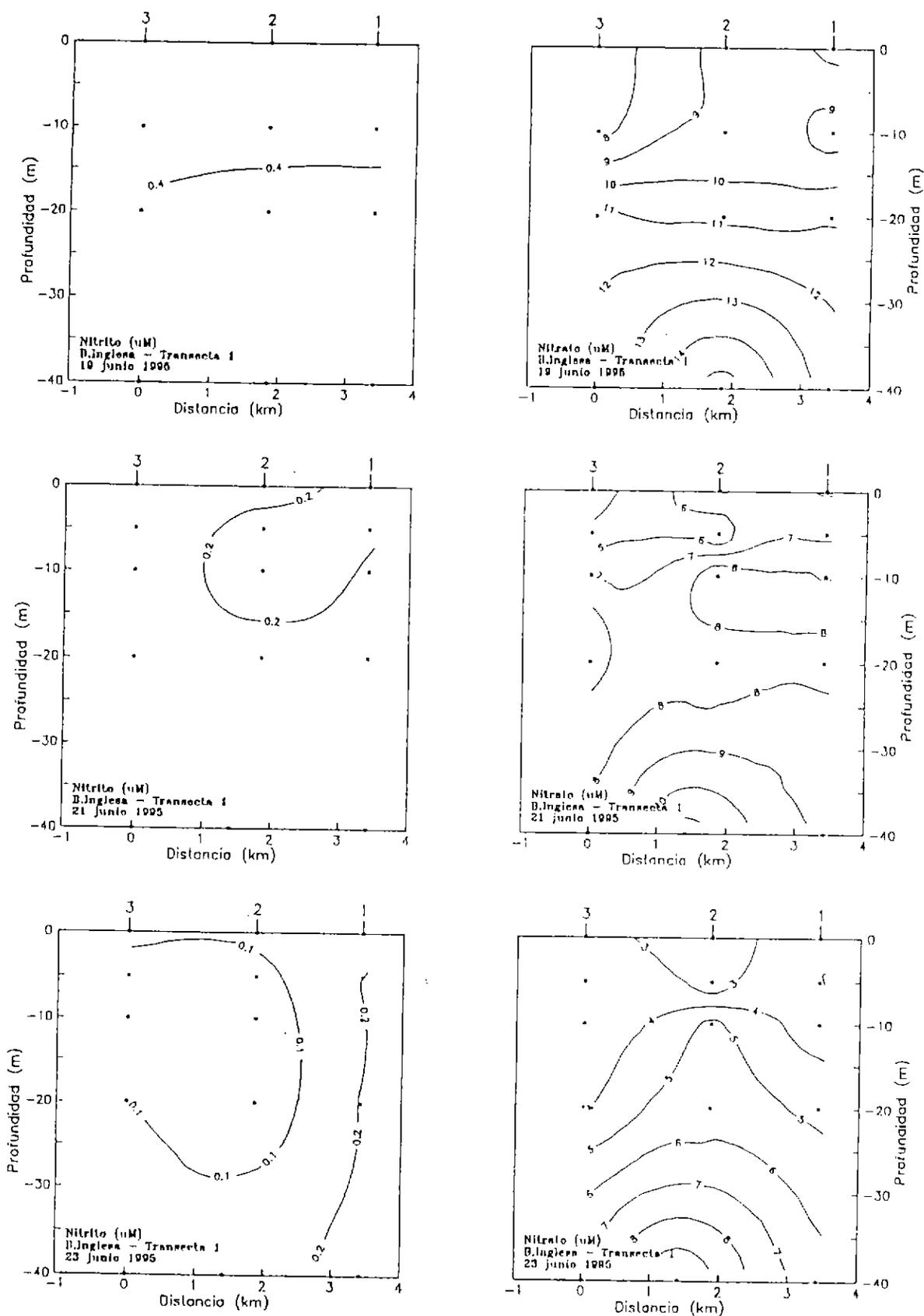


Fig. 51 Distribución vertical de nitrito y nitrato

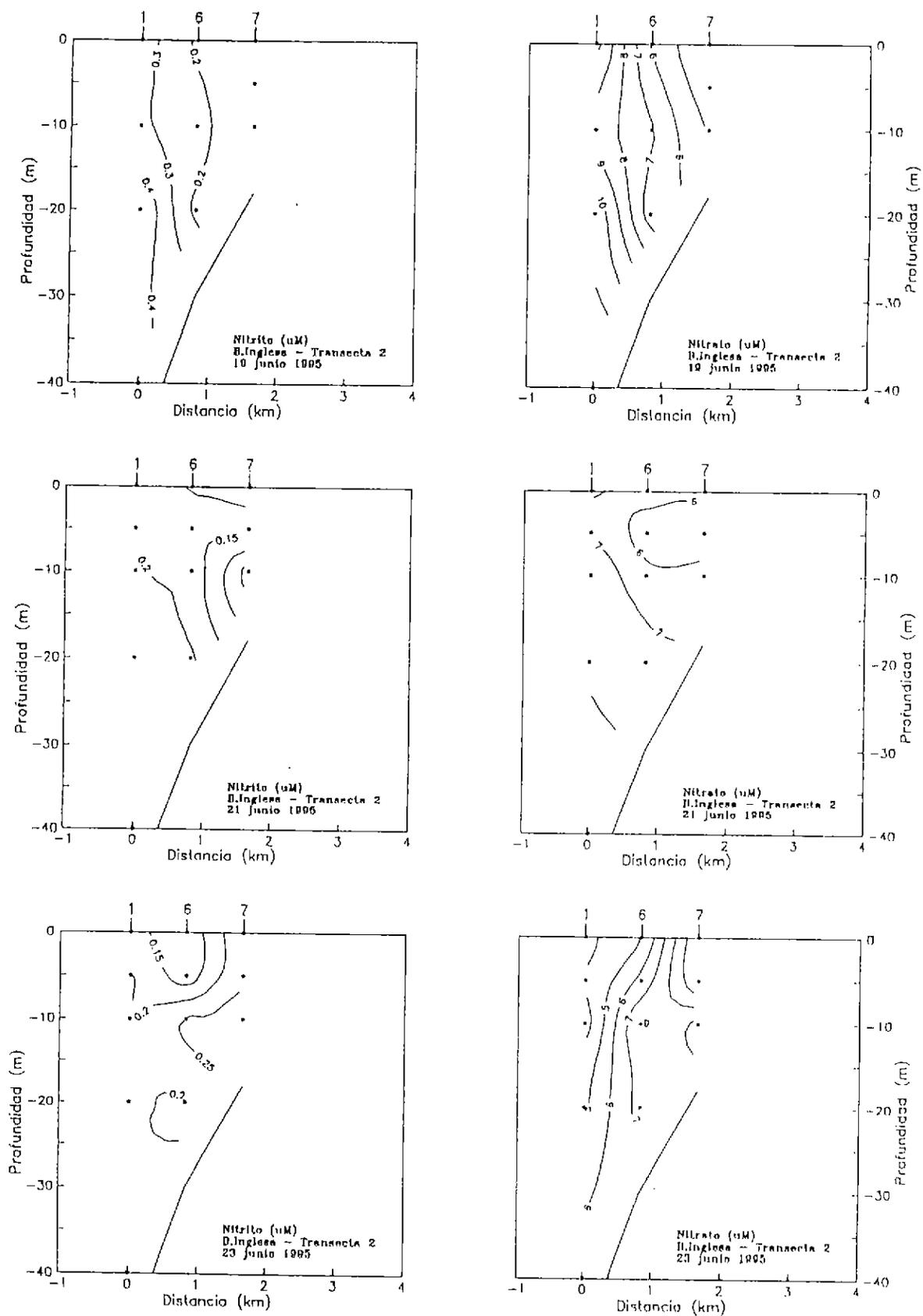


Fig. 52 Distribución vertical de nitrito y nitrato

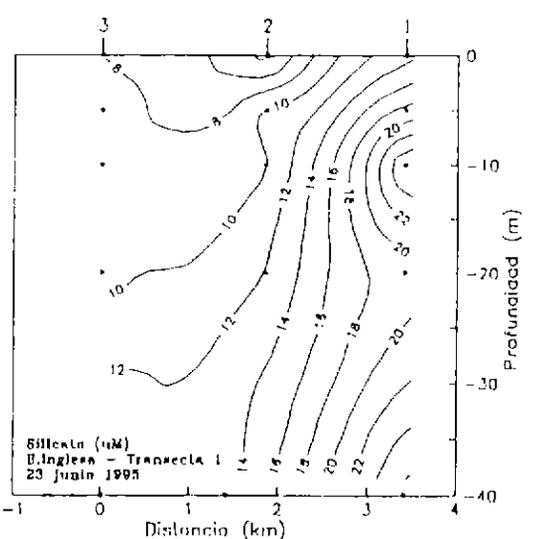
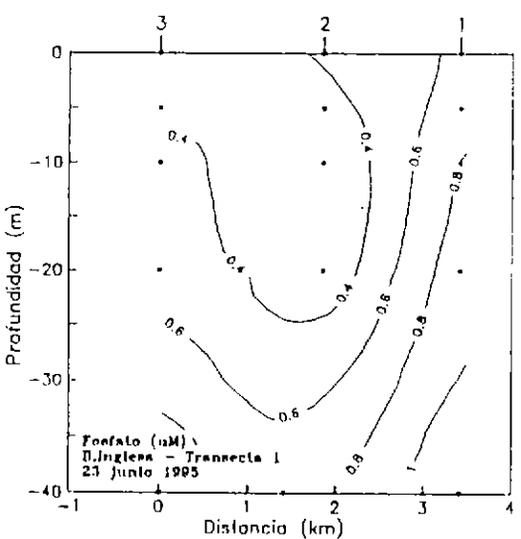
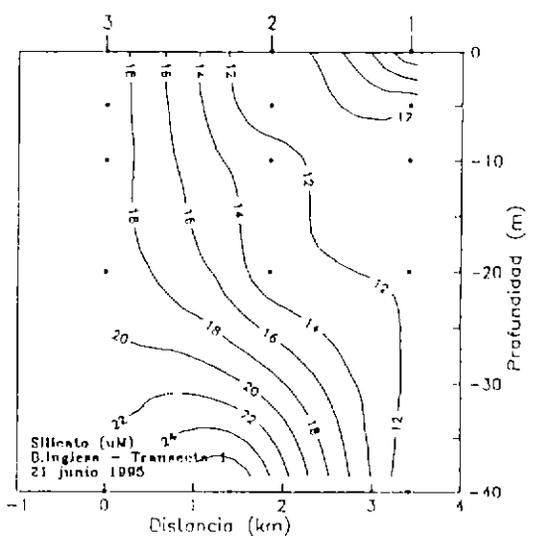
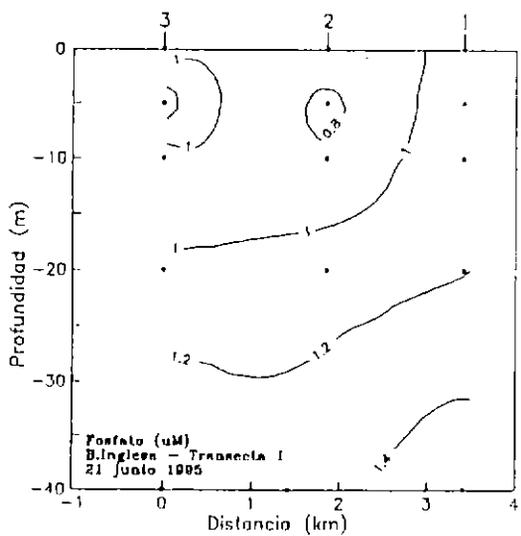
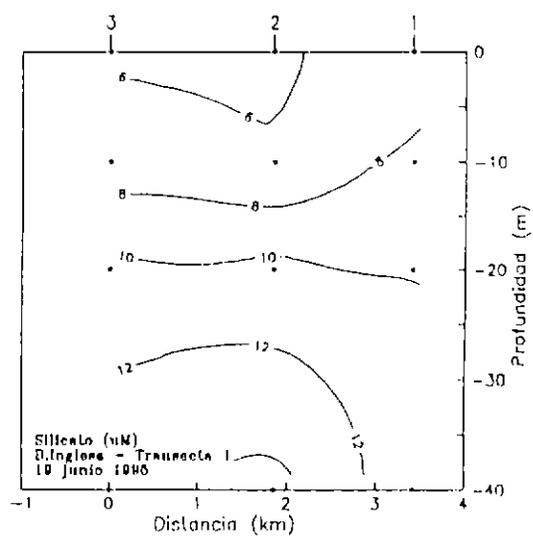
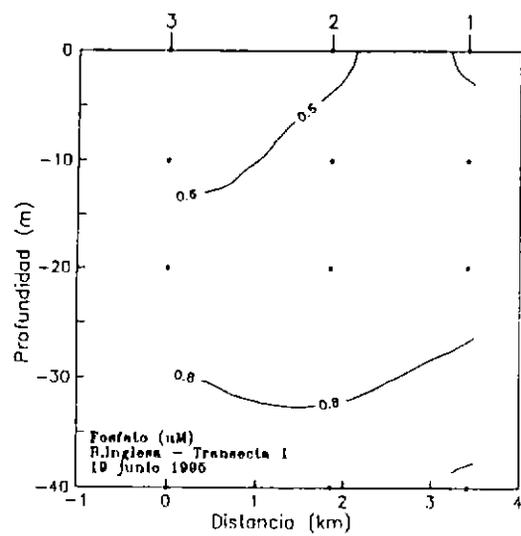


Fig. 53 Distribución vertical de fosfato y silicato

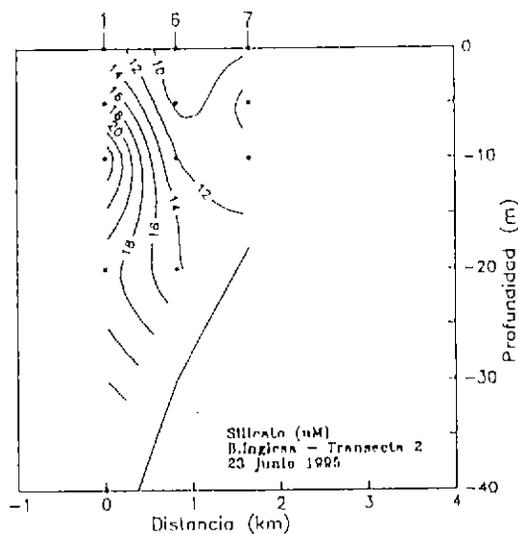
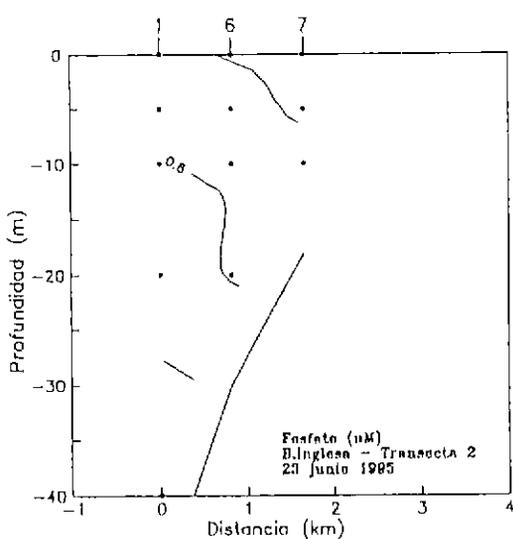
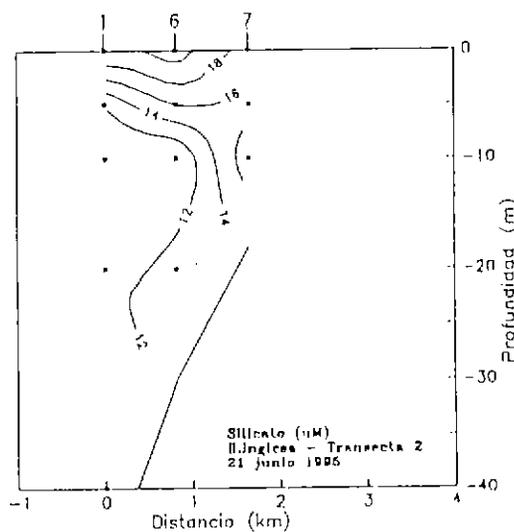
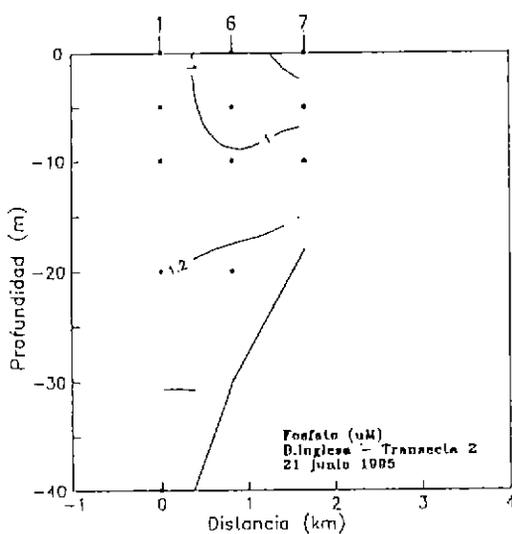
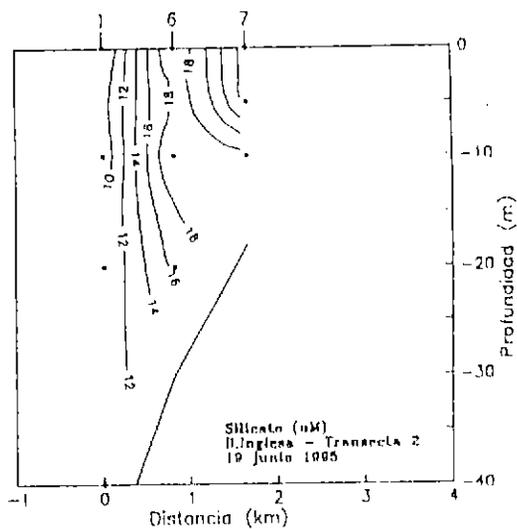
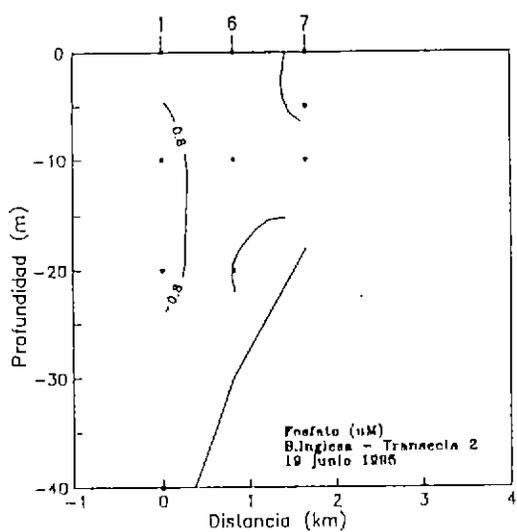


Fig. 54 Distribución vertical de fosfato y silicato

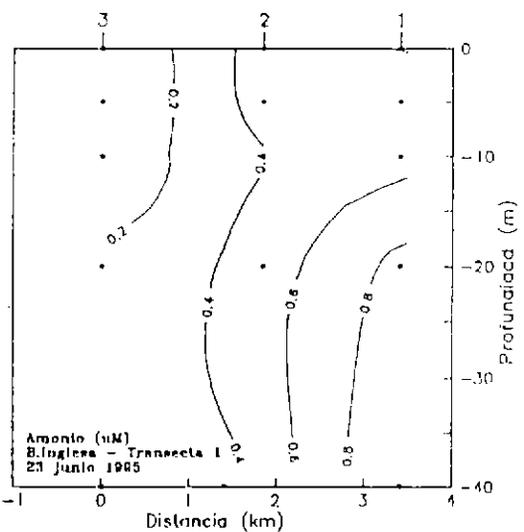
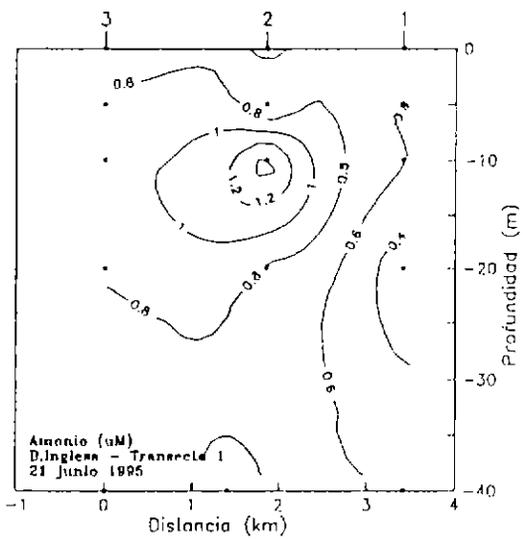
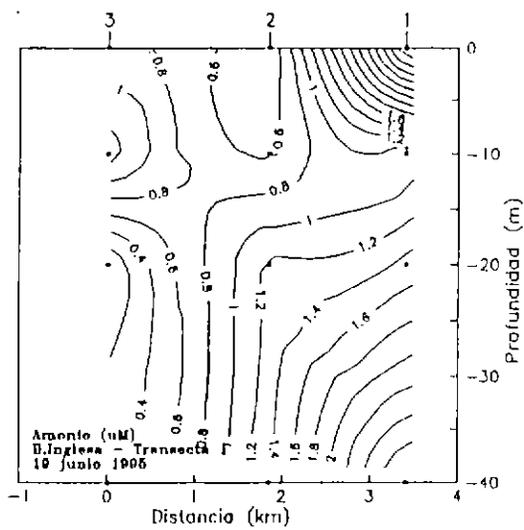


Fig. 55 Distribución vertical de amonio

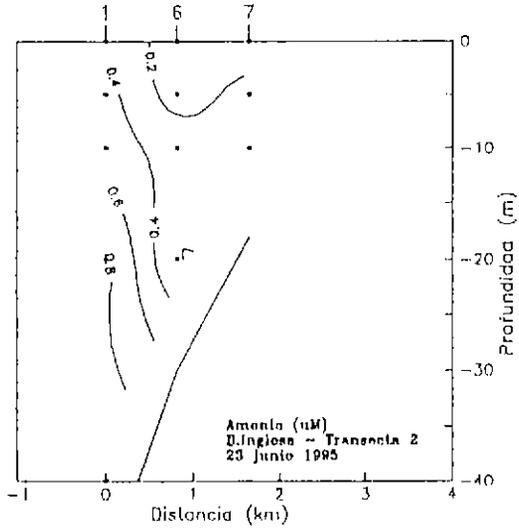
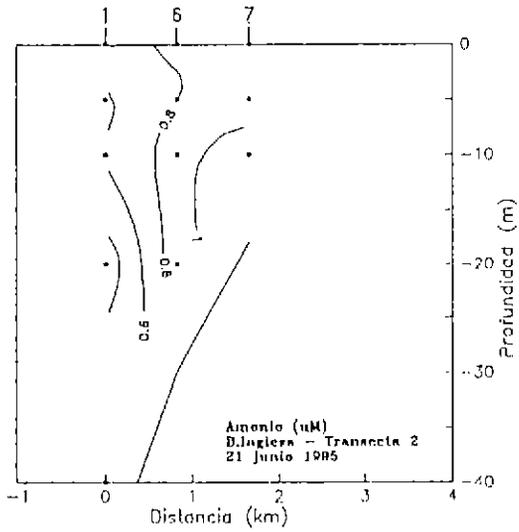
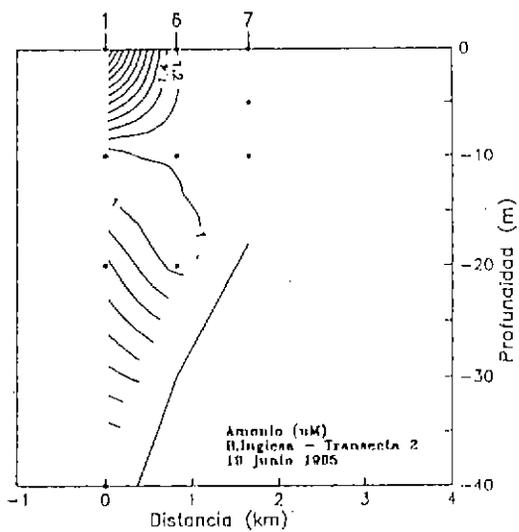


Fig. 56 Distribución vertical de amonio

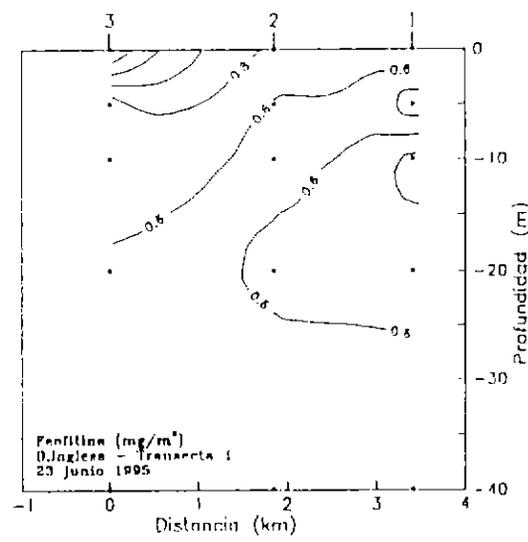
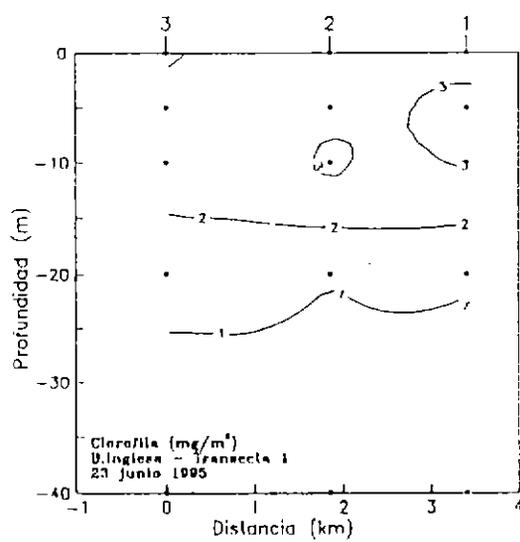
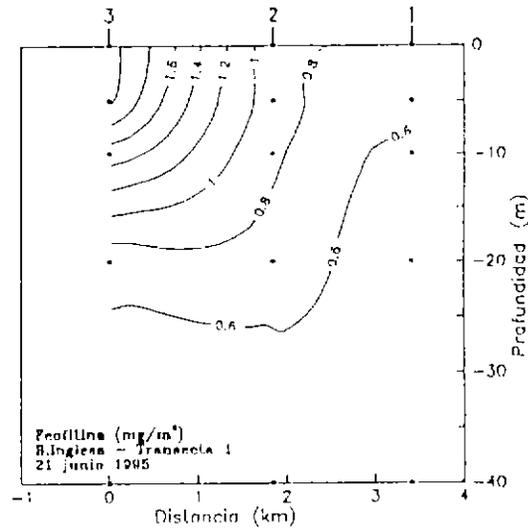
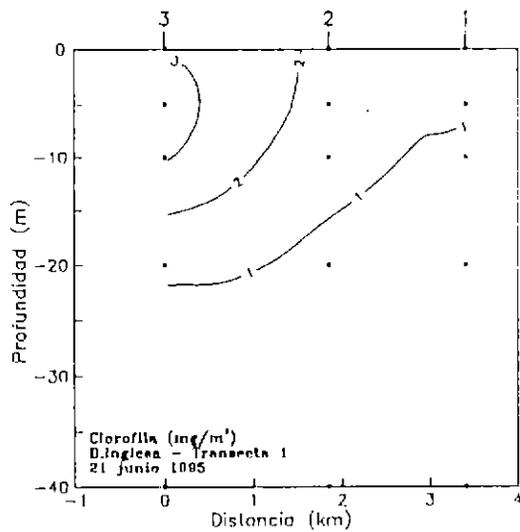
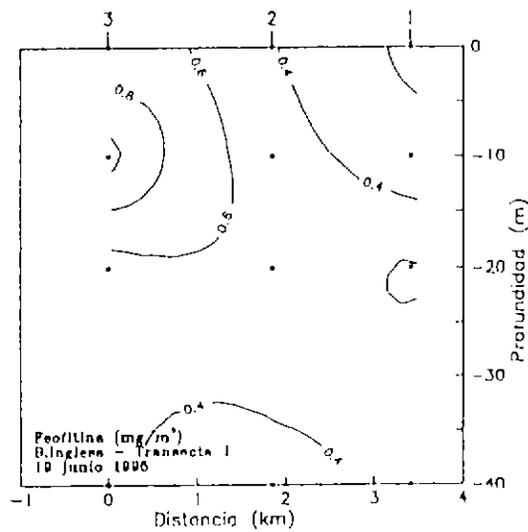
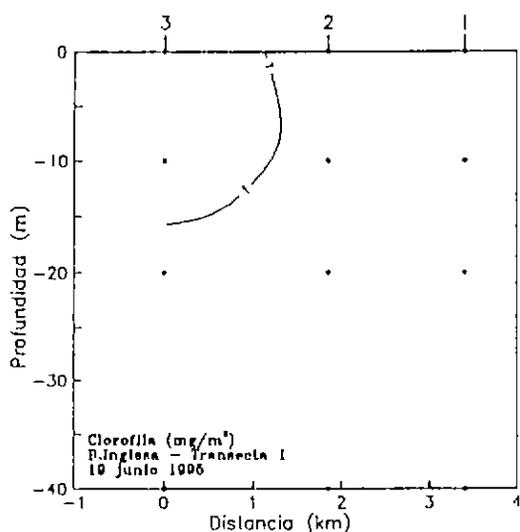


Fig. 57 Distribución vertical de clorofila y feofitina

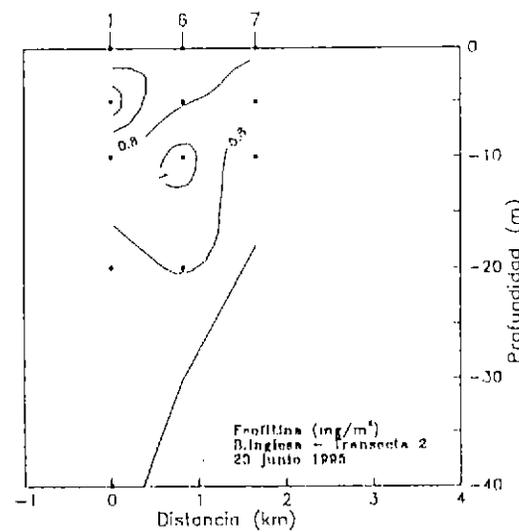
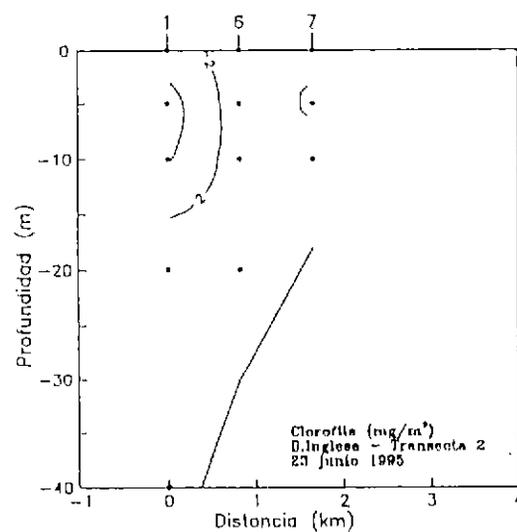
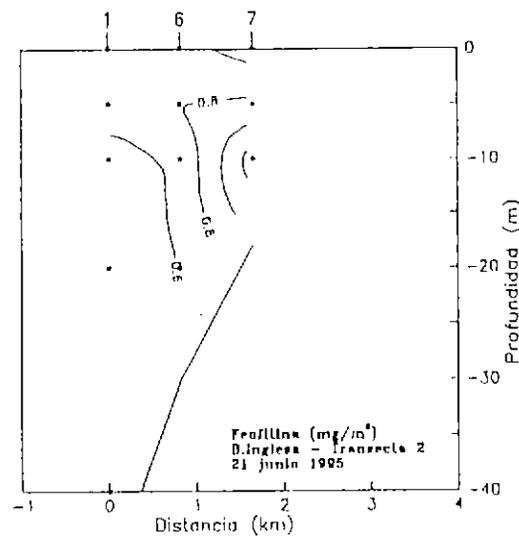
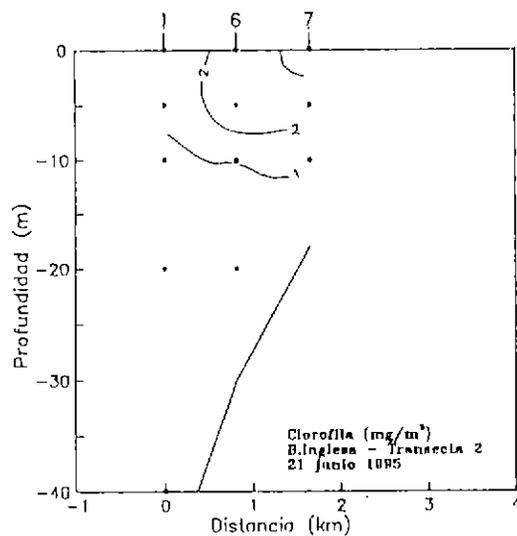
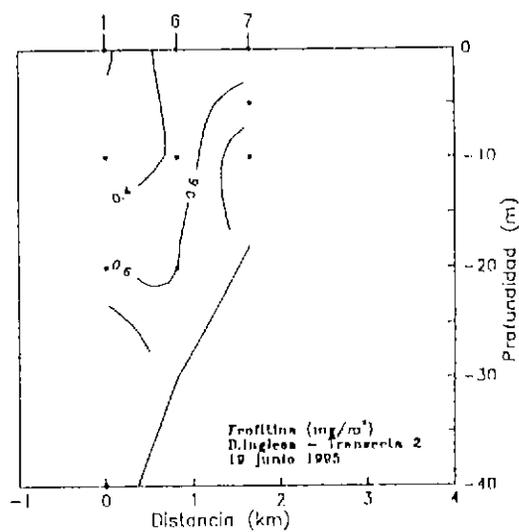
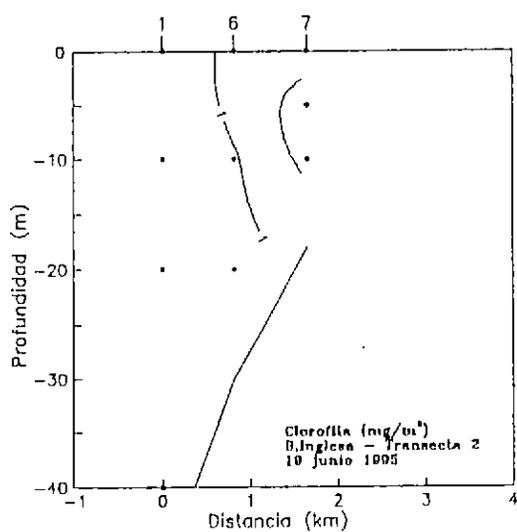
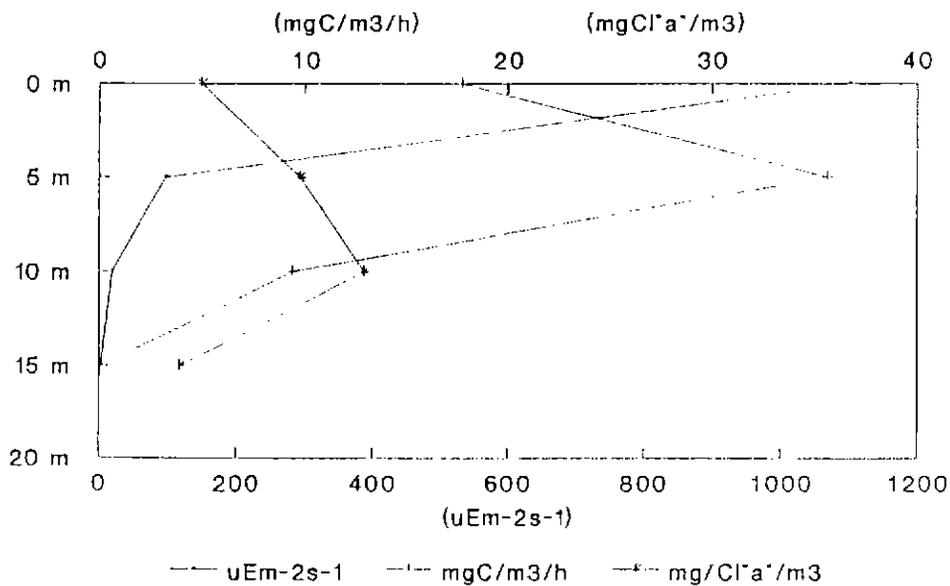


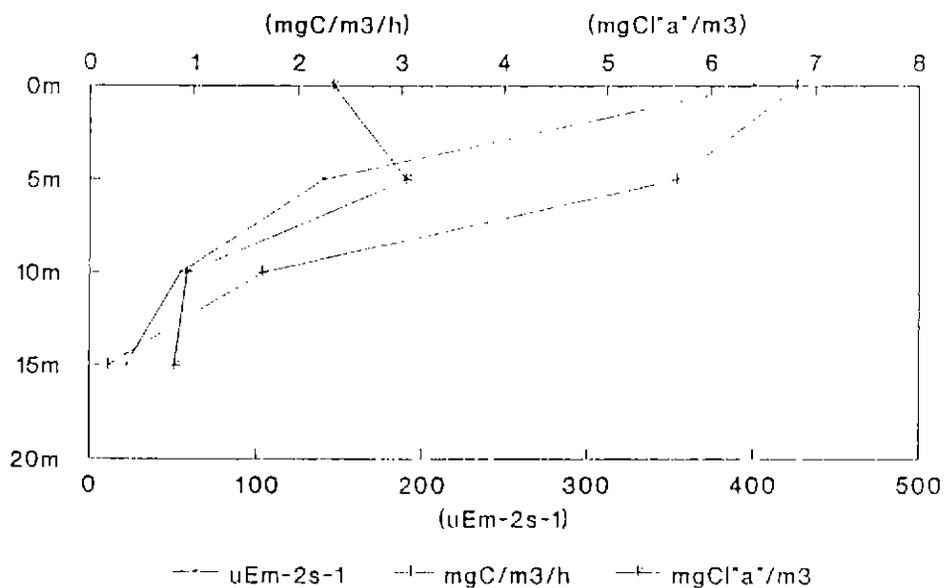
Fig. 58 Distribución vertical de clorofila y feofitina

Fig. 59

PRODUCCION PRIMARIA B. INGLESA 12 DE ENERO DE 1995



PRODUCCION PRIMARIA B. INGLESA 21 DE JUNIO DE 1995



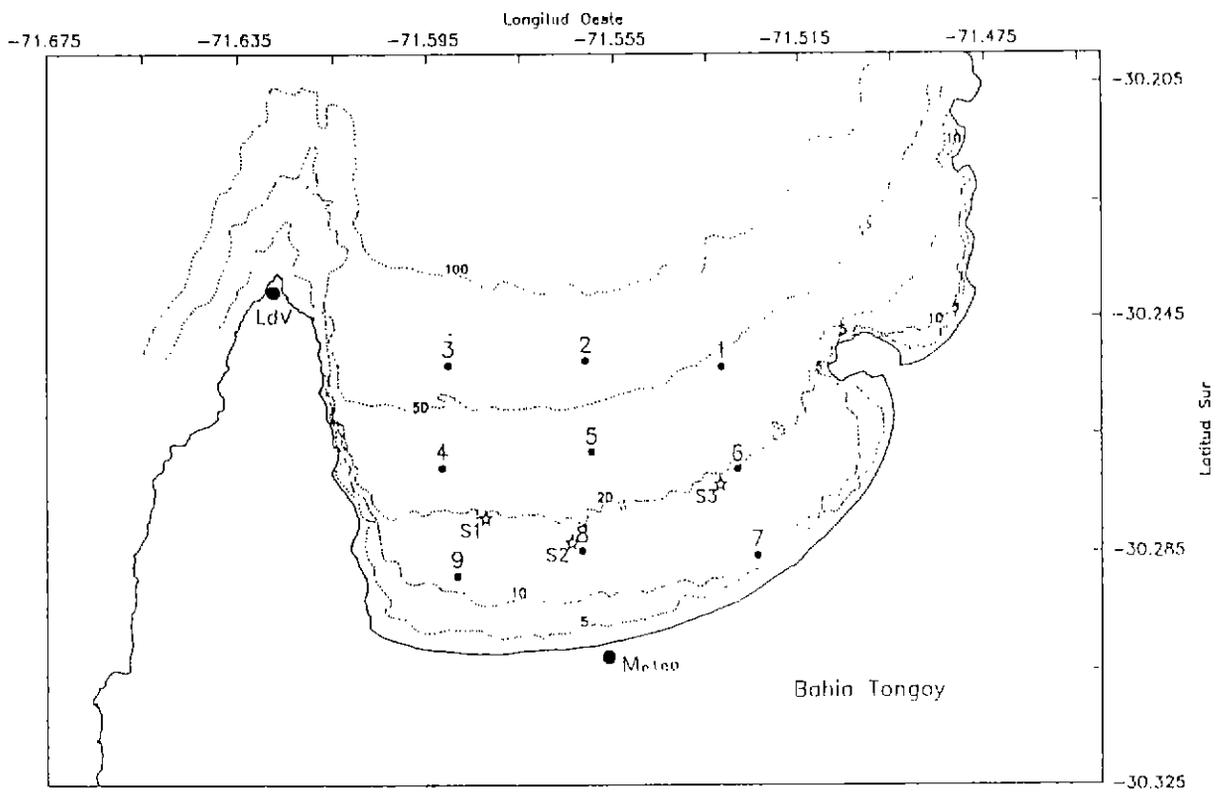


Fig. 60 Localización de las estaciones oceanográficas de Bahía Tongoy

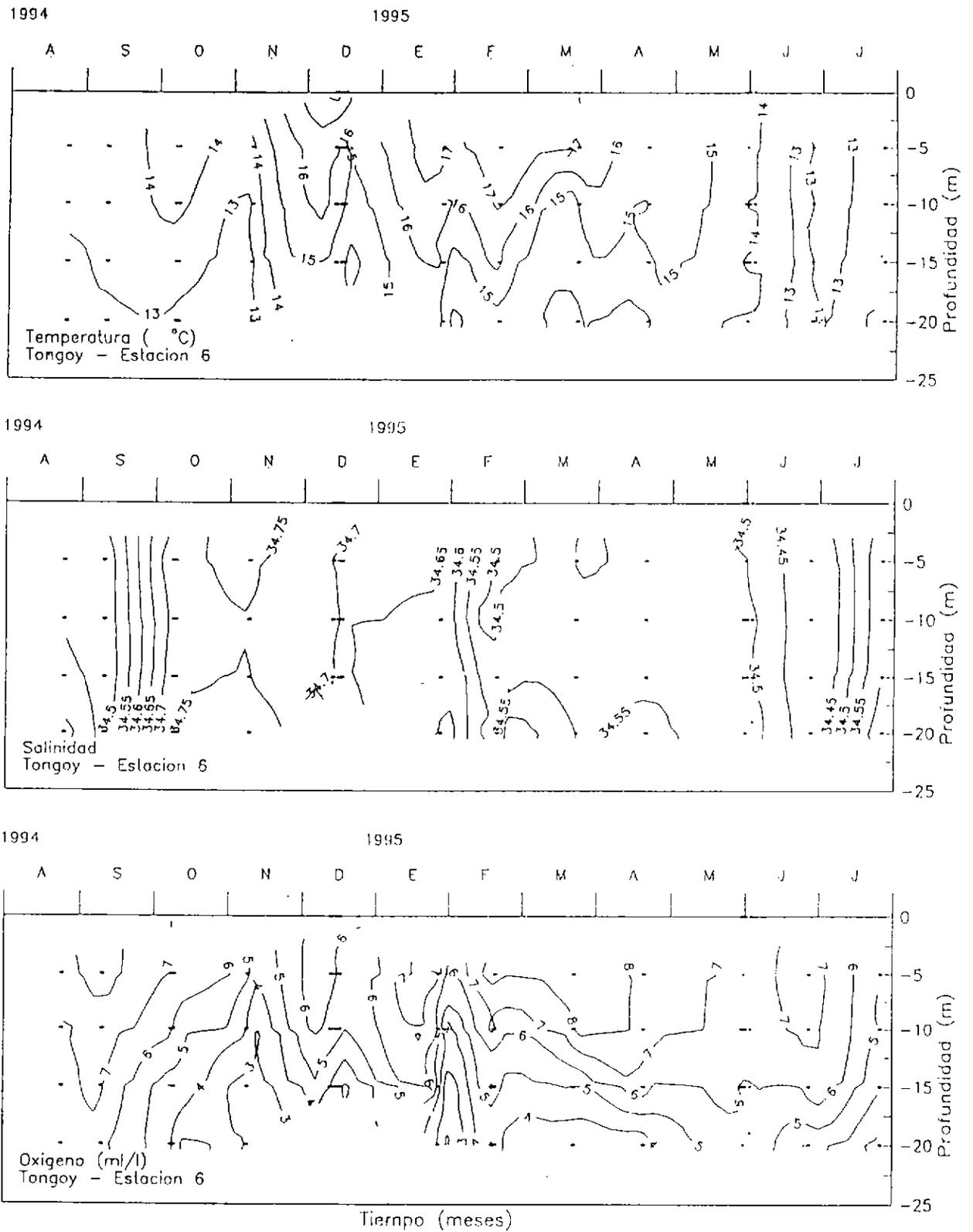


Fig. 61 Distribución temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno

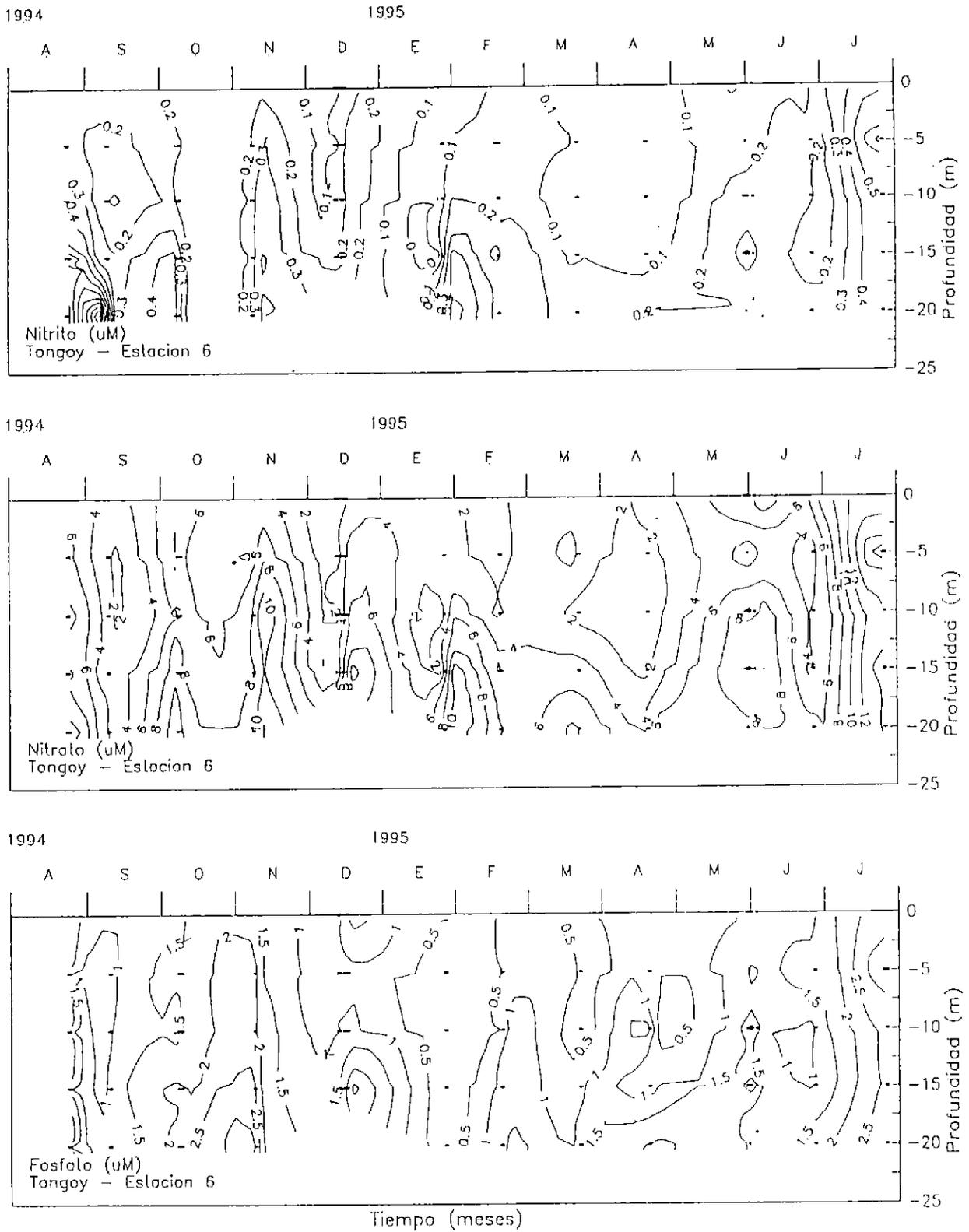


Fig. 62 Distribución temporal de los nitritos, nitratos y fosfato

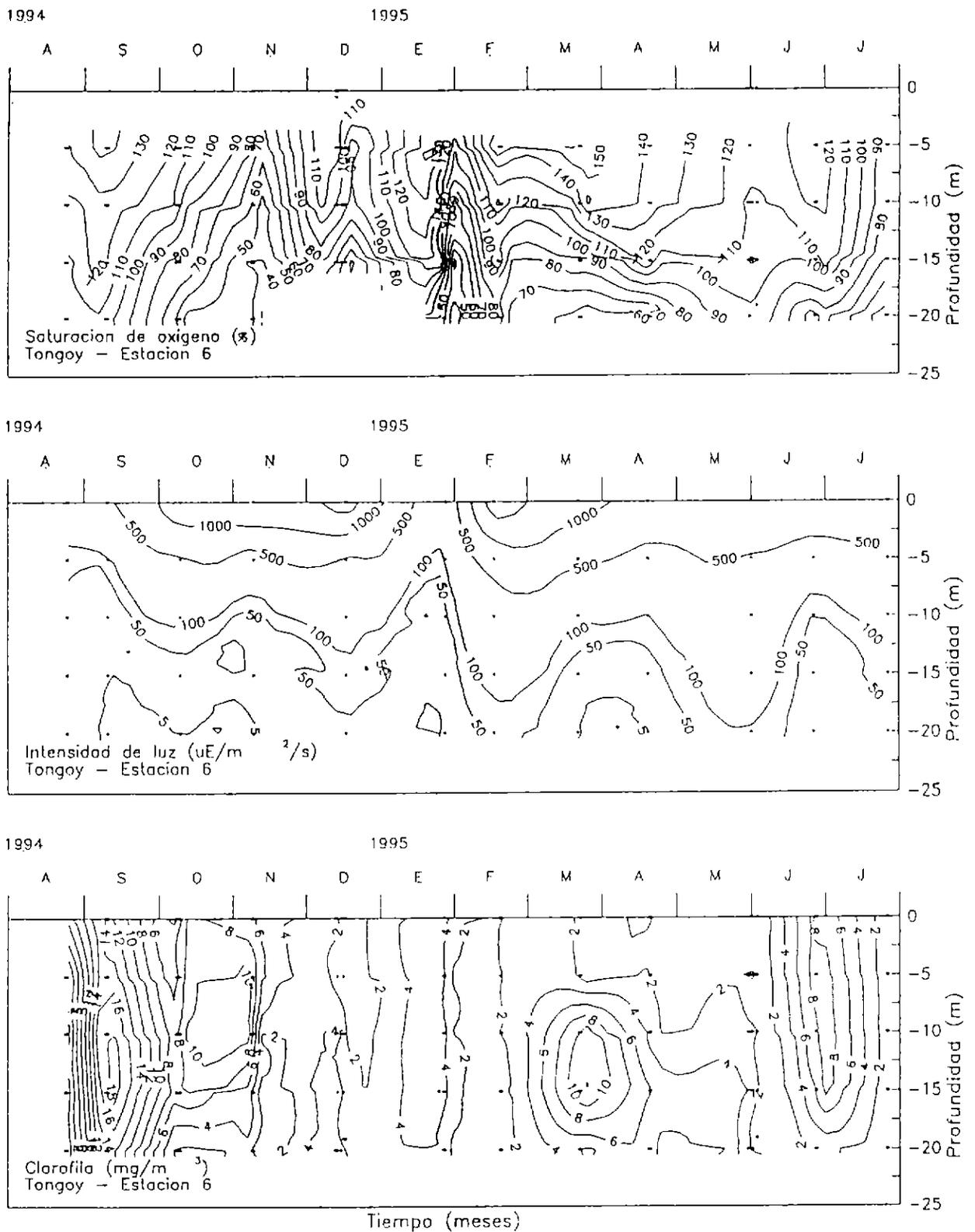


Fig. G3 Distribución temporal de saturación de oxígeno, luz y clorofila "a"

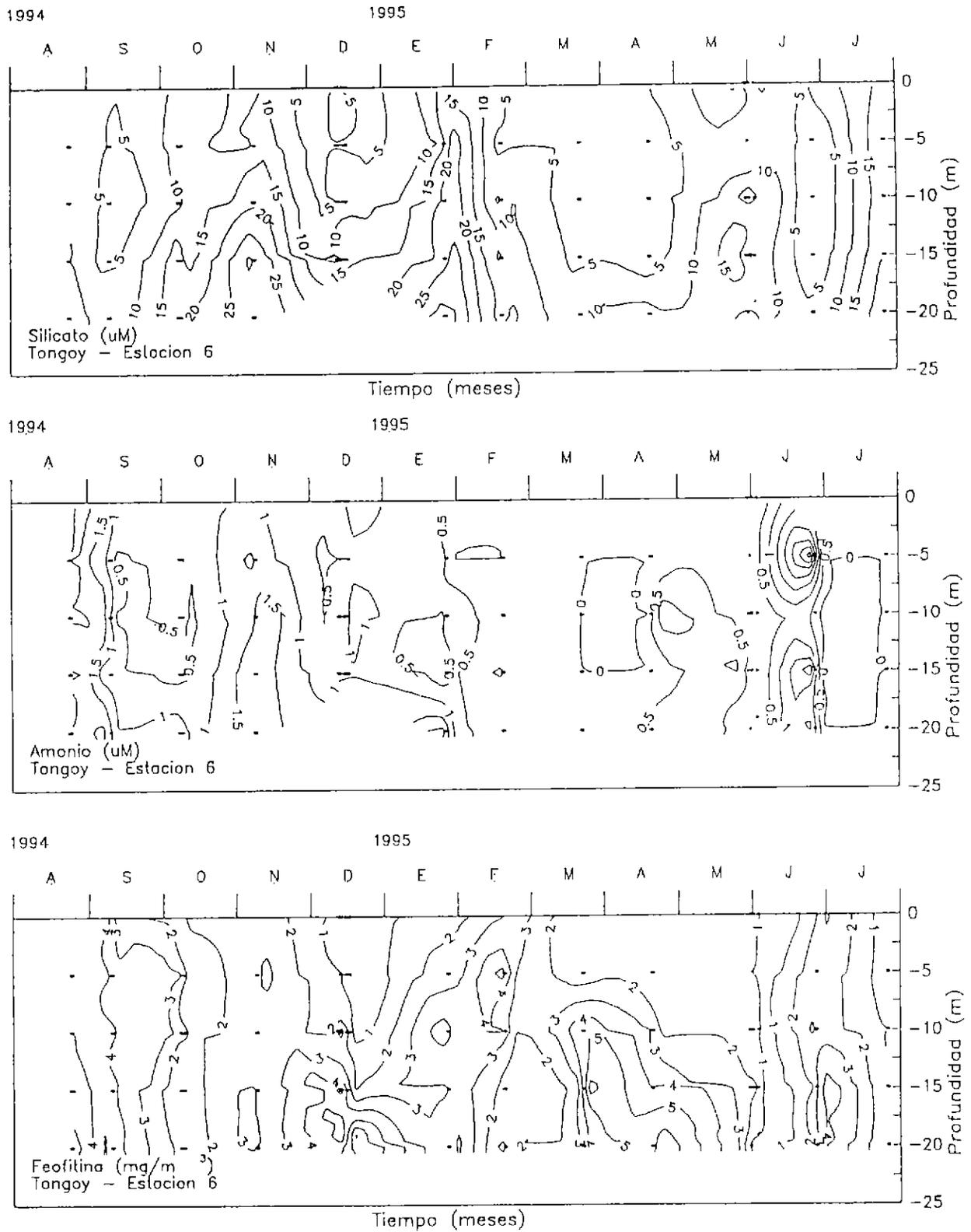
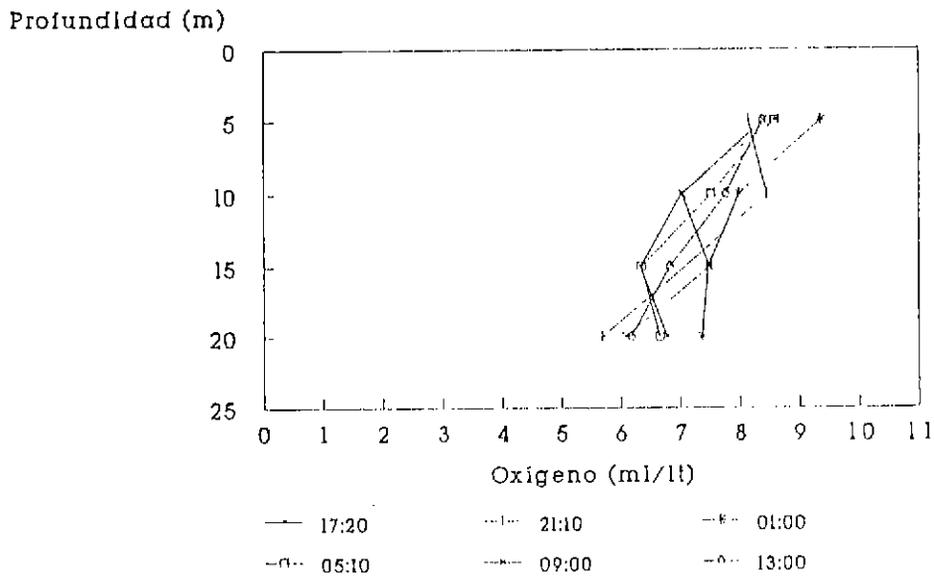
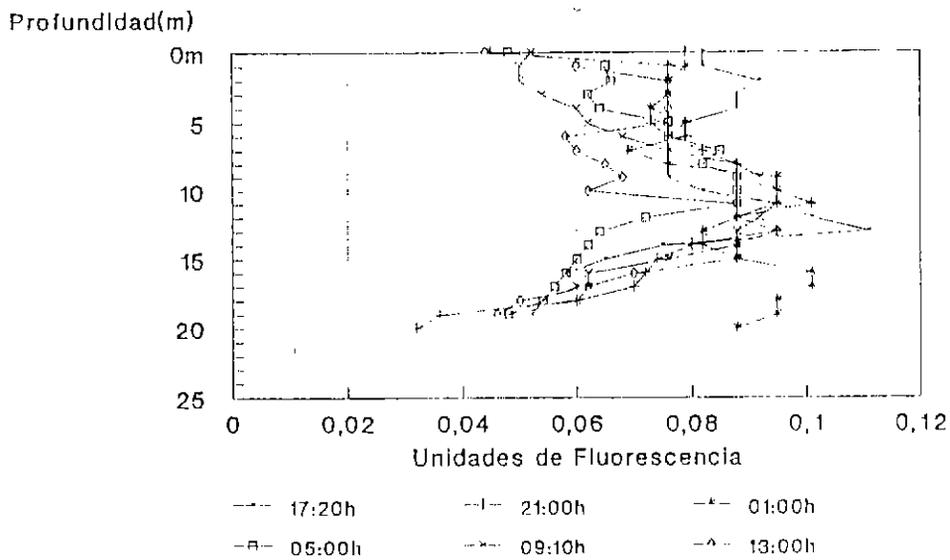


Fig. 64 Distribución temporal de silicato, amonio y feofitina

Fig. 66 Oxígeno en la columna de agua en B. Tongoy (8-9/9/94)



FLUORESCENCIA B. TONGOY 8-9/09/94



CLOROFILA "a" INTEGRADA 0-20m BAHIA DE TONGOY

Fig. 67

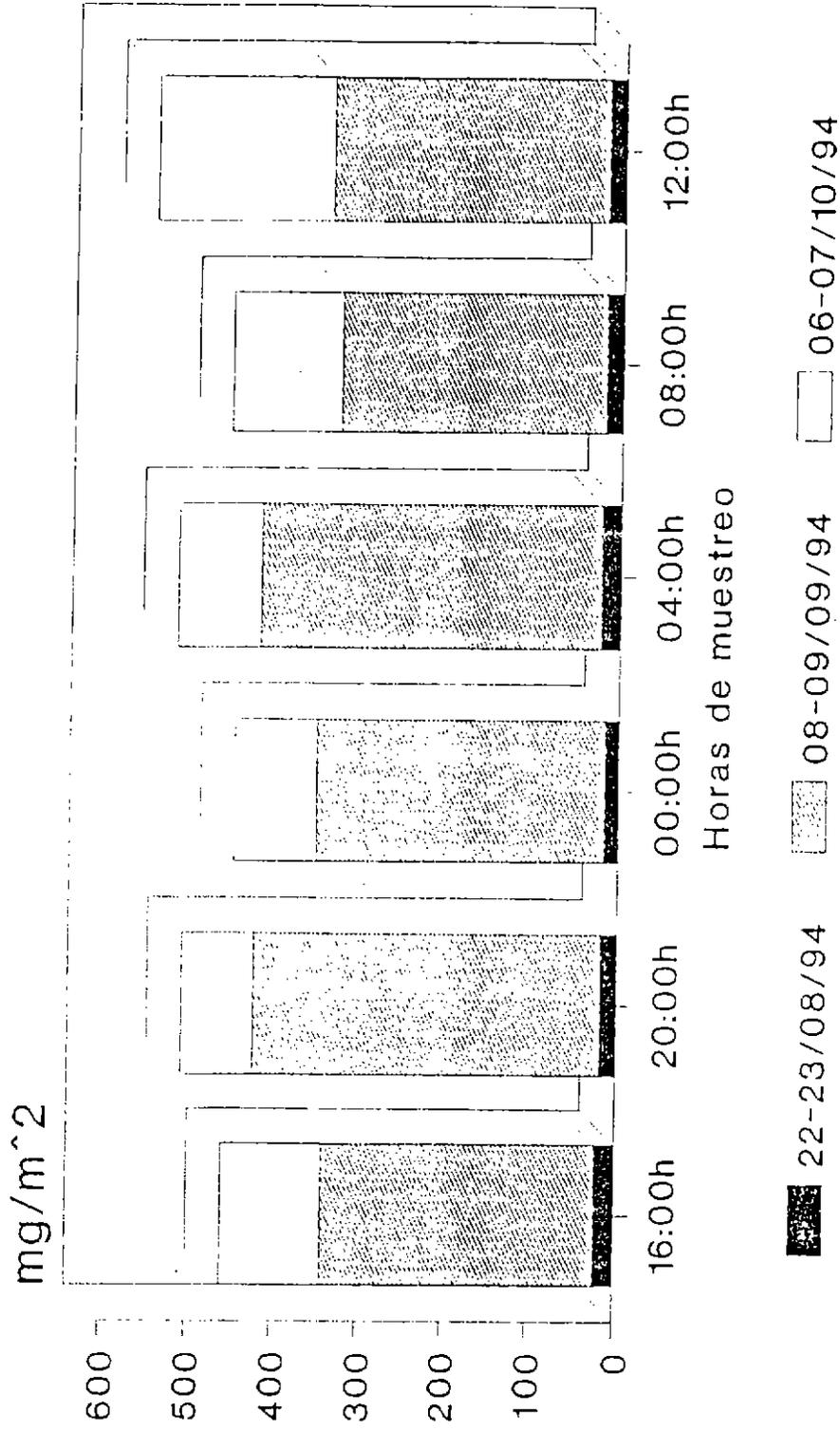
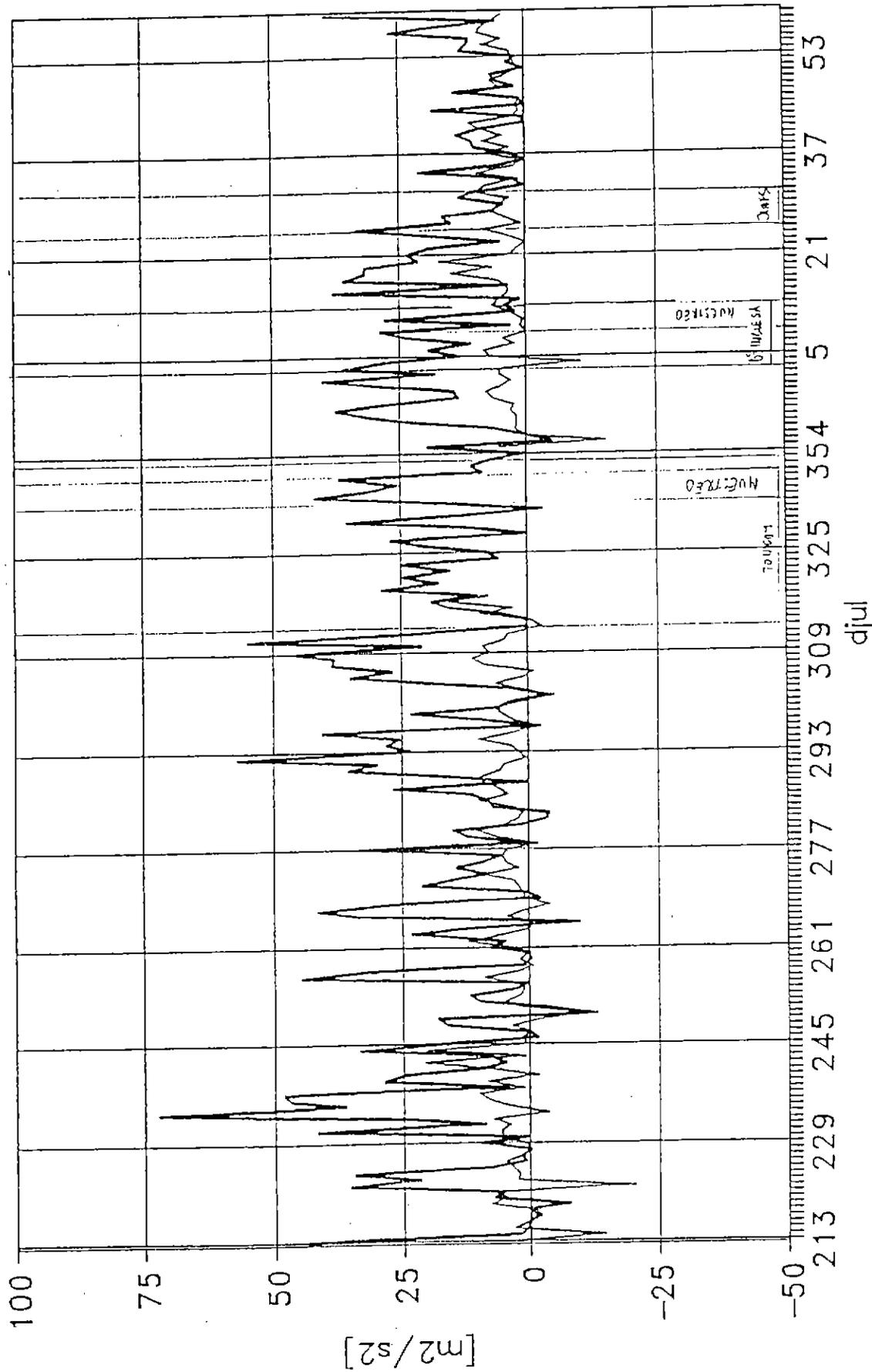
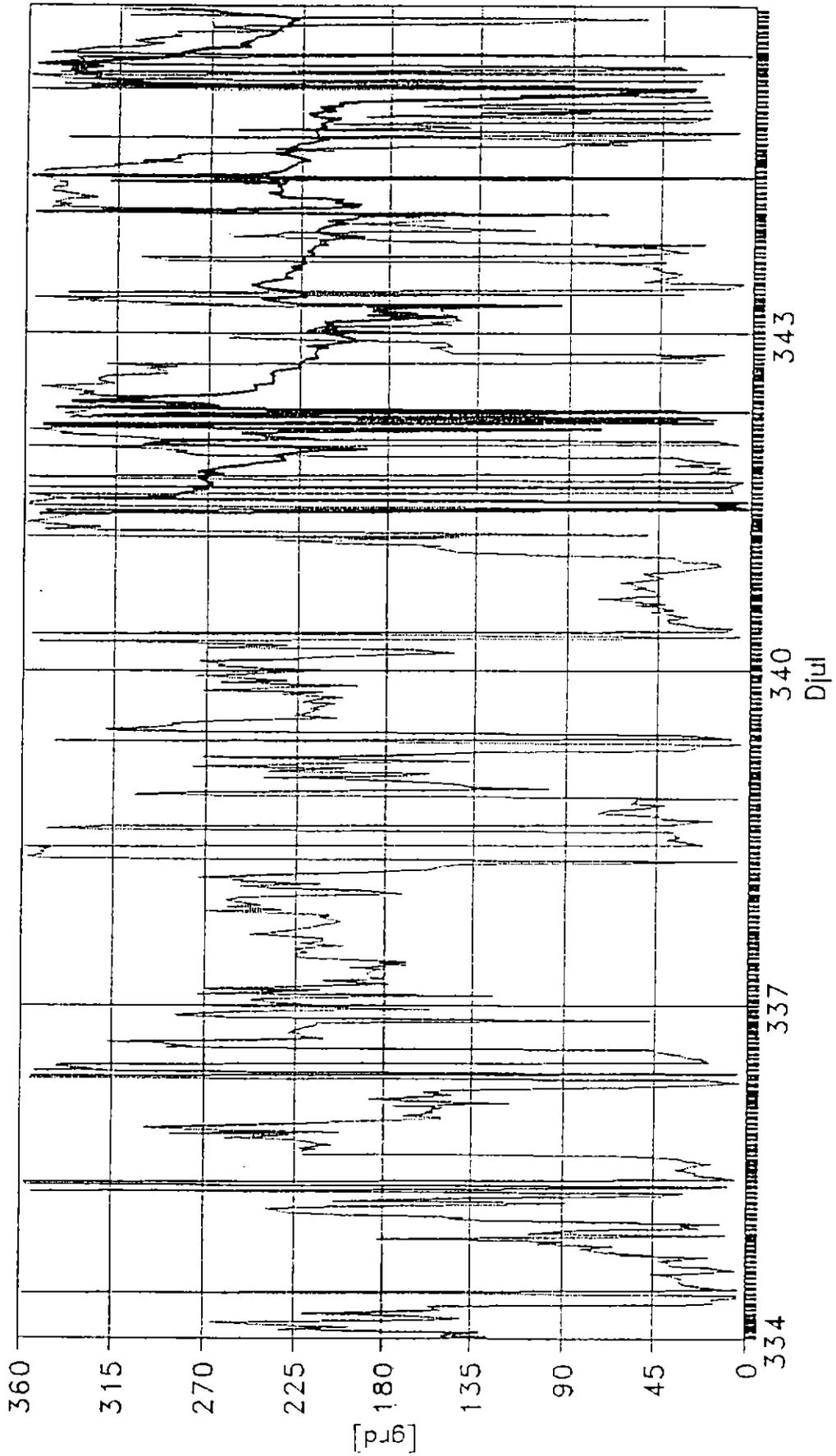


Fig. 68 ESFUERZO
Agosto/94 - Febrero/95



— L DE VACA — CALDERA

Fig. 69 Dirección del viento
Diciembre/94



— LENGUA DE VACA — TONGYO

FIG. 70 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS

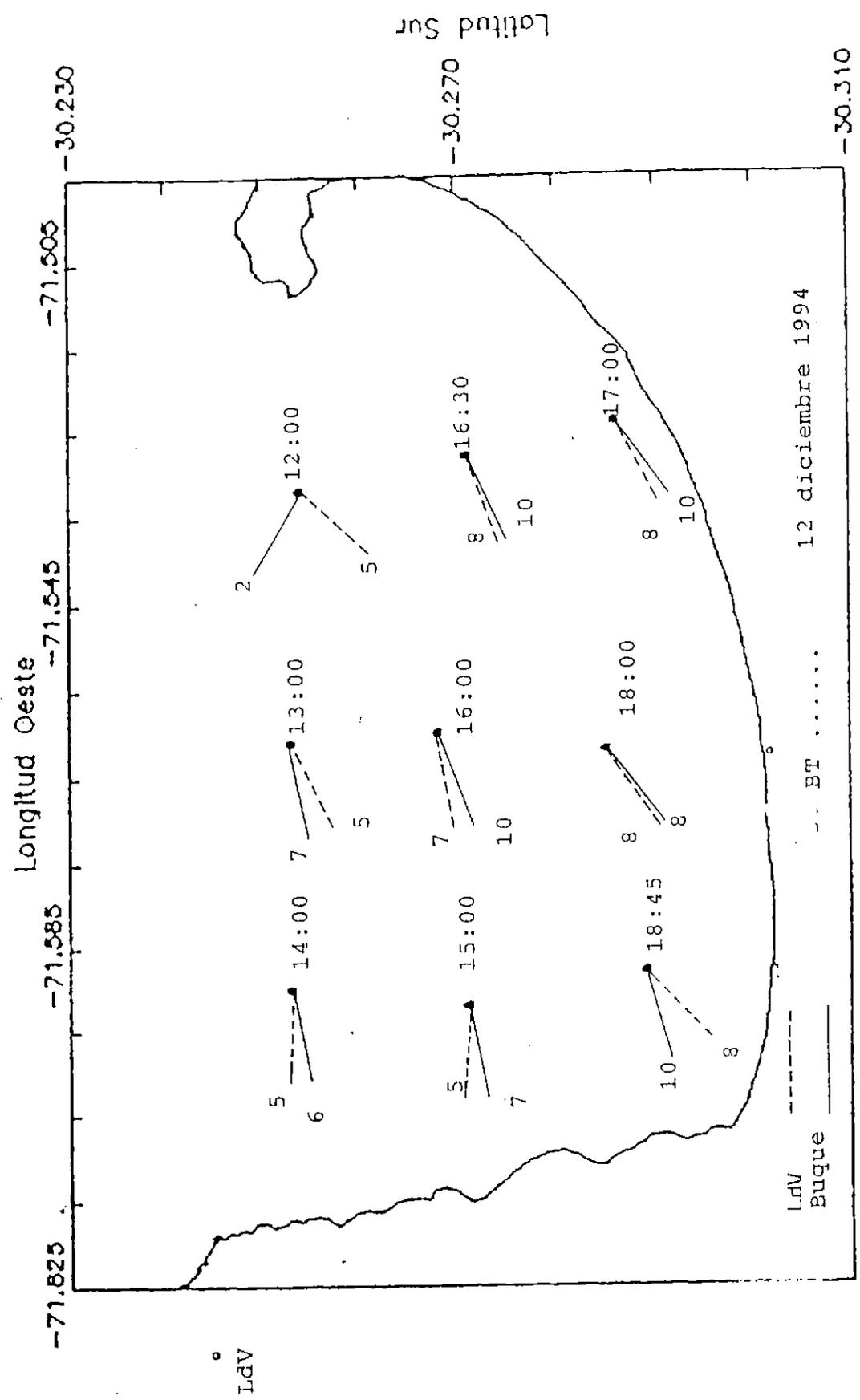


FIG. 71 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS

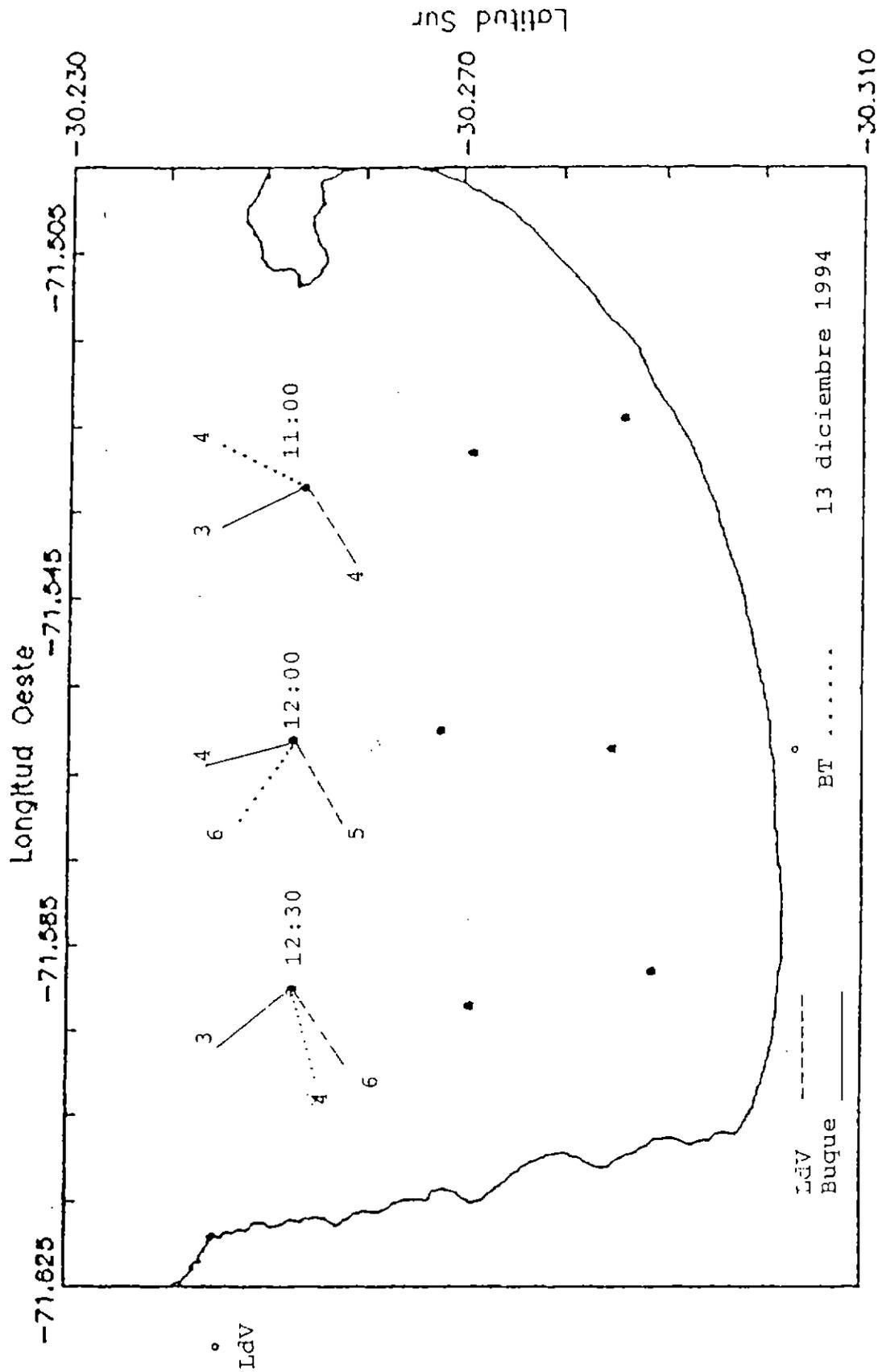


FIG. 72 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS

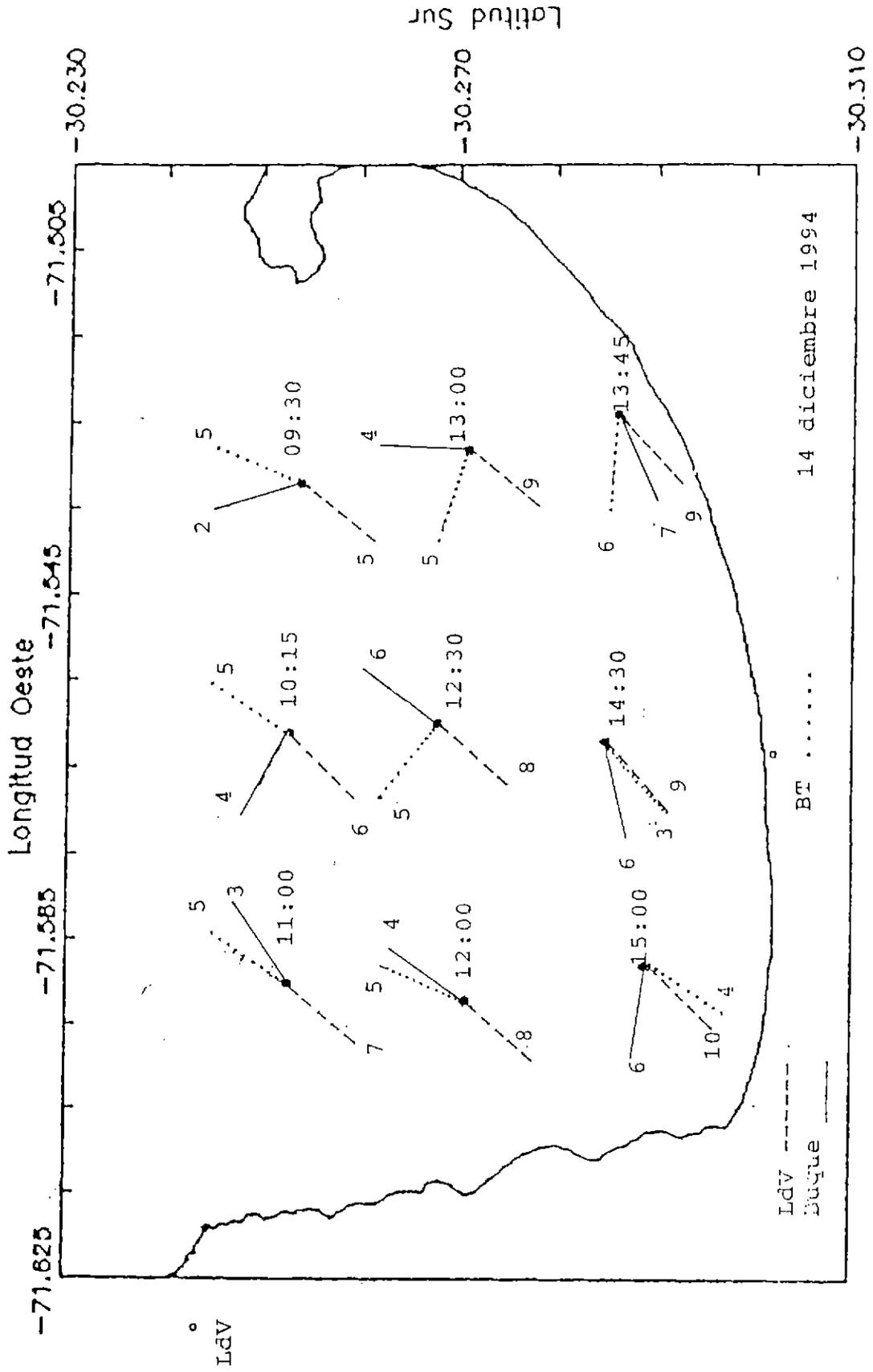


FIG. 73 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS

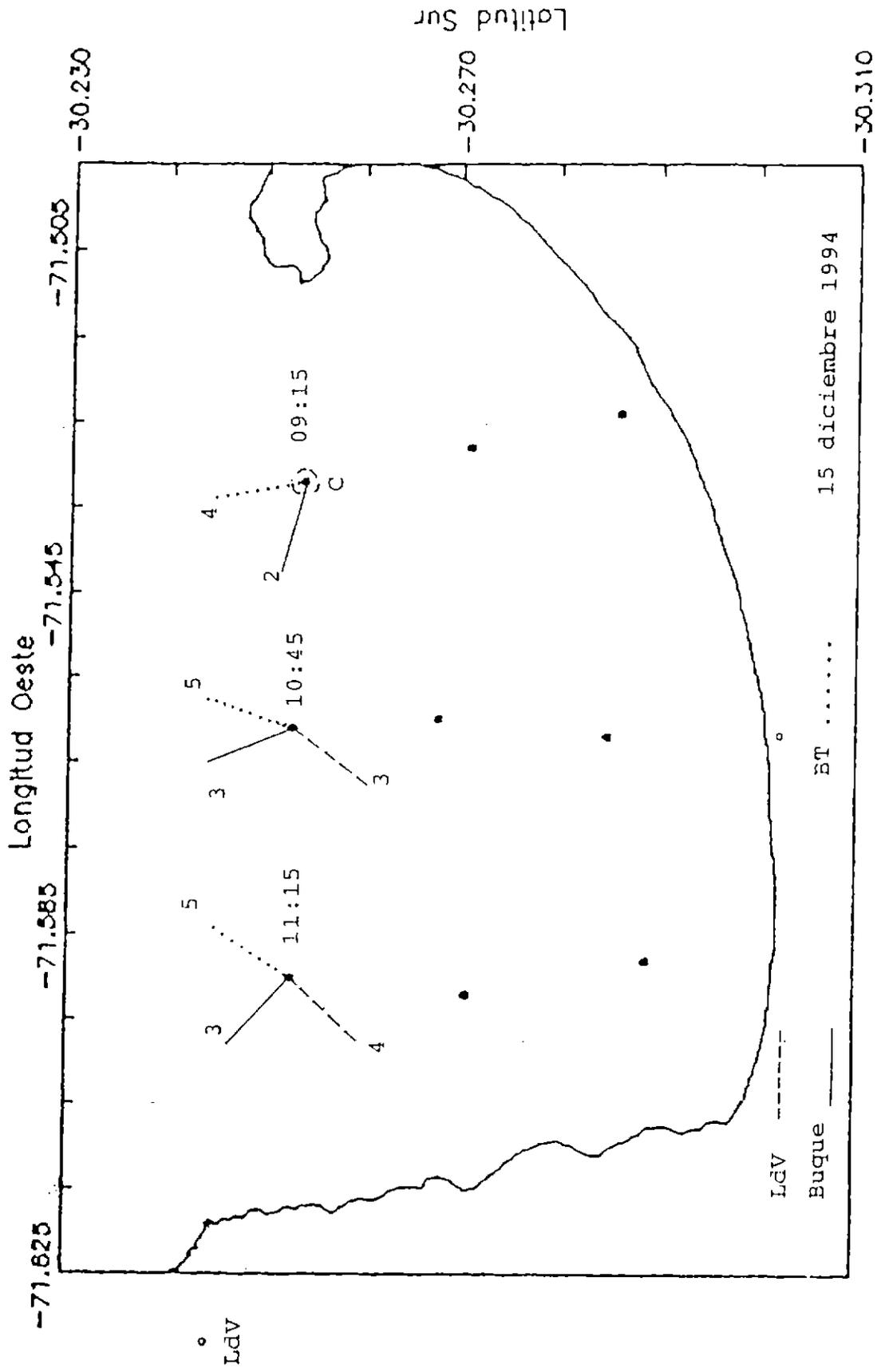
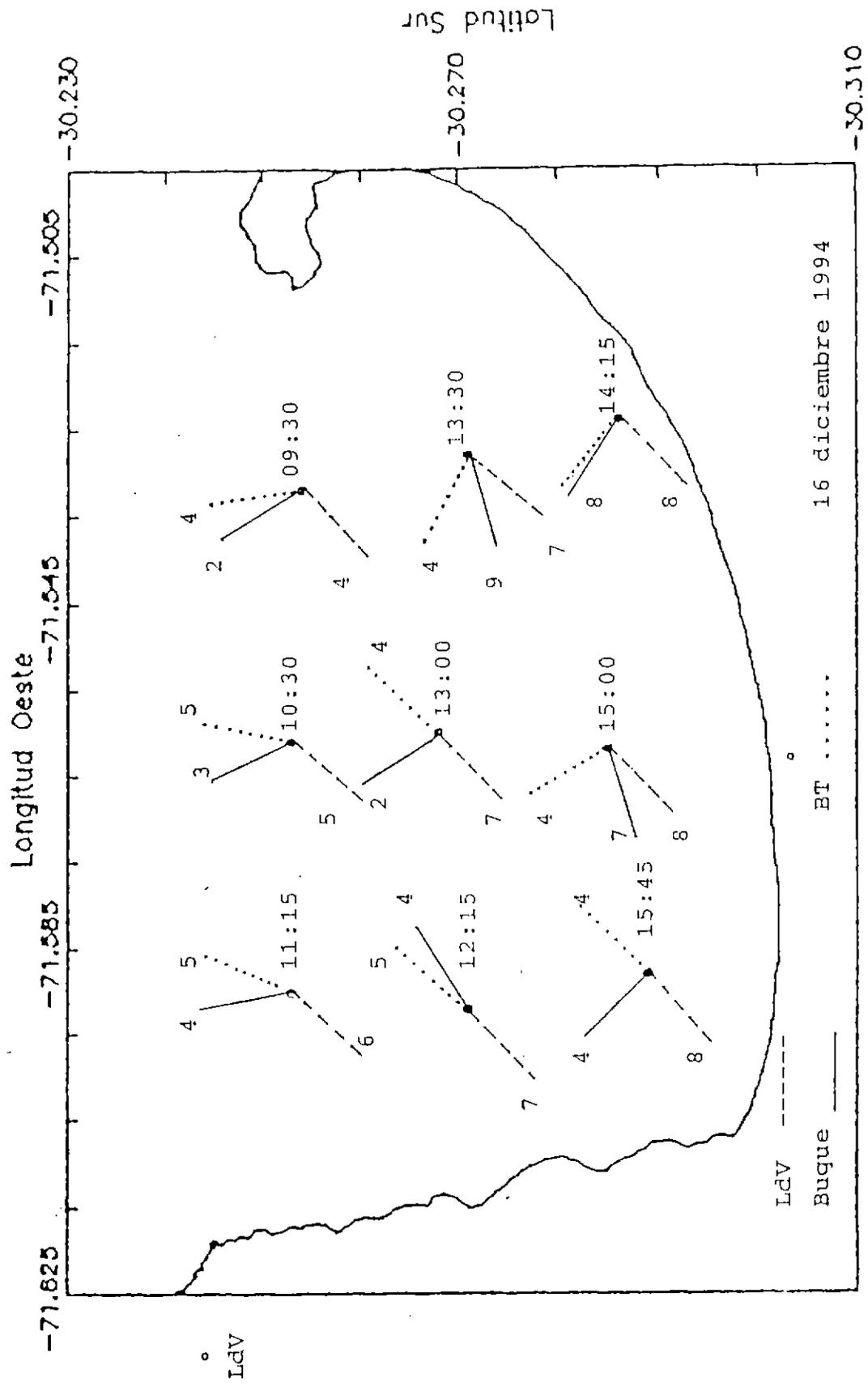


FIG. 74 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS



16 diciembre 1994

-30.310

Corrientes - Tongoy

Capacidad de Carga

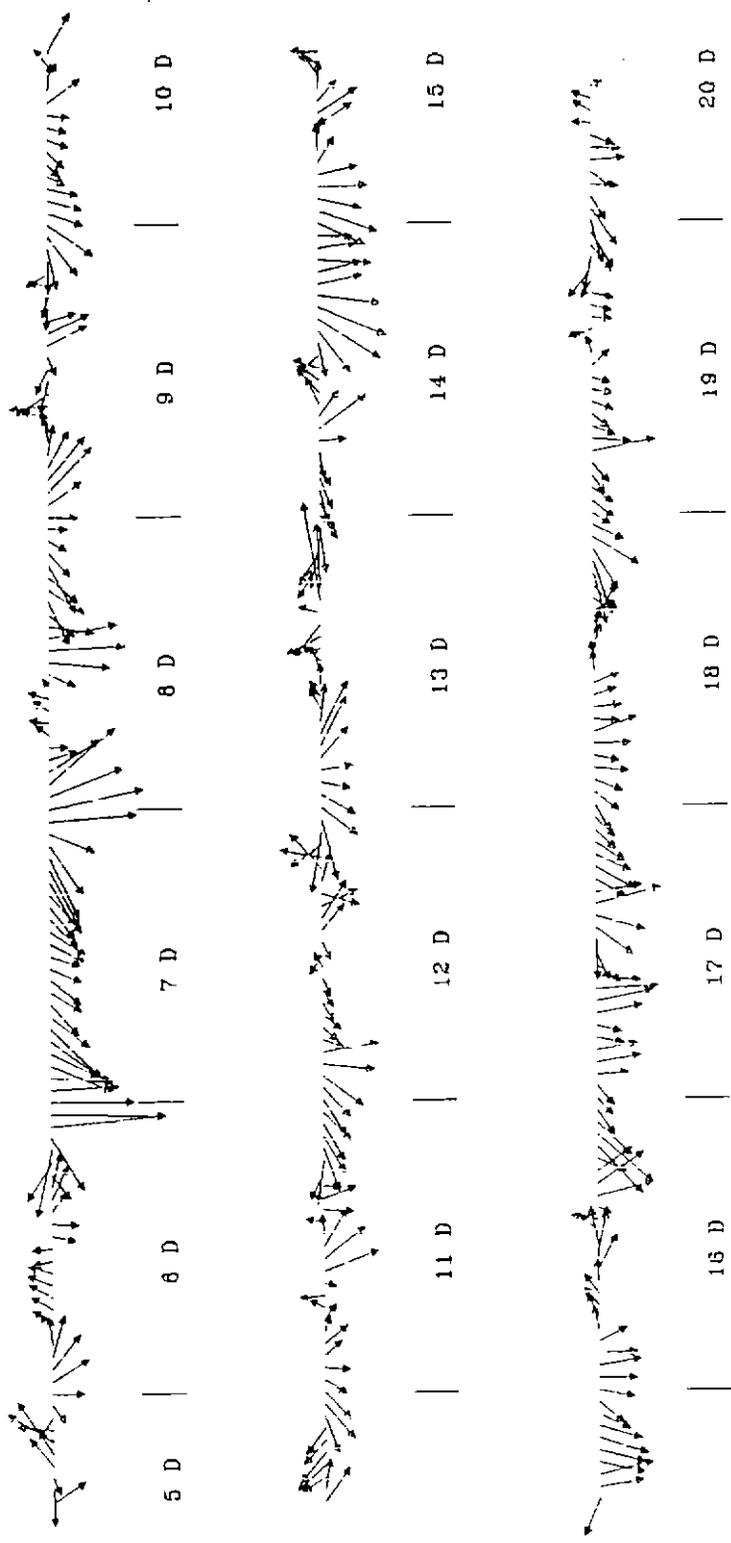


Fig. 75 Dirección y velocidades de las corrientes a nivel de 10 m en Bahía Tongoy

N.M.
 ↑
 10 cms/seg

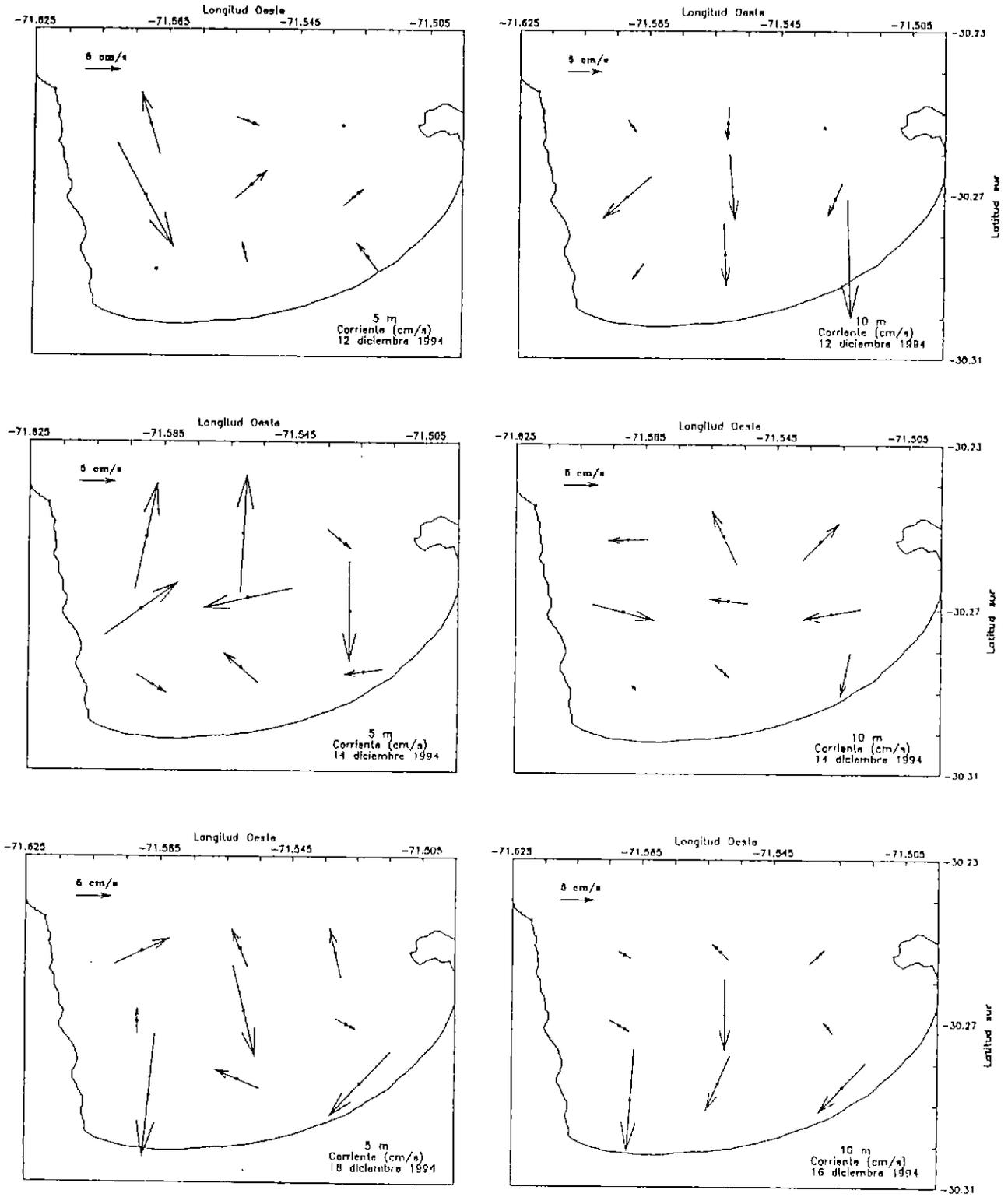


Fig. 76 Dirección e intensidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m

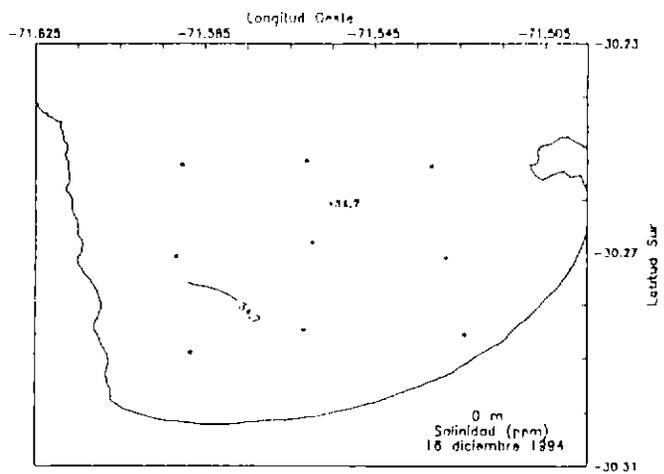
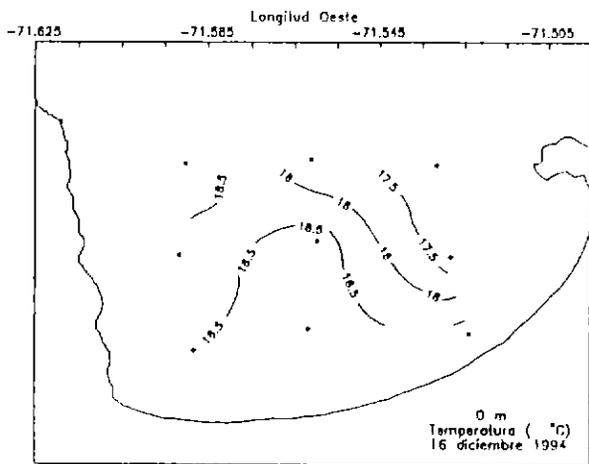
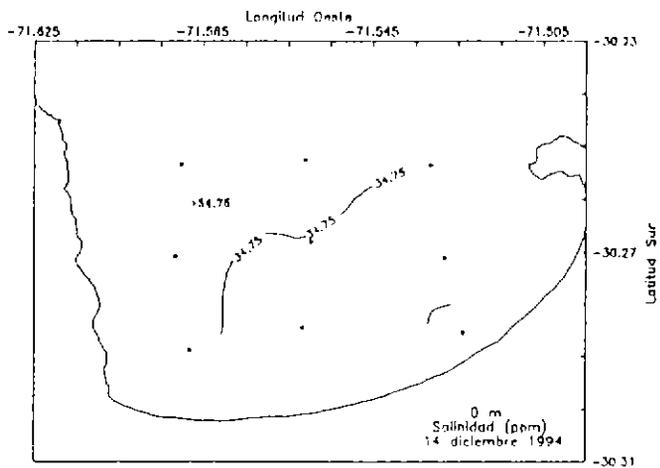
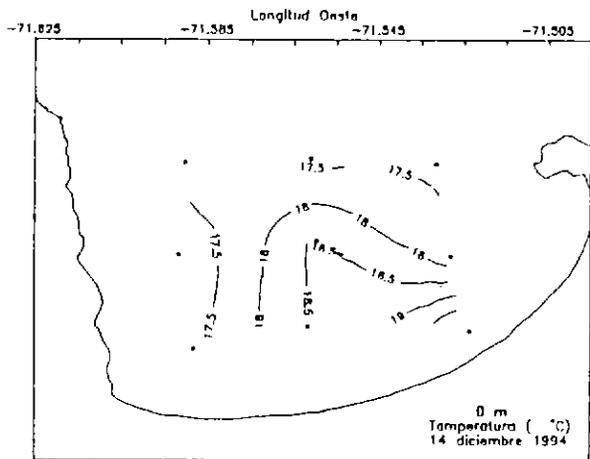
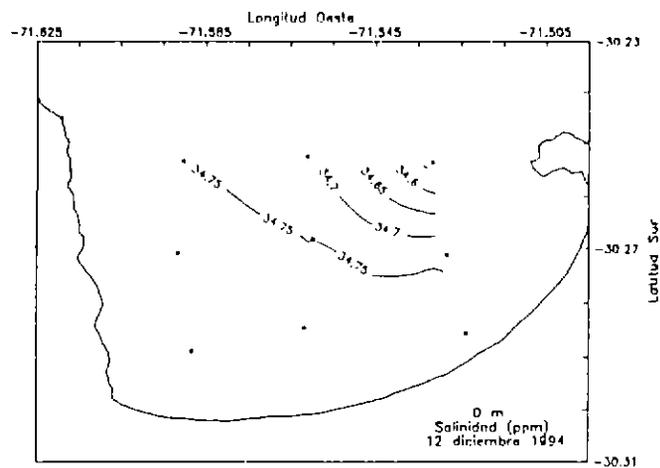
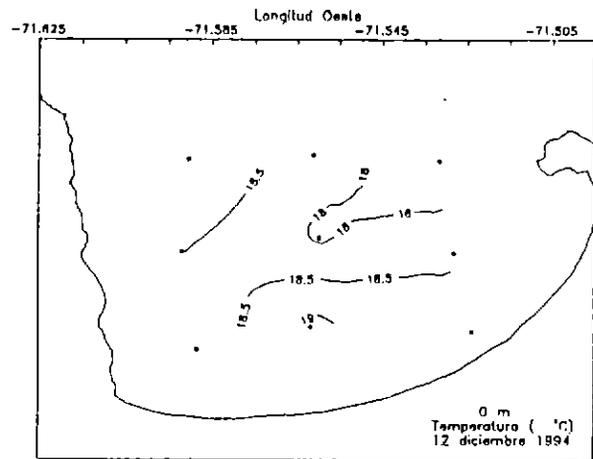


Fig. 77 Distribución superficial de temperatura y salinidad

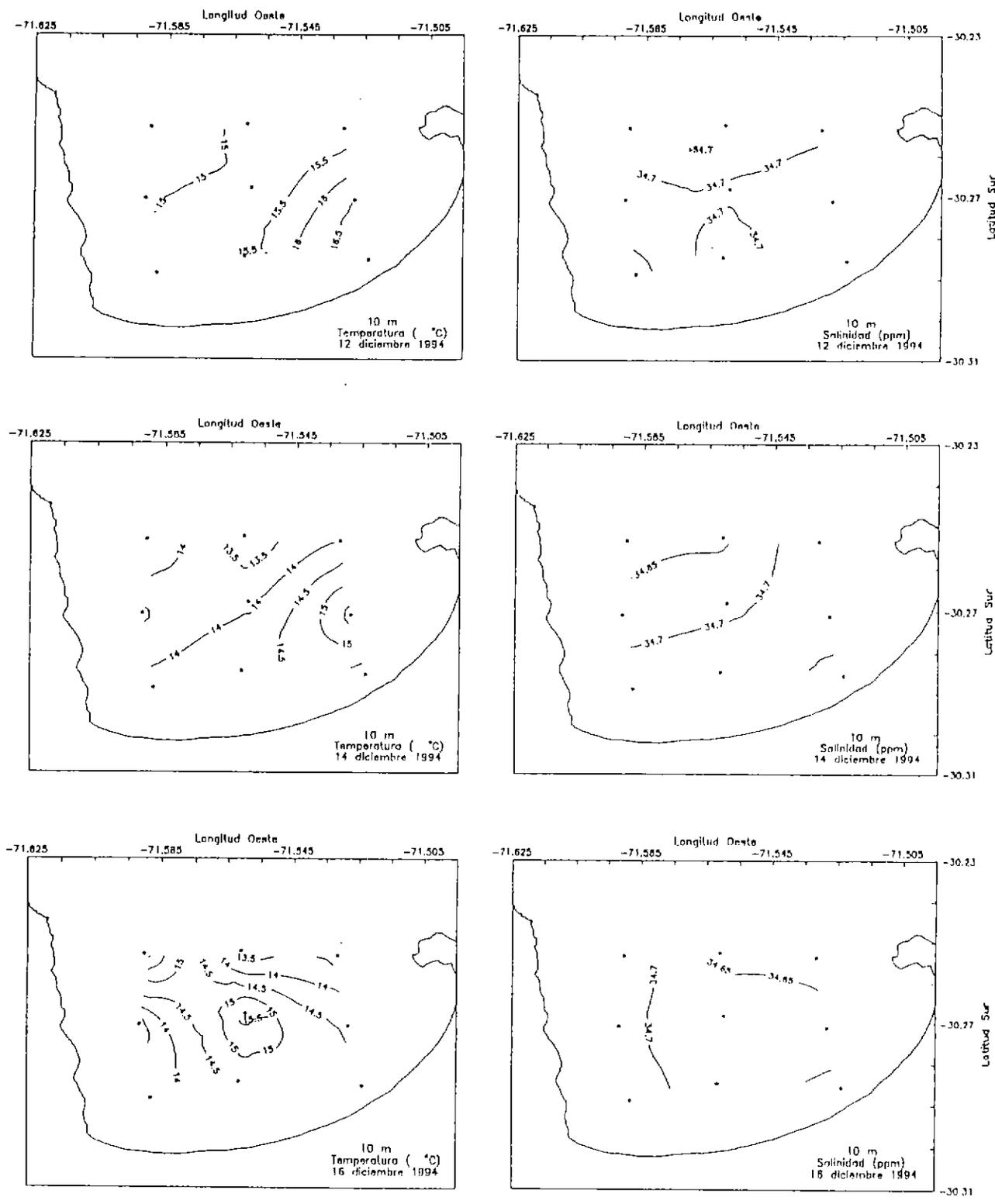


Fig. 78 Distribución de temperatura y salinidad a 10 m.

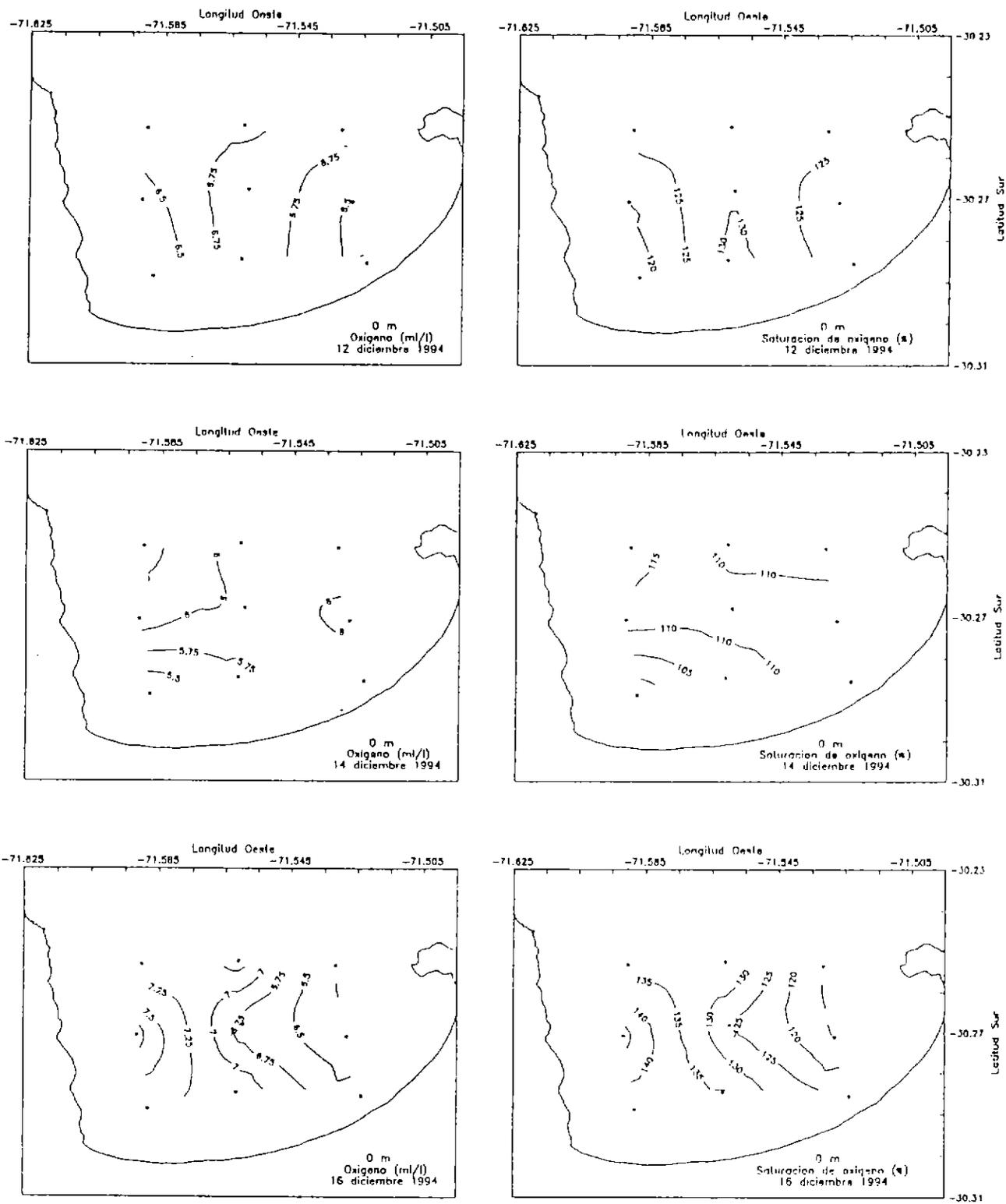


Fig. 79 Distribución superficial de oxígeno y saturación de oxígeno

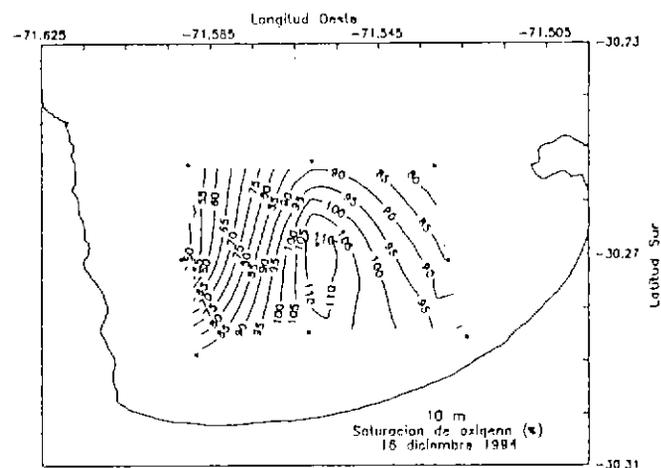
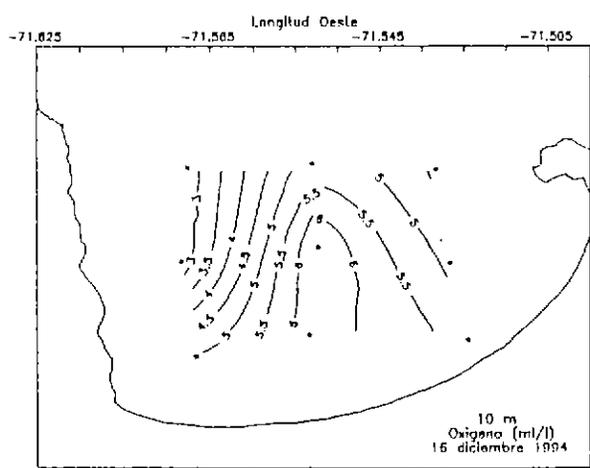
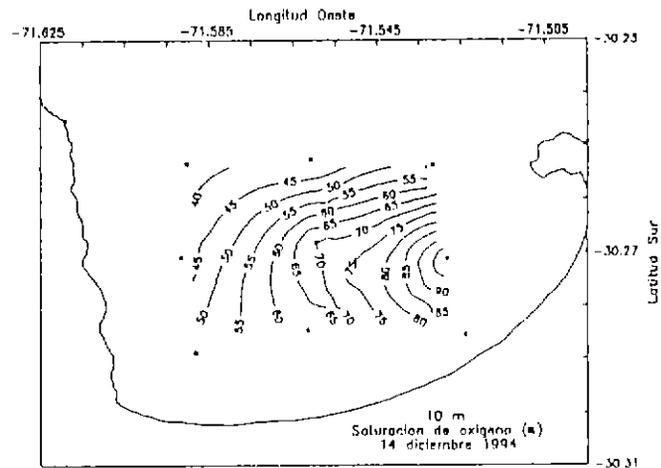
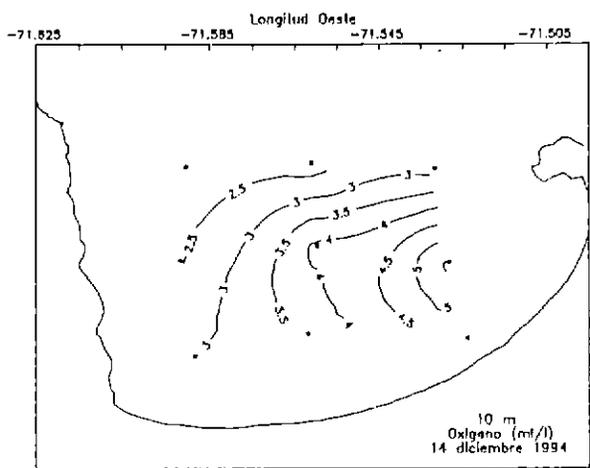
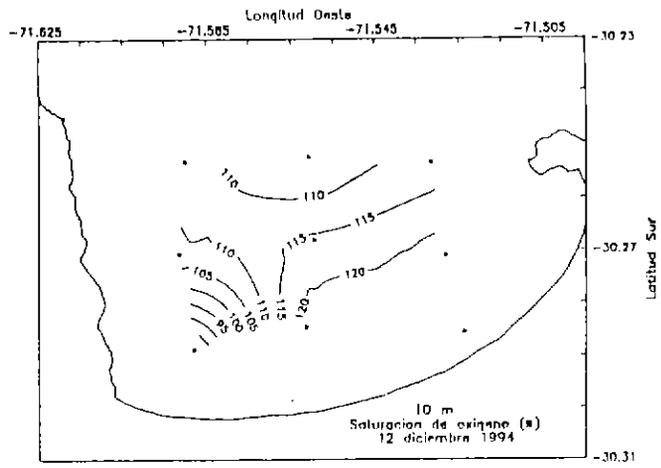
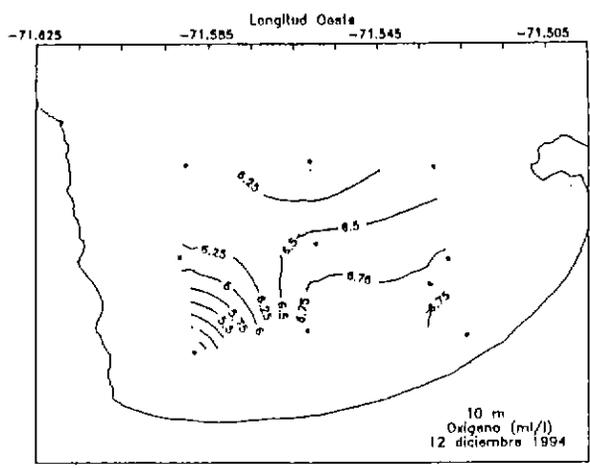


Fig. 88 Distribución de oxígeno y saturación de oxígeno a 10 m.

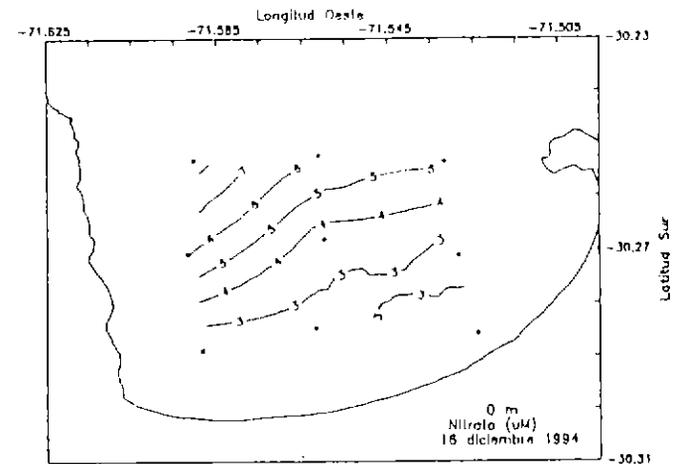
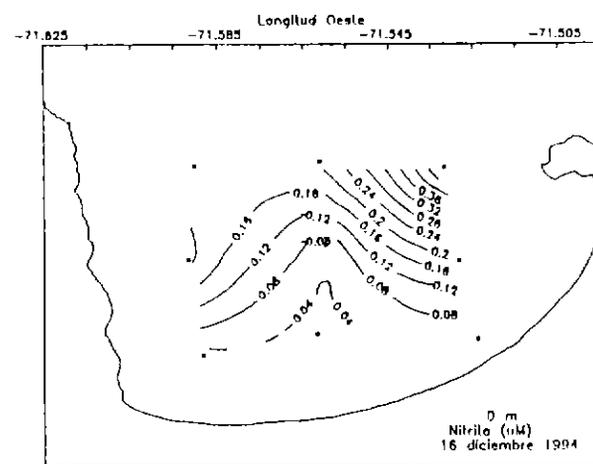
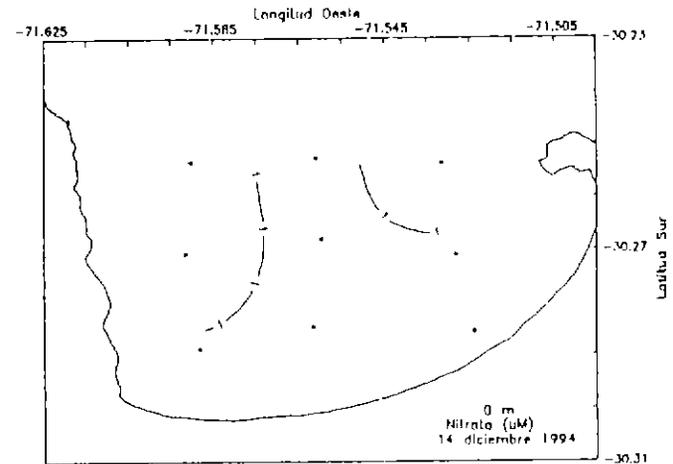
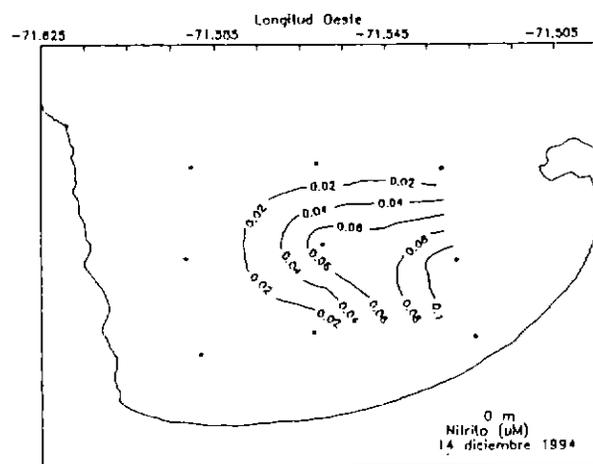
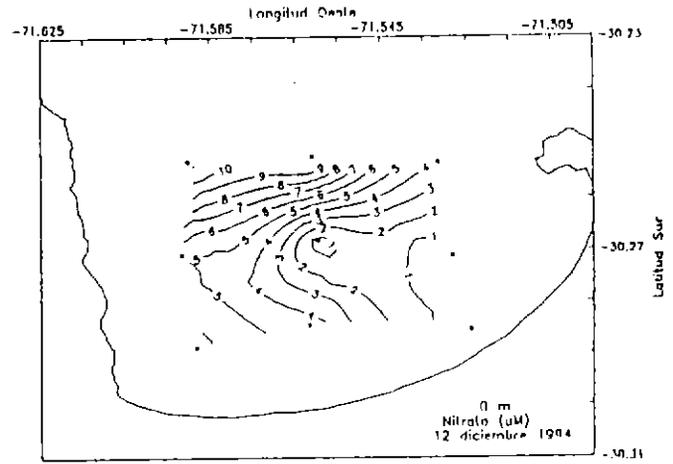
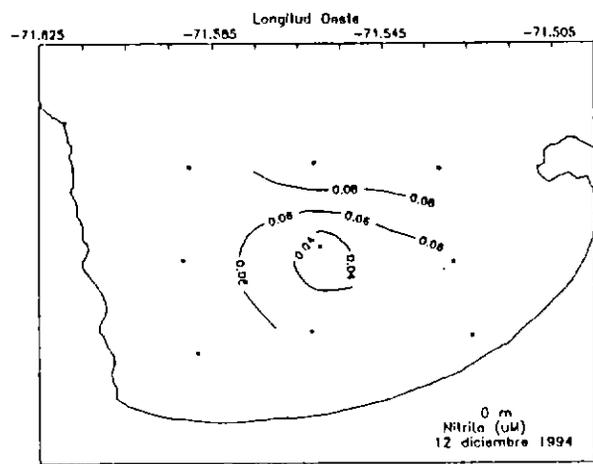


Fig. 81 Distribución superficial de nitrito y nitrato

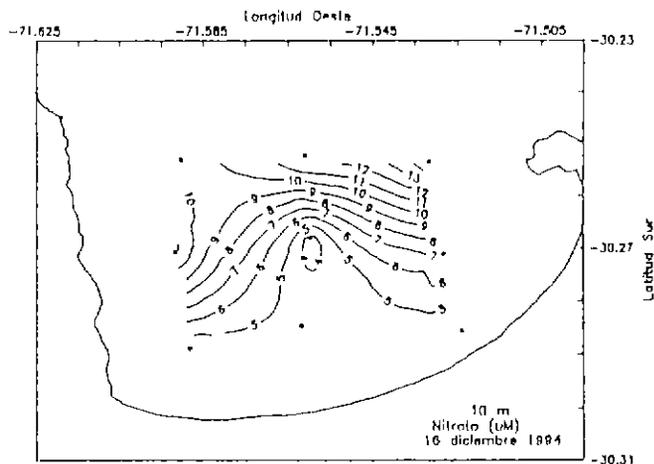
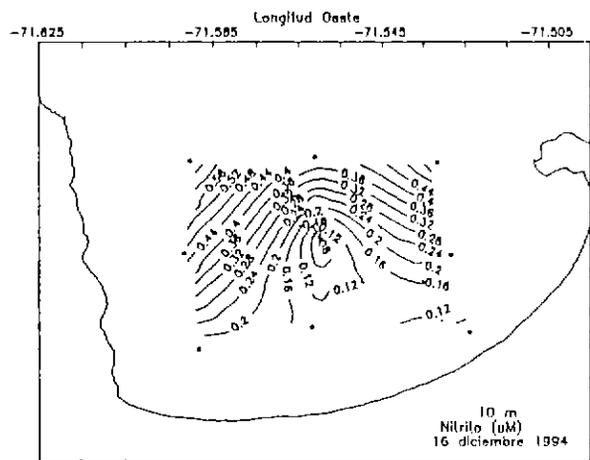
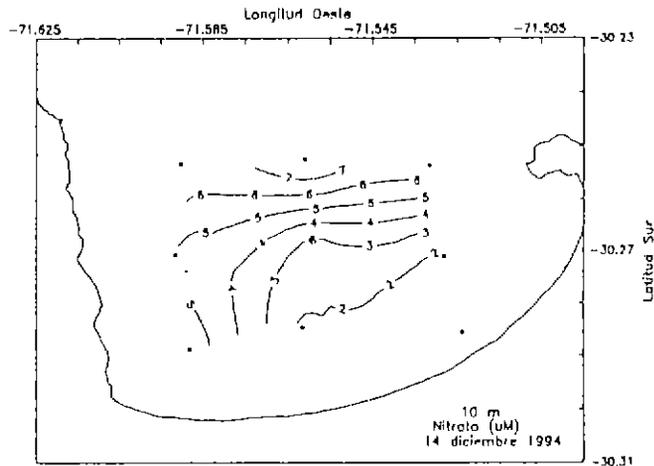
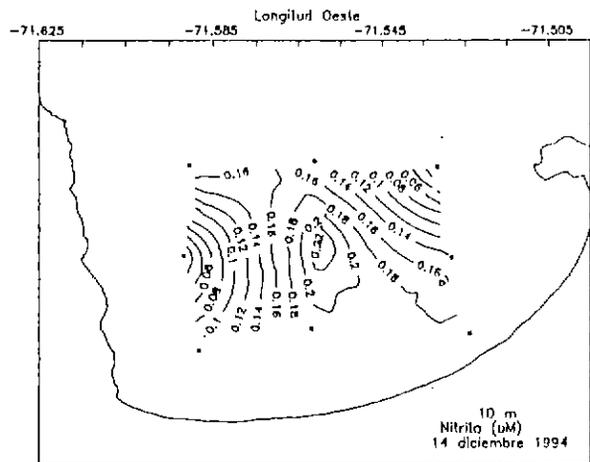
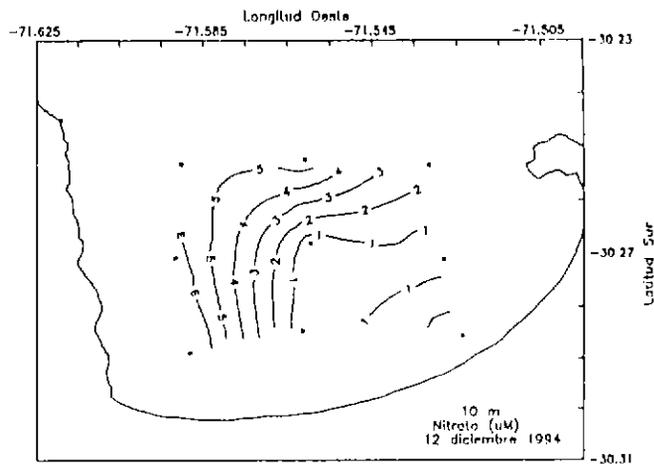
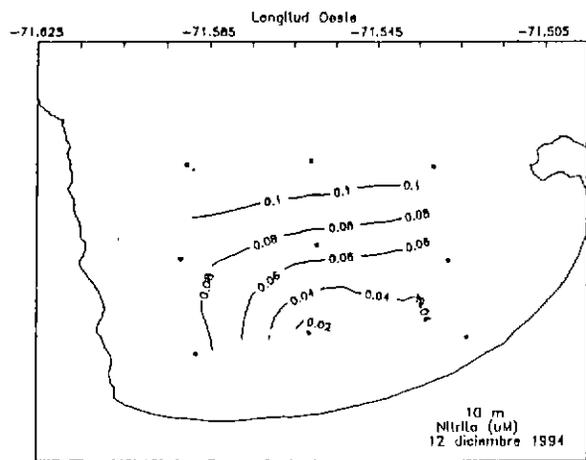


Fig. 82 Distribución de nitrito y nitrato a 10 m.,

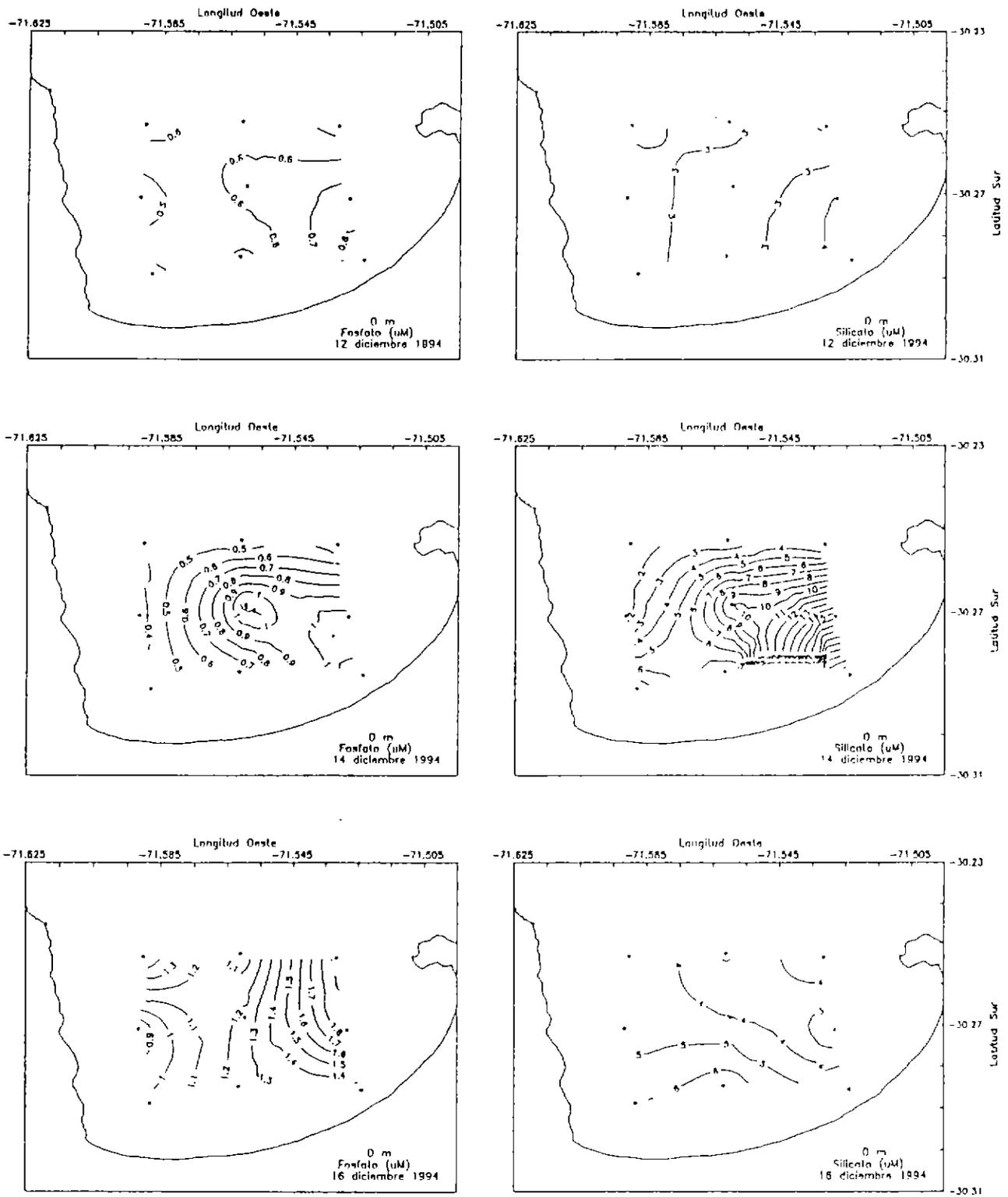


Fig. 83 Distribución superficial de fosfato y silicato

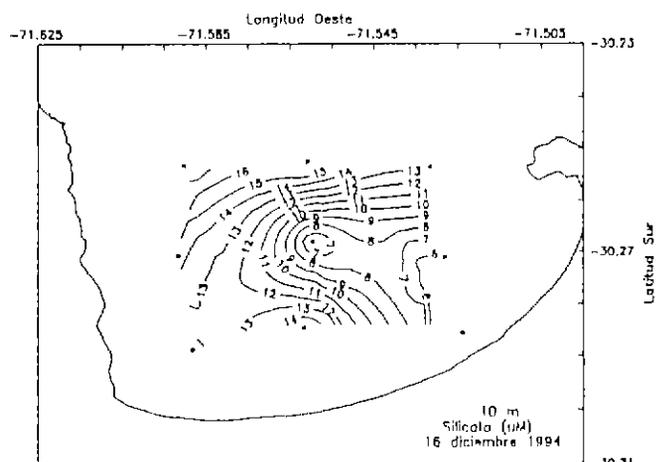
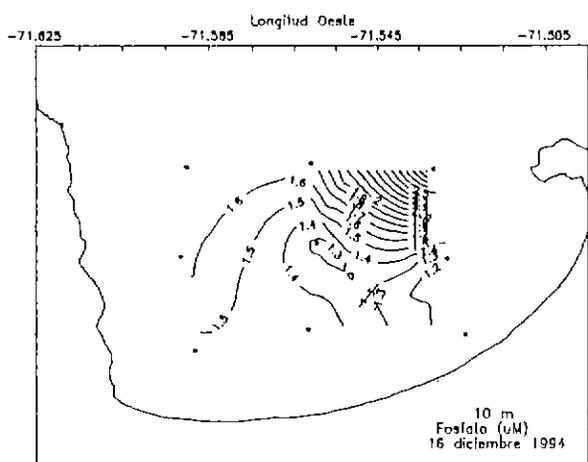
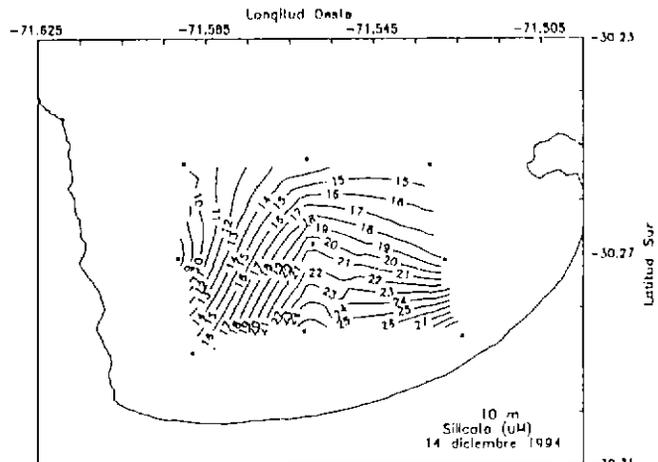
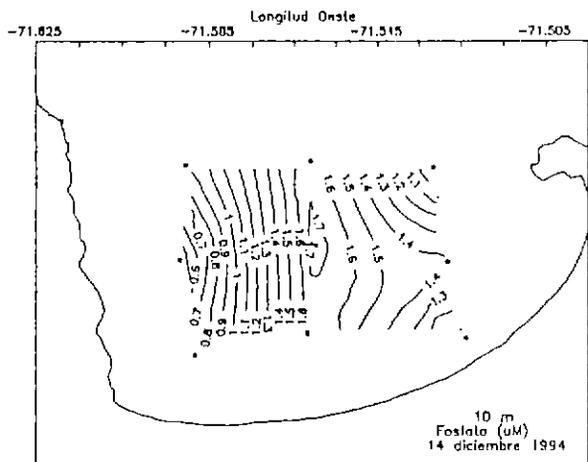
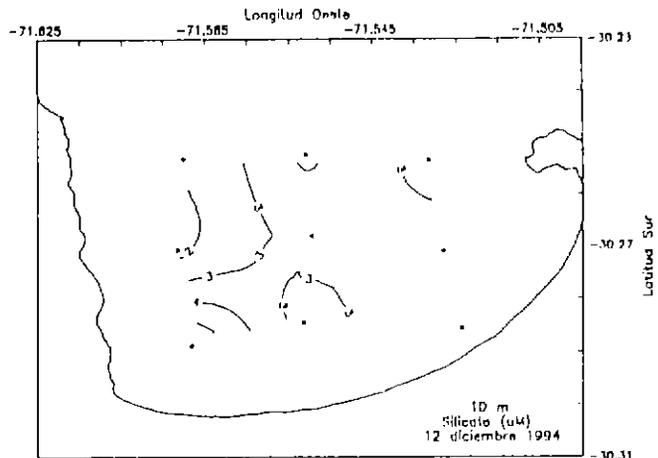
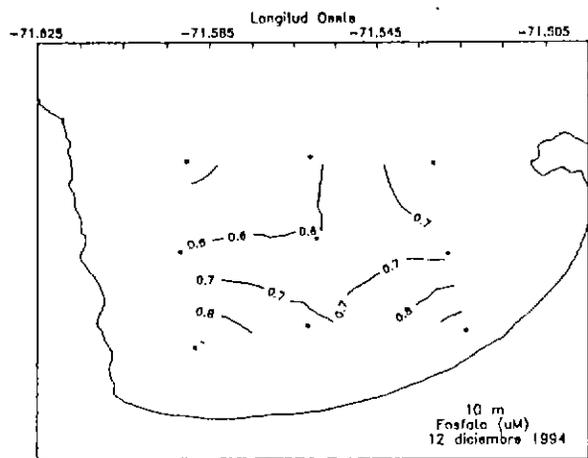


Fig. 8/1 Distribución de Fosfato y silicato a 10 m.

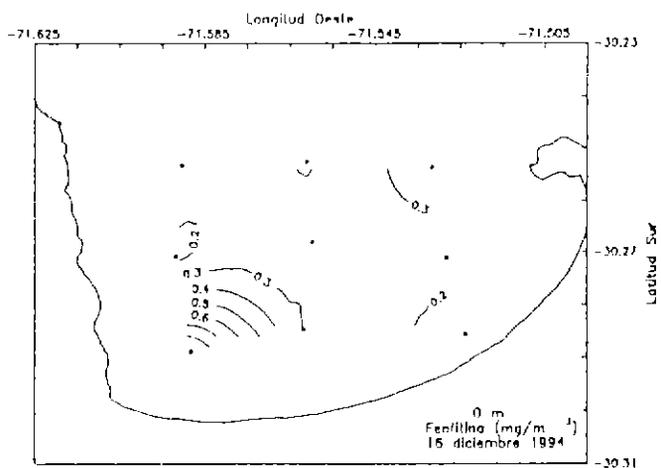
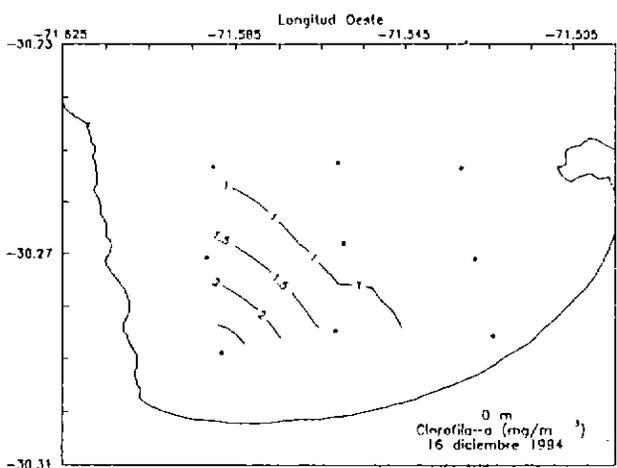
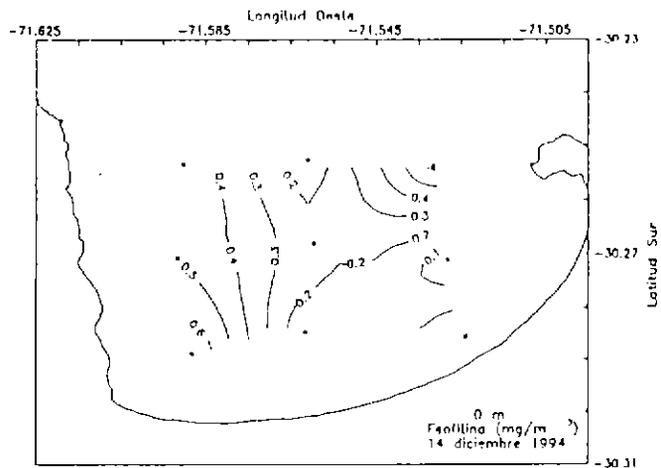
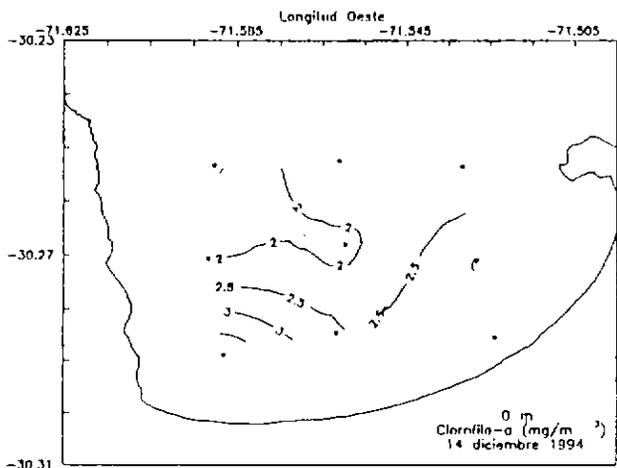
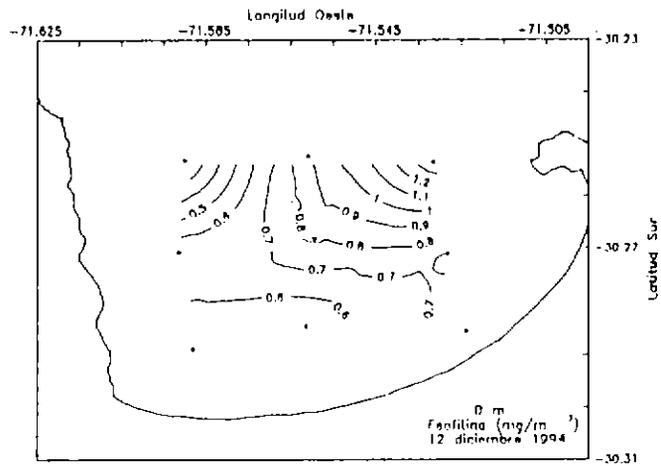
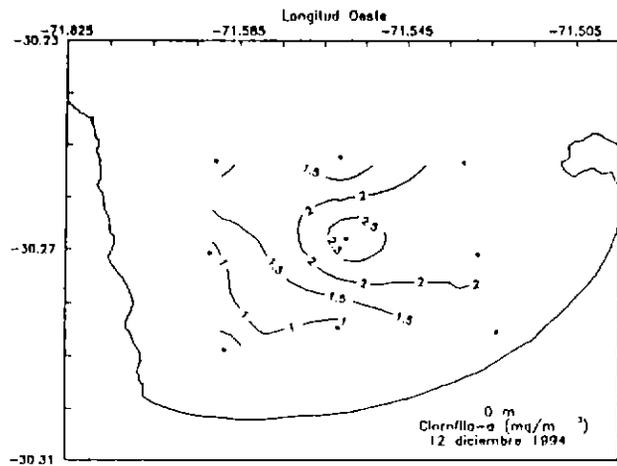


Fig. 85 Distribución superficial de clorofila "a" y Feofitina

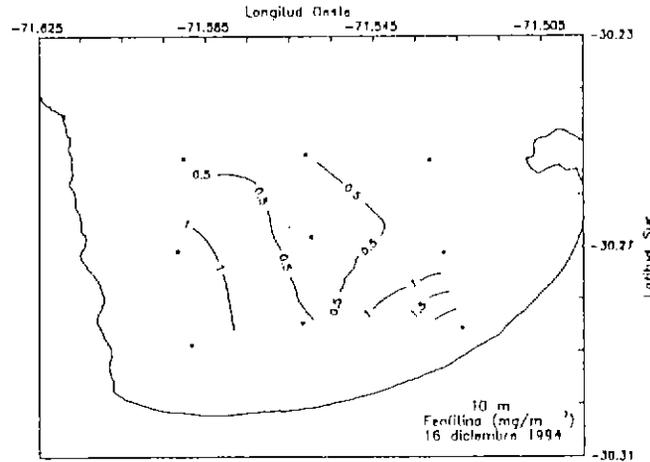
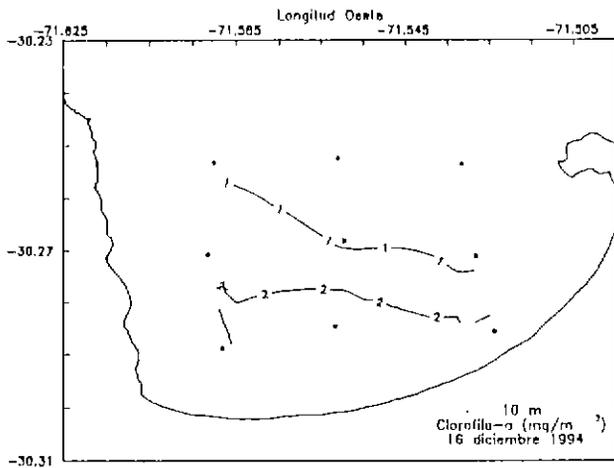
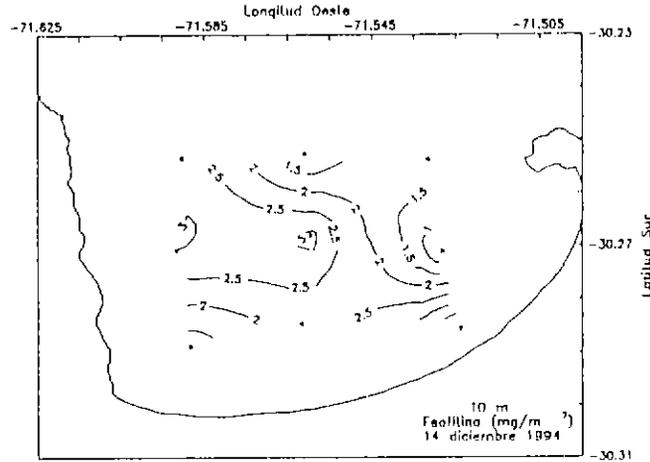
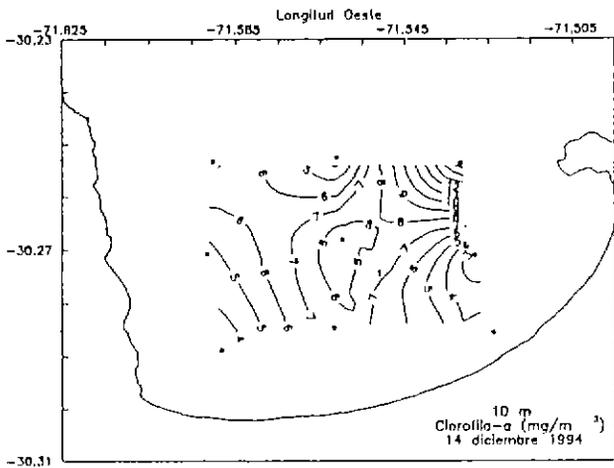
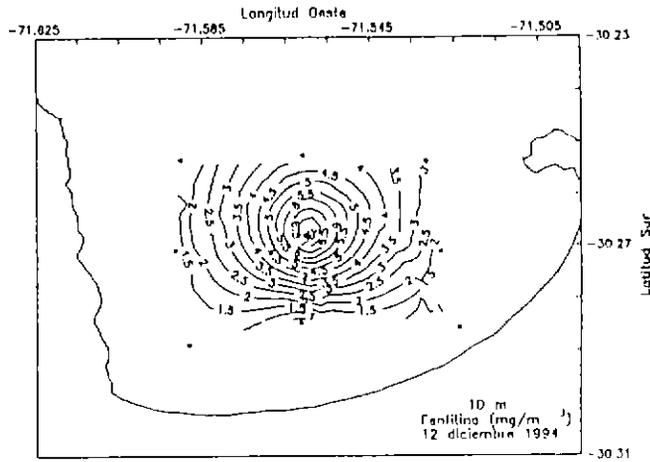
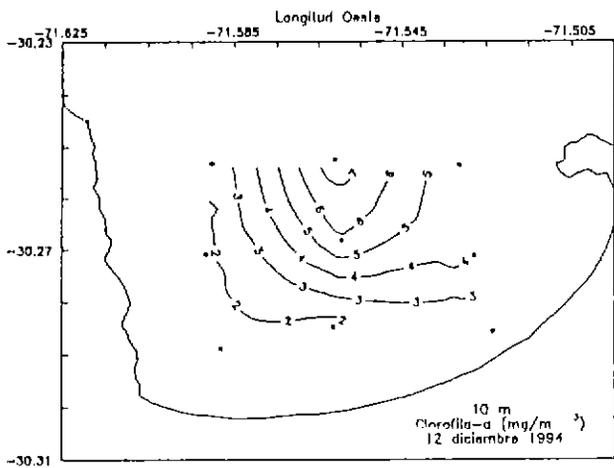


Fig. 86 Distribución de clorofila "a" y feofitina a 10 m.

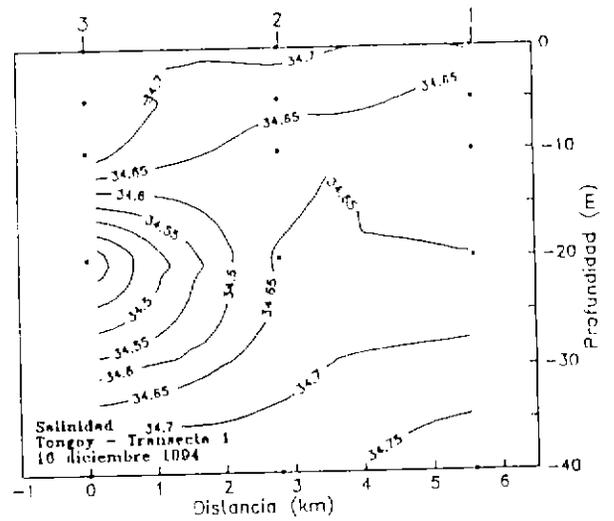
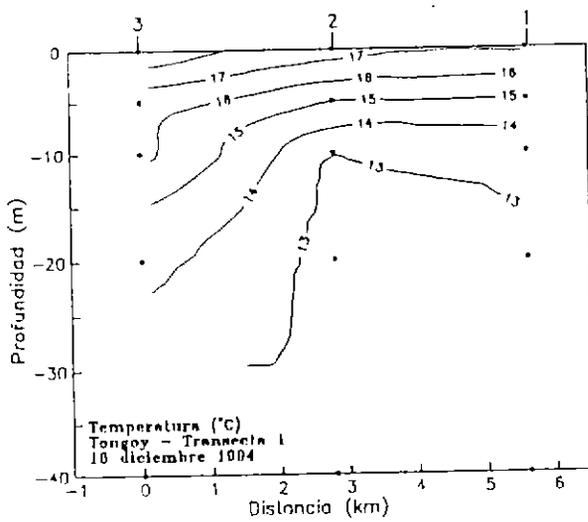
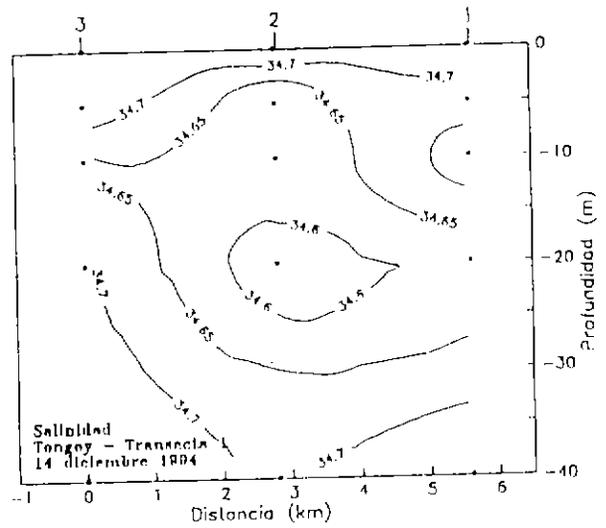
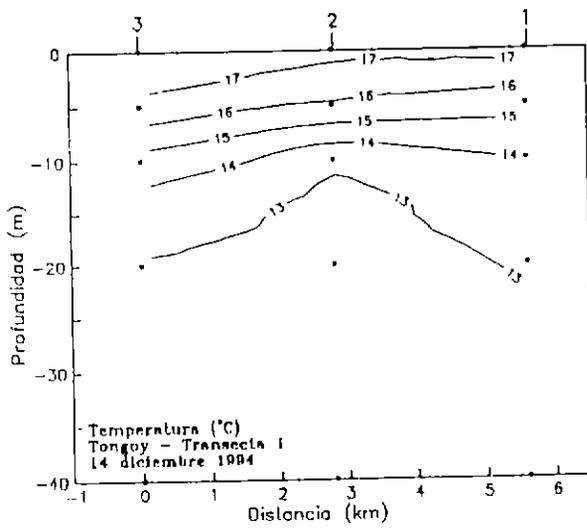
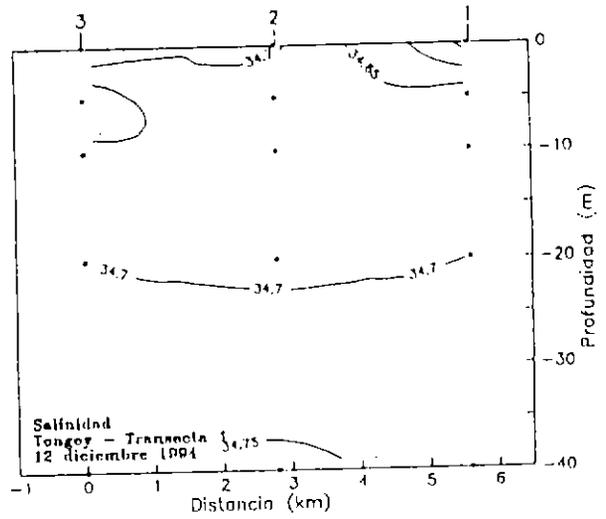
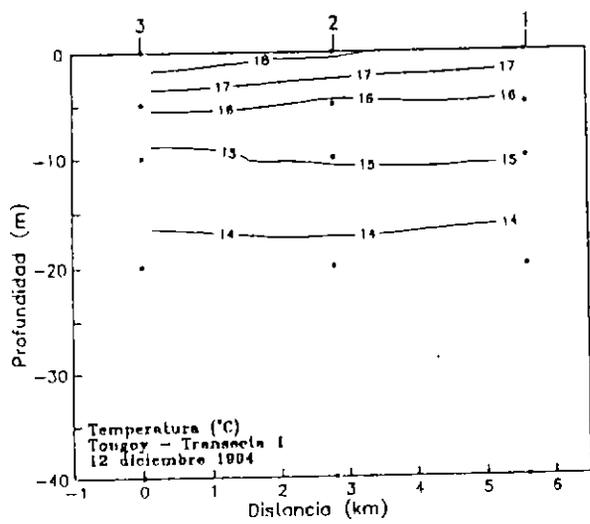


Fig. 87 Distribución vertical de temperatura y salinidad

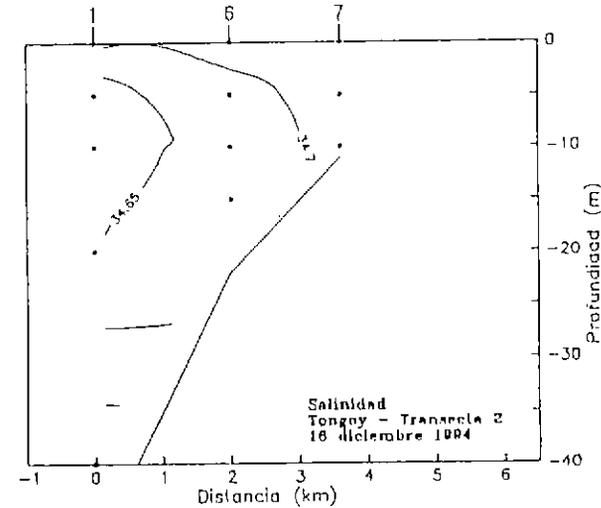
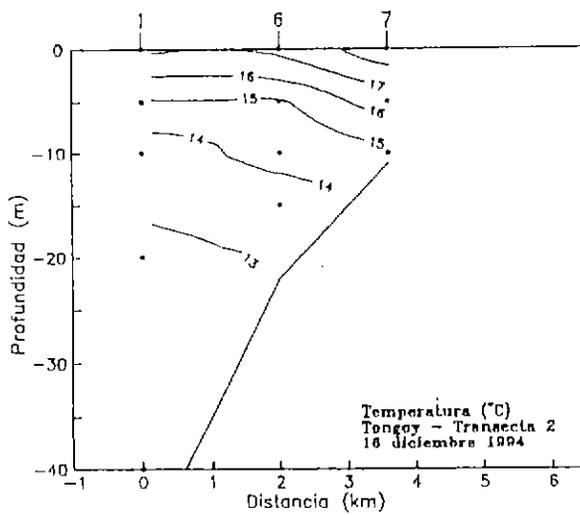
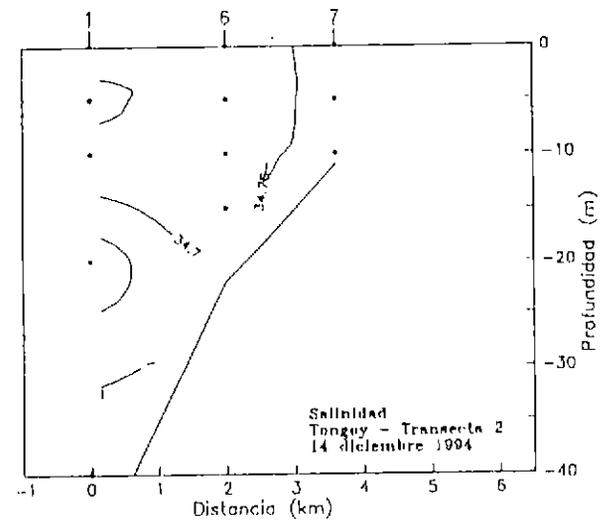
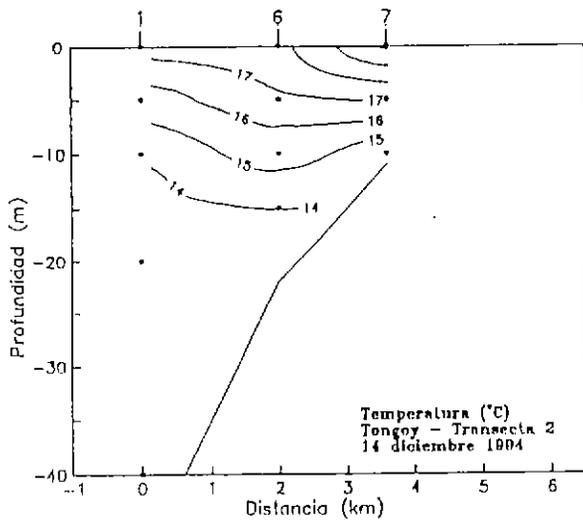
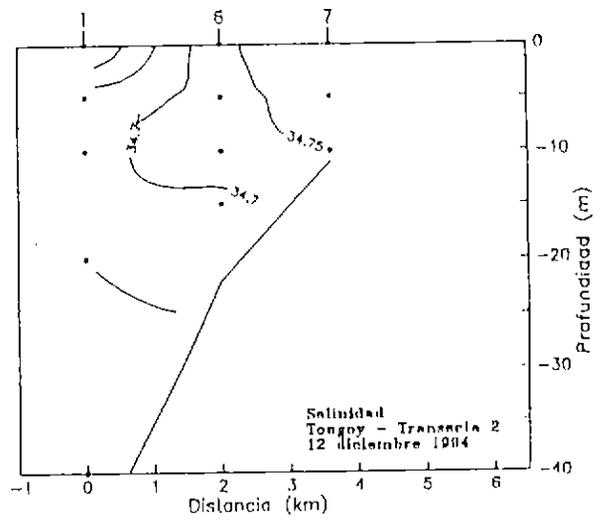
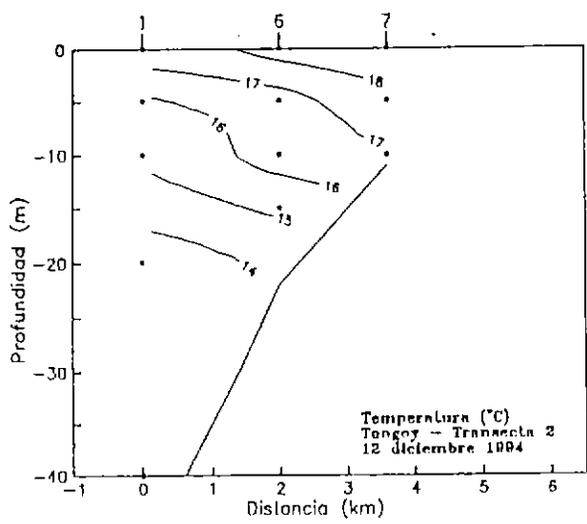


Fig. 88 Distribución vertical de temperatura y salinidad

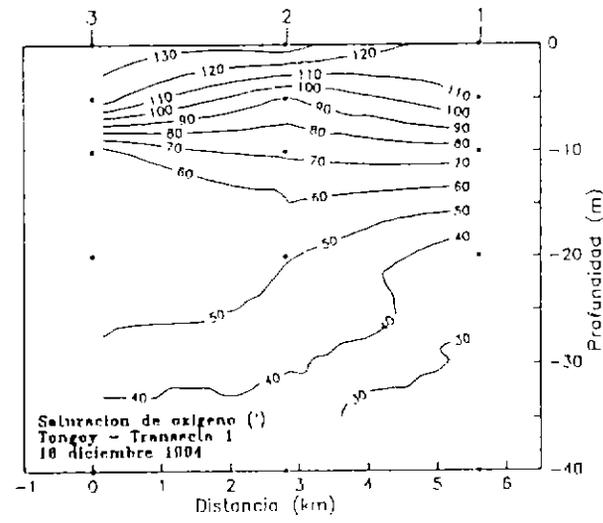
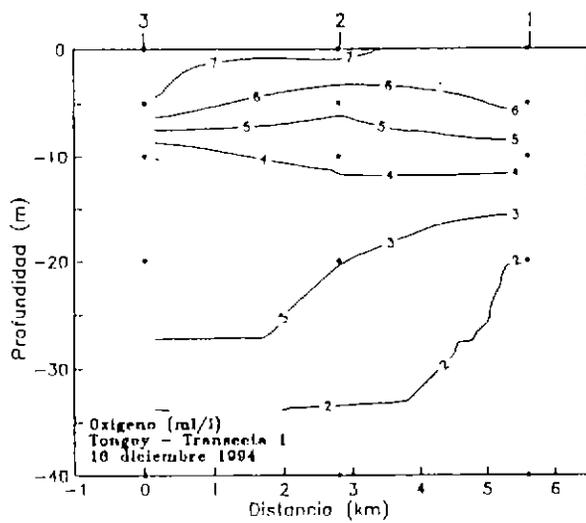
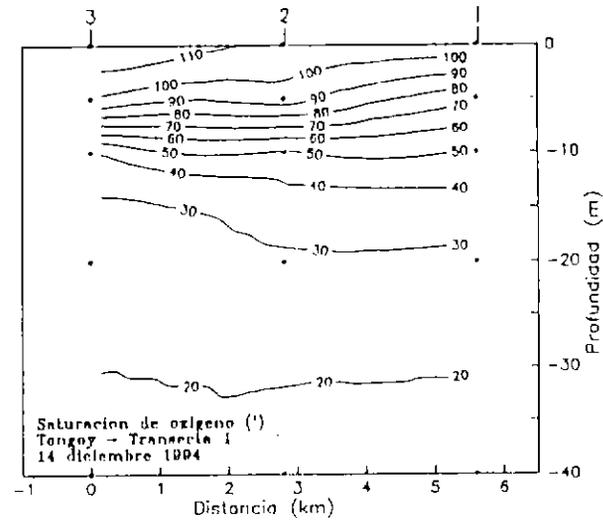
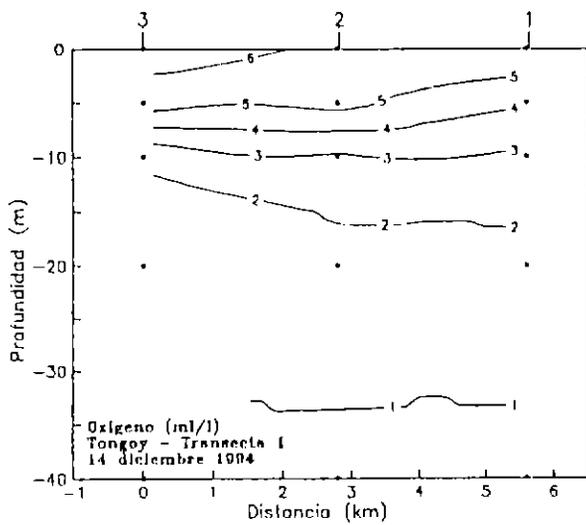
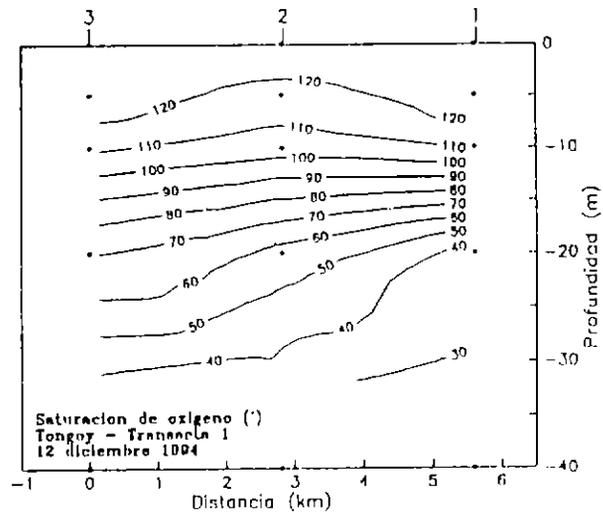
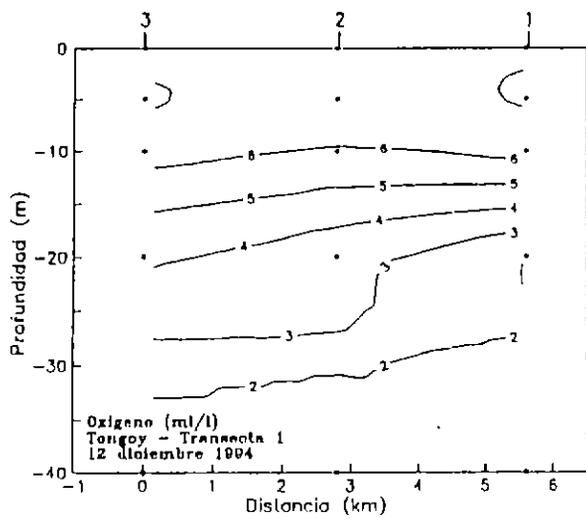


Fig. 89 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

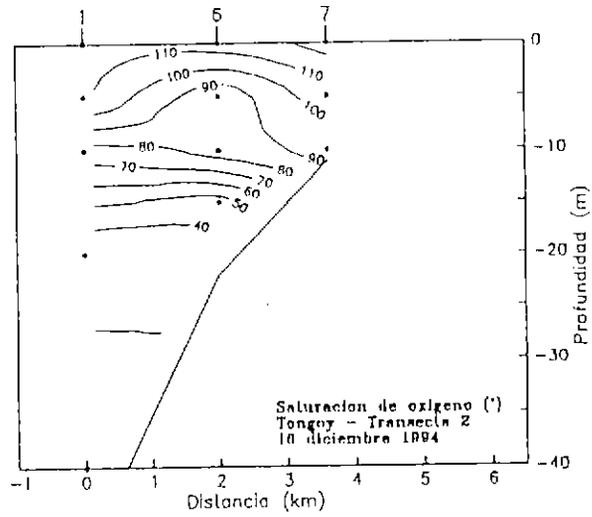
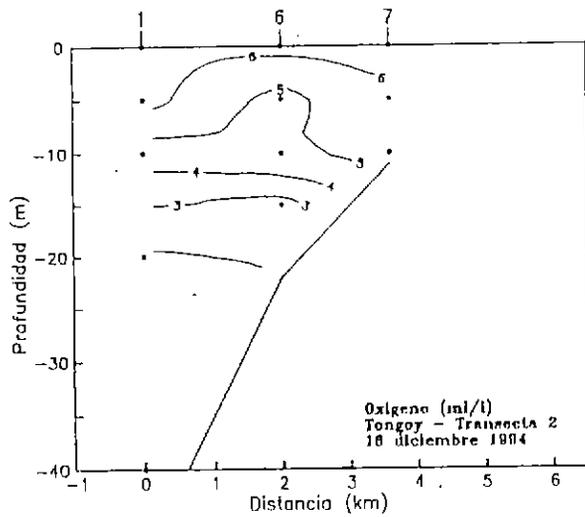
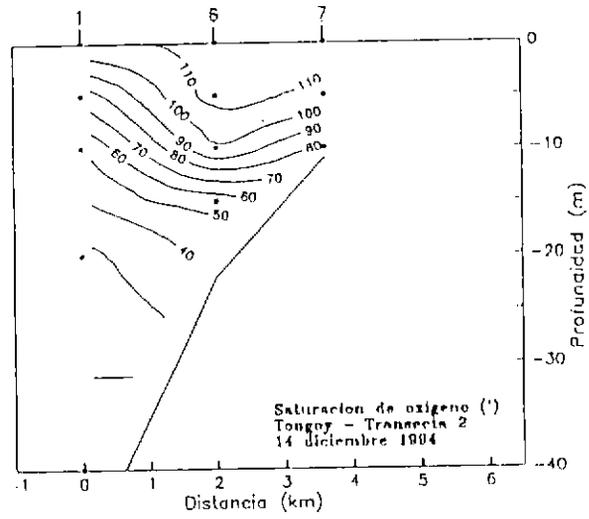
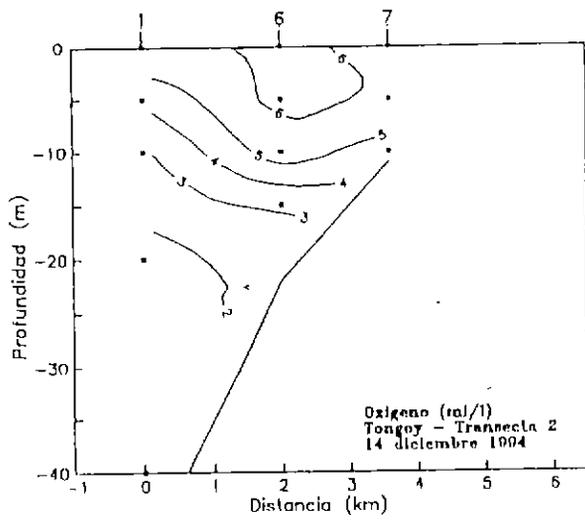
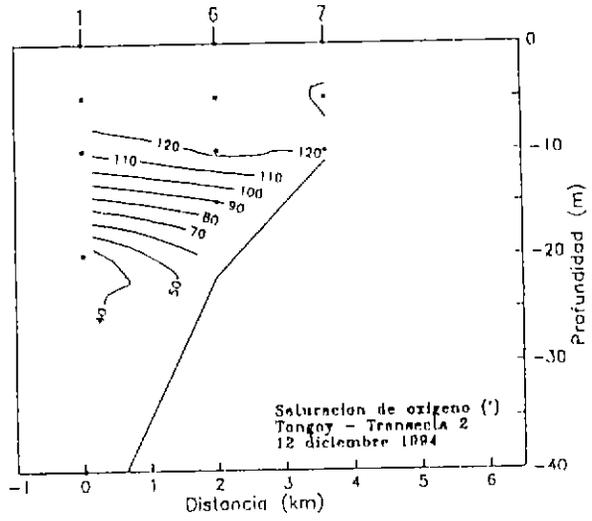
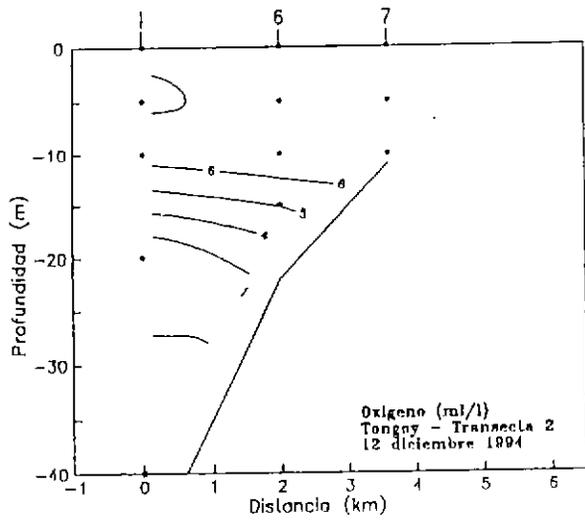


Fig. 90 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

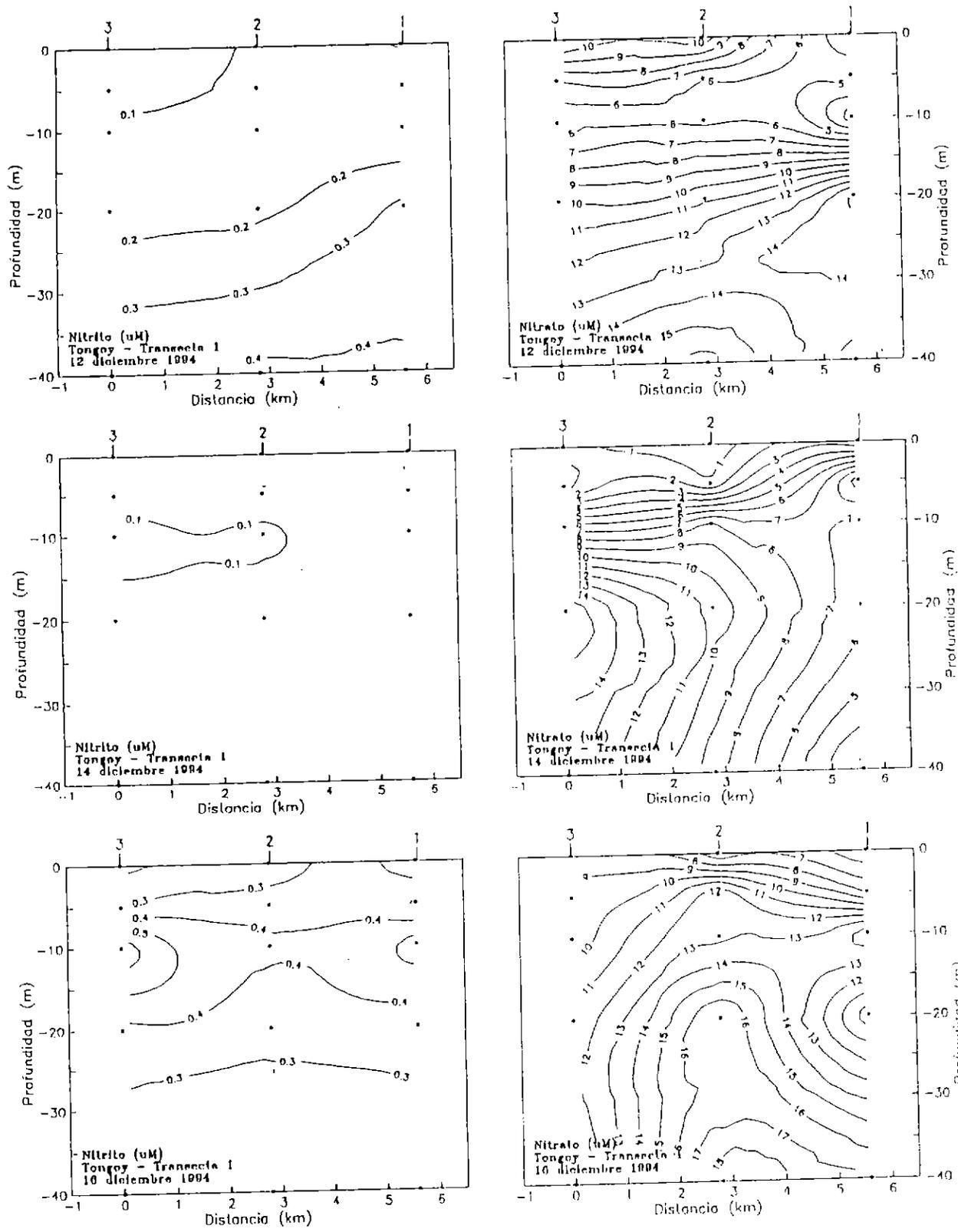


Fig. 91 Distribución vertical de nitrito y nitrato

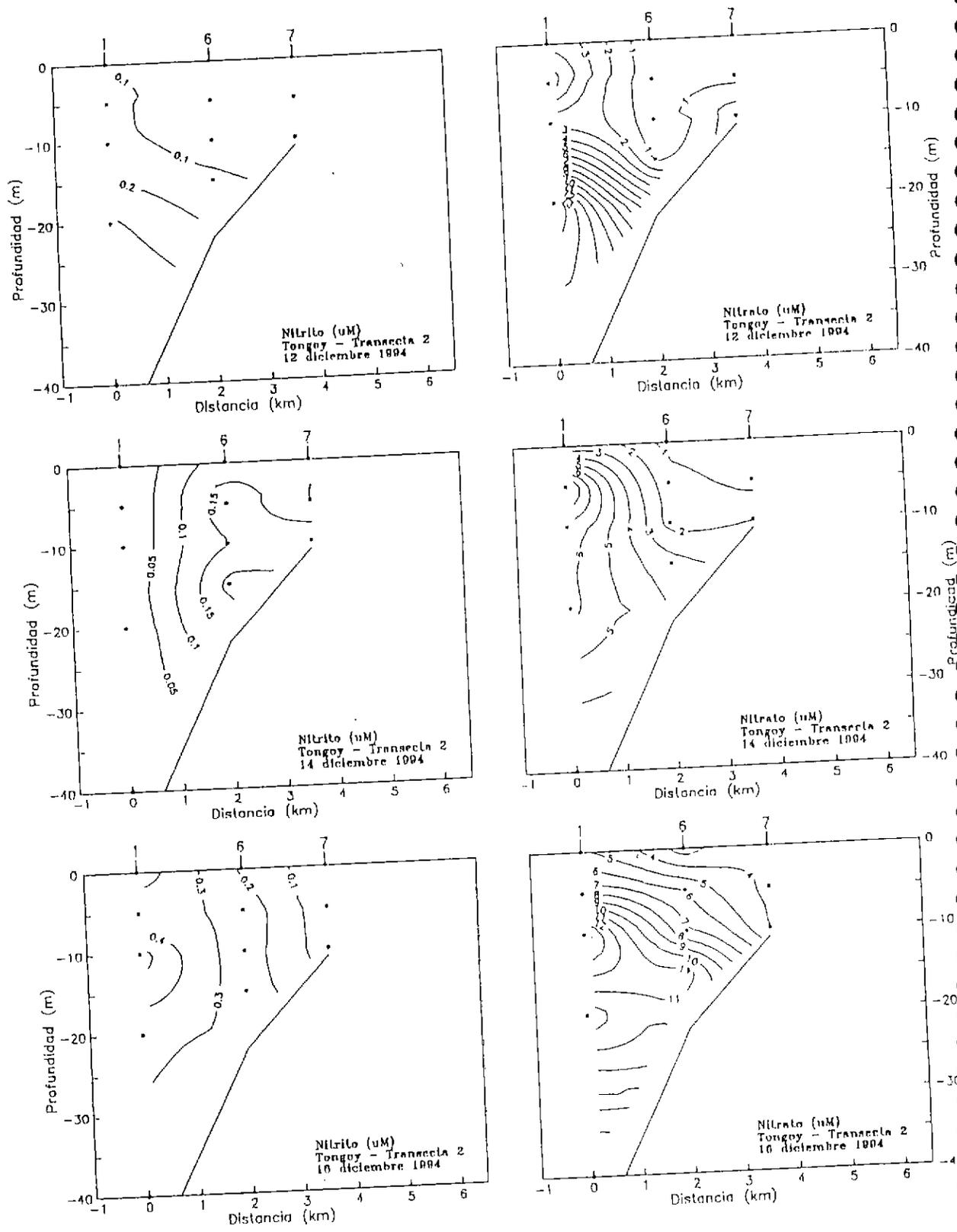


Fig. 92 Distribución vertical de nitrito y nitrato

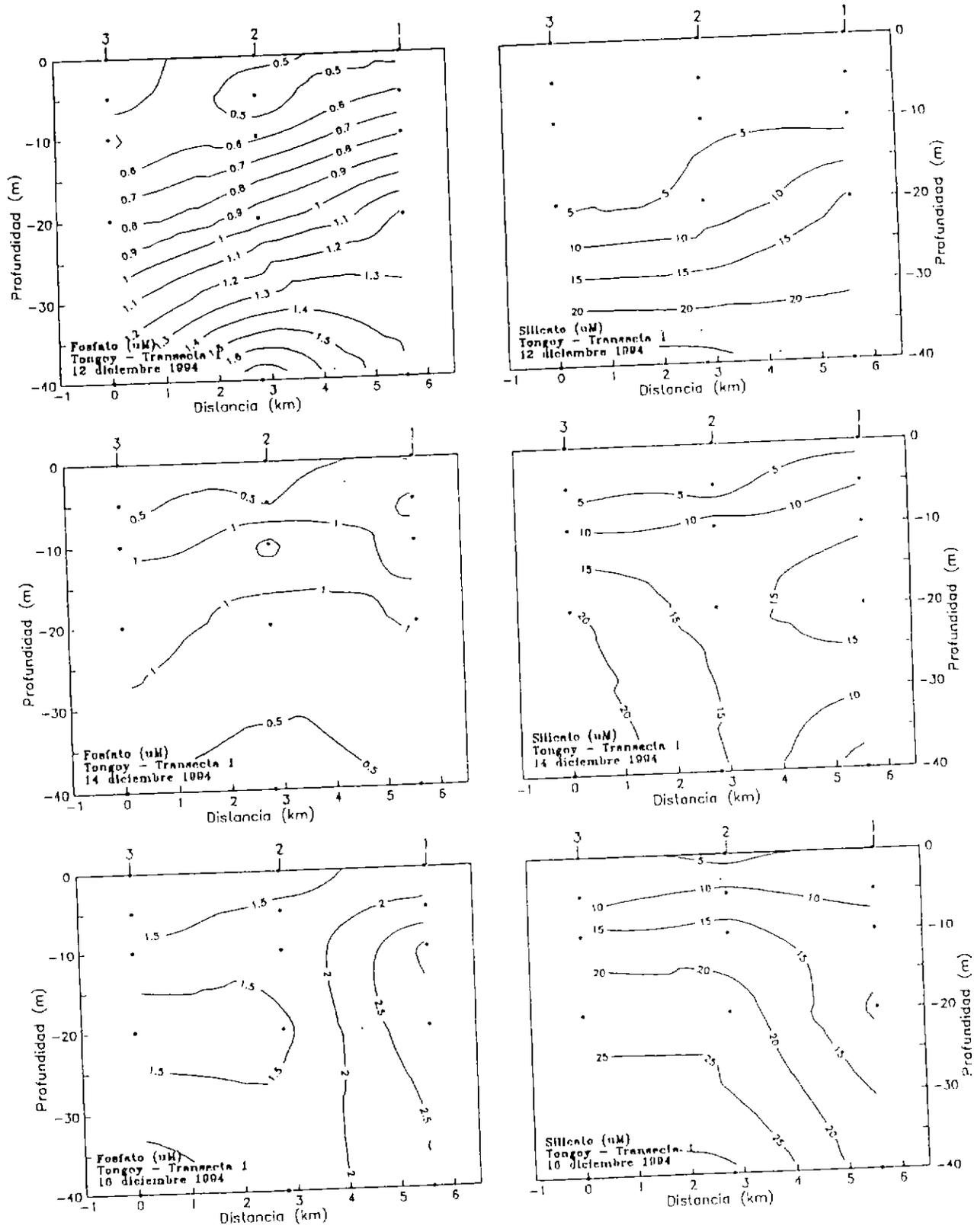


Fig. 93 Distribución vertical de Fosfato y silicato

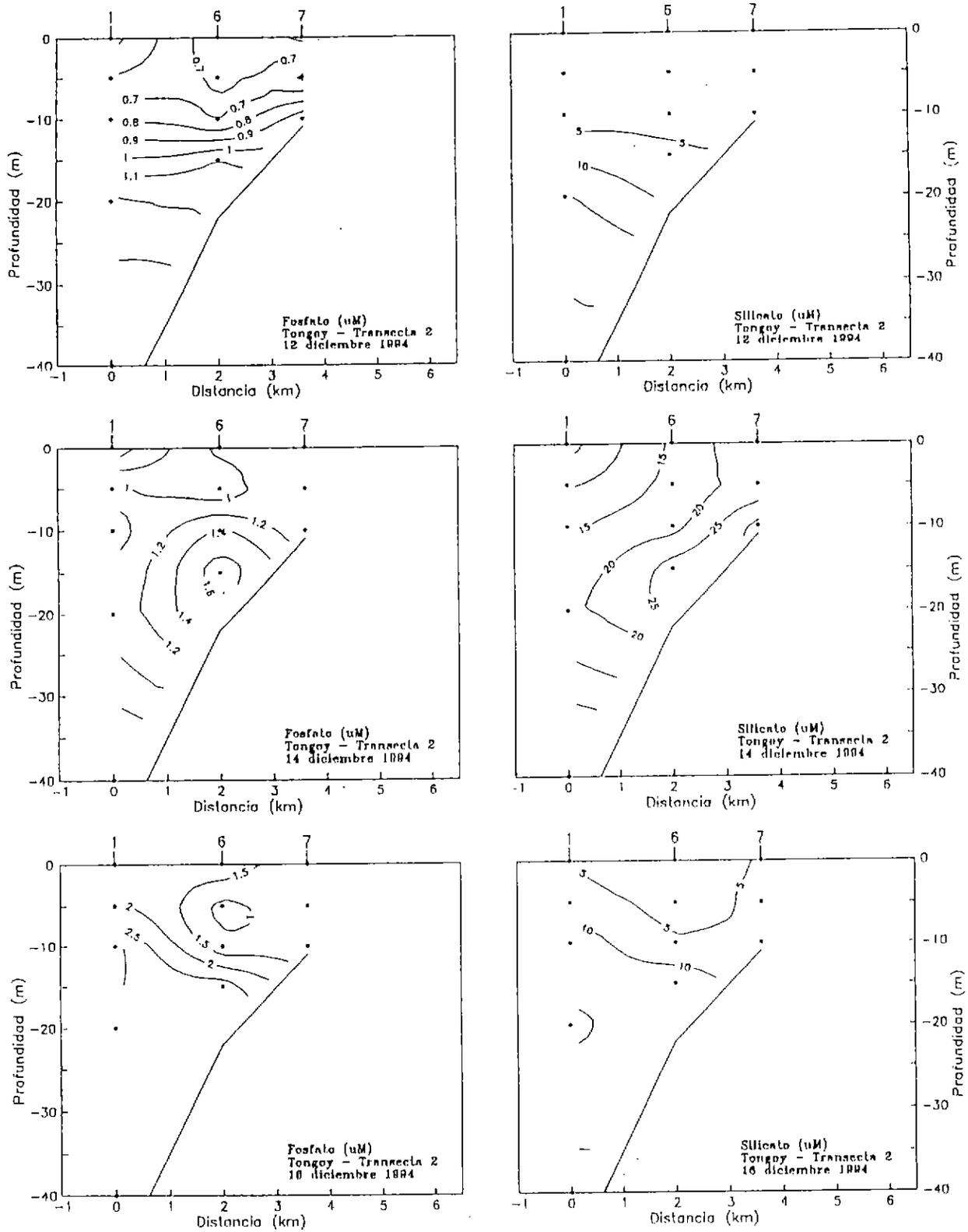


Fig. 94 Distribución vertical de fosfato y silicato

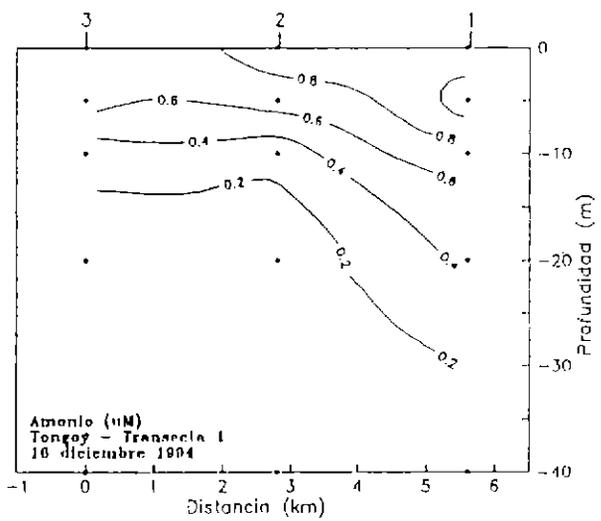
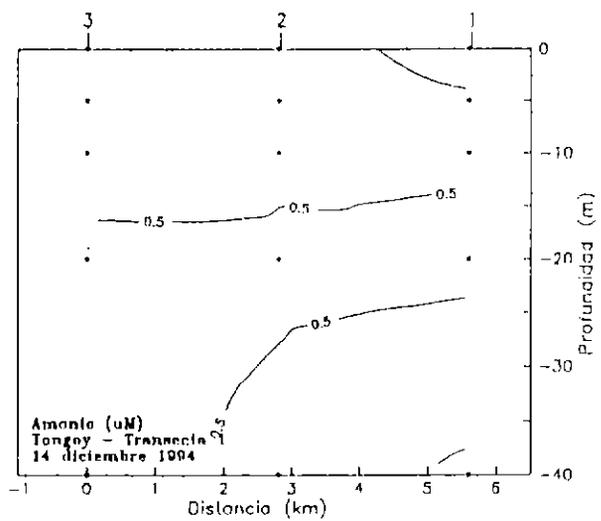
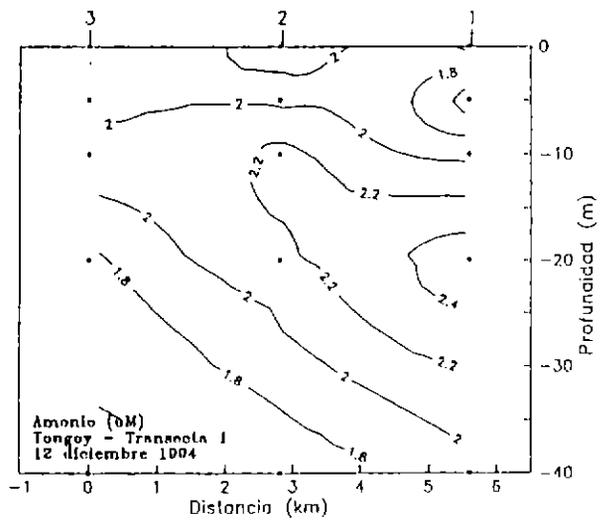


Fig. 95 Distribución vertical de amonio

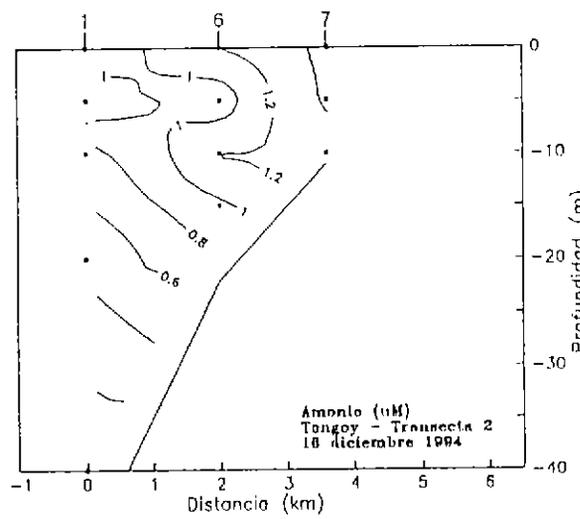
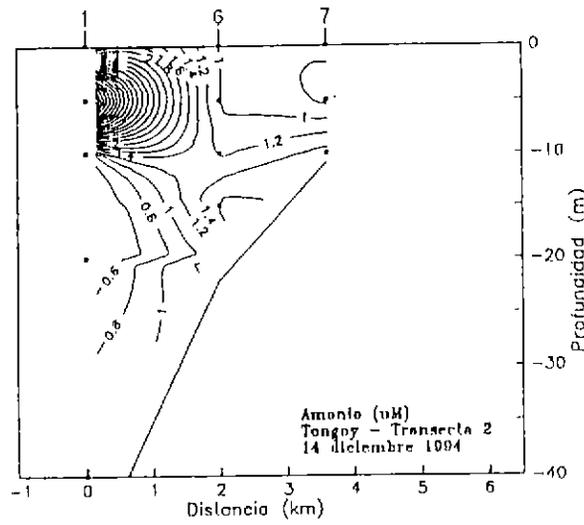
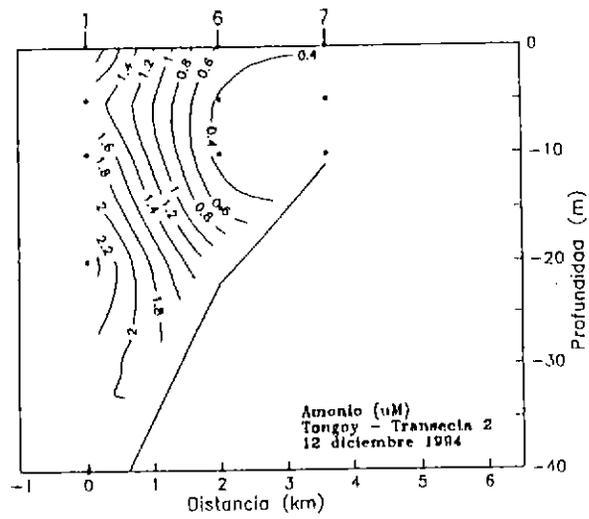


Fig. 96 Distribución vertical de amonio

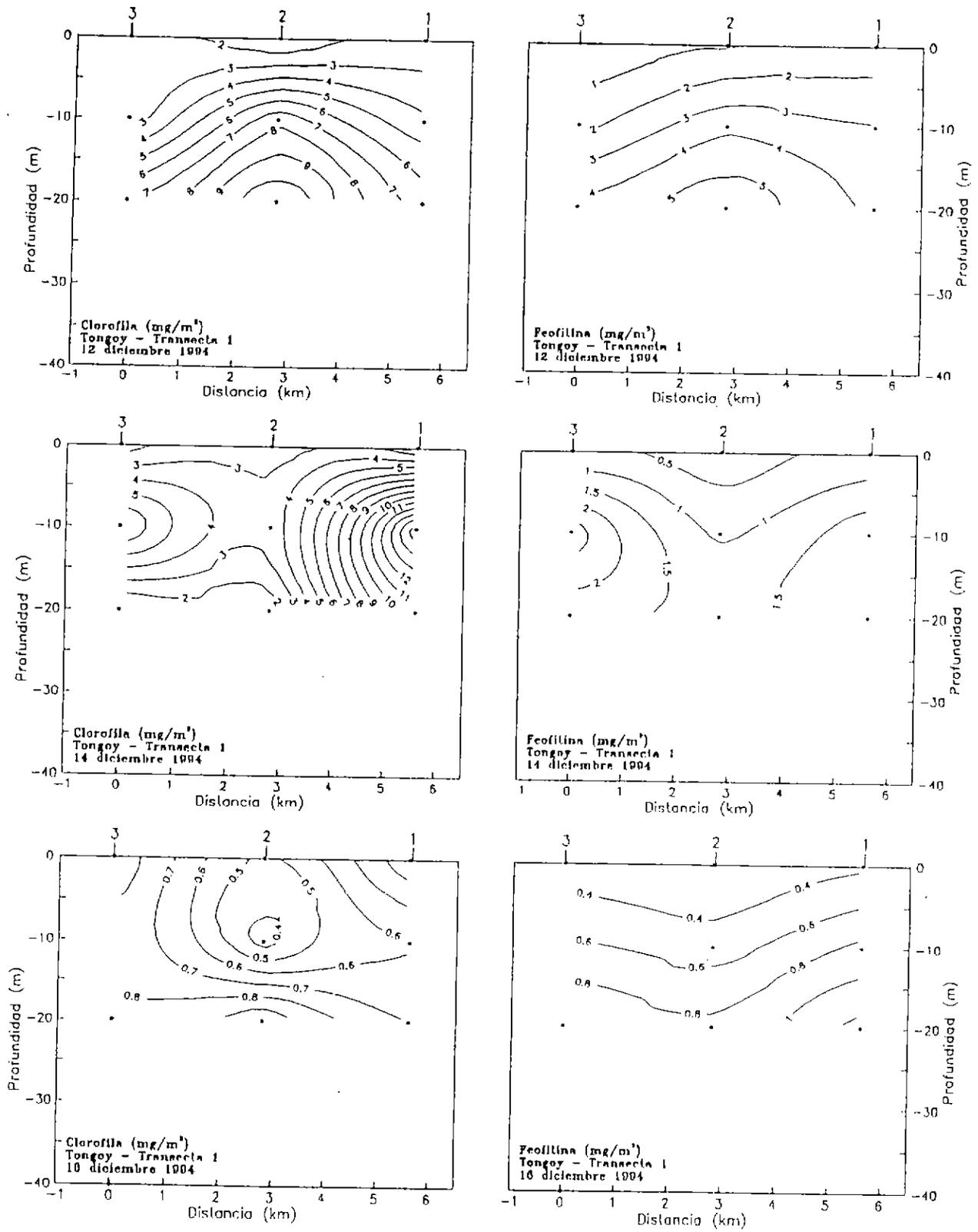


Fig. 97 Distribución vertical de Clorofila y Feofitina

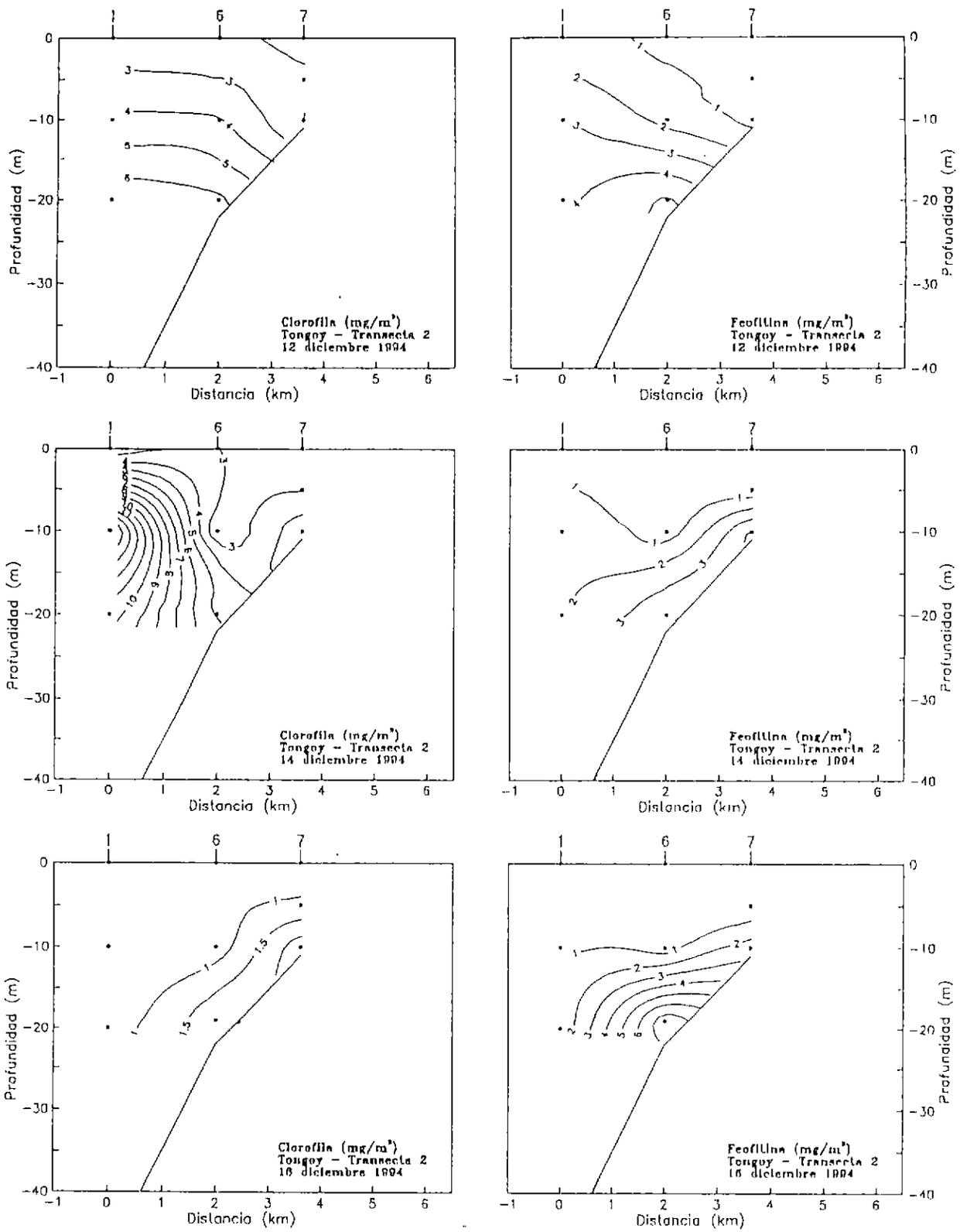


Fig. 98 Distribución vertical de clorofila y feofitina

Fig. 99 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS

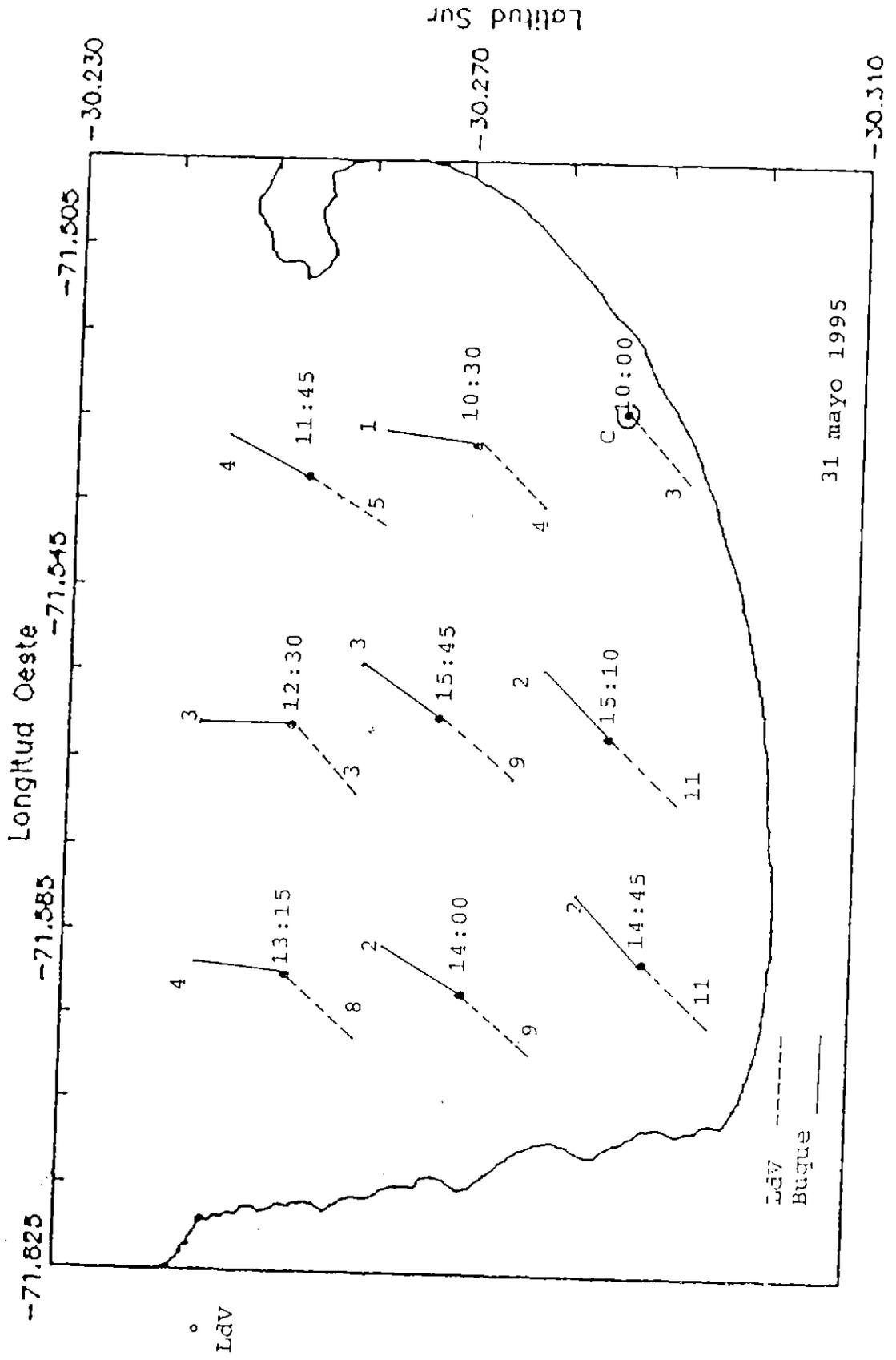
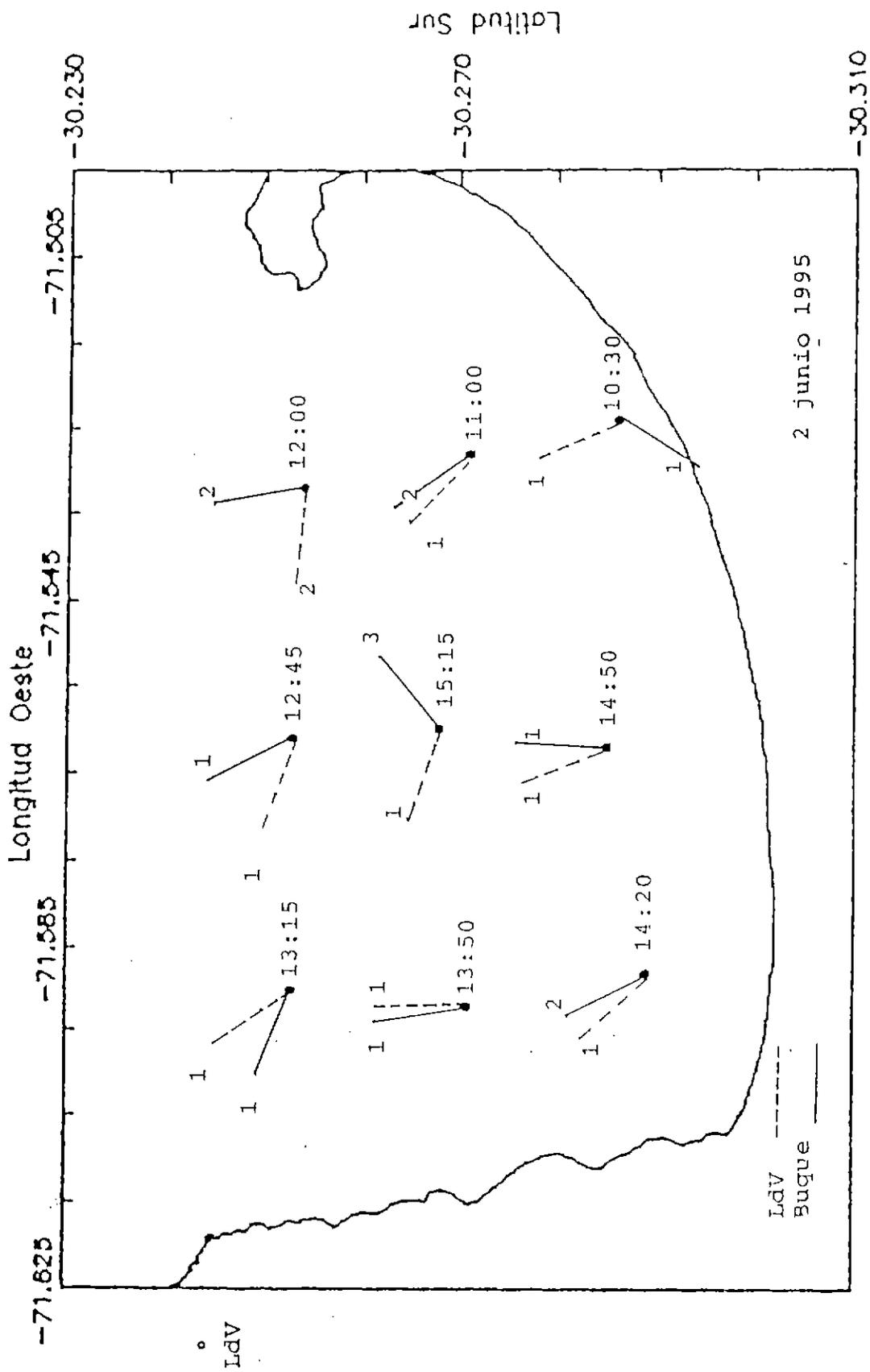


Fig. 100 DIRECCION Y VELOCIDADES DE LOS VIENTOS



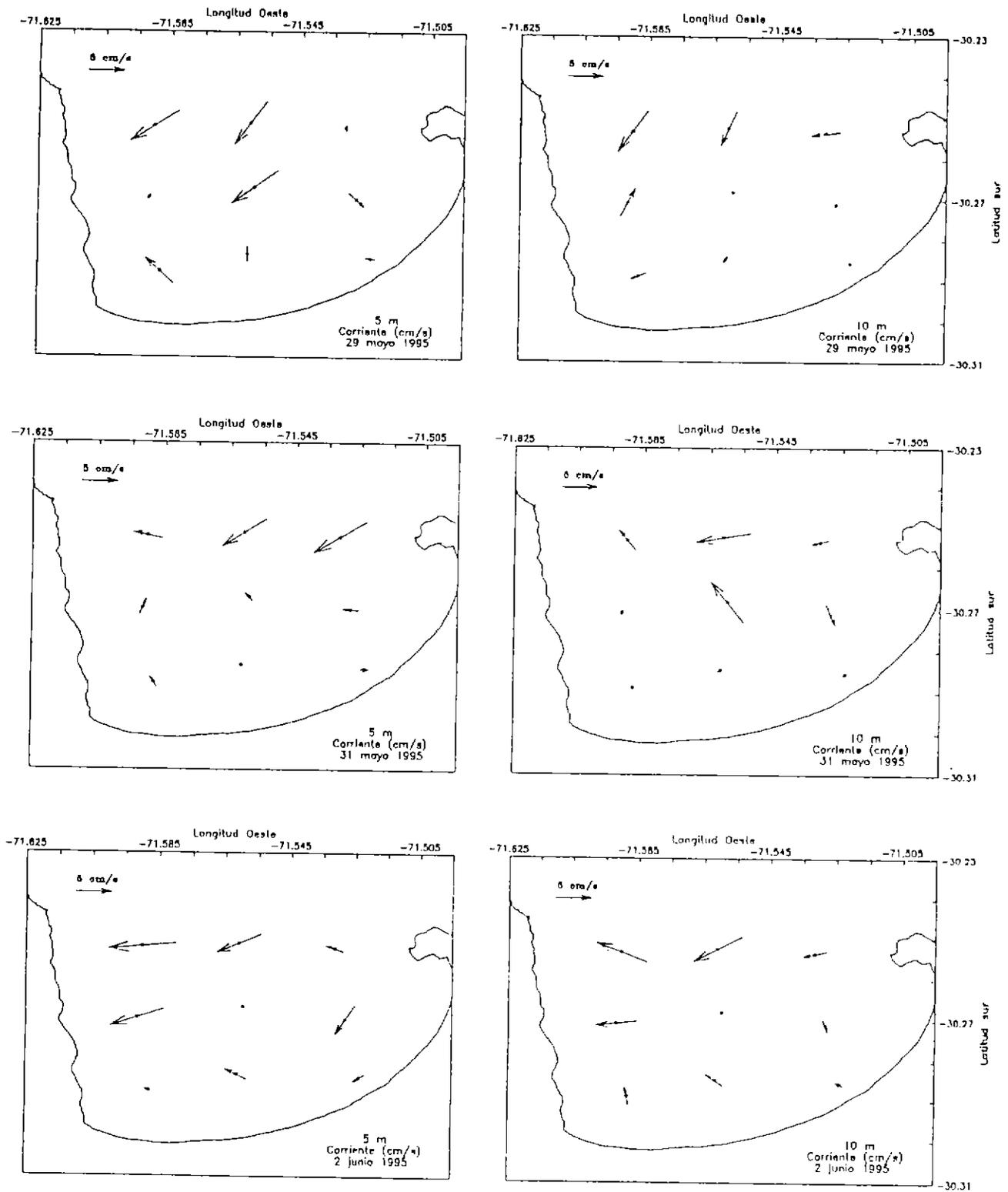


Fig. 101 Dirección e intensidad de las corrientes puntuales a 5 y 10 m

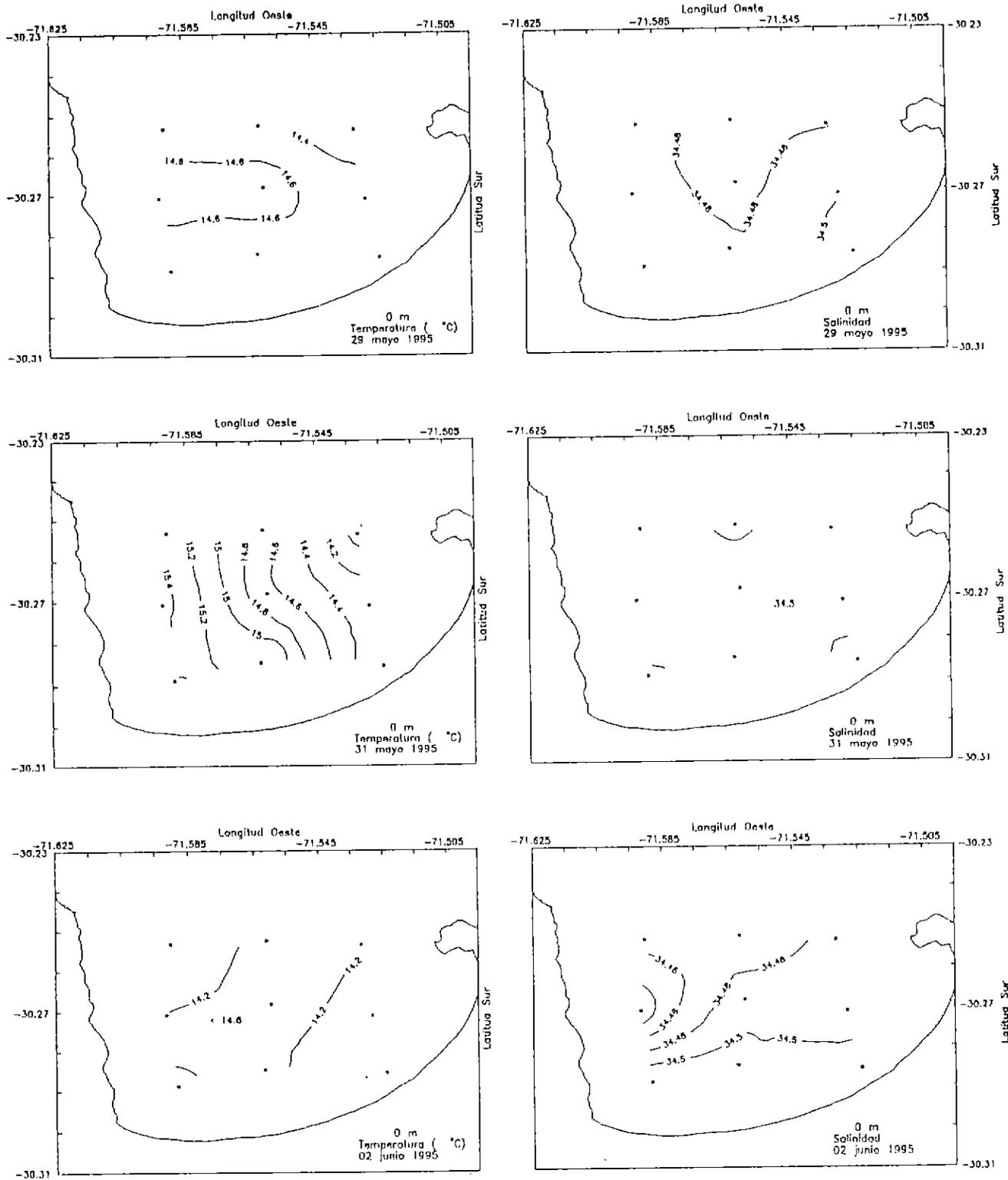


Fig. 102 Distribución superficial de temperatura y salinidad

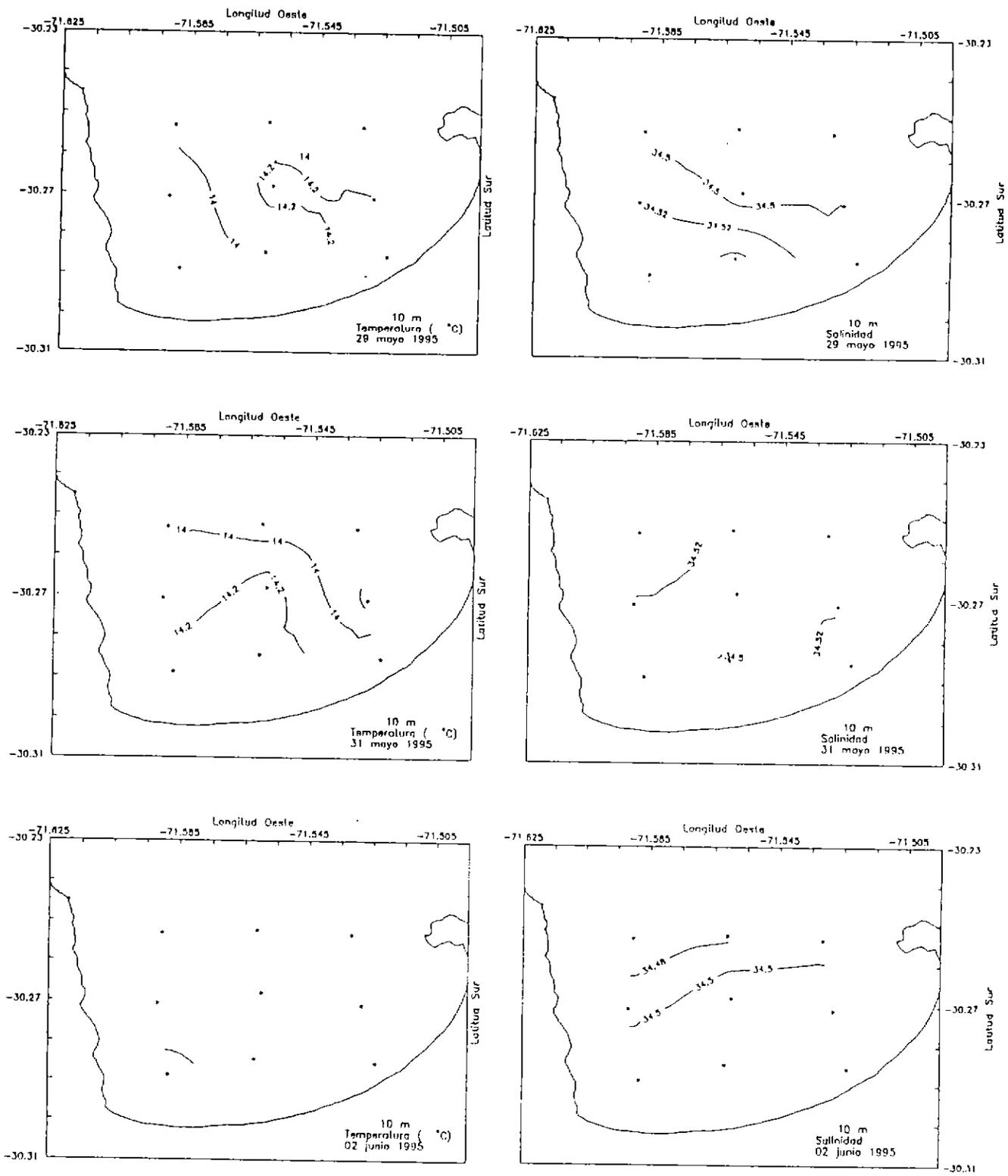


Fig. 103 Distribución de temperatura y salinidad a 10 m

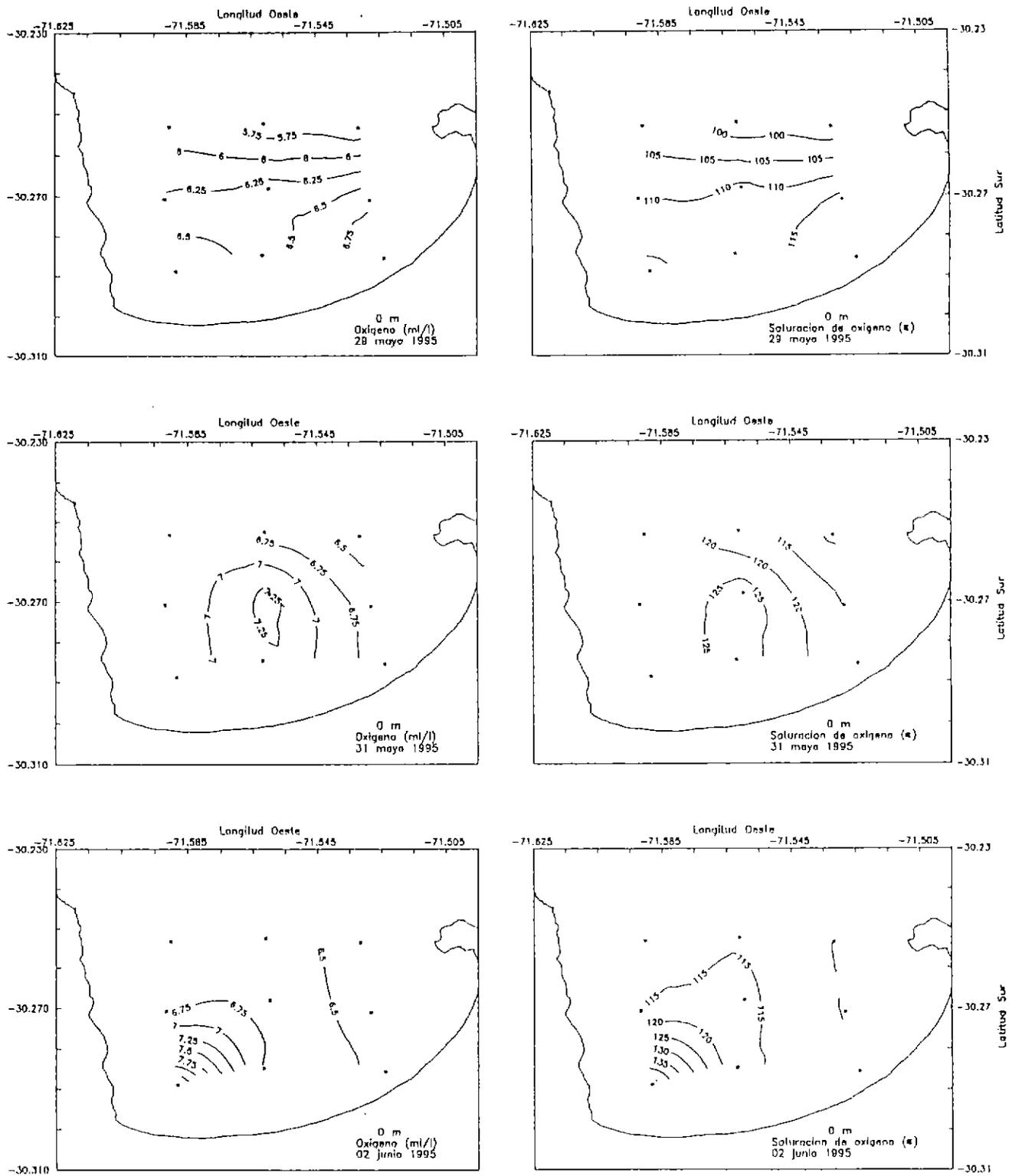


Fig. 104 Distribución superficial de oxígeno y saturación de oxígeno

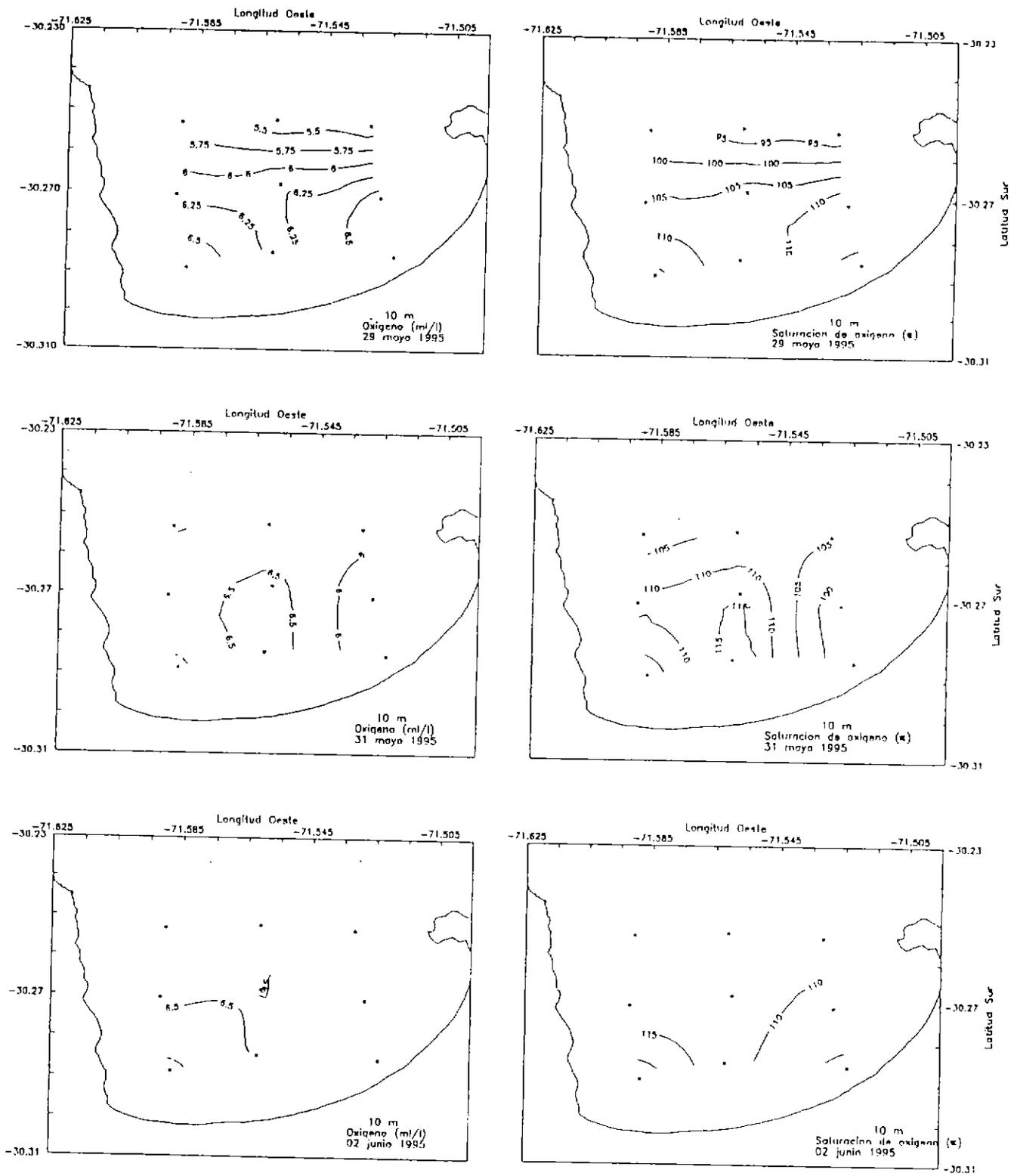


Fig. 105 Distribución de oxígeno y saturación de oxígeno a 10 m

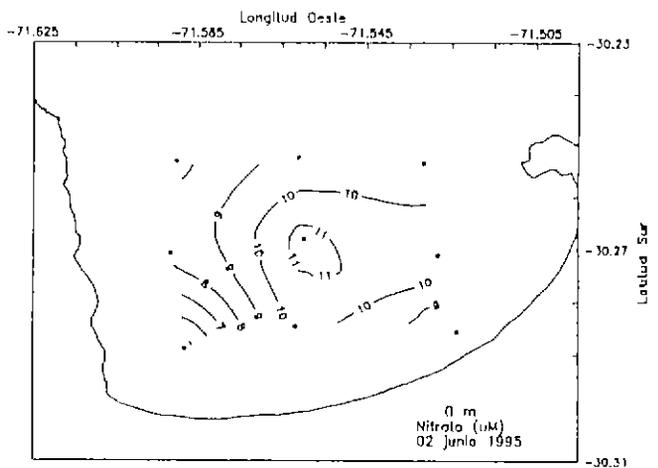
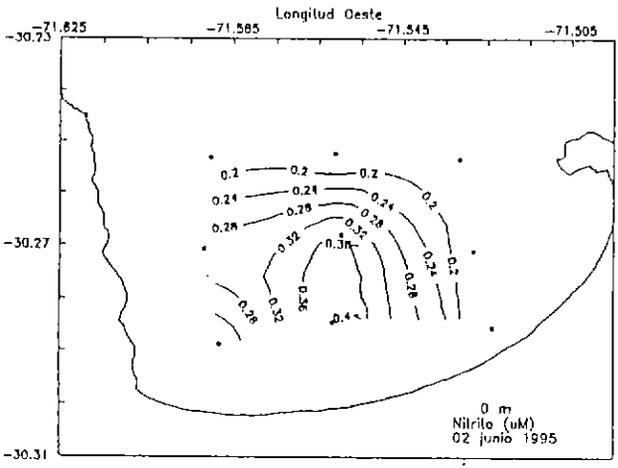
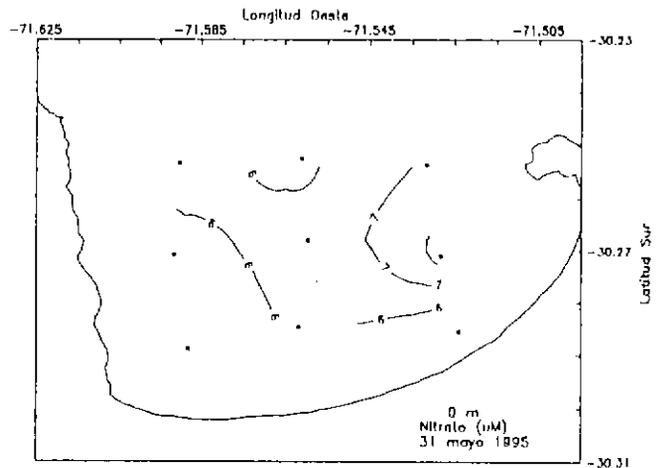
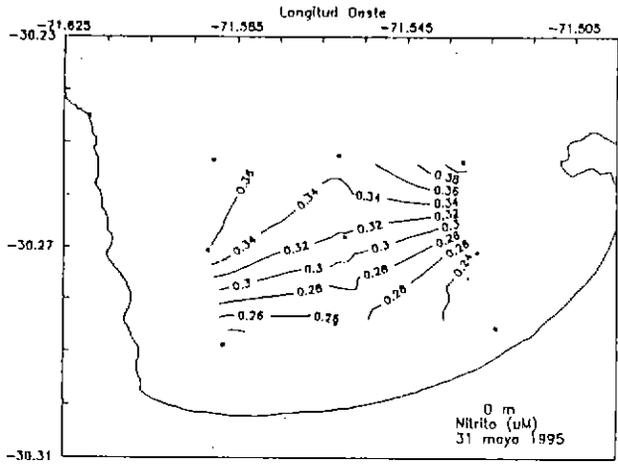
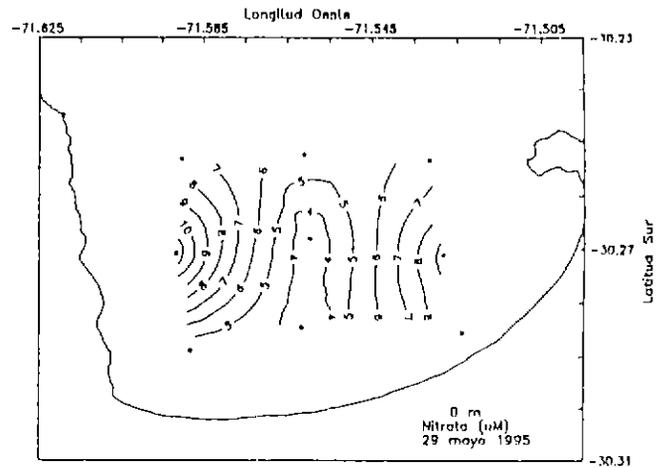
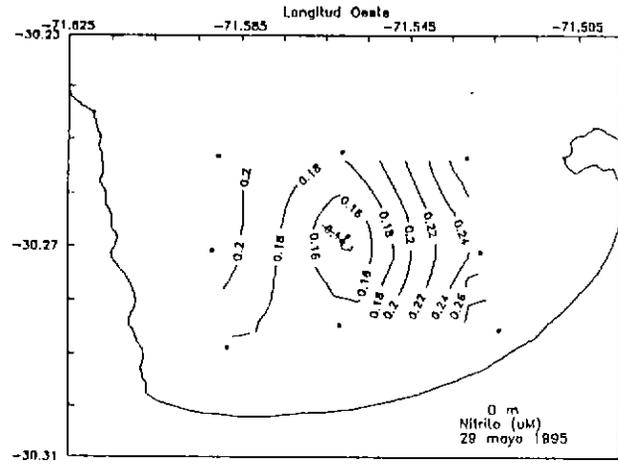


Fig. 106 Distribución superficial de nitrito y nitrato

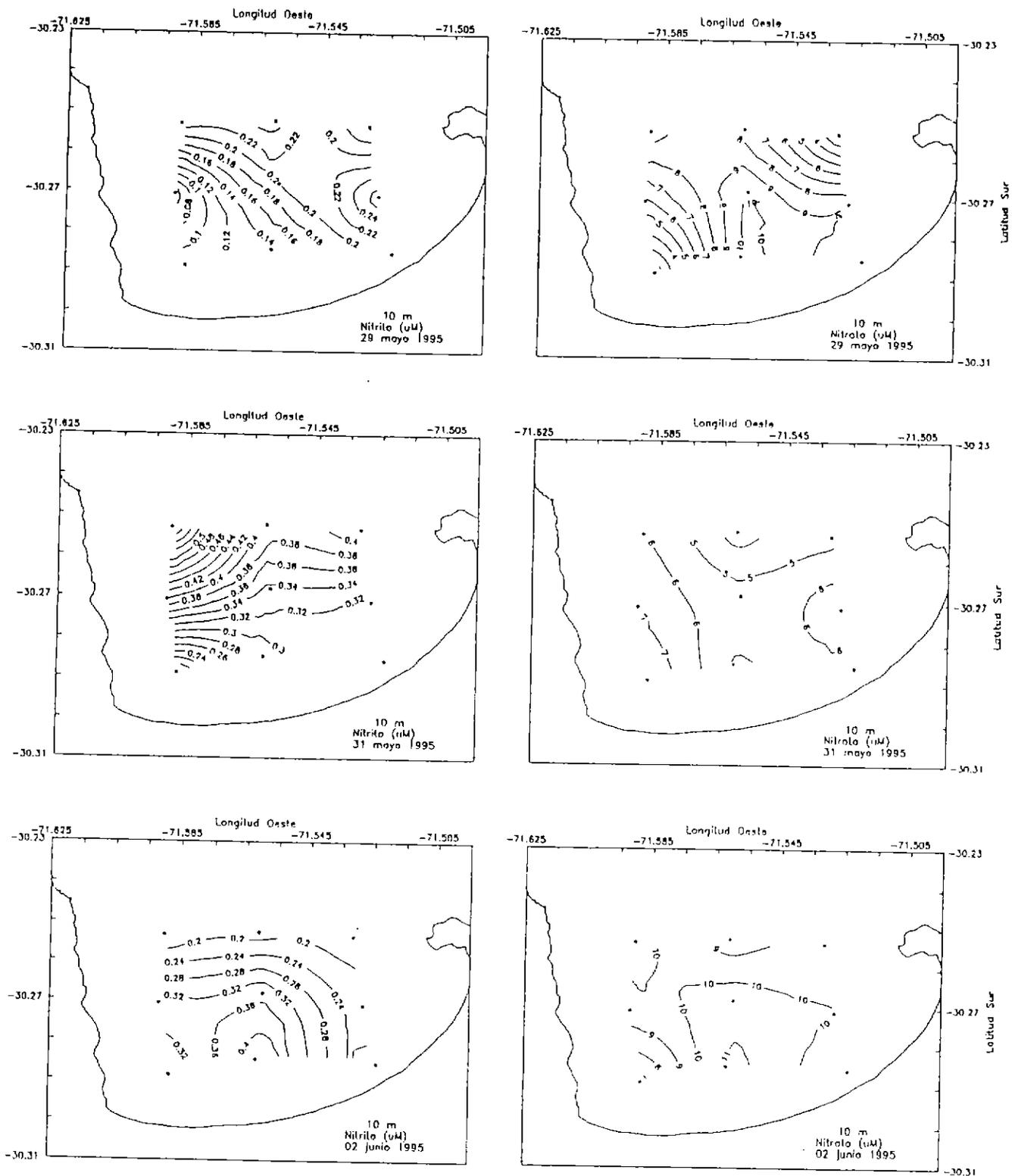


Fig. 107 Distribución de nitrito y nitrato a 10 m.

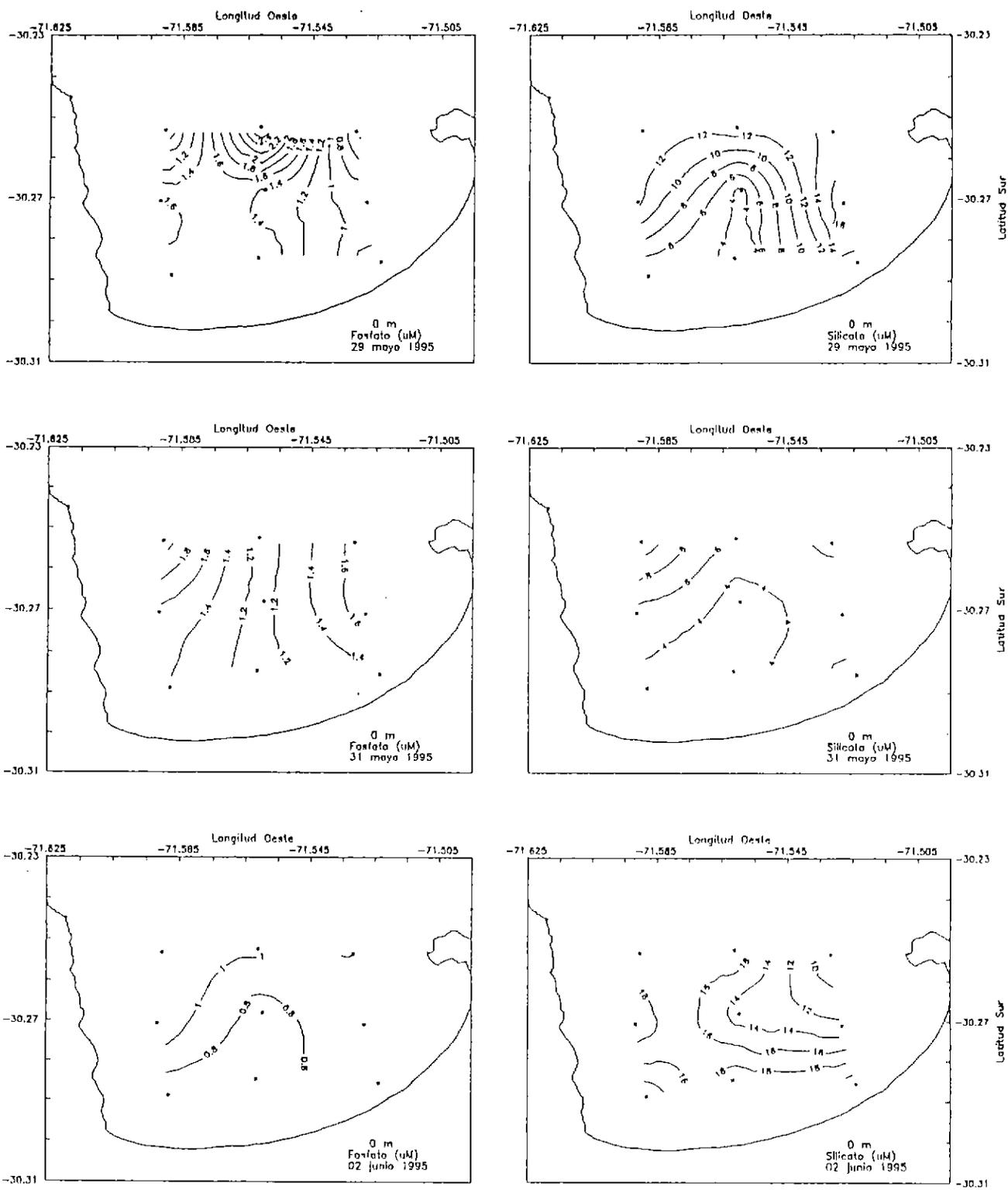


Fig. 108 Distribución superficial de fosfato y silicato

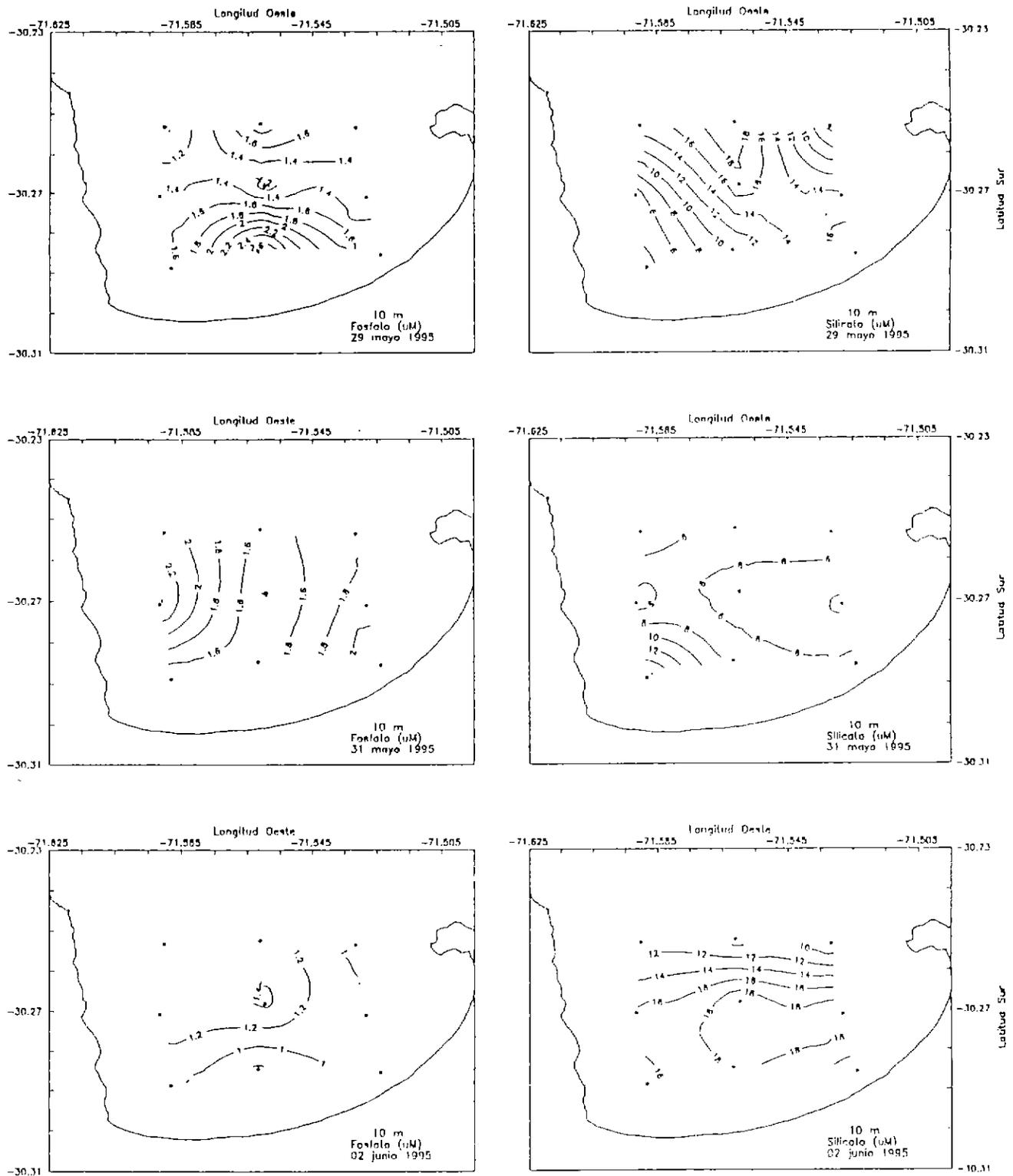
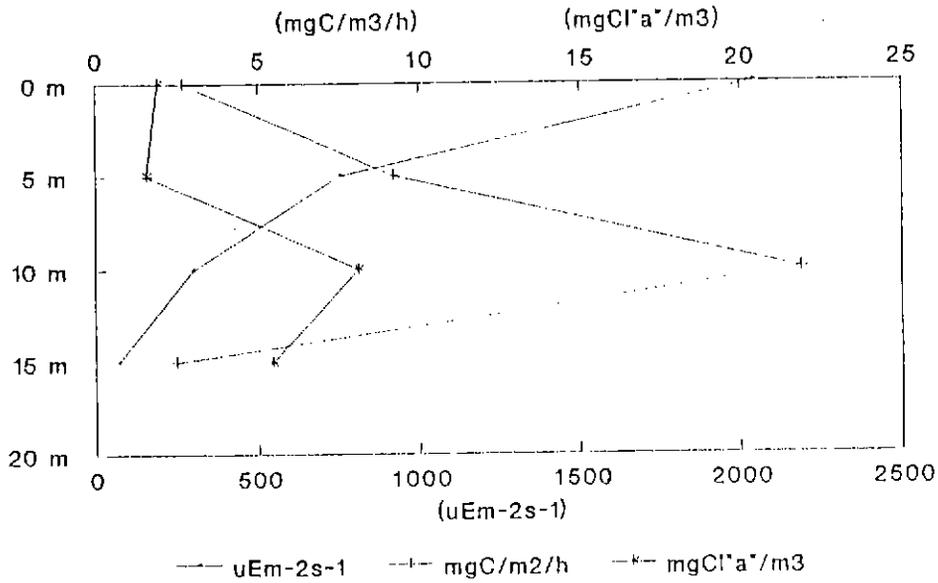


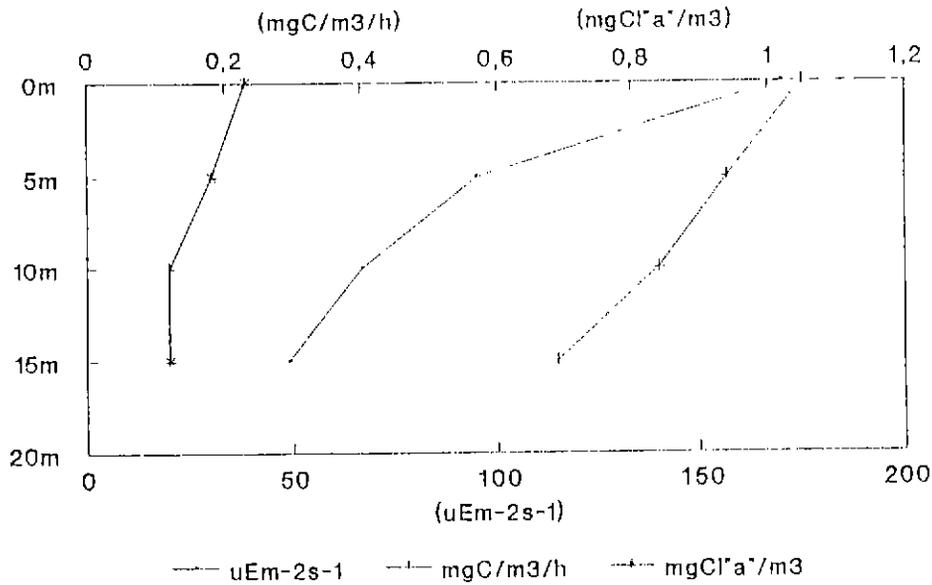
Fig. 109 Distribución de fosfato y silicato a 10 m.

Fig. 124

PRODUCCION PRIMARIA B. TONGOY 13 DE DICIEMBRE DE 1994



PRODUCCION PRIMARIA B. TONGOY 2 DE JUNIO DE 1995



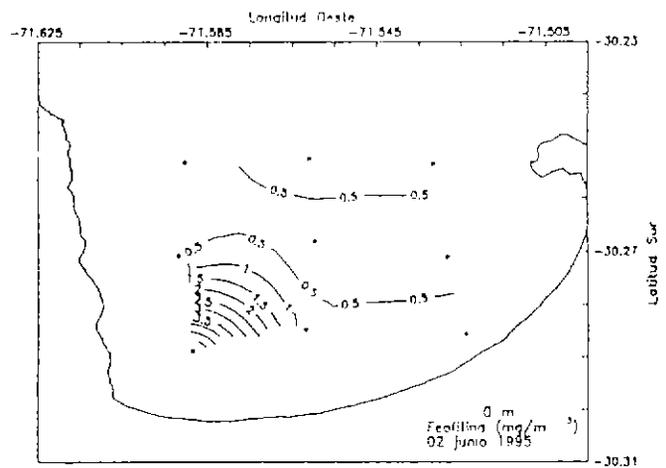
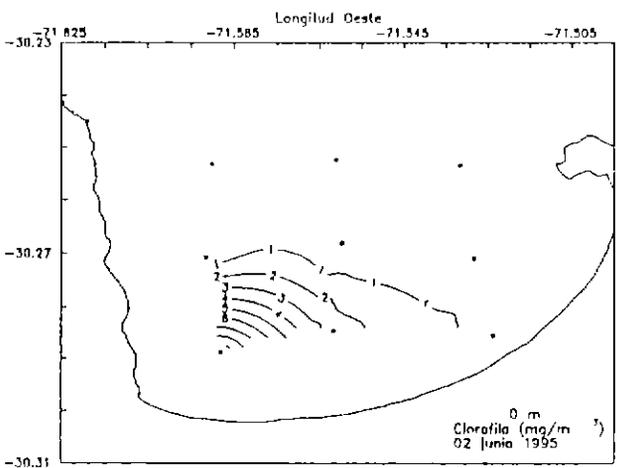
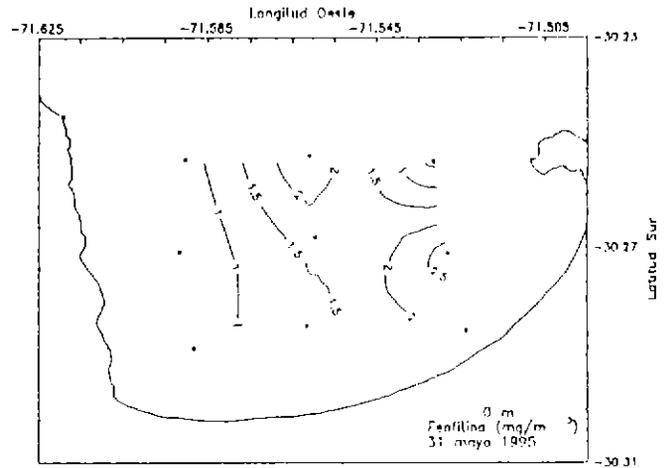
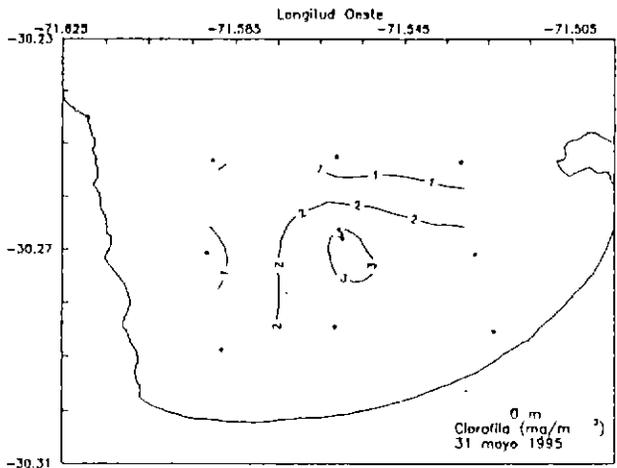
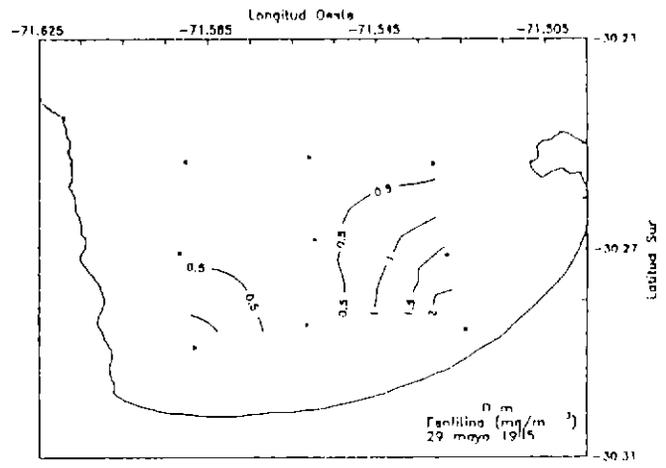
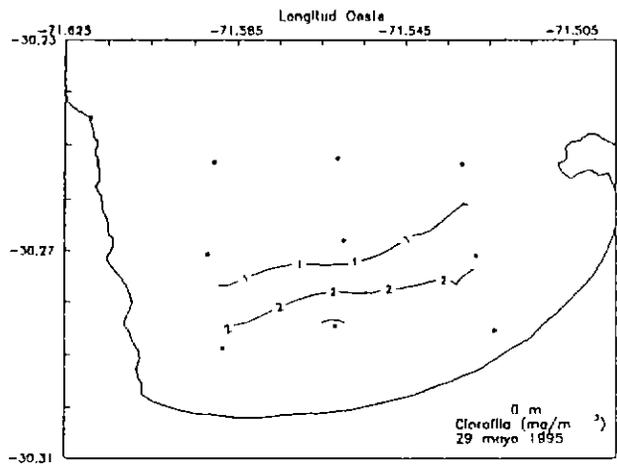


Fig. 110 Distribución de superficial de clorofila y feofitina

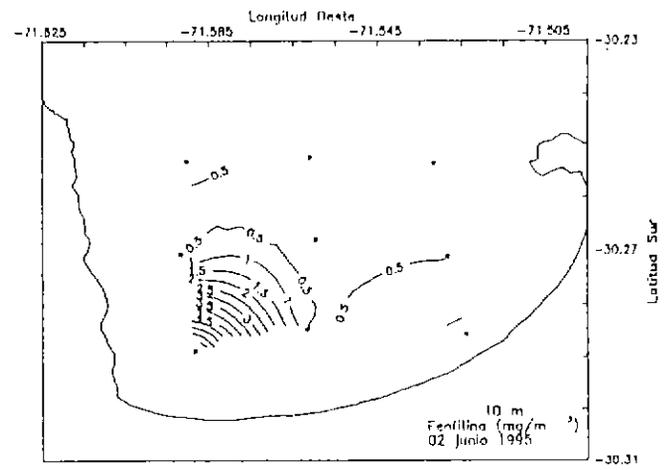
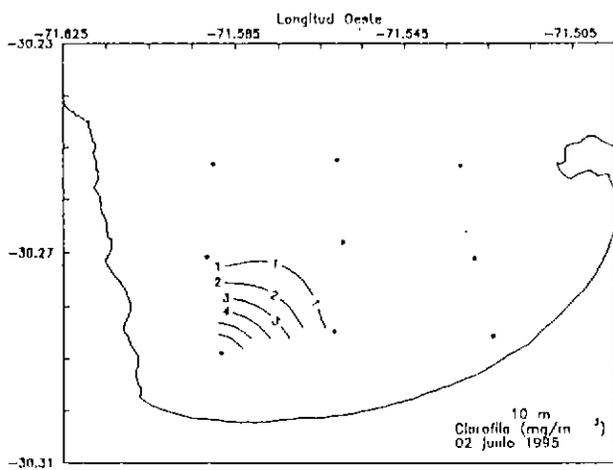
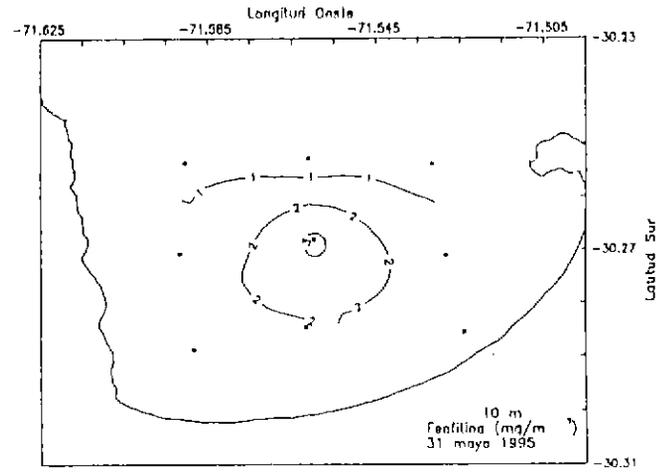
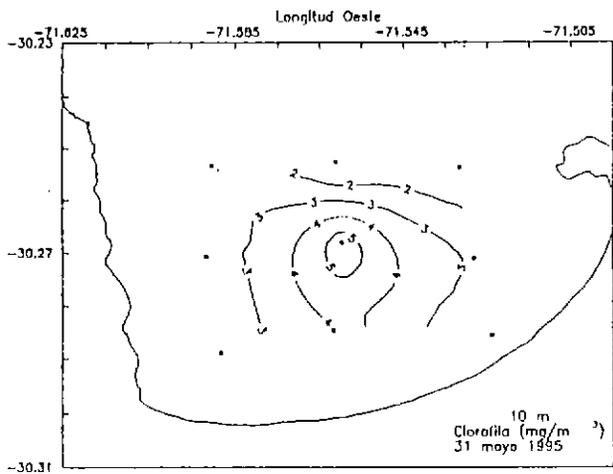
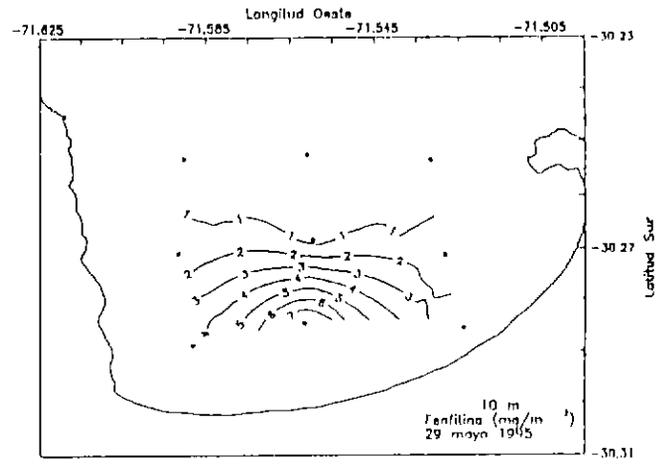
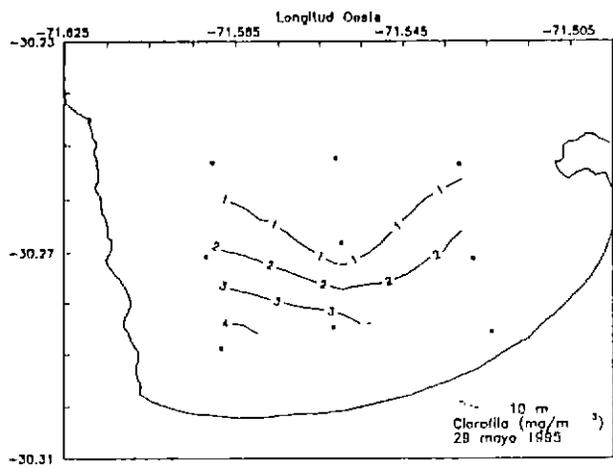


Fig. 111 Distribución de clorofila y feofitina a 10 m.

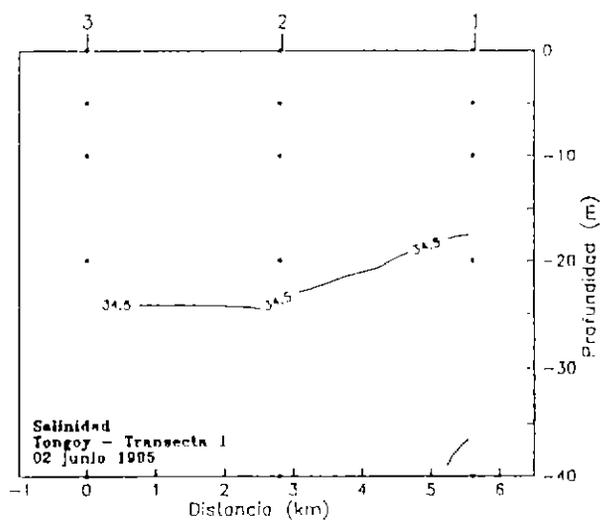
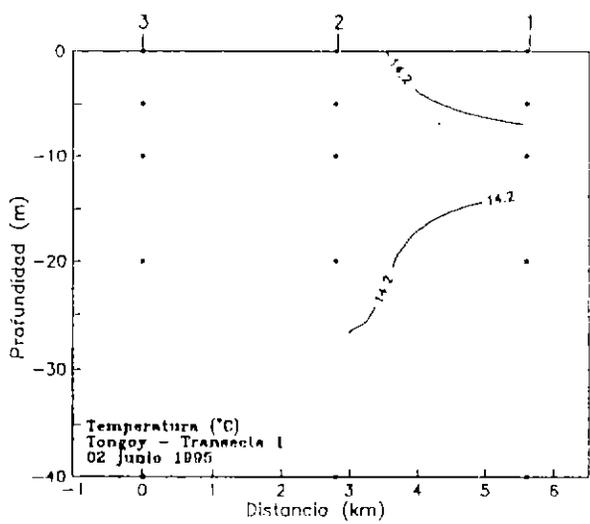
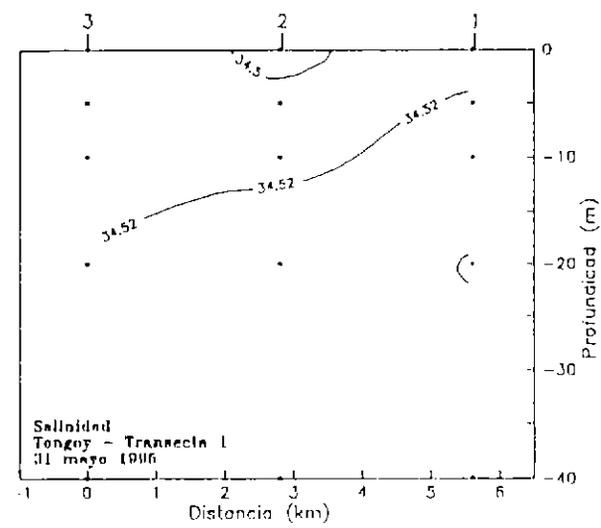
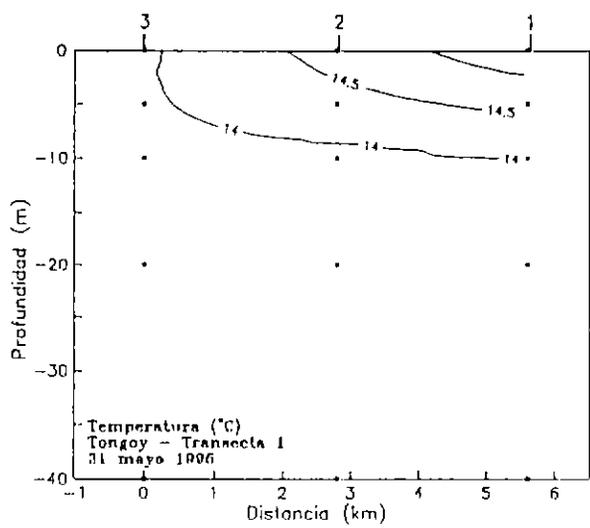
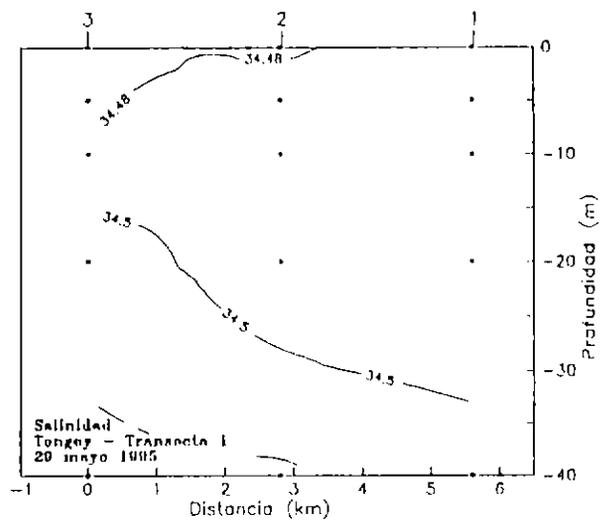
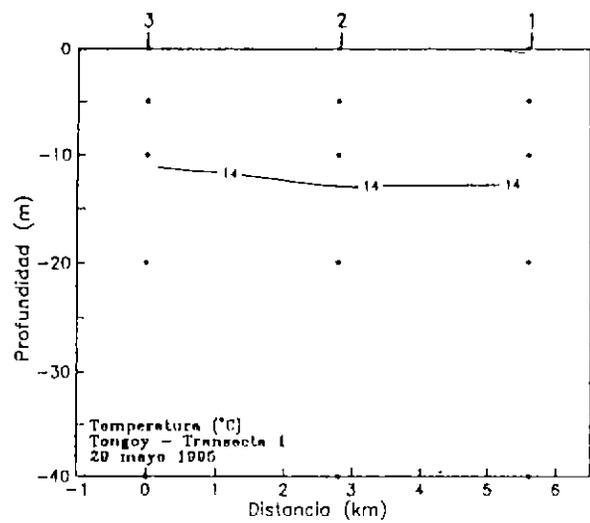


Fig. 112 Distribución vertical de temperatura y salinidad

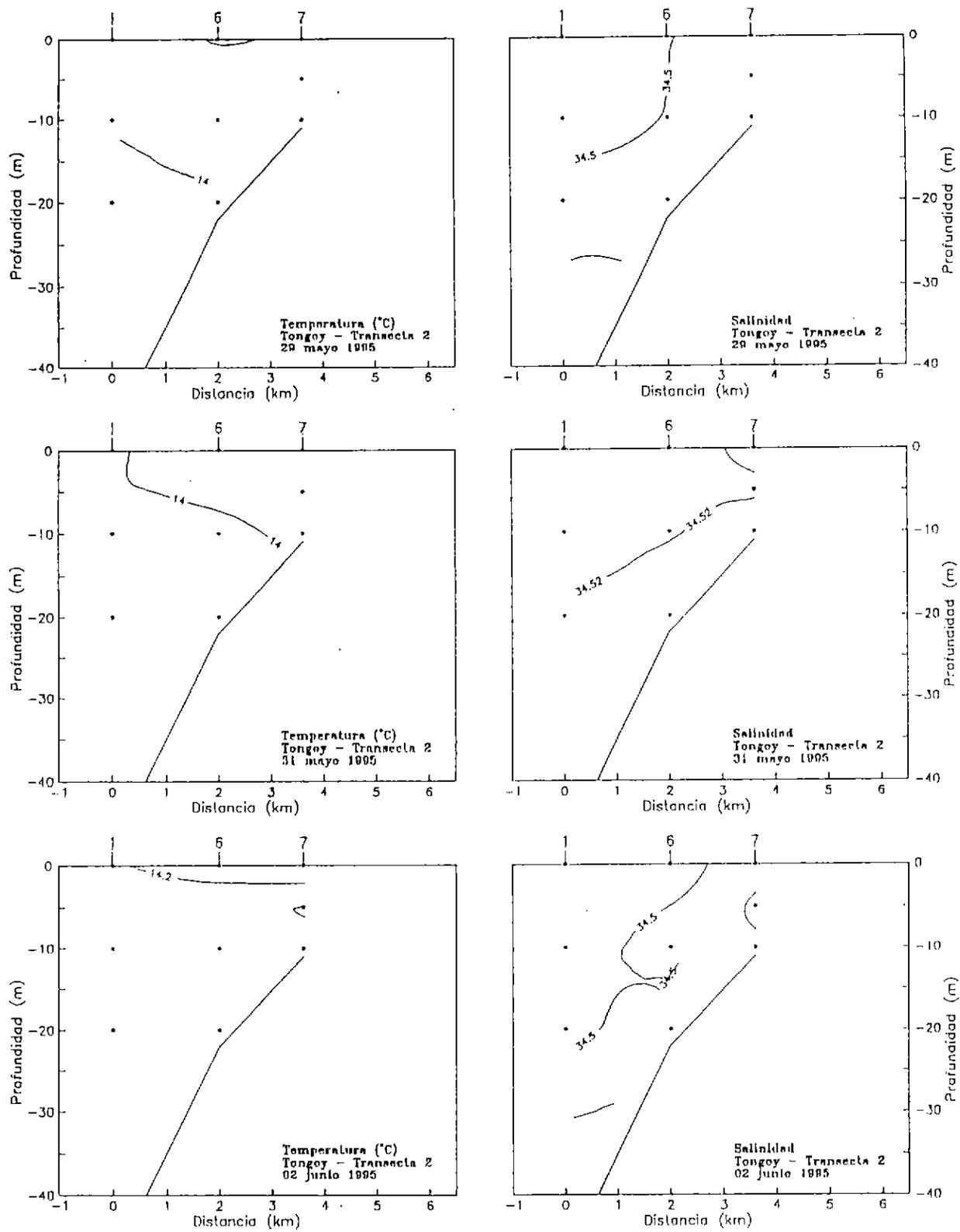


Fig. 113 Distribución vertical de temperatura y salinidad

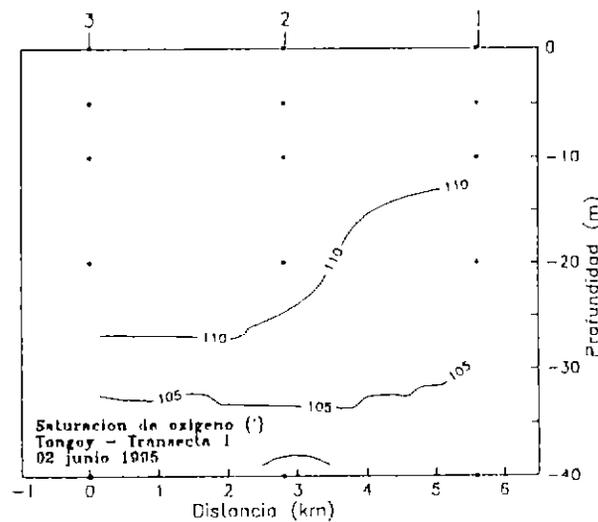
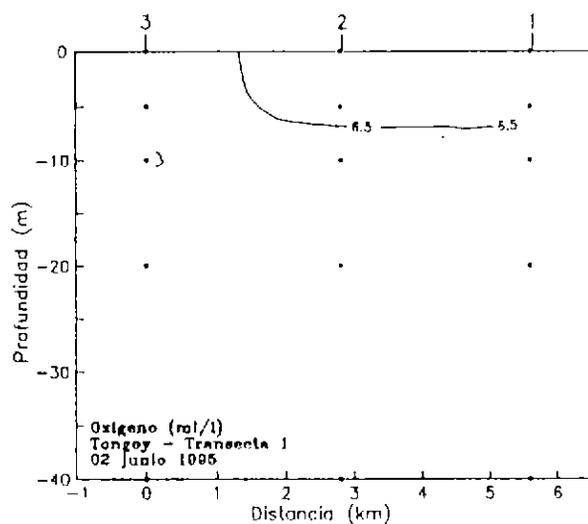
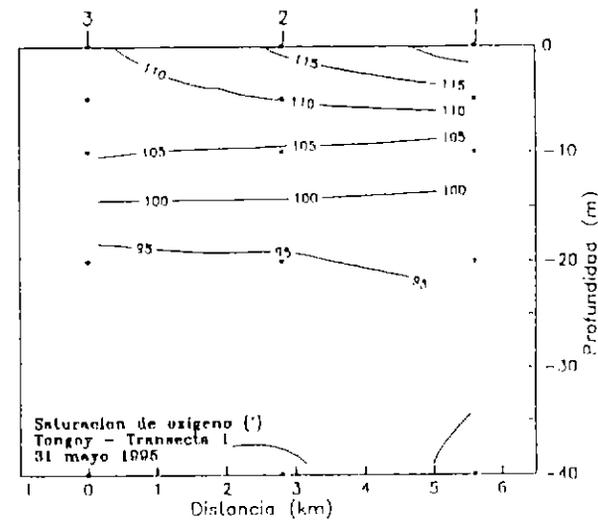
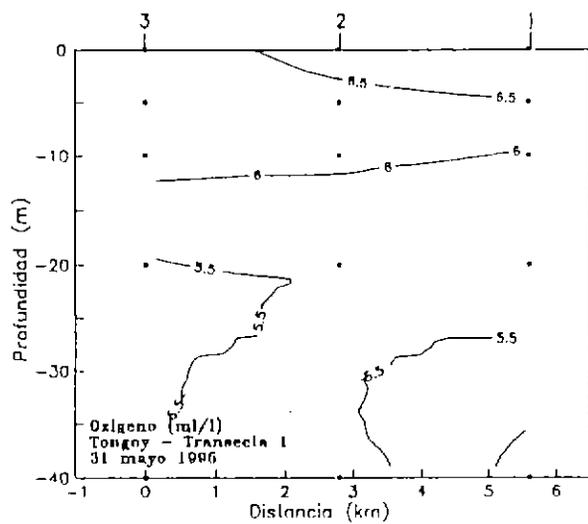
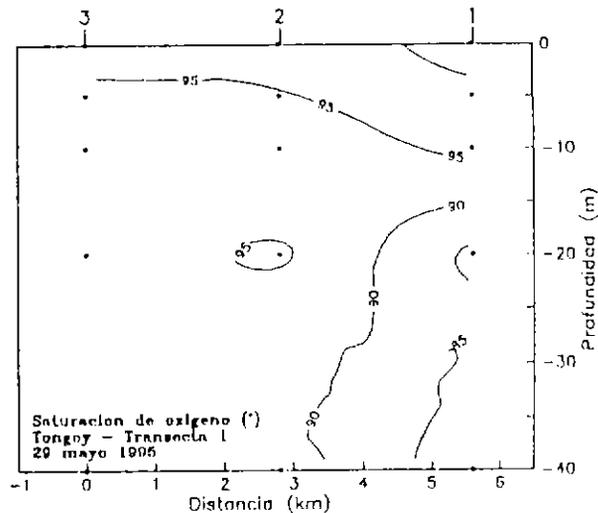
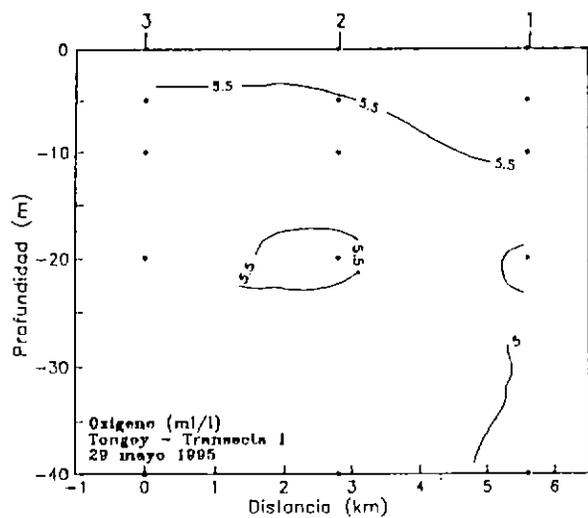


Fig. 114 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

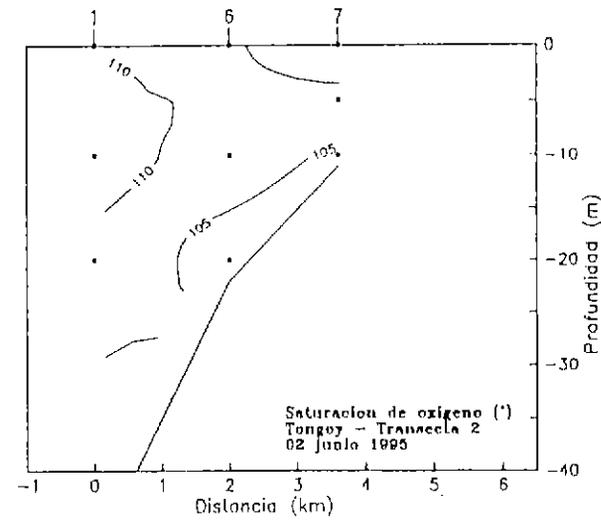
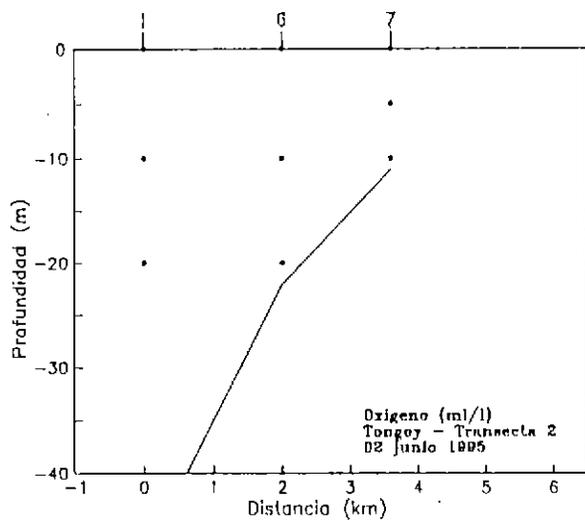
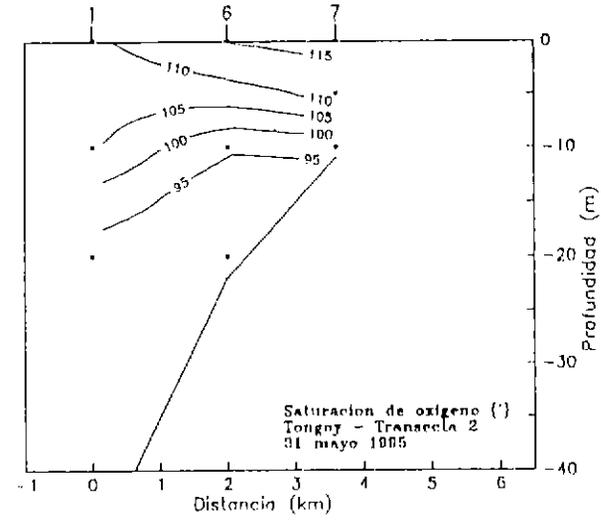
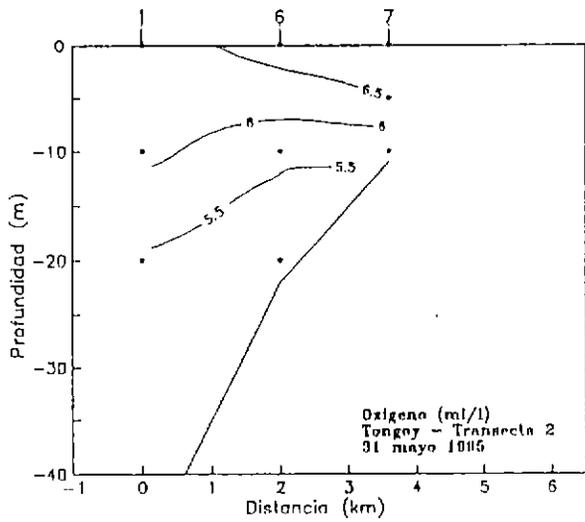
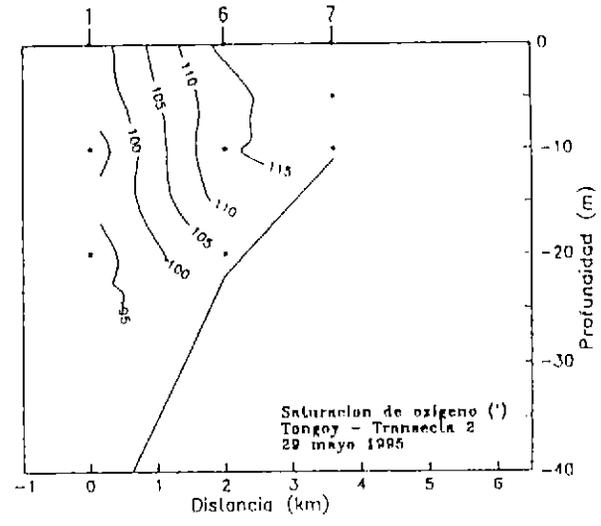
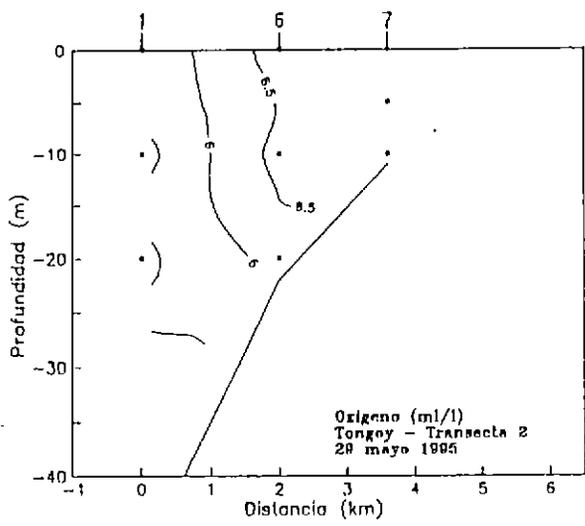


Fig. 115 Distribución vertical de oxígeno y saturación de oxígeno

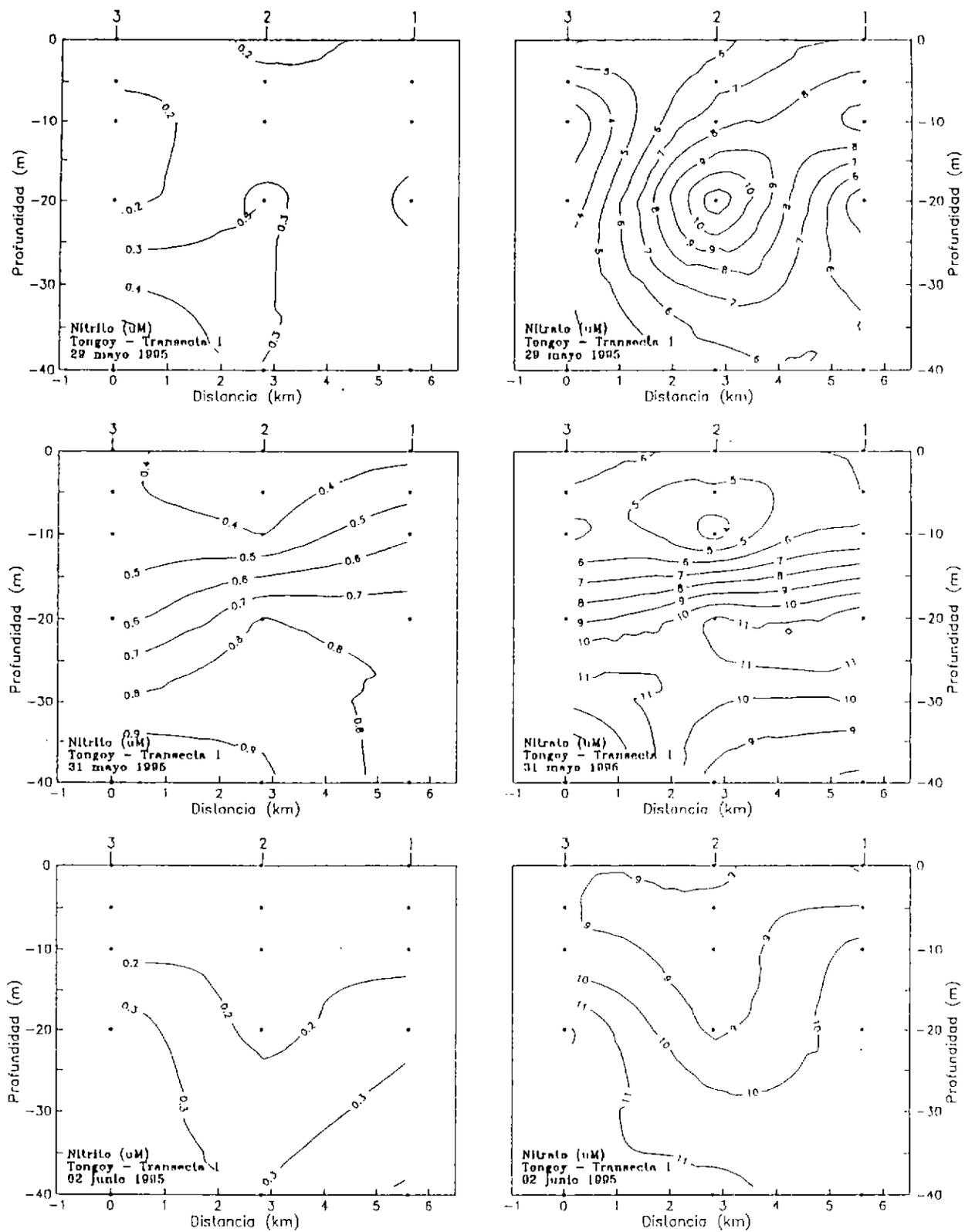


Fig. 116 Distribución vertical de nitrito y nitrato

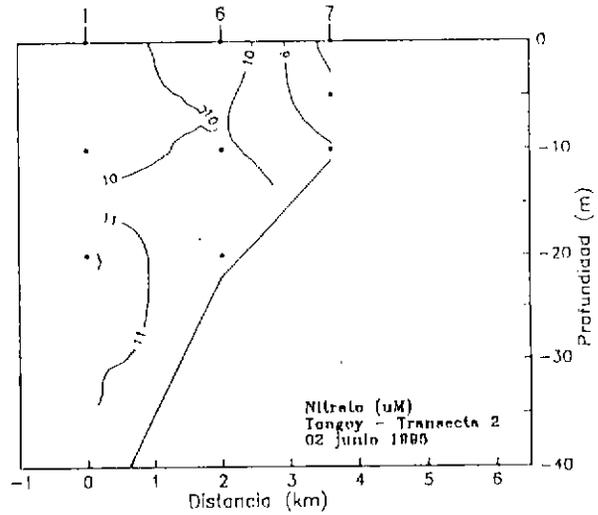
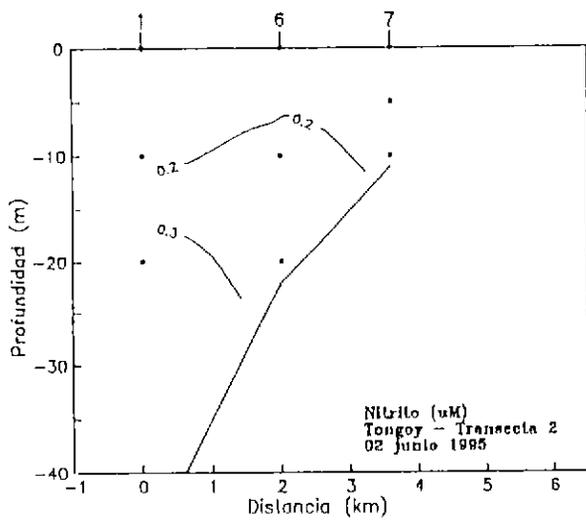
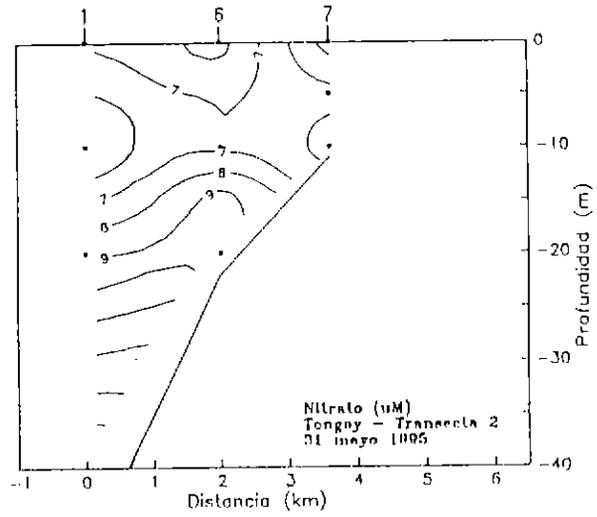
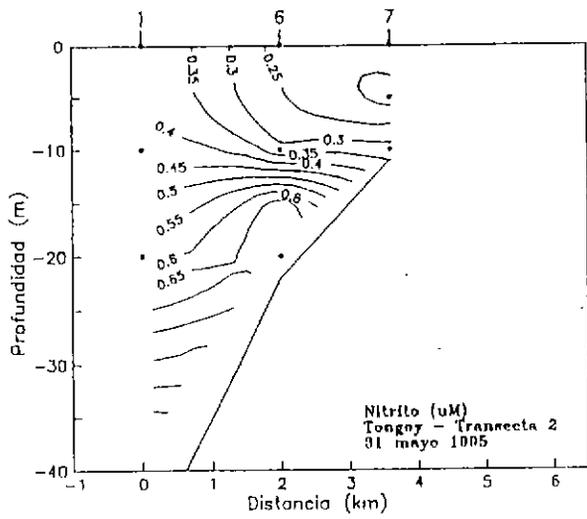
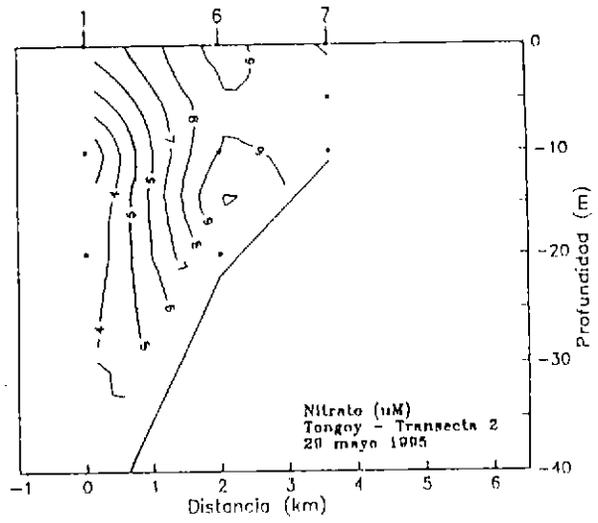
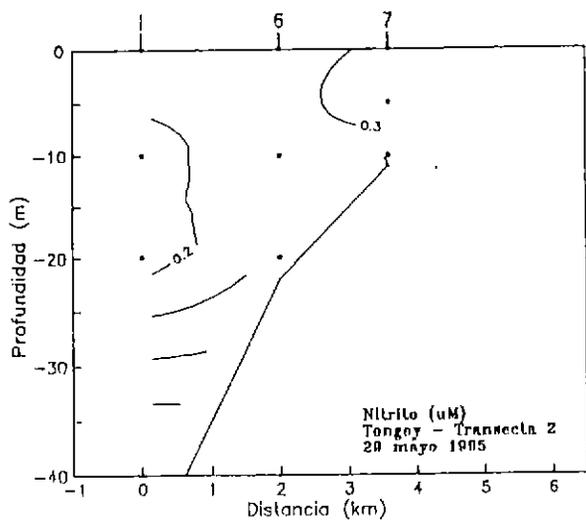


Fig. 117 Distribución vertical de nitrito y nitrato

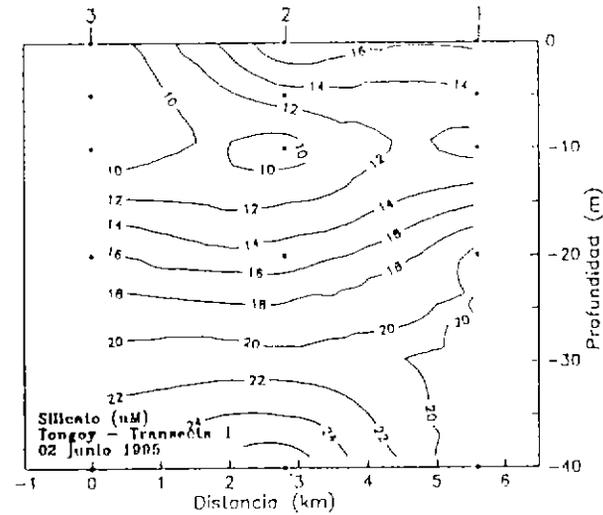
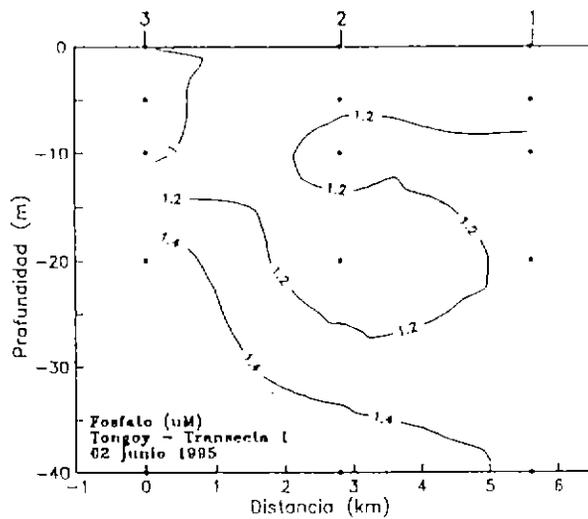
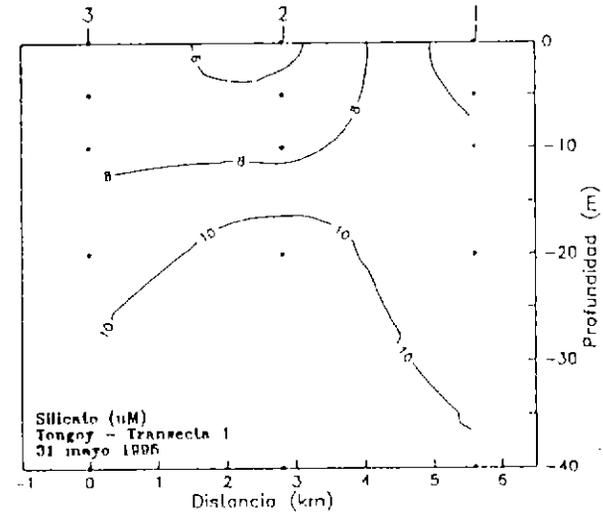
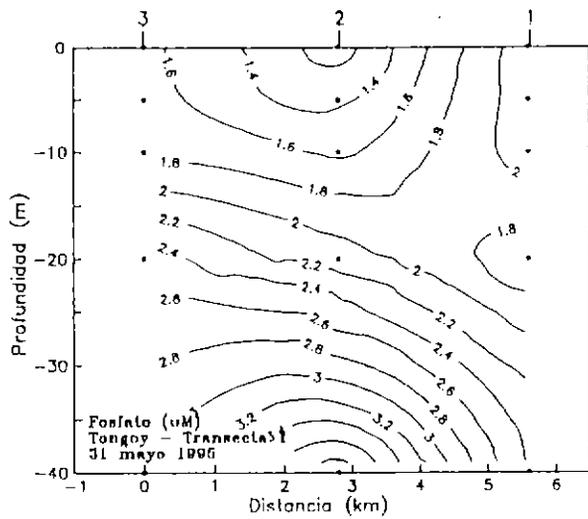
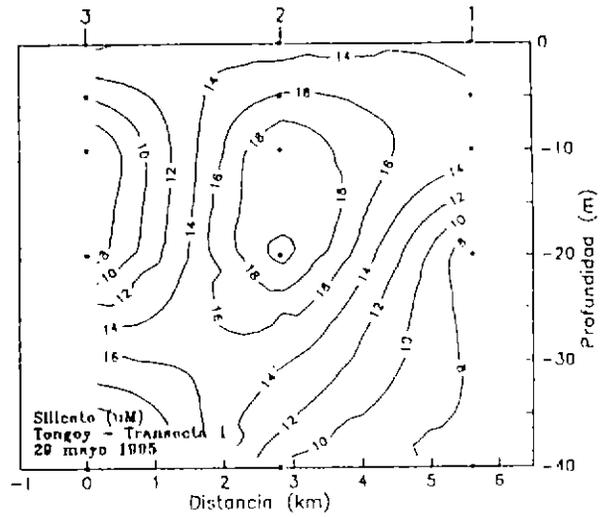
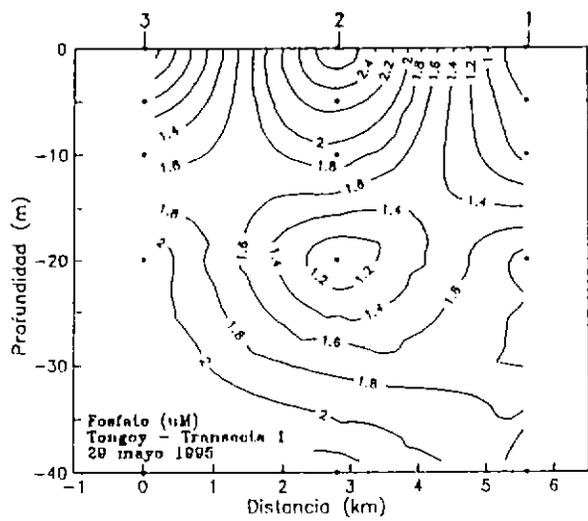


Fig. 118 Distribución vertical de fosfato y silicato

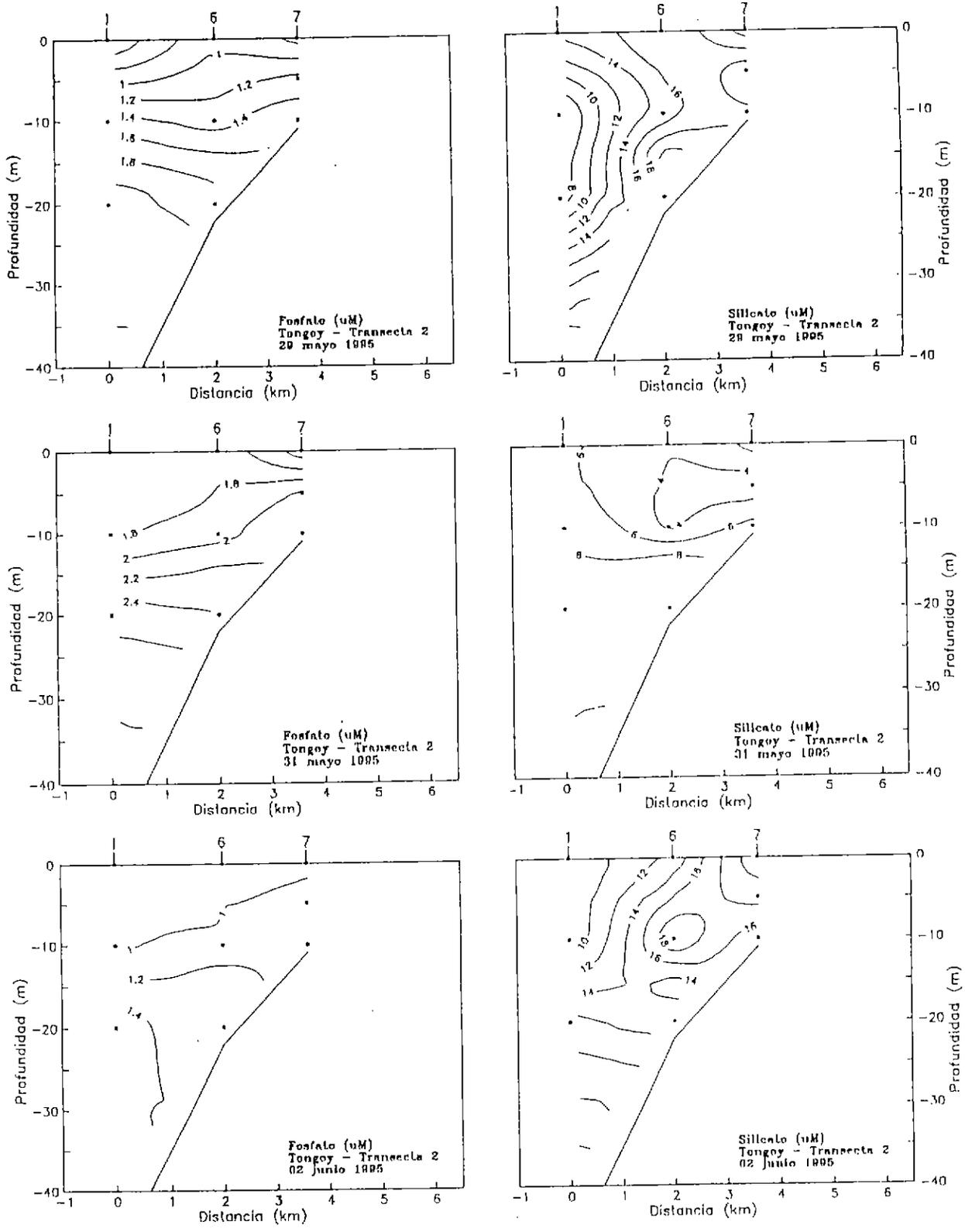


Fig. 119 Distribución vertical de Fosfato y silicato

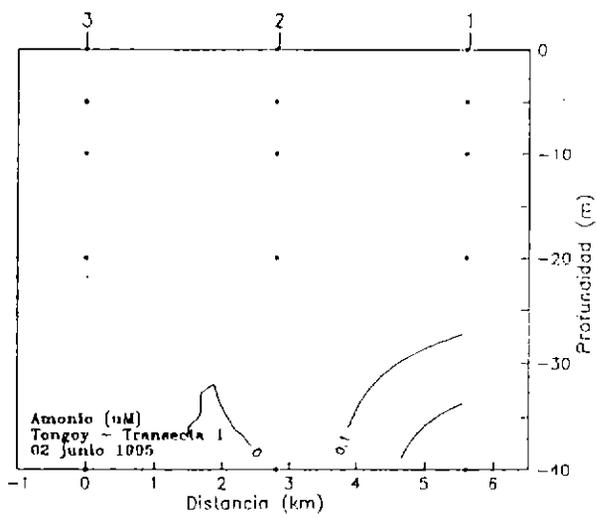
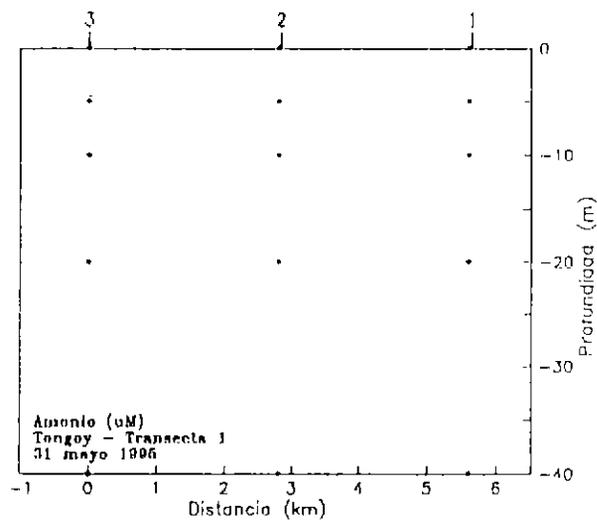
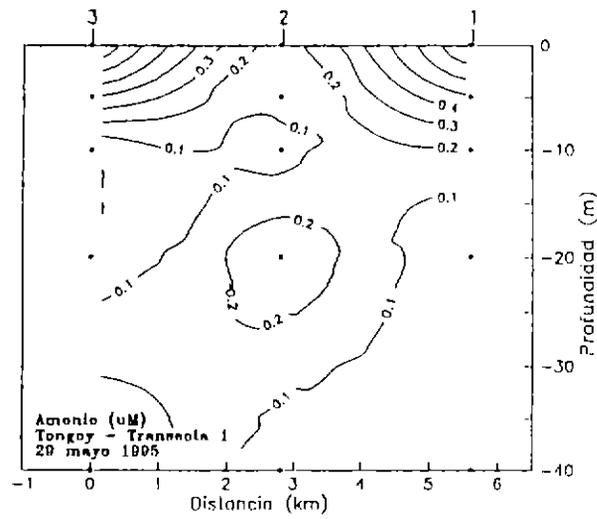


Fig. 120 Distribución vertical de amonio

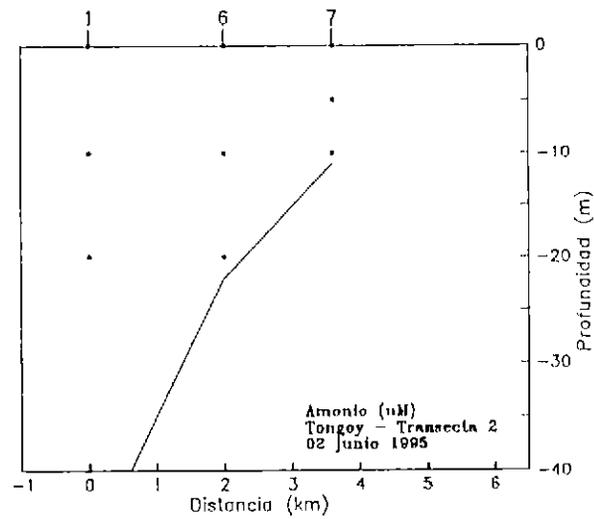
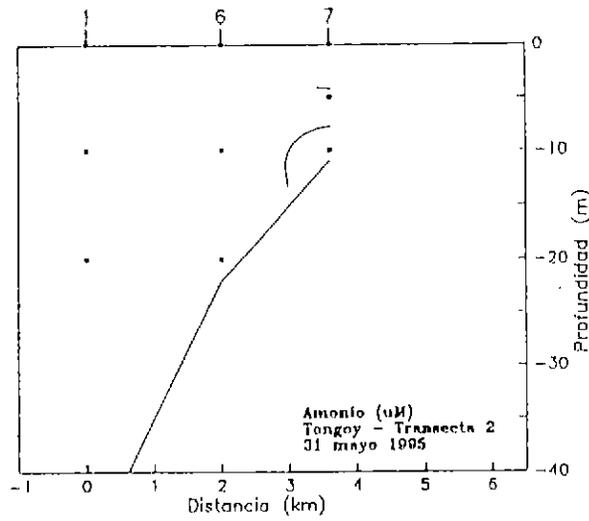
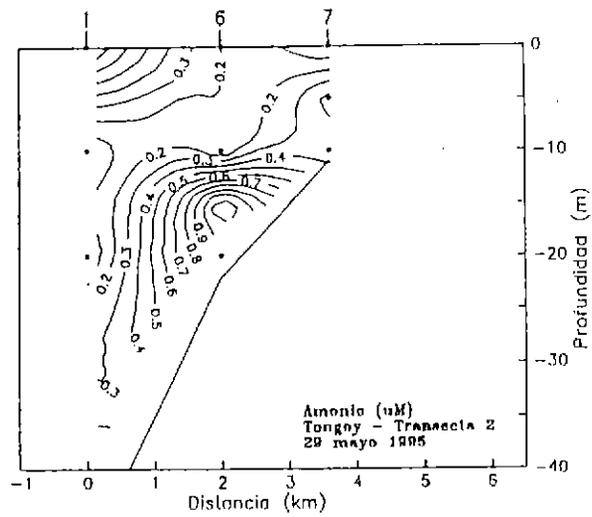


Fig. 121 Distribución vertical de amonio

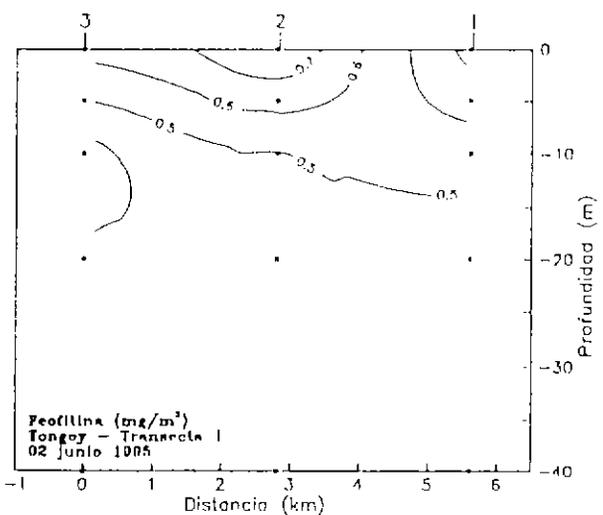
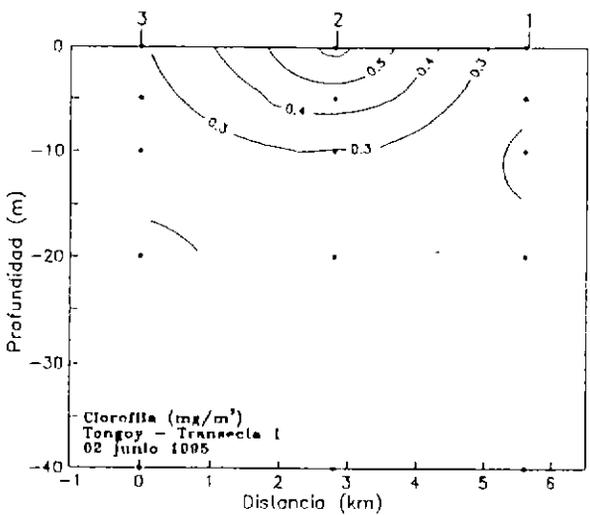
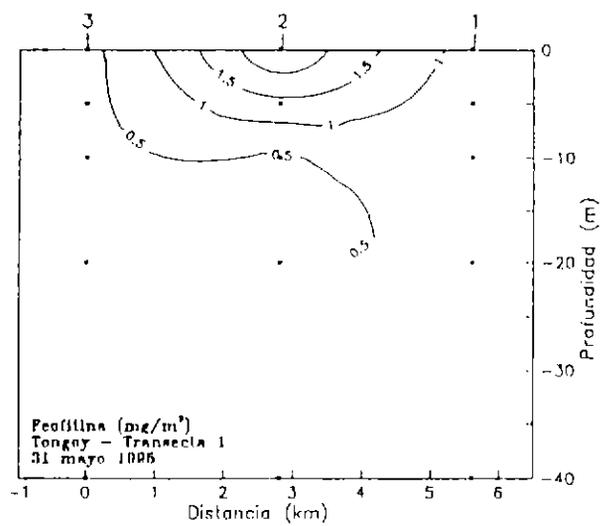
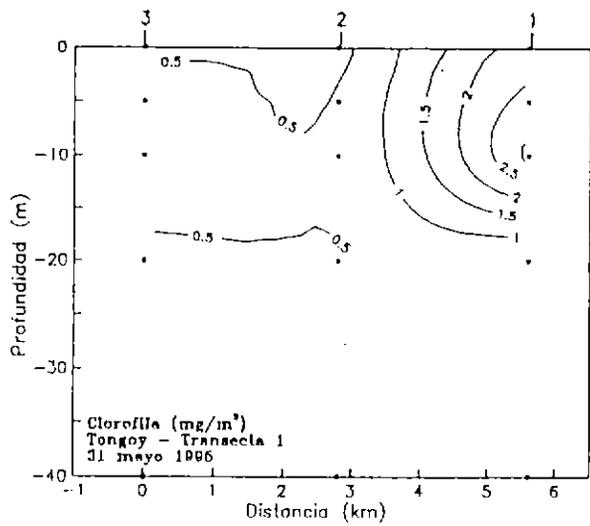
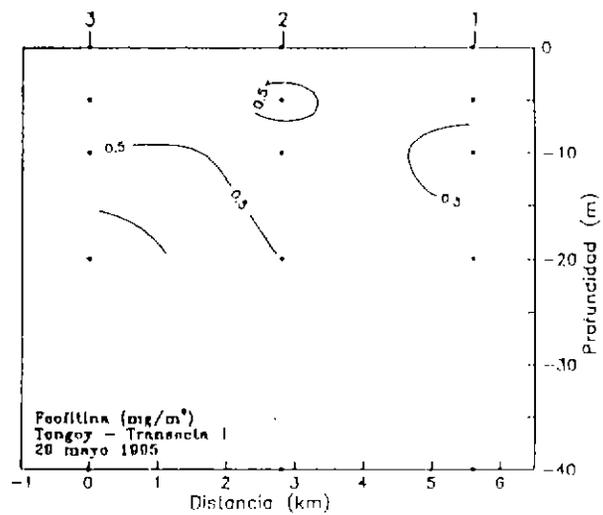
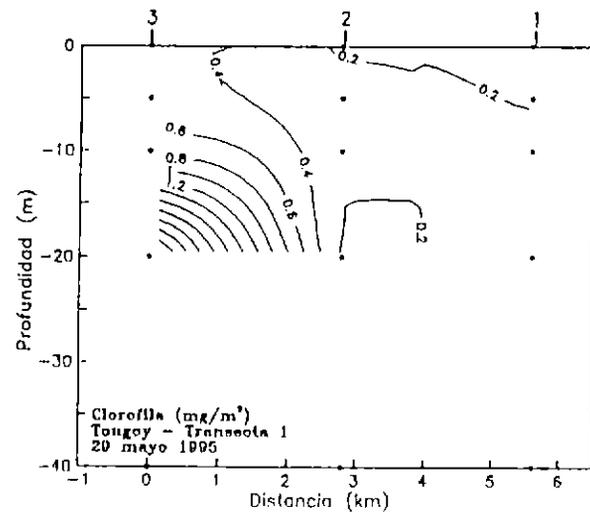


Fig. 122 Distribución vertical de clorofila y feofitina

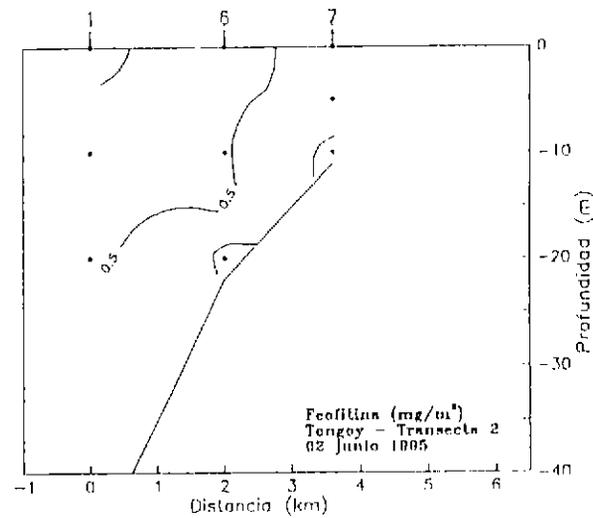
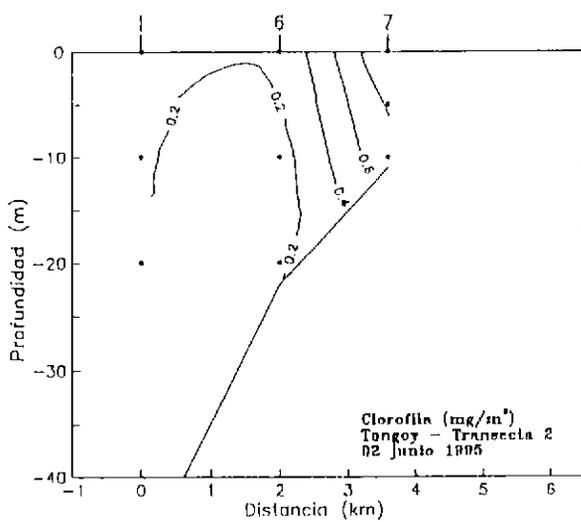
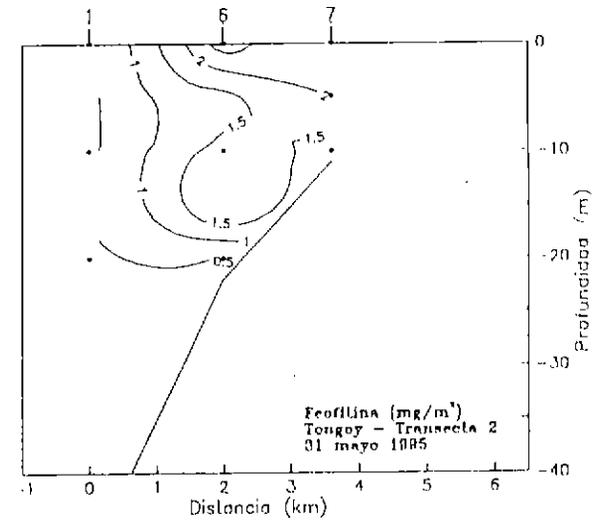
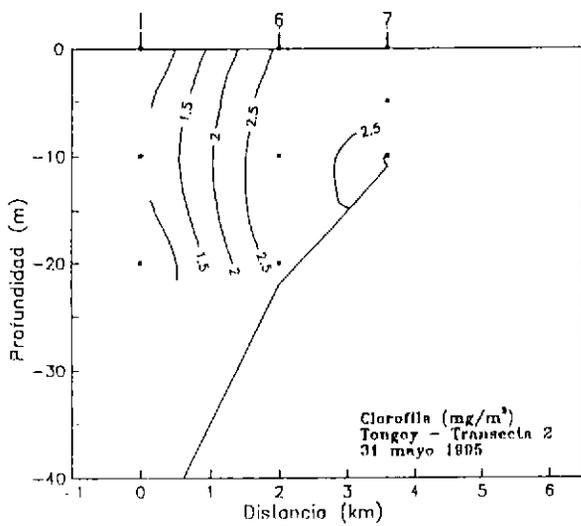
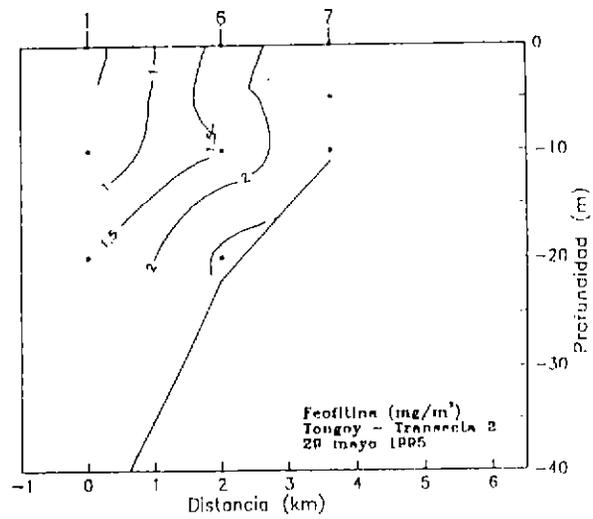
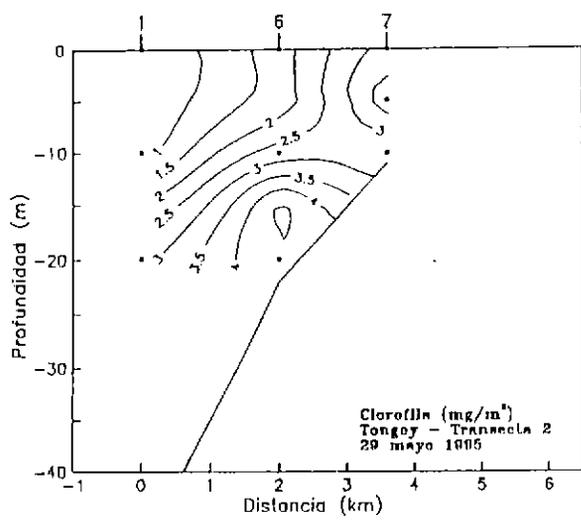


Fig. 123 Distribución vertical de clorofila y feofitina

Bahia Inglesa

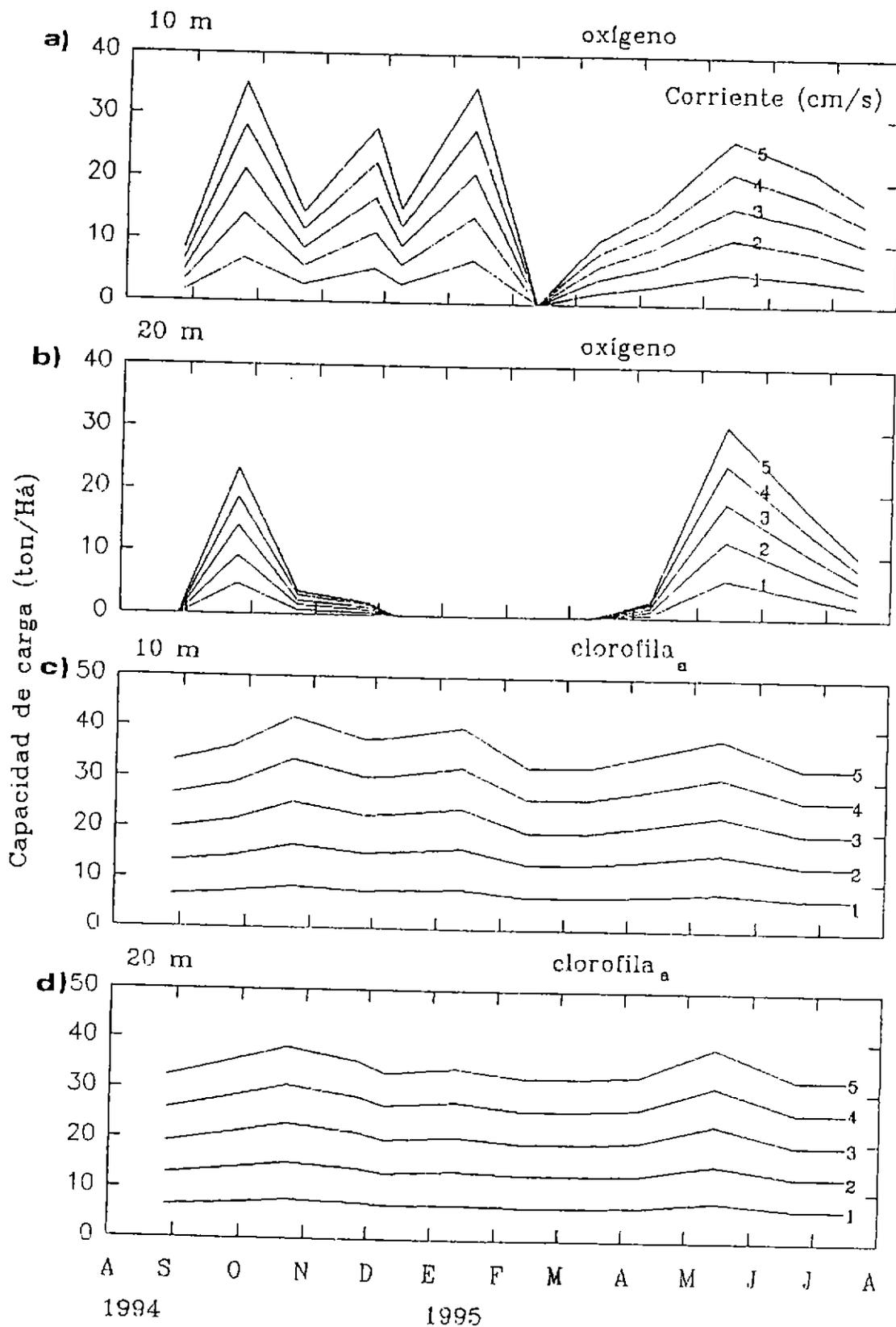


Fig. 134. Capacidad de carga mensual a 10 y 20 metros de profundidad y a diferentes velocidades de corriente, basado en el oxígeno (a,b) y clorofila "a" (c,d), en Ba. Inglesa.

Bahía Tongoy

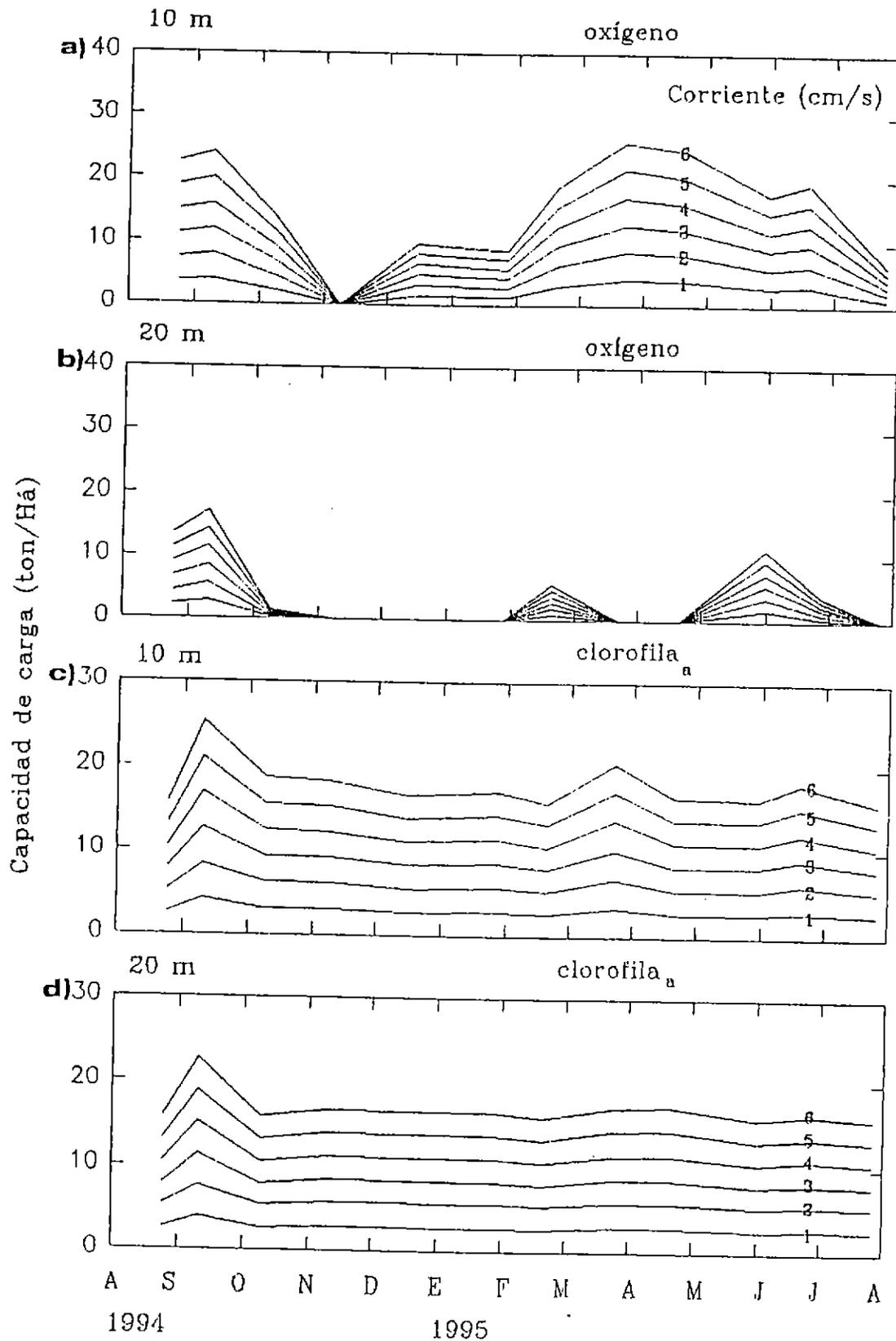
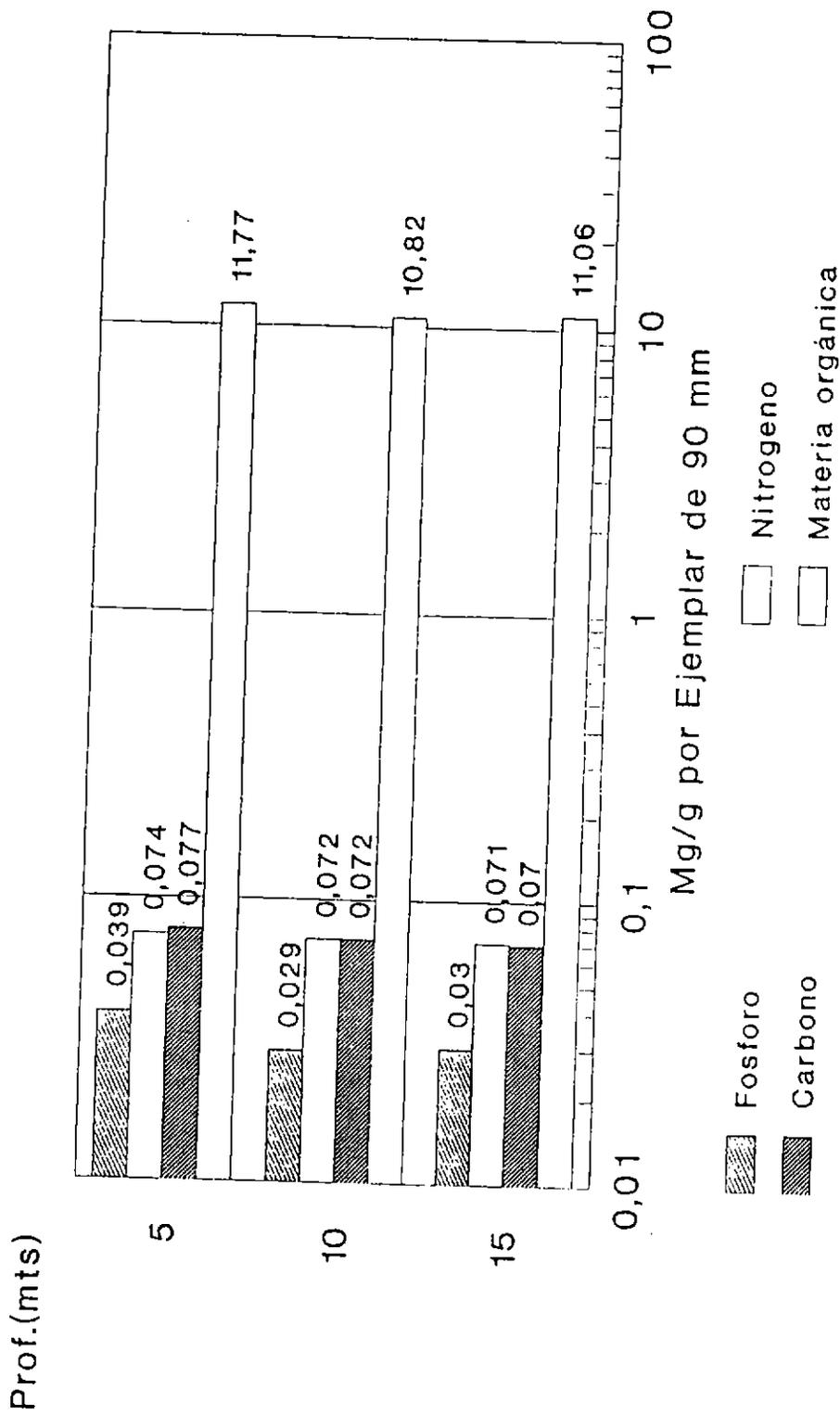


Fig. 135 Capacidad de carga mensual a 10 y 20 metros de profundidad y a diferentes velocidades de corriente, basado en oxígeno (a,b) y clorofila "a" (c,d), en Ba. Tongoy.

FIG. 136 CAPTURA DE HECES Y PSEUDOHECES M.ORGANICA, CARBONO, NITROGENO Y FOSFORO



Escala logarítmica

MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS TRAMPAS DE B. INGLESA 1994-95

Fig. 137

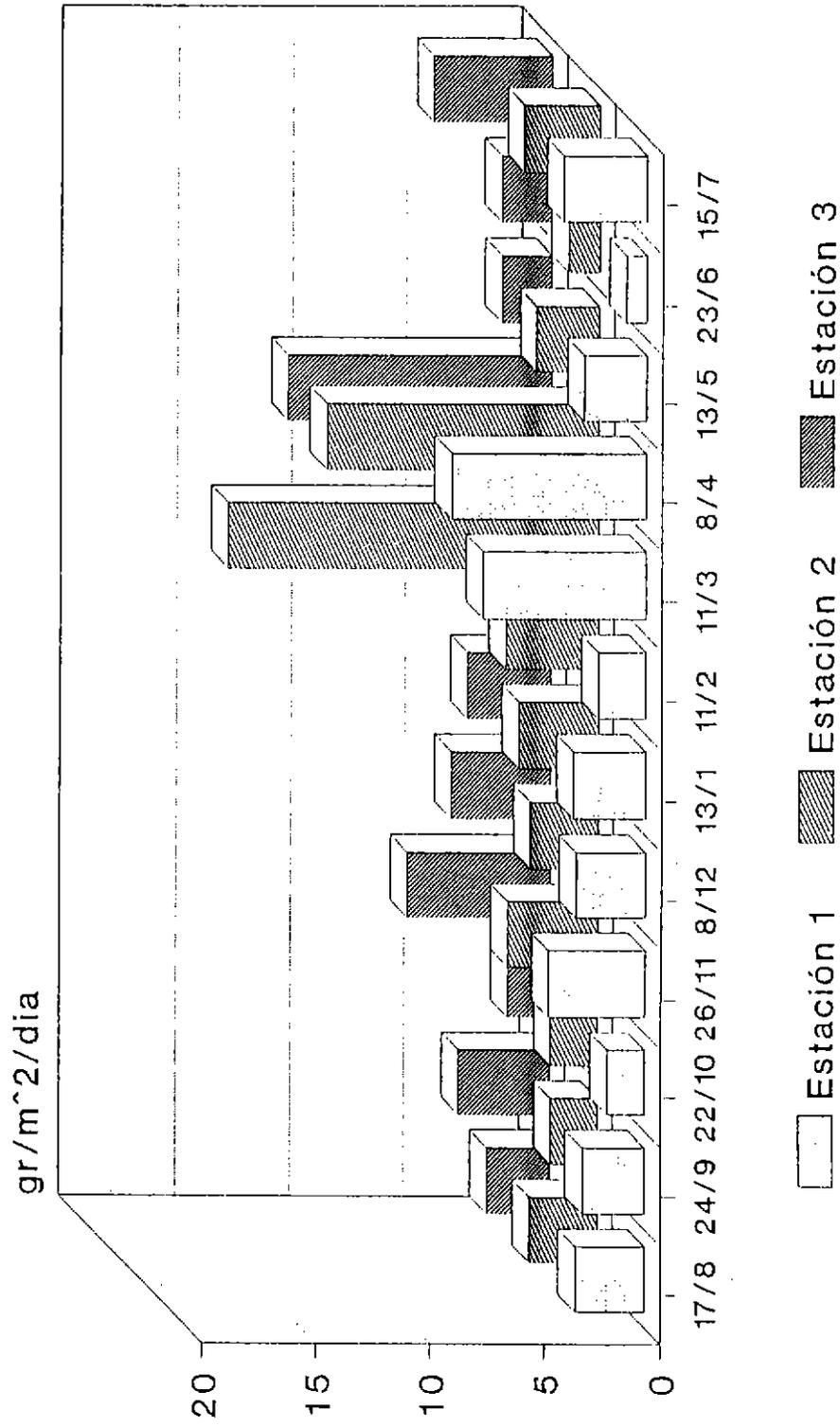
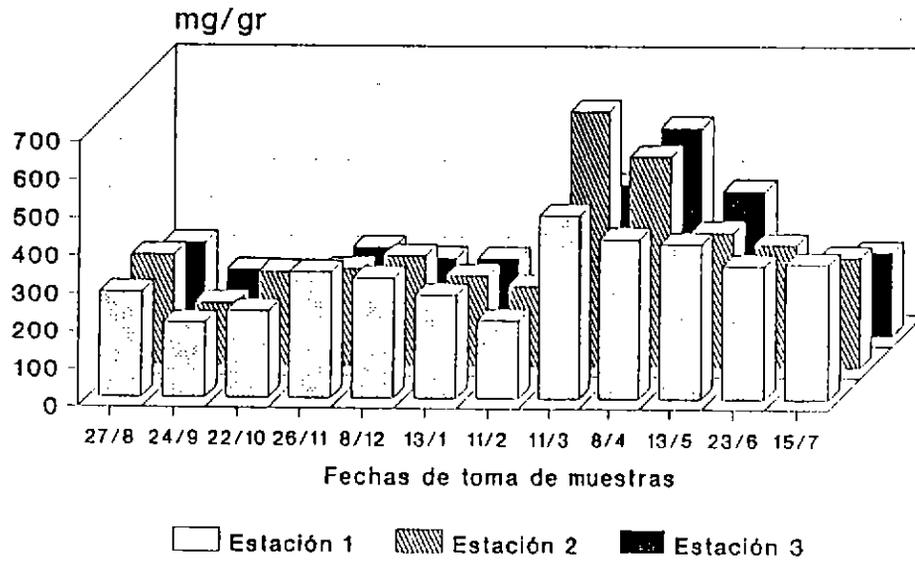


Fig. 138

MATERIA ORGANICA BAHIA INGLESA 1994-1995



CARBONO ORGANICO BAHIA INGLESA 1994-1995

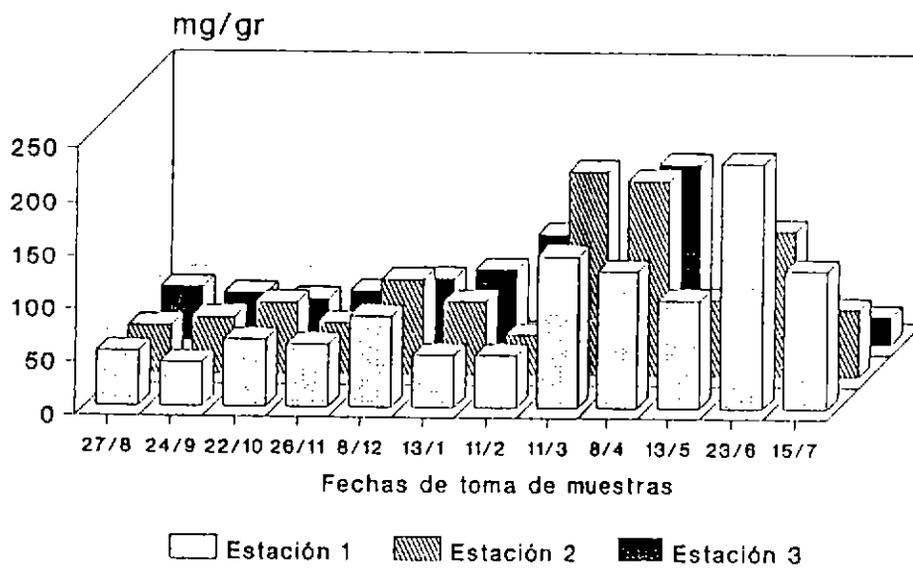
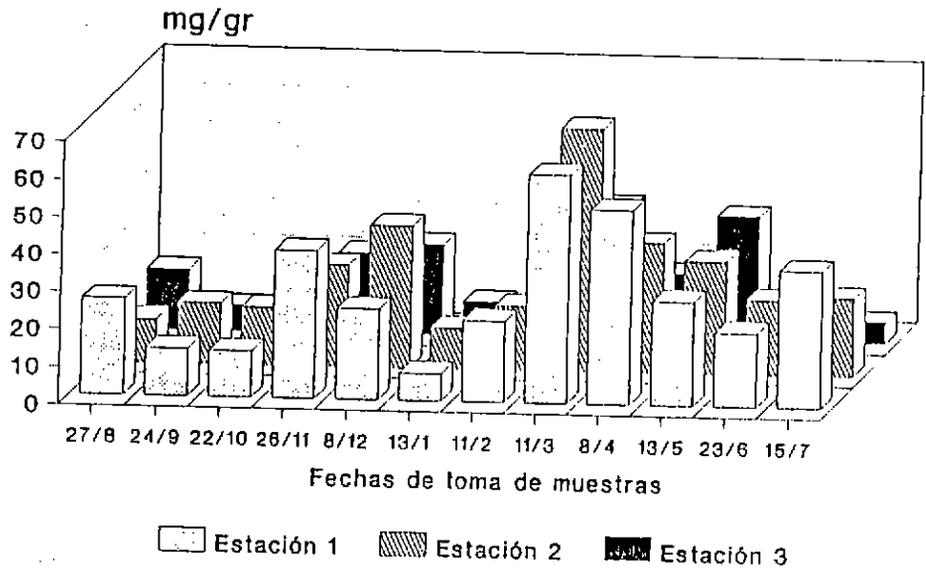
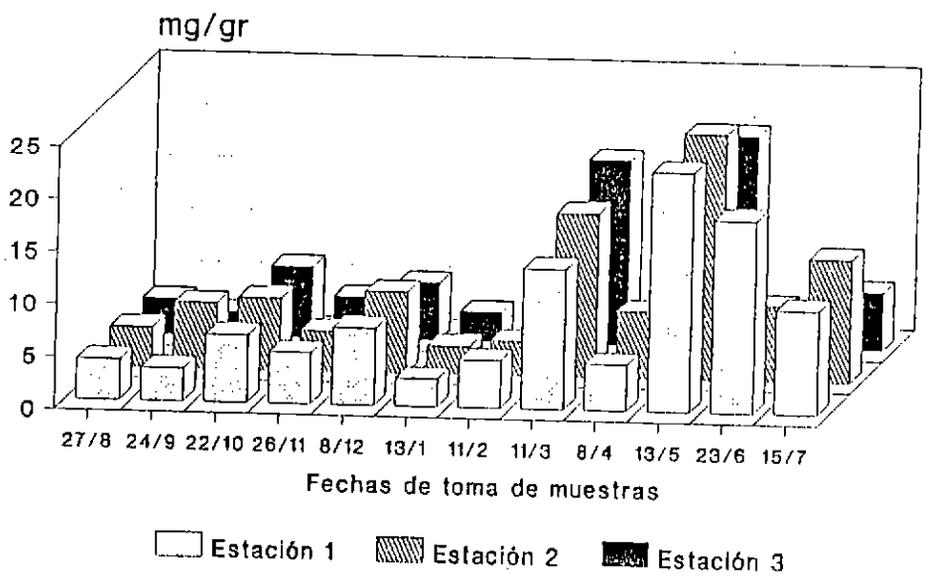


Fig. 139

NITROGENO ORGANICO BAHIA INGLESA 1994-1995



FOSFORO TOTAL BAHIA INGLESA 1994-1995



MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS EN TRAMPAS B. TONGOY 1994-95

Fig. 140

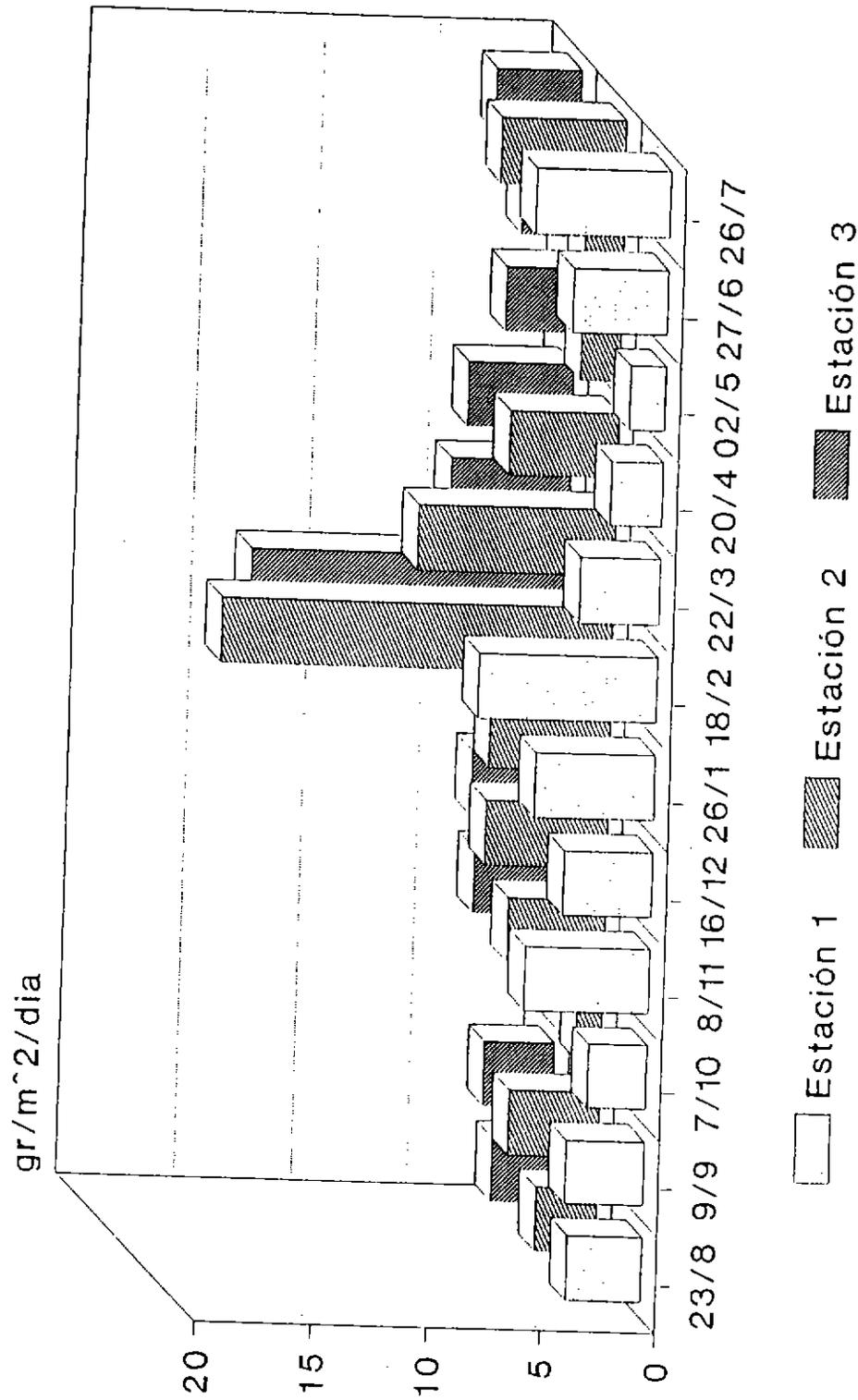
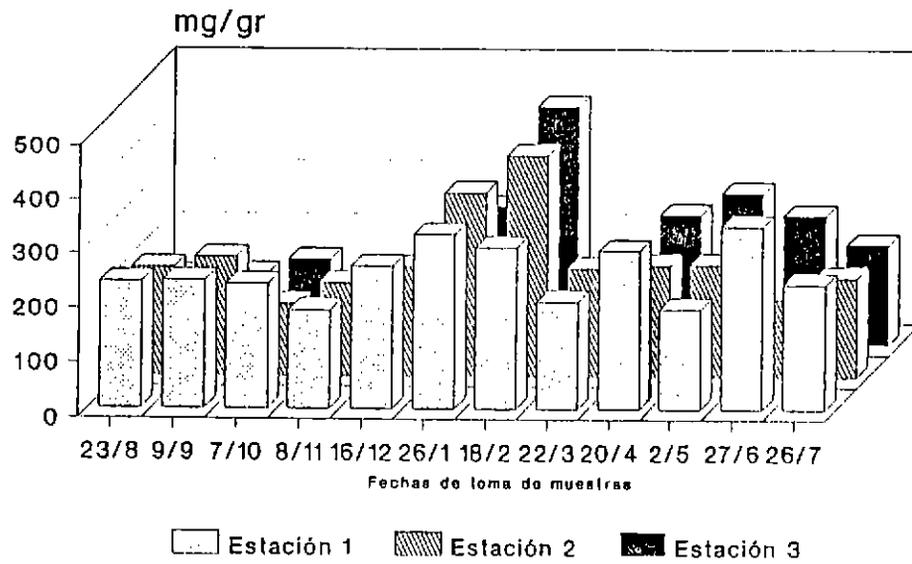


Fig. 141

MATERIA ORGANICA BAHIA TONGOY 1994-1995



CARBONO ORGANICO BAHIA TONGOY 1994-1995

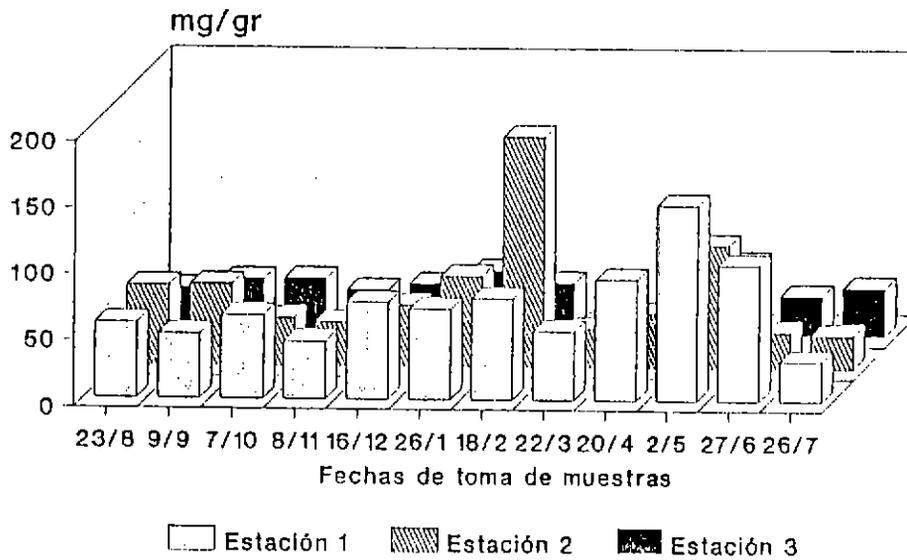
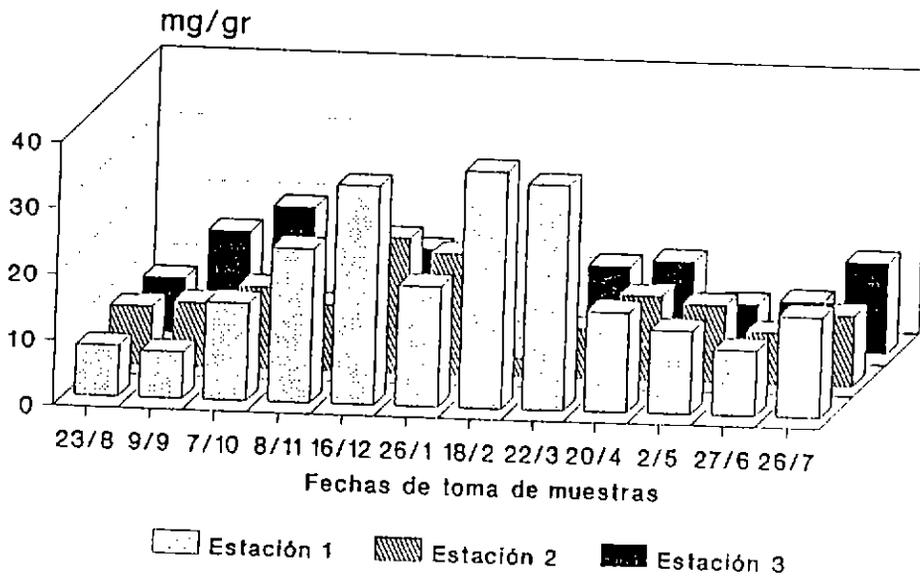
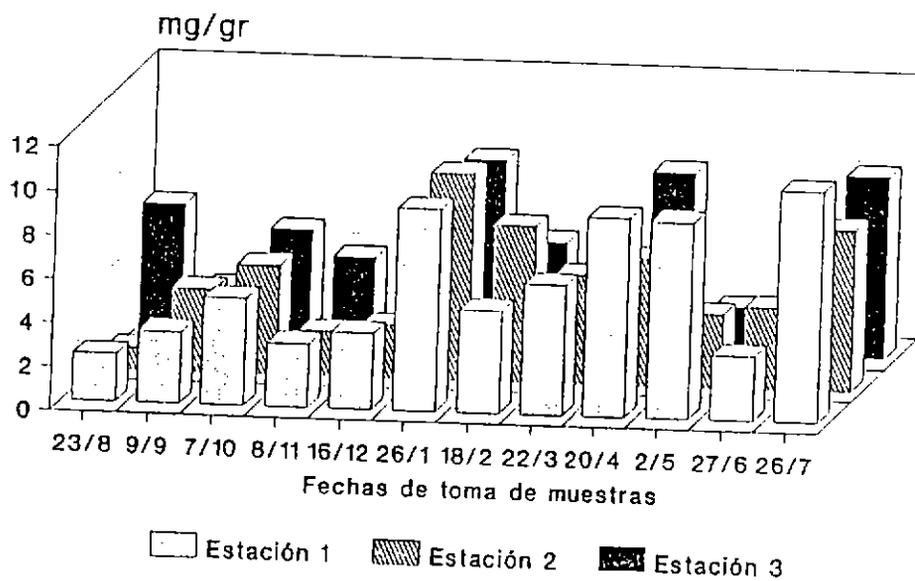


Fig. 142

NITROGENO ORGANICO BAHIA TONGOY 1994-1995



FOSFORO TOTAL BAHIA TONGOY 1994-1995



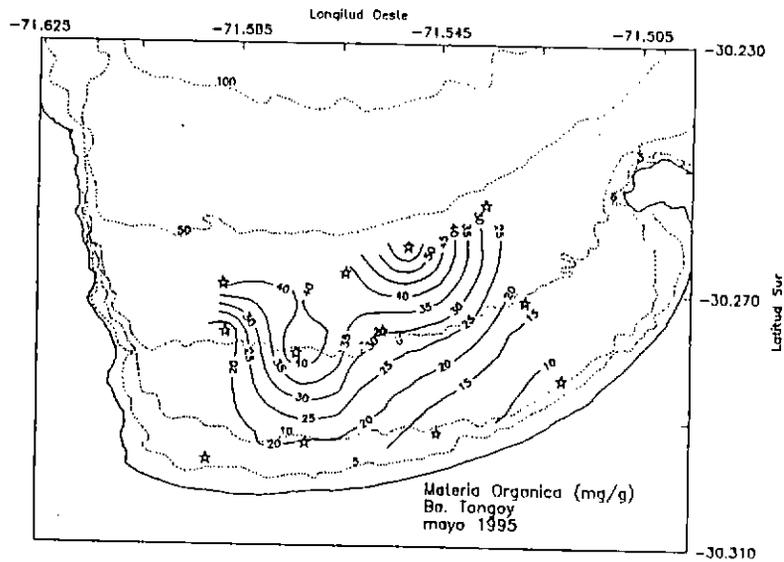
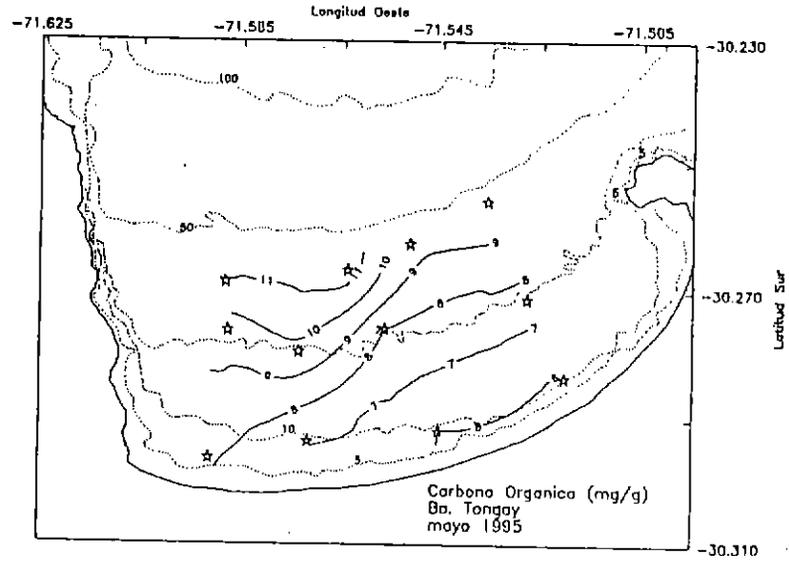


Fig. 143 Distribución de Carbono Orgánico y materia orgánica en el sedimento de Bahía Tongoy

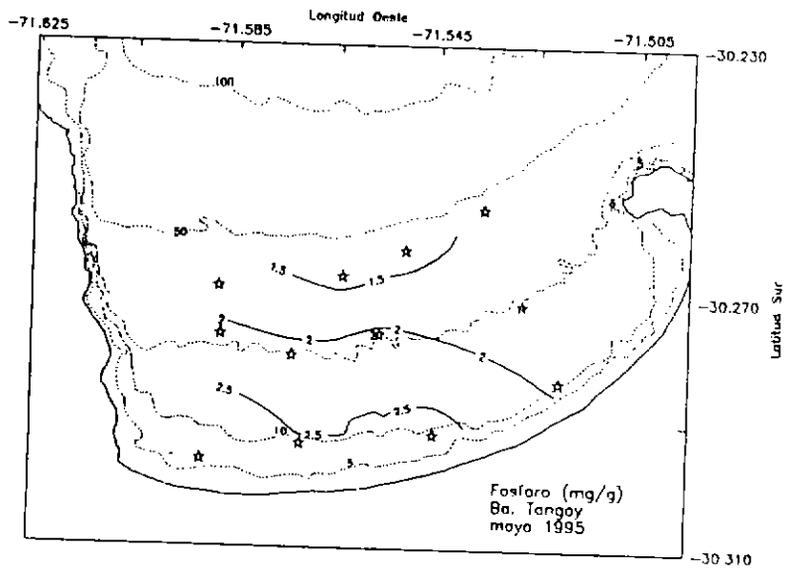
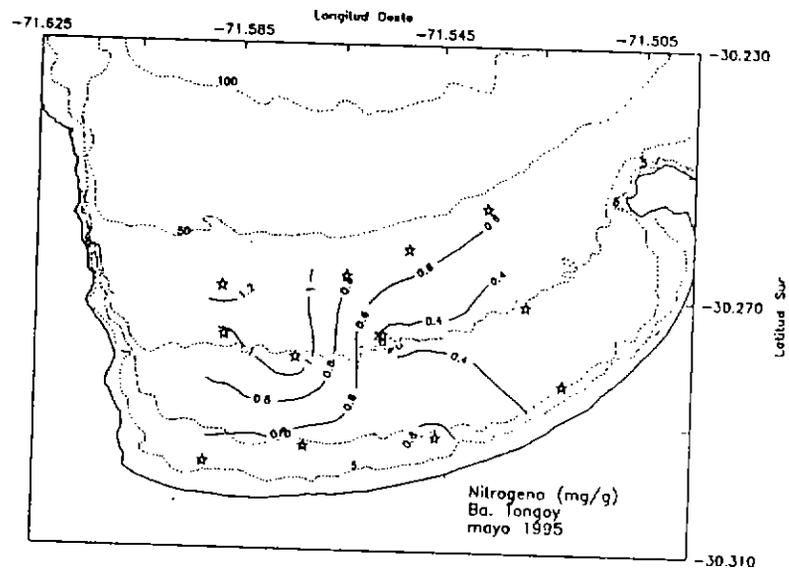


Fig. 144 Distribución de Nitrógeno Orgánico y Fósforos en el sedimento de Bahía Tongoy

Fig. 145 Tasa de Crecimiento Diario del Ostión Promedio de Bahía Inglesa y B.Tongoy

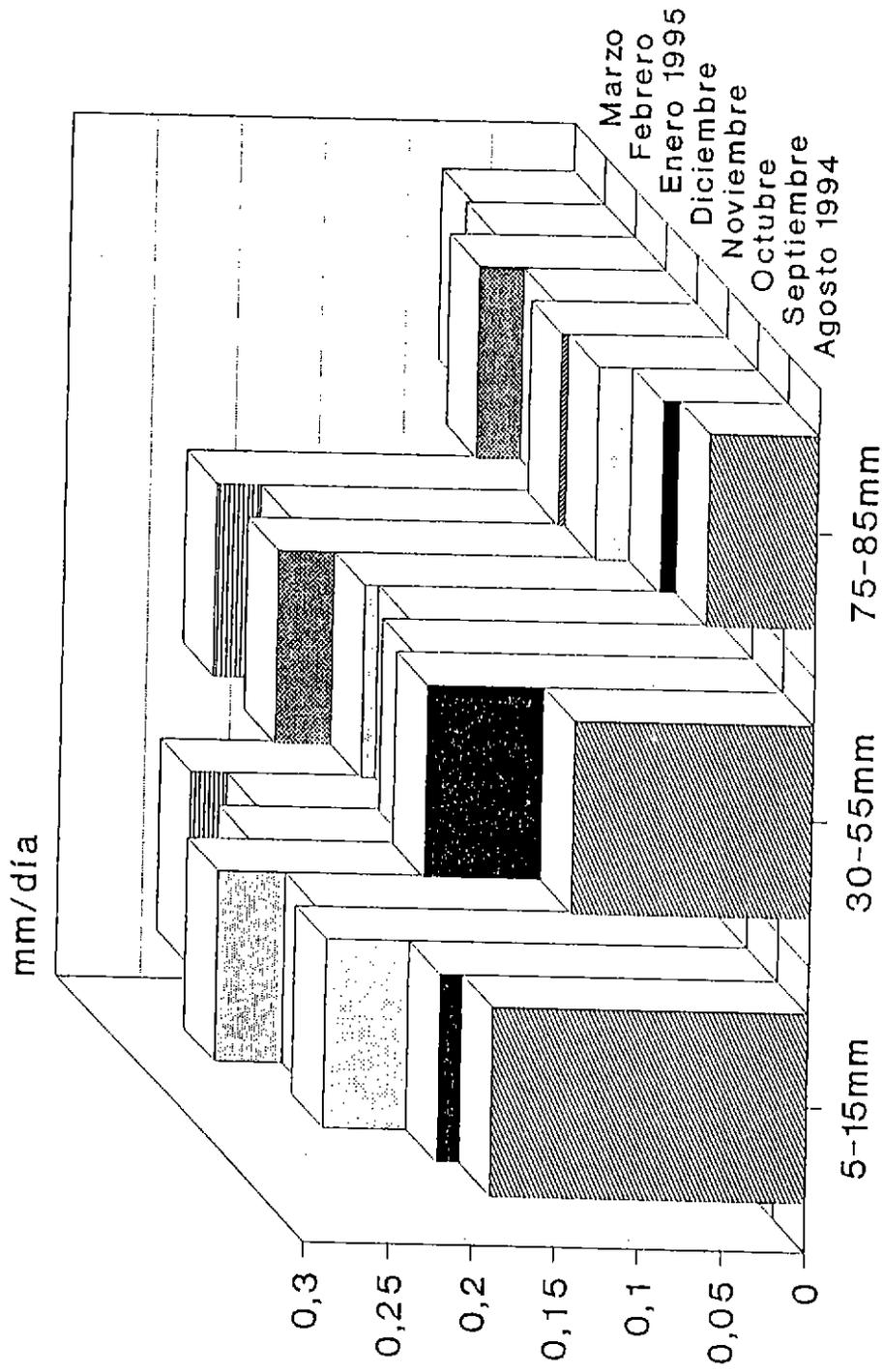


TABLA 1: FECHAS DE MUESTREO EN BAHIA TONGOY Y BAHIA INGLESA

| BAHIA INGLESA | | TONGOY | |
|---------------|-------------|-------------|--------------|
| YO YO | INTENSIVO | YO YO | INTENSIVO |
| 1) | 26-27/08/94 | 22-23/08/94 | |
| 2) | 23-24/09/94 | 08-09/09/94 | |
| 3) | 21-22/10/94 | 06-07/10/94 | |
| 4) | 25-26/11/94 | 07-08/11/94 | |
| 5) | 07-08/12/94 | | 09-19/12/94 |
| 6) | | 25-26/01/95 | |
| | 3-13/01/95 | 17-18/02/95 | |
| 7) | 10-11/02/95 | 21-22/03/95 | |
| 8) | 10-11/03/95 | 19-20/04/95 | |
| 9) | 07-08/04/95 | | |
| 10) | 12-13/05/95 | | 29-02/5-6/96 |
| 11) | | 26-27/06/95 | |
| | 14-23/06/95 | 25-26/07/95 | |
| 12) | 14-15/07/95 | | |

Tabla 2 Promedios de Nitrógeno, Fósforo y Carbono particulados en la columna de agua 0 - 20 m para Bahía Inglesa

| | N mg/l | P mg/l | C mg/l |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Nº 8 10-11/03/95 | | | |
| Media | 0.081 | 0.056 | 1.616 |
| V. Max. | 0.247 | 0.088 | 5.230 |
| V. Min. | 0.017 | 0.034 | 0.015 |
| Desviación | 0.073 | 0.015 | 1.729 |
| Nº 9 07-08/04/95 | | | |
| Media | 0.034 | 0.051 | 2.341 |
| V. Max. | 0.073 | 0.286 | 5.192 |
| V. Min. | 0.017 | 0.022 | 0.738 |
| Desviación | 0.013 | 0.062 | 1.152 |
| Nº 10 12-13/05/95 | | | |
| Media | 0.049 | 0.036 | 3.220 |
| V. Max. | 0.081 | 0.064 | 3.837 |
| V. Min. | 0.028 | 0.019 | 2.301 |
| Desviación | 0.017 | 0.015 | 0.420 |
| Nº 11 19-23/06/95 | | | |
| Media | 0.019 | 0.034 | 2.943 |
| V. Max. | 0.030 | 0.074 | 8.090 |
| V. Min. | 0.009 | 0.023 | 1.010 |
| Desviación | 0.005 | 0.013 | 1.590 |
| Nº 12 14-15/07/95 | | | |
| Media | 0.025 | 0.029 | 1.036 |
| V. Max. | 0.036 | 0.046 | 1.599 |
| V. Min. | 0.009 | 0.021 | 0.216 |
| Desviación | 0.007 | 0.007 | 0.325 |

Tabla 3 Promedios de Nitrógeno, Fósforo y Carbono particulados en la columna de agua 0 - 20 m para Bahía Tongoy

| | N mg/l | P mg/l | C mg/l |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| N° 8 22-23/03/95 | | | |
| Media | 0.037 | 0.055 | 1.405 |
| V. Max. | 0.070 | 0.133 | 3.150 |
| V. Min. | 0.020 | 0.033 | 0.010 |
| Desviación | 0.013 | 0.024 | 0.776 |
| N° 9 19-20/04/95 | | | |
| Media | 0.019 | 0.026 | 0.895 |
| V. Max. | 0.025 | 0.039 | 1.560 |
| V. Min. | 0.008 | 0.011 | 0.080 |
| Desviación | 0.004 | 0.008 | 0.428 |
| N° 10 29-02/5-6/95 | | | |
| Media | 0.012 | 0.016 | 1.184 |
| V. Max. | 0.113 | 0.051 | 2.421 |
| V. Min. | 0.005 | 0.009 | 0.072 |
| Desviación | 0.022 | 0.010 | 0.608 |
| N° 11 26-27/06/95 | | | |
| Media | 0.026 | 0.027 | 1.381 |
| V. Max. | 0.034 | 0.045 | 2.469 |
| V. Min. | 0.016 | 0.020 | 0.824 |
| Desviación | 0.006 | 0.007 | 0.406 |
| N° 12 25-26/07/95 | | | |
| Media | 0.030 | 0.024 | 0.741 |
| V. Max. | 0.109 | 0.028 | 1.571 |
| V. Min. | 0.008 | 0.007 | 0.000 |
| Desviación | 0.024 | 0.005 | 0.423 |

| P.S (g) | T.F l/h | T.I (mg/h) | T.I.O (mg/h) | E.A (%) | T.A. (mg/h) | T. Res. (ml/h) | T.Exc. ($\mu\text{gNH}_4\text{-H/h}$) |
|------------|------------|---------------|-----------------|------------|----------------|-------------------|--|
| 0.5 | 2.010 | 1.806 | 1.596 | 70.541 | 1.1258 | 0.365 | 14.007 |
| 1.0 | 3.315 | 2.992 | 2.655 | 72.139 | 1.9153 | 0.536 | 22.336 |
| 3.0 | 7.460 | 6.737 | 5.978 | 70.048 | 4.1875 | 0.962 | 46.797 |
| 5.0 | 10.960 | 9.889 | 8.752 | 69.085 | 6.0854 | 1.302 | 66.003 |

Tabla 4.: *Argopecten purpuratus*. Resultados de tasa de Filtración, Tasa ingestión, Eficiencia absorción, Tasa absorción, Tasa respiración y Tasa excreción para ejemplares de 4 tallas

| PS (g) | TF (l/hr) | TI (mg/hr) | TIO (mg/hr) | Asimilación E.A % | T. Respiración |
|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------------|---|
| 1 | 0.997 | 0.259 | 0.060 | 23 % | 0.364 mlO_2/h (0.5 gr) |
| 5304 Linterna | 5286 | 1373.7 | 318.24 | 23 % | 3,4 lO_2/h |

Tabla 5 : *Ciona intestinalis*. Resultados de Tasa de filtración, Tasa Ingestión, Ingestión orgánica, Eficiencia alimentación y Tasa de respiración para ejemplares de 1 gr y linterna con más de 6000 cionas.

LABORATORIO OCEANOGRAFIA QUIMICA
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

INFORME ANALISIS

Solicitante : Jorge Olivares
Análisis : Th-234
Método : Espectroscopía Beta
Equipo utilizado : Contador proporcional Tracerlab Omniguard , modelo BL- 125 SG;
en mezcla gaseosa de Helio (99.05%) e Isobutano (0.95%).
Tiempo de conteo : 40 minutos
Fecha de conteo : 21 de julio de 1995
Estándard interno : Th-228/U-232 12.34 dpm/ml

I. Consideraciones generales

La evaluación de la eficiencia de recolección de las trampas se basa en la siguiente información suministrada por el Prof. Jorge Olivares del Depto. de Oceanografía de la U. Católica del Norte, Sede Coquimbo:

- 1) Tiempo de recolección: 3 días
- 2) Area de la trampa : 0.0095 m²
- 3) Salinidad : 34.40 x 10⁻³
- 4) Material recolectado : 0.56 g (base seca) en tres días

II Fundamento teórico

El cálculo de la eficiencia de recolección de la trampa, se basa en la alta reactividad del Th-234 con las partículas en suspensión, de tal forma que conociendo la cantidad inicial de este isótopo (producción del padre ²³⁸U) y asumiendo que todo el Th-234 producido se asocia inmediatamente con las partículas, permite estimar el destino que tendrán estas partículas (e.g. sedimentación, agregación, consumo, transporte, entre otros). Luego, comparando la cantidad inicial del ²³⁴Th con el efectivamente recolectado por las trampas, se puede conocer la eficiencia de recolección de estas últimas.

III Resultados

Tabla 1. Actividad de radiosótopos en el material recolectado en las trampas de sedimento.

| | ^{234}Th (dpm/g) | ^{238}U (dpm/l) | Masa recolectada (g) |
|----------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Trampa 1 | 0.425 | 2.44 | 0.58 |
| Trampa 2 | 0.400 | 2.44 | 0.54 |
| Promedio | 0.413 | 2.44 | 0.56 |

IV Cálculos

a) Actividad inicial de ^{234}Th estimada a partir de la relación ^{238}U con la salinidad es de 0.07 dpm/l lo que en una columna de 20 m. sustenta un flujo de ^{234}Th igual 0.14 dpm/cm²/día

b) Actividad de ^{234}Th en trampas: 4.71 dpm/g

c) Material particulado recolectado 0.56 g y considerando un área recolección equivalente de 0.095 m², el flujo de ^{234}Th resultante es de 0.096 dpm/cm²/día.

V Conclusiones

De los cálculos descritos en la sección anterior, la eficiencia de recolección de las trampas es de un 68.8±4.9% (el error del cálculo se basa en el error del conteo y conteo para el cálculo del porcentaje de recuperación), lo que significa que la trampa está recolectando un 31.2 % menos del material particulado que es producido en la columna de agua supradacente.

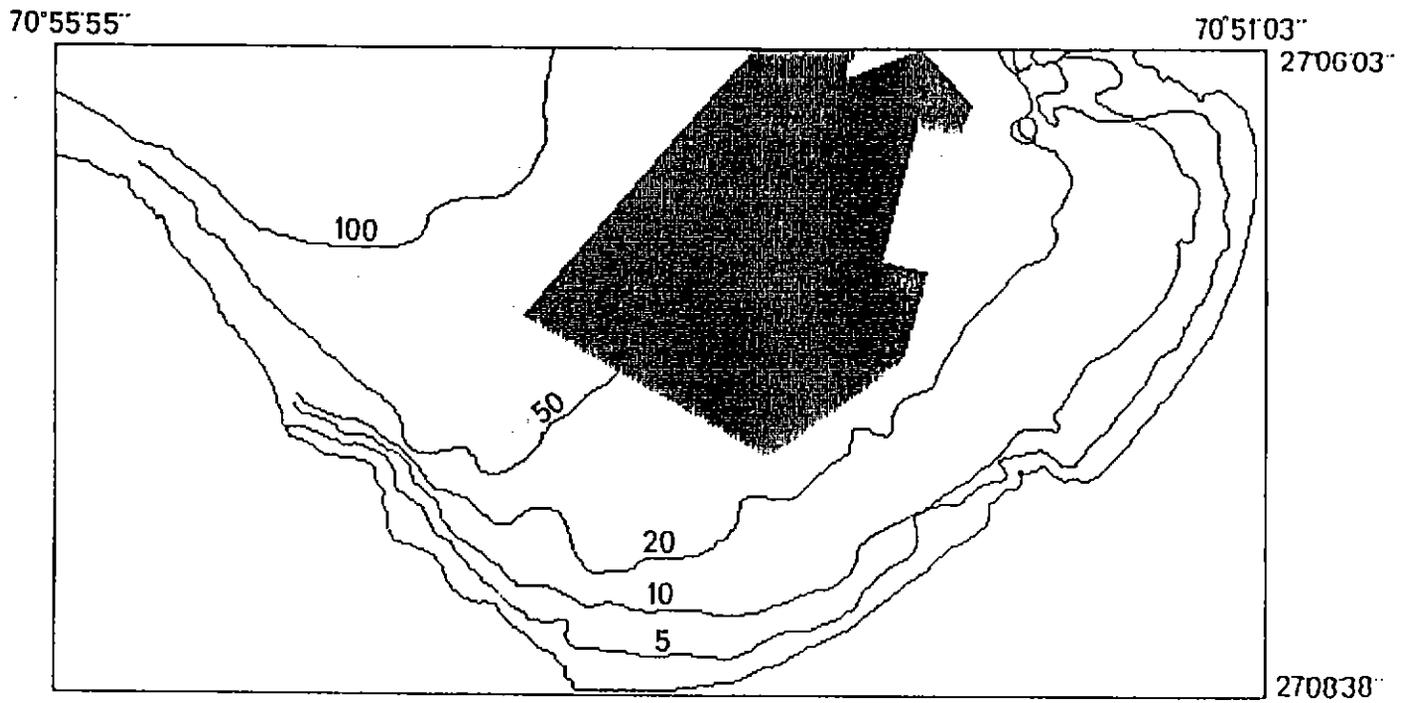


Fig. 125 Zona de cultivos y veriles de profundidad en Bahía Inglesa (III Región).

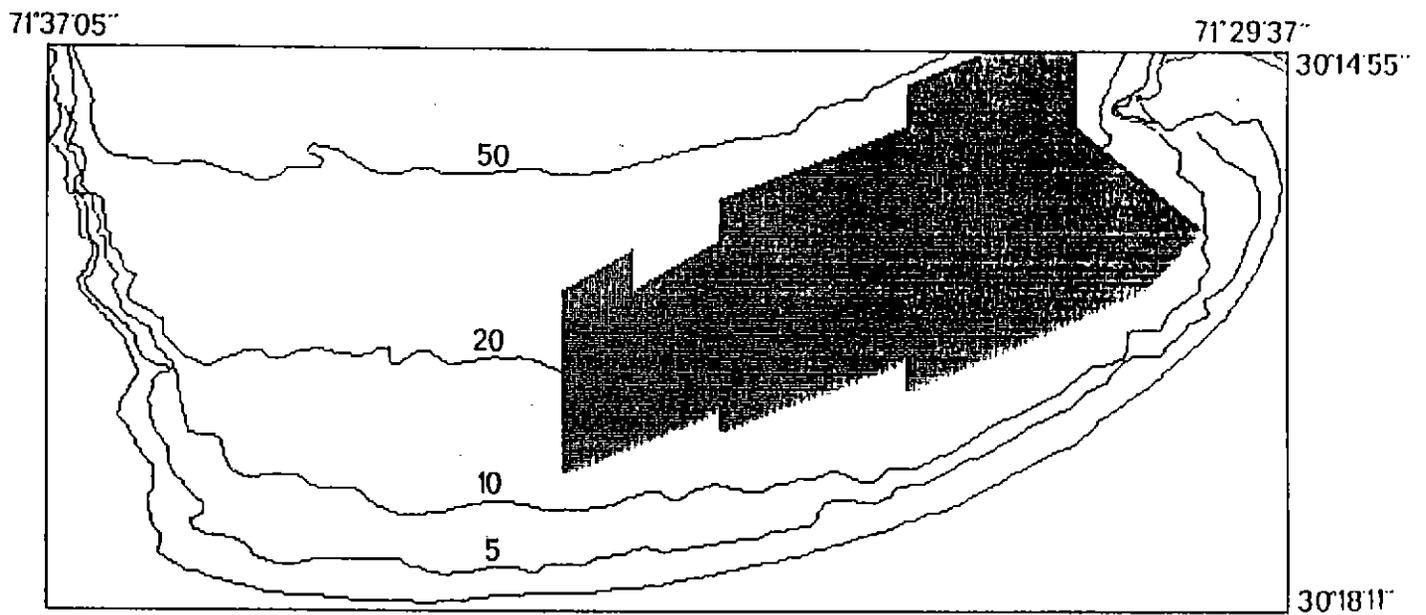
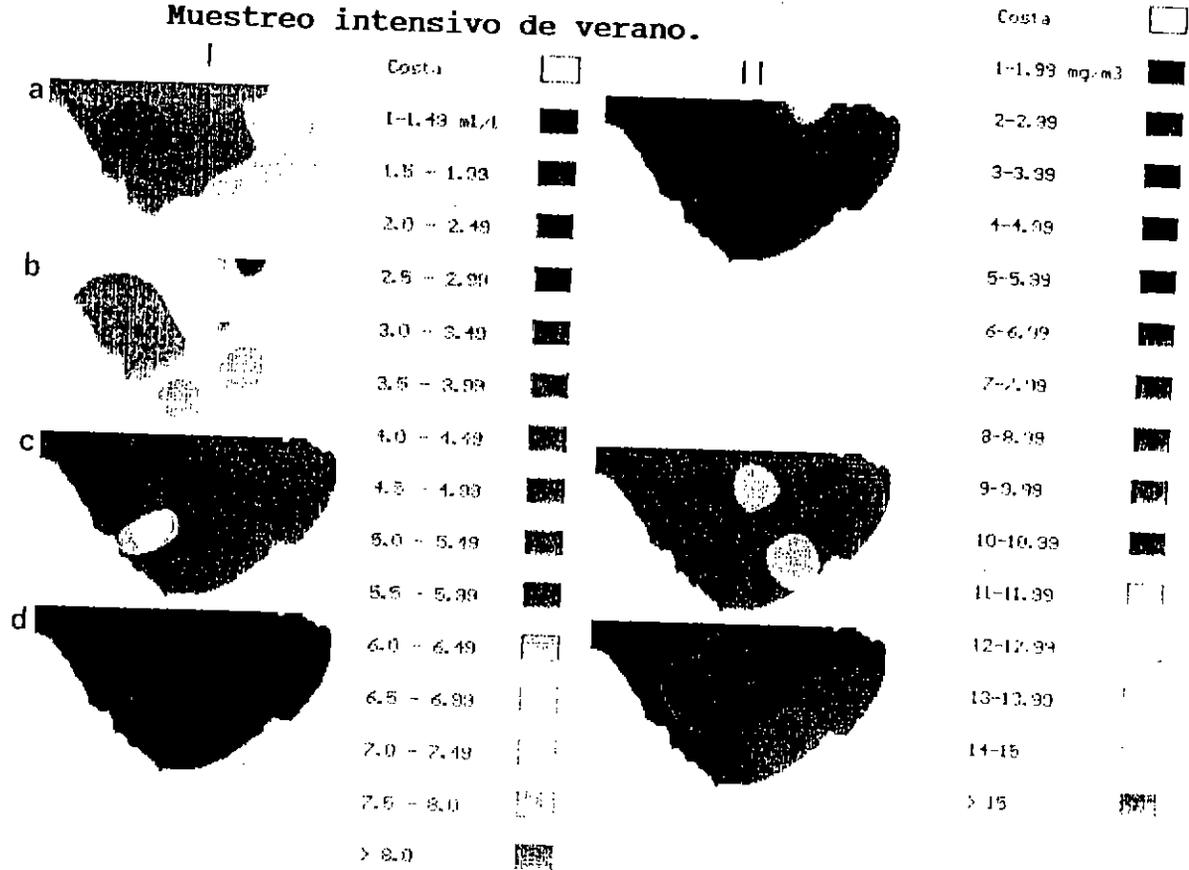


Fig. 126 Zona de cultivos y veriles de profundidad en Bahía Tongoy (IV Región).

BAYIA INGLESA

Muestreo intensivo de verano.



Muestreo intensivo de invierno

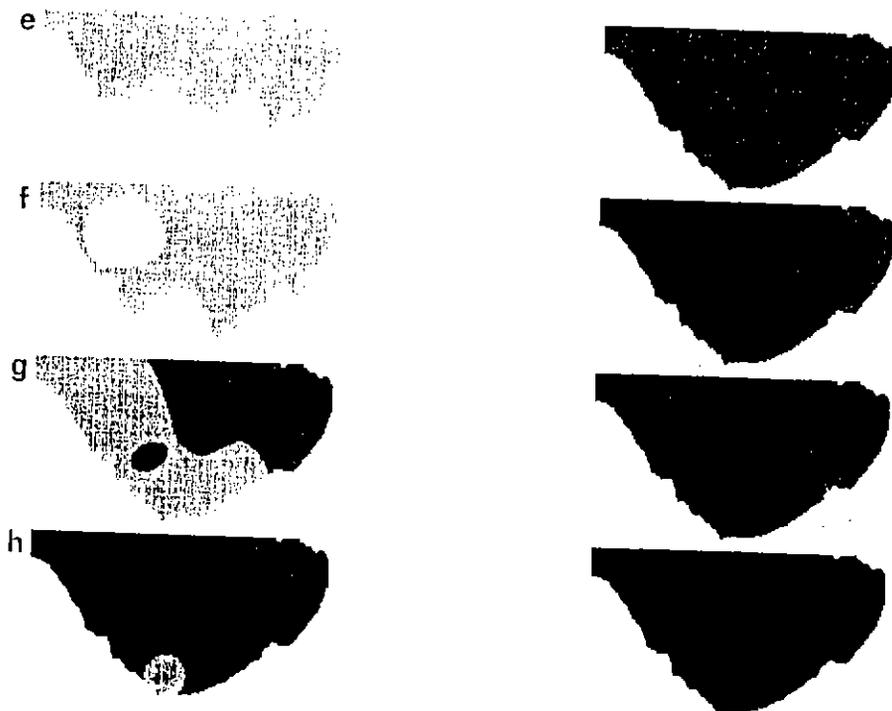
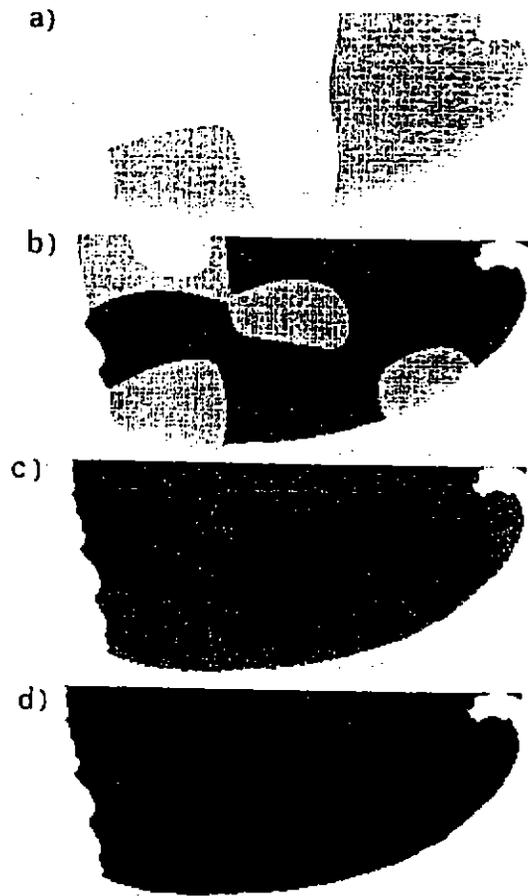


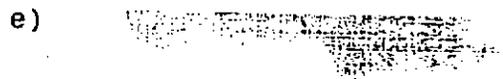
Fig. 127 Oxígeno (I) y clorofila "a" (II) a 0 (a,e), 5 (b,f), 10 (c,g) y 20 (d,h) metros de profundidad.

BAHIA TONGOY (Muestreo intensivo de verano)



| | |
|---------------|--|
| Costa | |
| 1.0 - 1.19 ml | |
| 1.5 - 1.99 | |
| 2.0 - 2.49 | |
| 2.5 - 2.99 | |
| 3.0 - 3.49 | |
| 3.5 - 3.99 | |
| 4.0 - 4.49 | |
| 4.5 - 4.99 | |
| 5.0 - 5.49 | |
| 5.5 - 5.99 | |
| 6.0 - 6.49 | |
| 6.5 - 6.99 | |
| 7.0 - 7.49 | |
| 7.5 - 7.99 | |
| > 8 | |

Muestreo intensivo de invierno



Referencia

BAHIA TONGOY (Muestreo intensivo de verano)

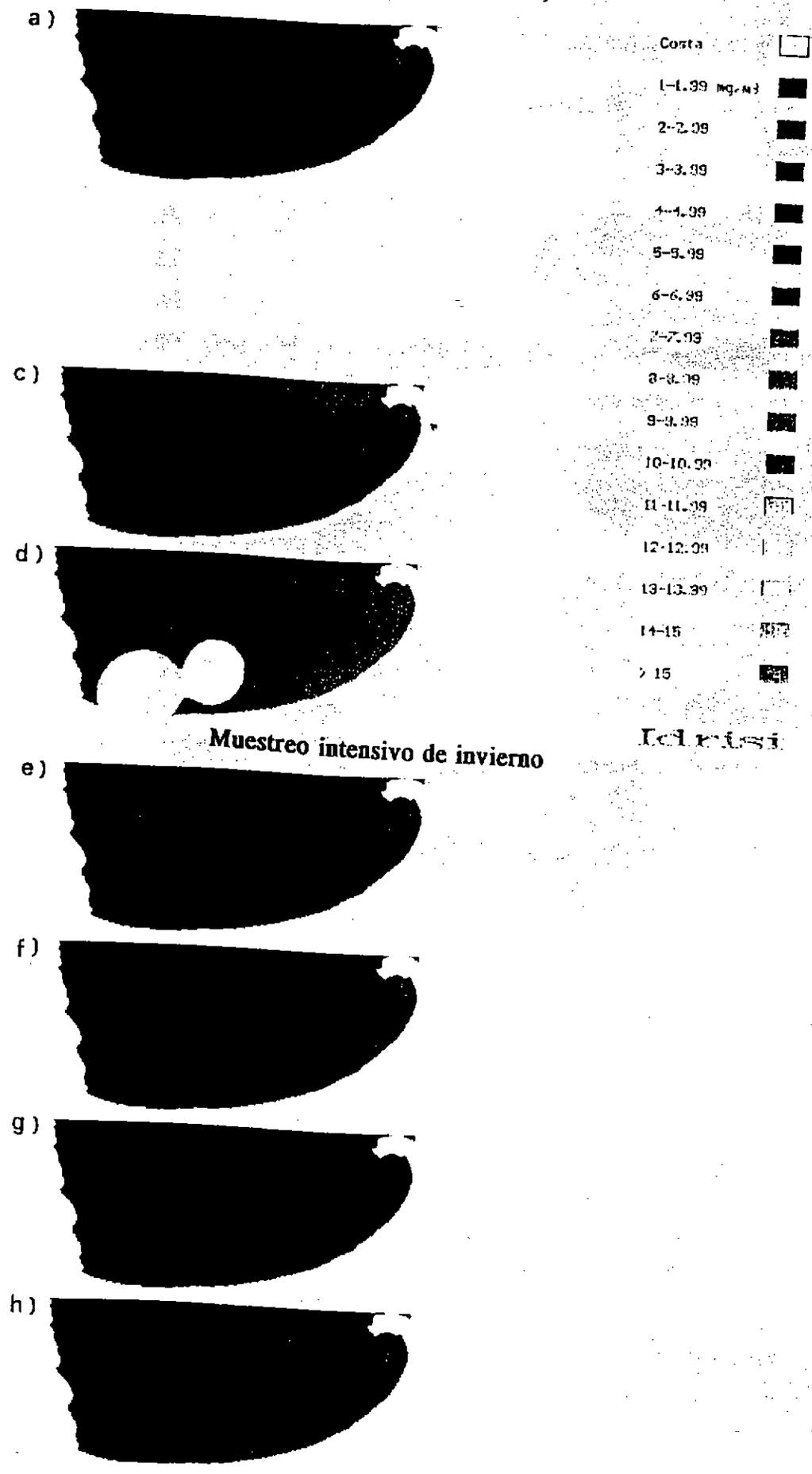
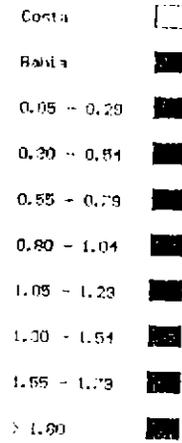
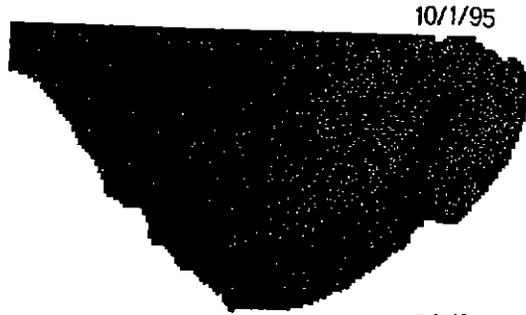


Fig. 129 Clorofila "a" a 0 (a,e), 5 (f), 10 (c,g) y 20 (d,h) metros de profundidad

Muestreo de verano, Bahía Inglesa.



Muestreo de invierno, Bahía Inglesa.

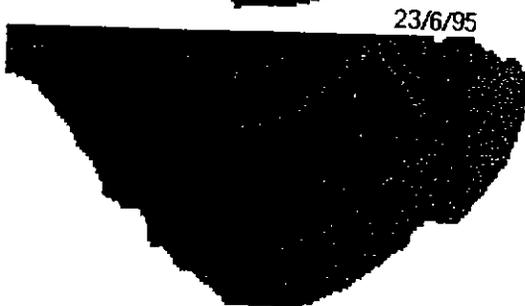
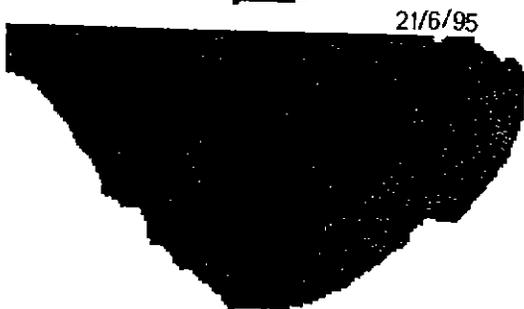
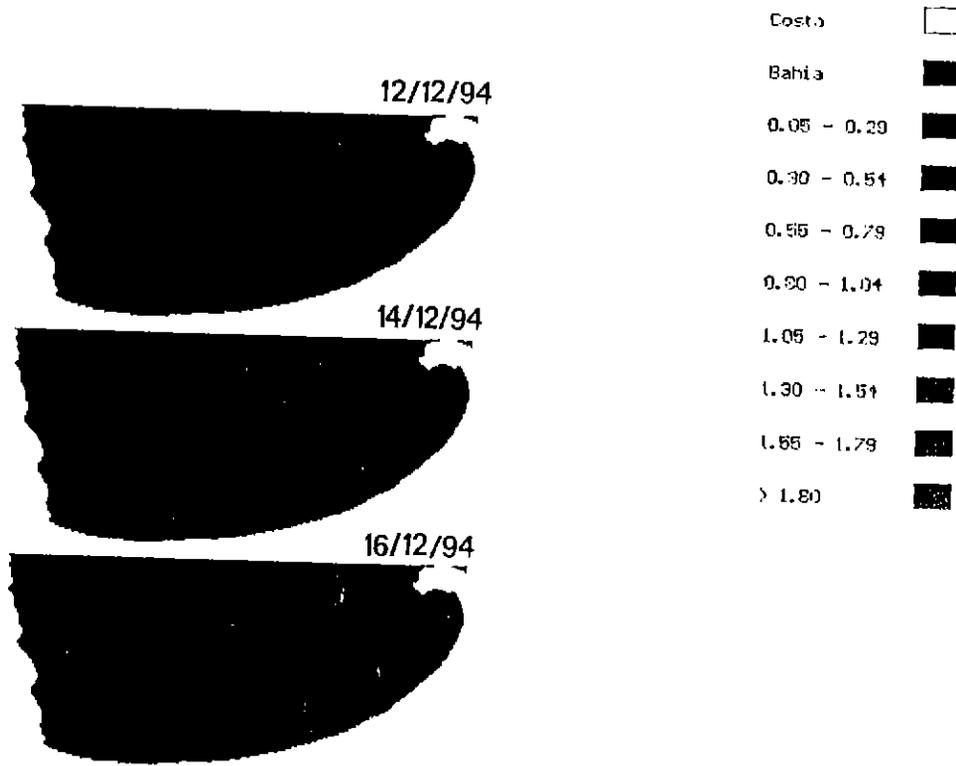


Fig. 130 Clorofila "a" integrada (kg/Há).

Muestreo de verano. Bahía Tongoy.



Muestreo de invierno. Bahía Tongoy



Fig. 131 Clorofila "a" integrada (kg/Há).

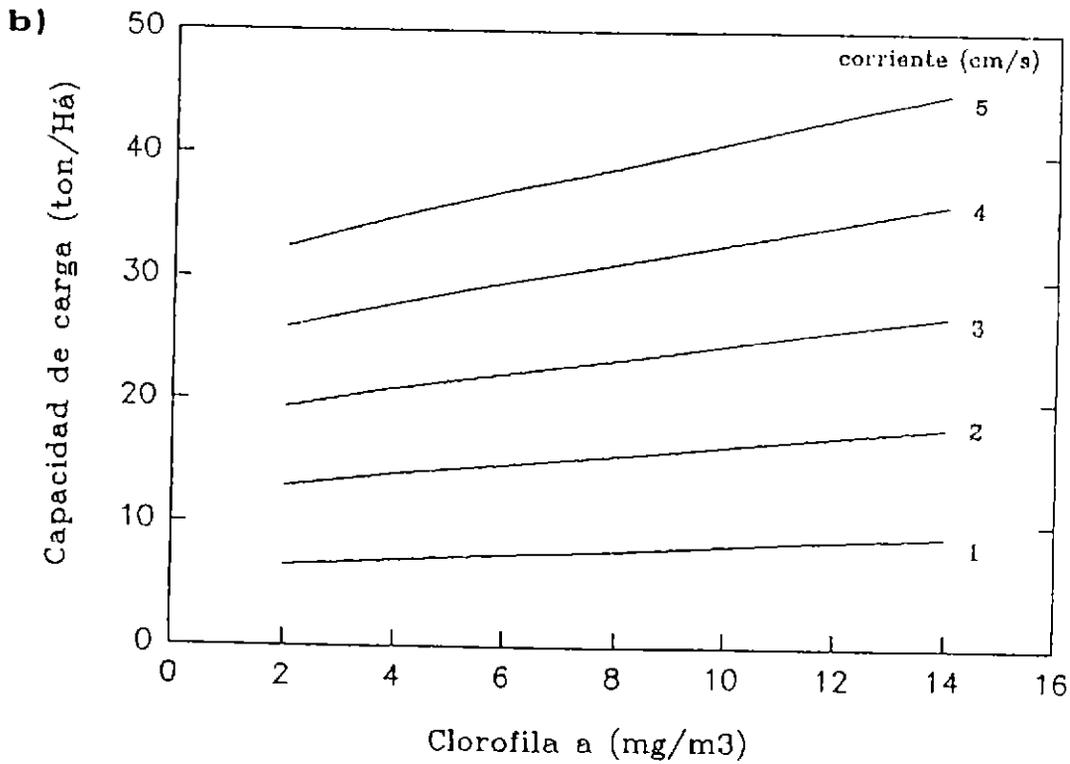
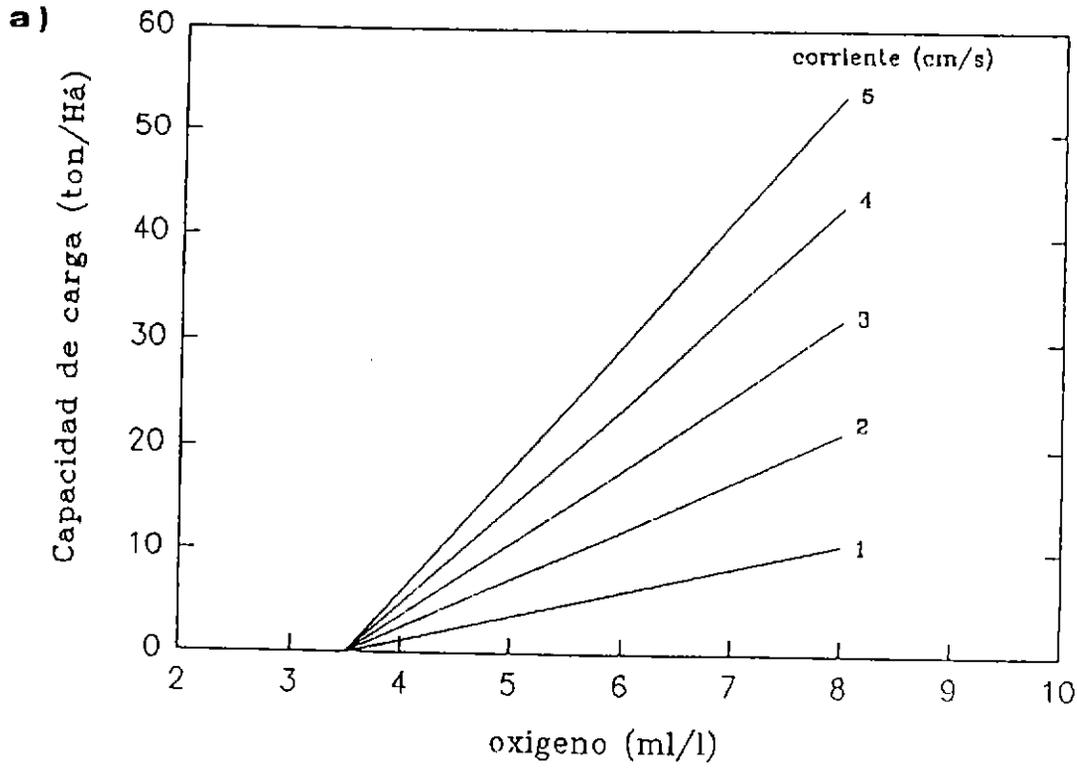


Fig. 132 Capacidad de carga, basado en oxígeno (a) y clorofila "a" (b) a diferentes velocidades de corriente, en Ba. Inglesa.

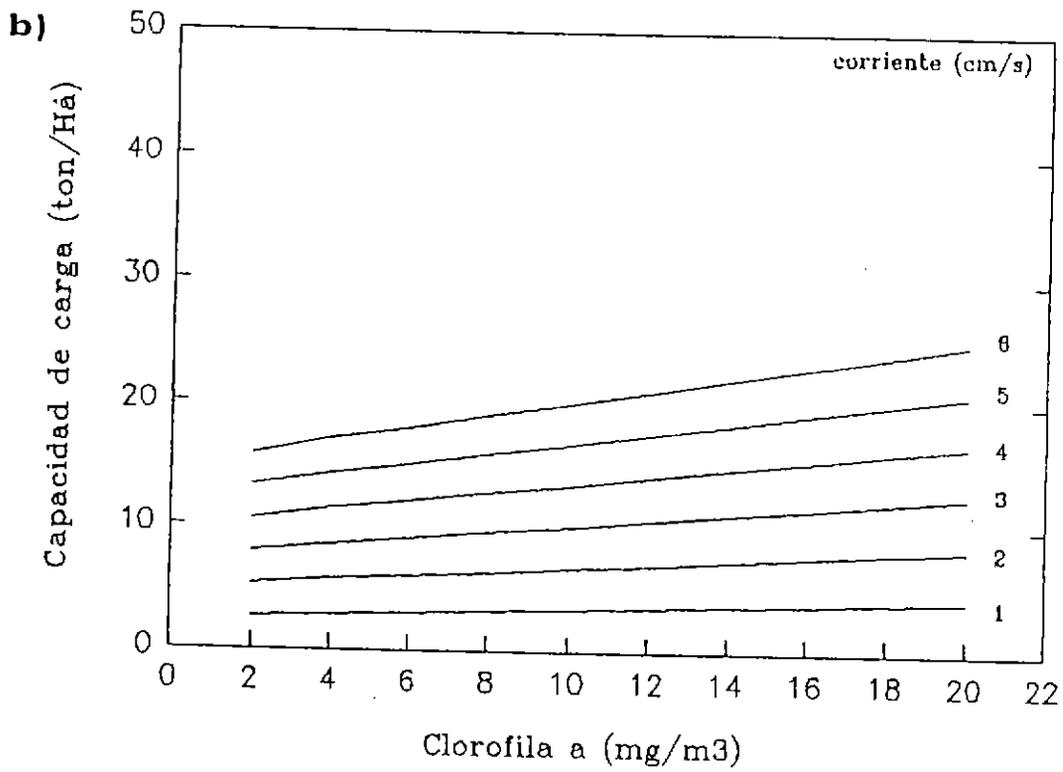
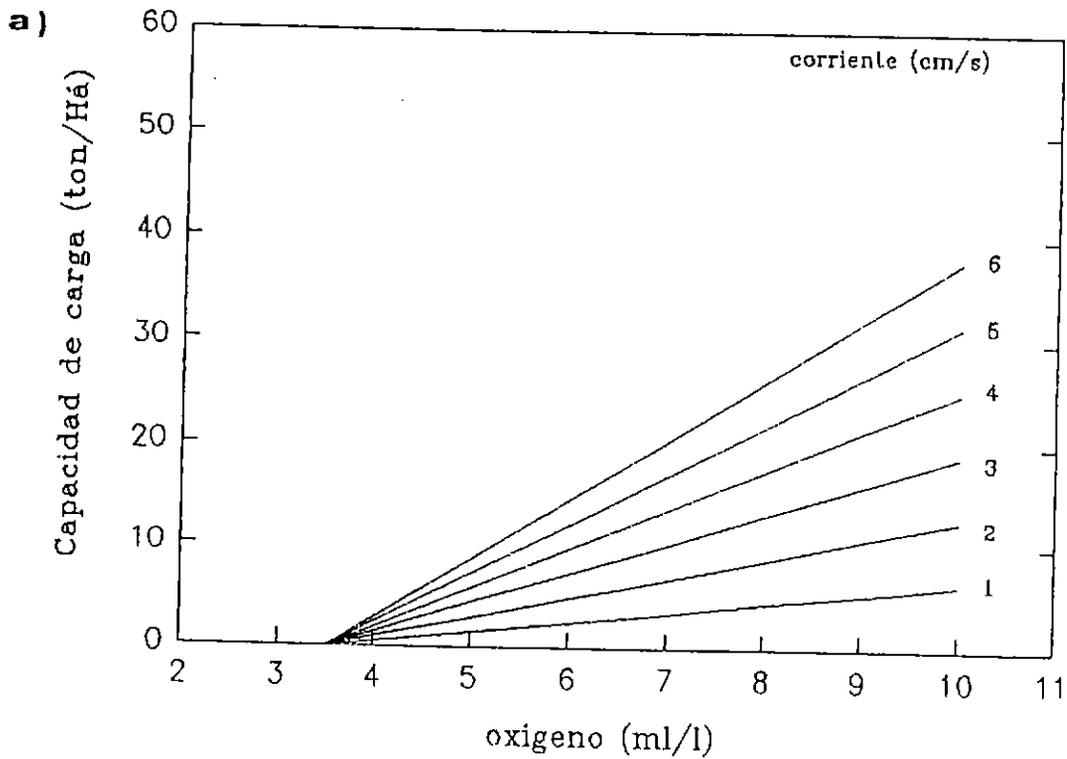


Fig. 133 Capacidad de carga, basado en oxígeno (a) y clorofila "a" (b) a diferentes velocidades de corriente, en Ba. Tongoy.