



Condiciones hidrográficas previas a la purga de mar

F. Fraga y R. Prego

Instituto de Investigaciones Mariñas. C. S. I. C. Rúa Eduardo Cabello, 6. 36208 VIGO

La purga de mar, nombre dado por los pescadores a la coloración roja o parda que toma el mar a consecuencia de la proliferación de dinoflagelados, es un fenómeno que se presenta en las rías gallegas generalmente en el mes de Septiembre aunque no se produce todos los años. Sin embargo, con el aumento de la eutroficación de las rías el fenómeno es cada vez más frecuente e incluso actualmente puede producirse más de una vez en el mismo año:

Las causas y las condiciones hidrográficas en que se produce la purga son muy discutidas, esta viene asociada generalmente con aporte de agua dulce, entrada de agua cálida, aumento de estabilidad, nubosidad y otros.

El hecho de que estos factores vayan asociados con la aparición de la purga de mar no indica de que sean los causantes sino que ambos tienen el origen en una causa común. Incluso algunos de estos factores asociados puede ser adverso como lo es el descenso de salinidad producido por el aporte de agua dulce (Margalef, 1956) y también la disminución de luz por la nubosidad ya que los dinoflagelados tiene el óptimo de luz a

un nivel más alto que las diatomeas (Ryther 1956).

Aunque hay muchas discrepancias en cuanto a las condiciones para que se produzca una purga de mar, parece que la idea más generalizada es que se necesita un confinamiento que evite que las pérdidas de células sea mayor que su velocidad de división, un aporte de sales nutrientes capaz de soportar la producción y determinadas vitaminas y factores de crecimiento. Estos últimos pueden tener su origen en metabolitos en etapas anteriores de la sucesión del fitoplancton y en la actividad bacteriana sobre la biomasa acumulada a lo largo del verano.

Unas condiciones hidrográficas que permitan un confinamiento y a su vez una entrada de nutrientes, es algo contradictorio por eso debemos pensar en una sucesión de condiciones hidrográficas que conducen a la purga de mar como un evento y no como una situación estacionaria más o menos duradera, de ahí la dificultad de llegar a su conocimiento porque los estudios se hacen cuando ya se presentó la purga de mar y las condiciones hidrográficas que han llevado a ella ya han desaparecido.

Estudios específicos para el conocimiento de las condiciones previas a la purga no son esperanzadores porque aunque suele presentarse en Septiembre, como ya se indicó al principio, no siempre sucede así e incluso puede no presentarse ese año. Por lo tanto nuestros conocimientos son a través de campañas oceanográficas ordinarias que coincidan con el fenómeno de la purga.

En la campaña G-9 del B/O «García del Cid» del 3 de Septiembre al 4 de Octubre 1986 que comprendía toda la costa de Galicia y las rías, coincidió el final con una purga de mar. La ría de Vigo se muestreó tres veces en el intervalo de un mes desde en interior en la ensenada de San Simón hasta la isobata de 150 m a 10 millas de la costa (fig. 1). Los datos han sido publicados por Prego *et al.* (1988), Figueiras *et al.* (1987) y F. Fraga *et al.* (1987), parte de las figuras

utilizadas se han tomado de estas publicaciones.

En el primer corte (4 Sep.) las condiciones hidrográficas eran normales y correspondía a una estructura de ligero afloramiento habitual en esta época del año.

En el segundo corte (21 Sep.) se presenta una situación de confinamiento del agua interior de la ría poco corriente y con una estructura inestable.

Finalmente, en el tercer corte (3 Oct.) hay un relajamiento de la estructura anterior, casi se restablecen las condiciones de afloramiento y aparece la purga.

El análisis de la evolución de las condiciones hidrográficas da una visión clara de como se llega a unas condiciones favorables a la producción de purga de mar pero la situación no es inequívoca puesto que puede

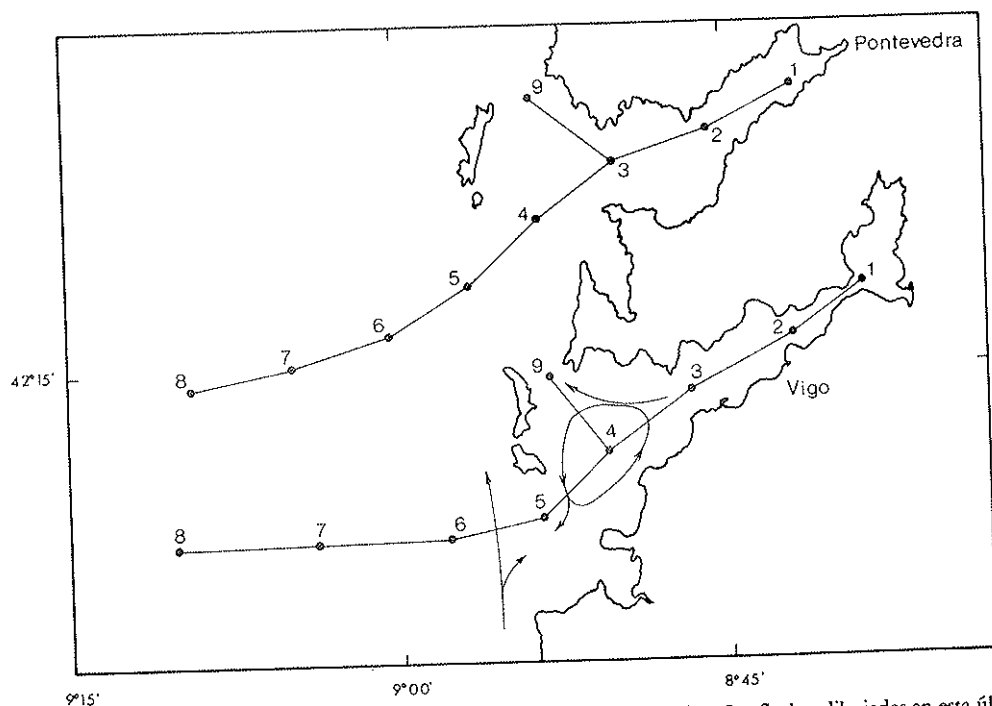


Fig. 1. Situación de las estaciones muestreadas en las rías de Pontevedra y Vigo. Las flechas dibujadas en esta última indican la circulación anormal predominante el 21 de Septiembre en la que la circulación estuárica quedó interrumpida.

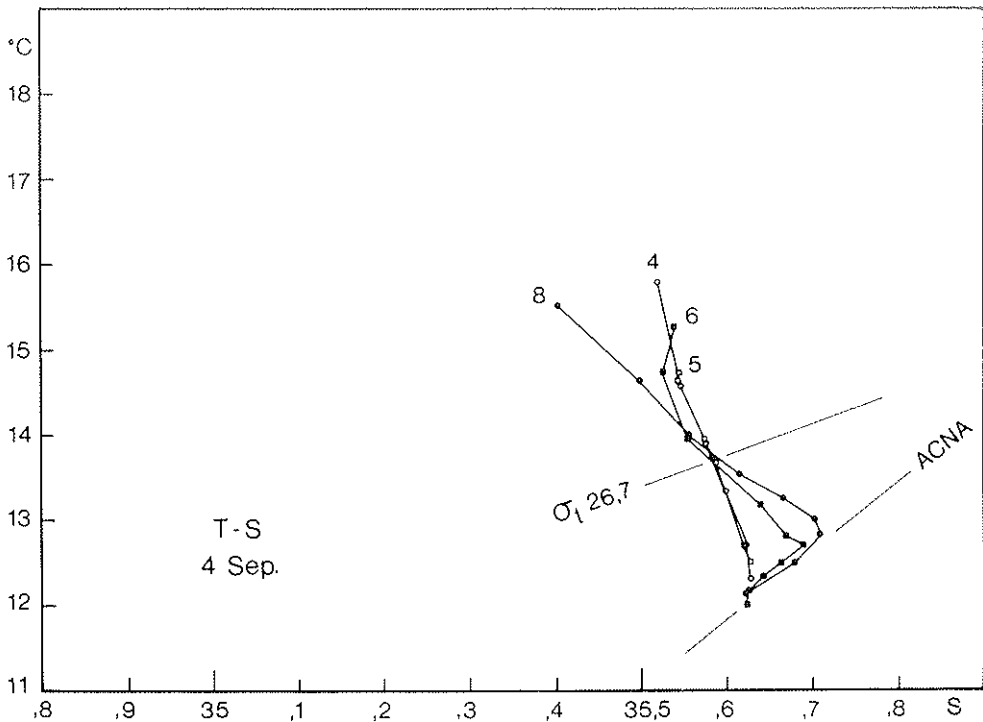


Fig. 2. Diagrama T-S correspondiente al 4 de Septiembre en la ría de Vigo y su plataforma costera. El agua de fondo es Agua Central Nord-Atlántica tanto en la plataforma como en el interior de la Ría pero esta última tiene un origen más septentrional que la que hay en este momento en la plataforma.

haber otras situaciones diferentes en la que también sea posible la formación de purga.

Para comprender la situación partimos de una situación relativamente estable como lo es la del 4 de Septiembre y decimos relativamente porque el agua que hay en el interior de la ría sobre el fondo es ACNA (Agua Central Nor-Atlántica) procedente del norte de Galicia mientras que la que está penetrando ahora por el fondo para sustituirla es ACNA de procedencia más meridional como se deduce de los diagramas T-S, fig. 2, de las estaciones 4 y 8 (F. Fraga y col. 1982). La parte superior del ACNA que se caracteriza por el máximo de salinidad, fig. 4, penetra en el interior de la ría siguiendo la isopícnica de 26,96 que coincide con la isoterma 12,5 °C, fig. 3, y mantiene una concentración alta de nutrientes en el inte-

rior de la ría a consecuencia de la circulación estuárica que es bastante intensa. La concentración de nitratos en el nivel de 10 m es de 6 $\mu\text{mol/l}$ pero decrece rápidamente hacia la superficie siendo próxima a cero a 6 m, por esto limita la producción debido a que la poca penetración de luz hace que el máximo rendimiento en fotosíntesis esté situado en la superficie indicado por el máximo de oxígeno. En la zona más interior de la ría es donde se produce una elevación importante del agua de fondo por mezcla con el agua superficial aumentando la concentración de nitratos en la superficie, aunque en una gran parte son aportados también por el agua del río y dan lugar a producción alta en esta zona de nivel 5 m como se deduce de la distribución de clorofila. La biomasa, situada principalmente en la capa superior,

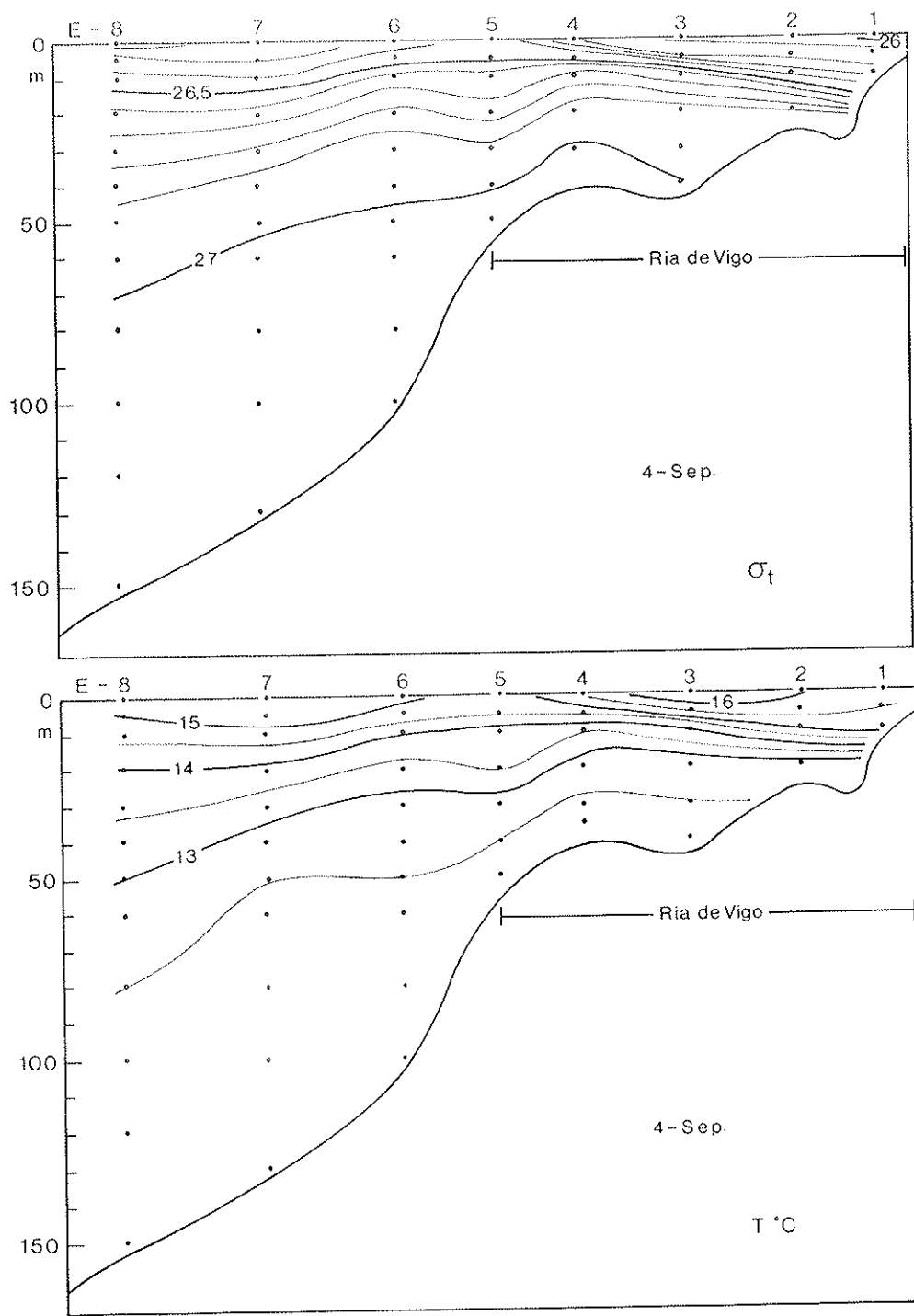


Fig. 3. Distribución de las variables densidad y temperatura en la Ría de Vigo y su plataforma el 4 de Septiembre.

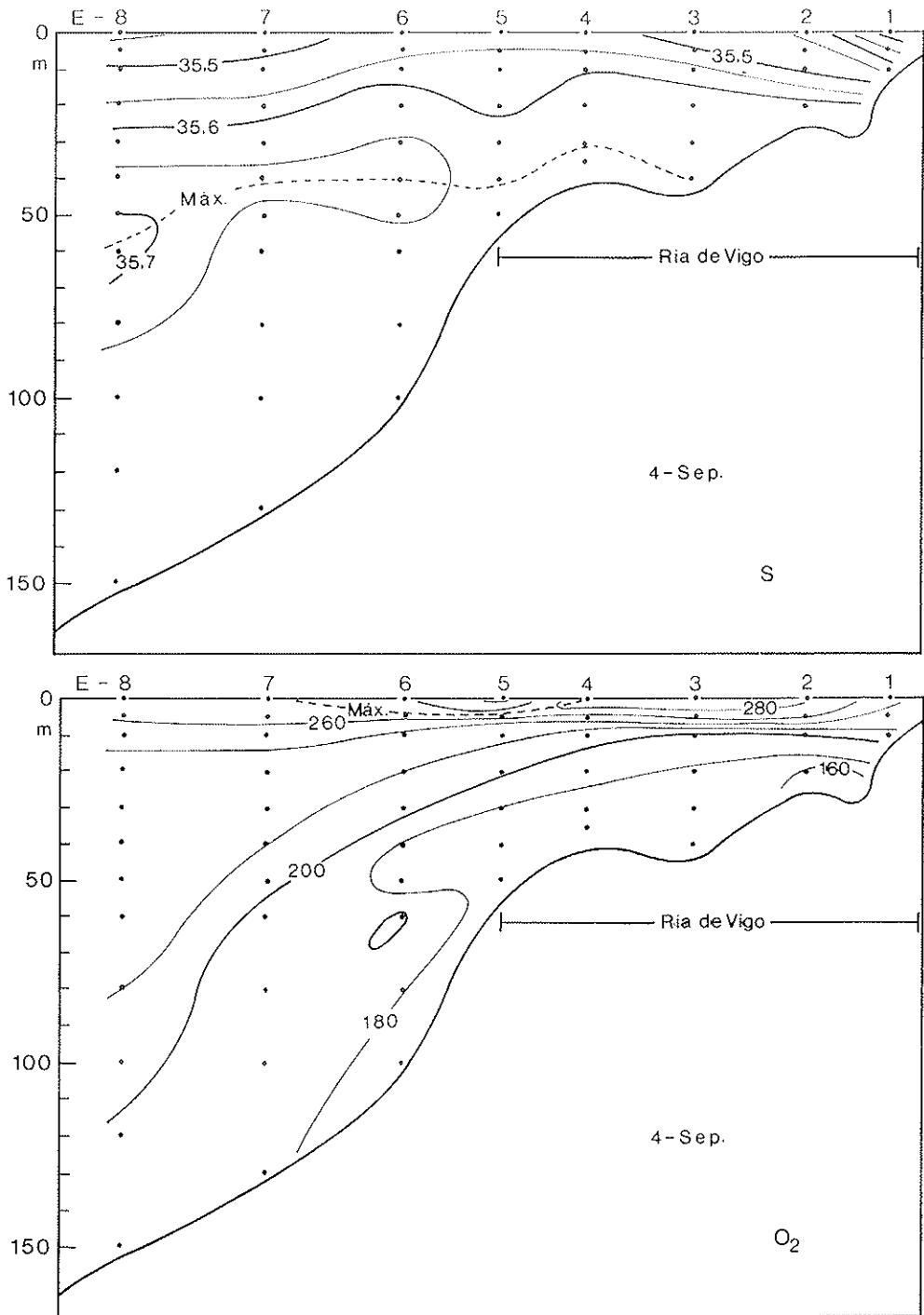


Fig. 4. Distribución de la salinidad y oxígeno disuelto en la Ría de Vigo y su plataforma costera el 4 de Septiembre.

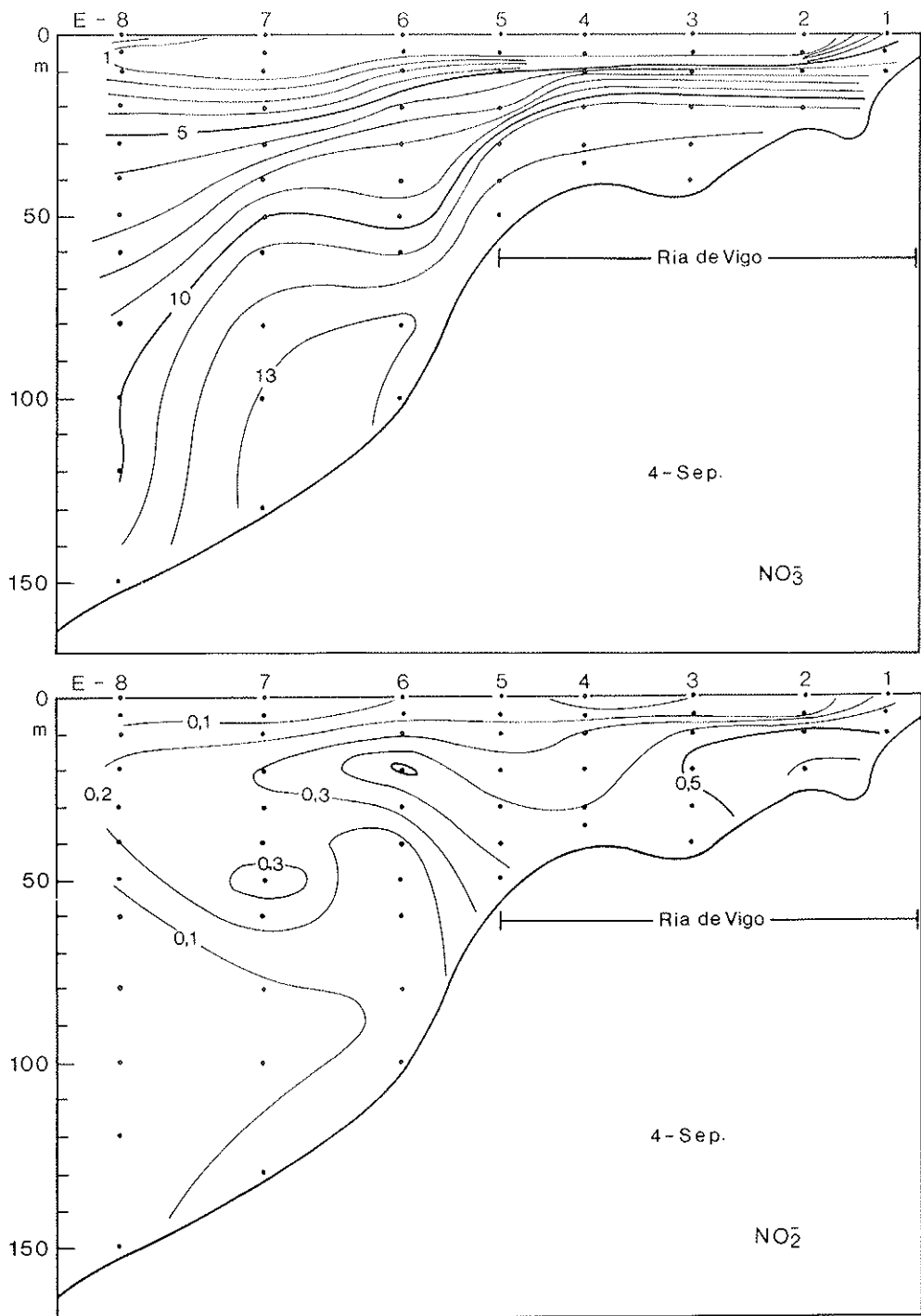
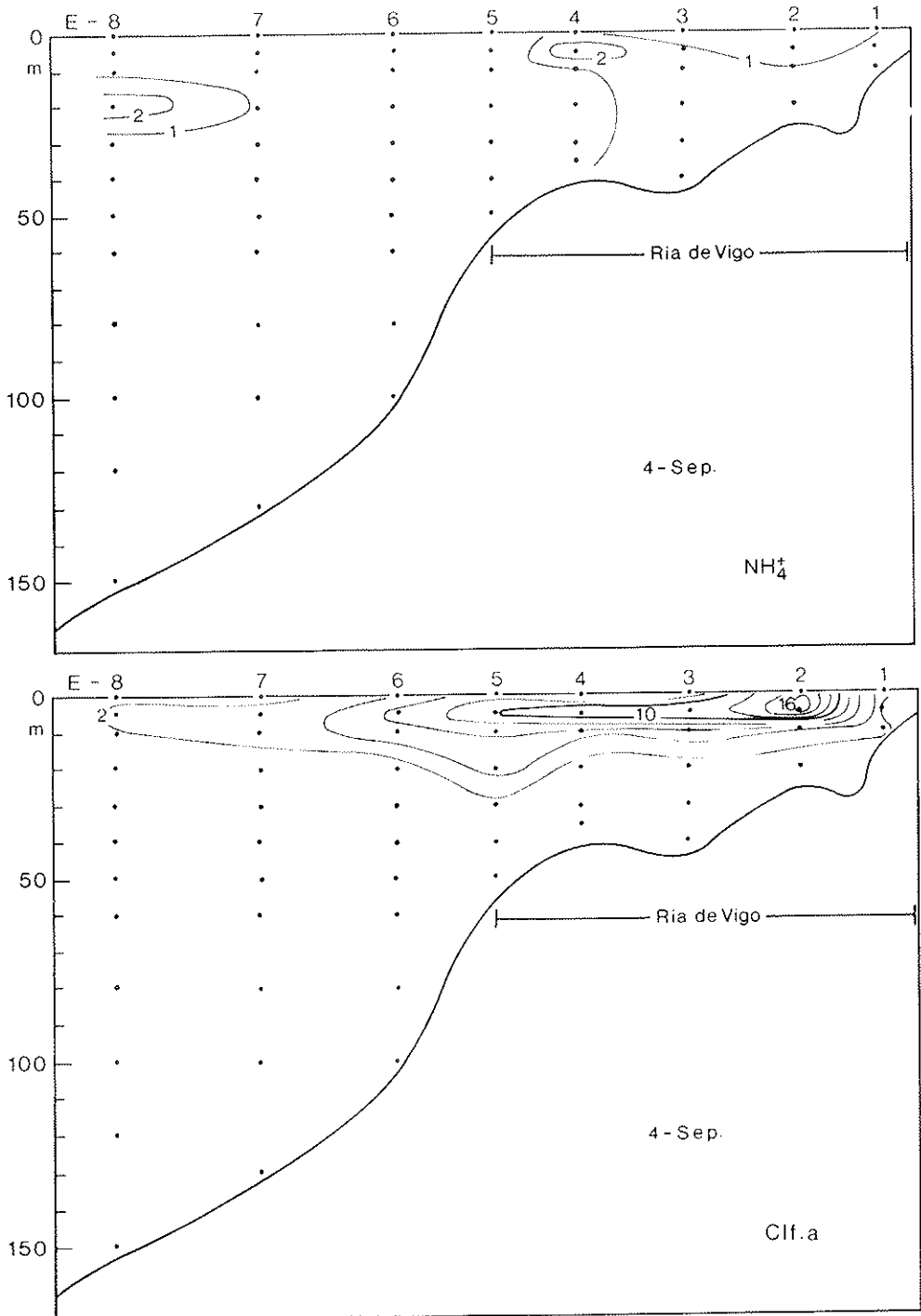


Fig. 5. Distribución de nitratos y nitritos en la Ría de Vigo y su plataforma costera el 4 de Septiembre.



L Fig. 6. Distribución de amonio y clorofila *a* en la Ría de Vigo y su plataforma el 4 de Septiembre.

es arrastrada hacia el exterior por la circulación estuárica, al mismo tiempo, sufre una degradación como se deduce de la distribución de los máximos de amonio y nitritos. En aguas tranquilas, la capa de fitoplancton, los máximos de amonio, nitrito y nitratos aparecen distribuidos verticalmente por este orden, mientras que en la ría aparecen también por este orden pero fuertemente desplazados en la misma dirección que el flujo del agua.

La parte de la materia orgánica particulada no descompuesta sedimenta fuera de la boca de la ría donde la corriente estuárica se extingue y el desplazamiento hacia fuera de la costa producido por la circulación del afloramiento es mucho más lento que el anterior. La materia orgánica sedimentada se descompone con formación de nitratos que se acumulan sobre el fondo justo delante de

la boca de la ría y en parte va siendo arrastrada de nuevo al interior de la ría por la circulación estuárica.

Como se indicó antes, el viento dominante fue del norte el cual produce un desplazamiento del agua costera mar a fuera, esto se opone a la entrada de agua por el fondo de la ría pero la componente de Ekman perpendicular a la costa es máxima en la superficie y disminuye con la profundidad con lo que la componente que facilita la salida de agua superficial es cuantitativamente superior a la que se opone a la entrada por el fondo, en definitiva la circulación estuárica queda favorecida.

El cambio de viento norte a un viento predominante sur suave cambia totalmente la situación encontrada en el corte hidrográfico realizado el 21 de Septiembre.

La circulación superficial costera todavía

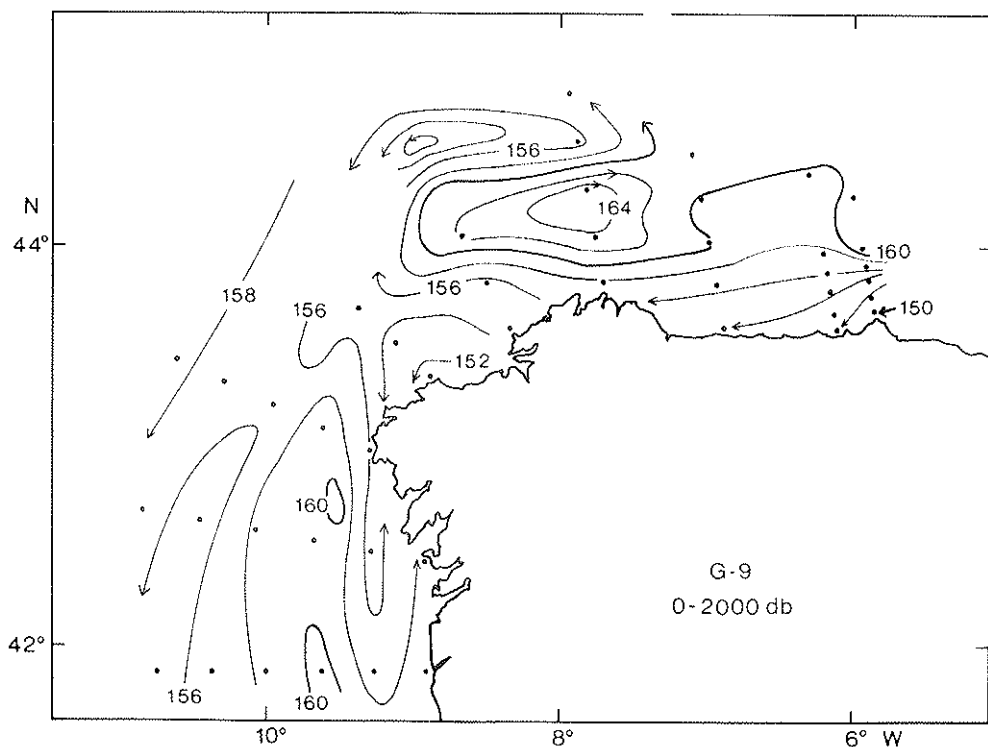


Fig. 7. Anomalía geopotencial en la superficie referida a 2000 m. Es una representación aproximada de las corrientes superficiales. 15 Septiembre.

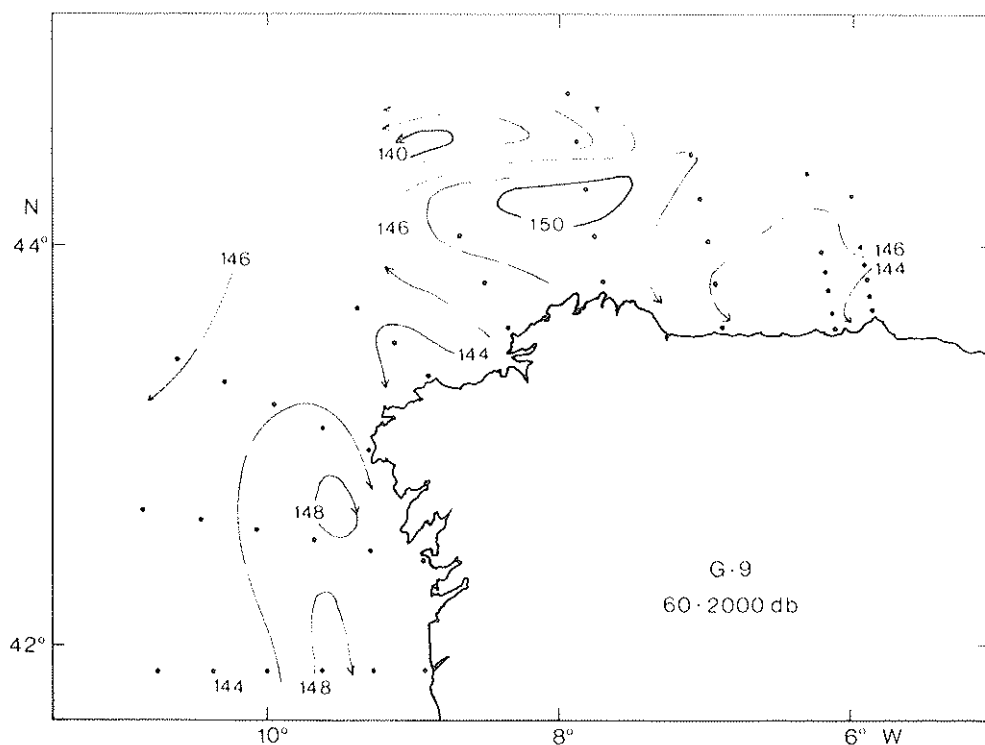


Fig. 8. Como en la fig. 4. Representación aproximada de la corriente a 60 m de profundidad. 15 Septiembre.

sigue siendo norte-sur por debajo del nivel de aproximadamente 50 m o más exactamente por debajo de la isopícnica de $\sigma_t = 26,7$ como se deduce del mapa de topografía dinámica, fig. 8, mientras que la de superficie ya cambió de dirección, fig. 7, y es ahora opuesta al afloramiento. La componente de Ekman en el nivel de 50 m sigue siendo como antes opuesta a la entrada de agua de fondo en la ría pero ahora también la componente de superficie es opuesta a la salida del agua superficial del interior y el intercambio de agua por circulación estuárica queda bloqueado. El nivel superior del ACNA desciende y toca el fondo en la isobata de 90 m (máximo de salinidad, fig. 10) y queda aislado de la ría. En el agua superficial hay un hundimiento como era de esperar pero este es exageradamente acusado como puede verse por la distribución de isopícnas (σ_t) en la figura 9. Este hundimiento no puede explicarse sólo por el efecto de Coriolis.

En el diagrama T-S, fig. 13, se ve claramente que el agua de la estación 6 es diferente al resto tanto del exterior como del interior de la ría y está formada por un agua cálida procedente del sur y es la que se hunde en la estación 5 preferentemente a la de la estación 4. Esta agua cálida es una rama costera de otra penetración más intensa por el meridiano 10 °W que llega a la altura de Finisterre, fig. 14.

La interrupción de la circulación estuárica da lugar a una estructura muy compleja e inestable con muchos torbellinos en constante evolución pero se puede hacer un esquema simplificado que refleja las características más destacadas de la situación en ese momento. En la parte inferior de la fig. 12 está representado un corte esquemático de la circulación en esta fecha. La isopícnica de 26,7 es el nivel de cambio de dirección del agua costera, por encima de esta línea la corriente superficial va hacia el norte produciéndose un hundimiento contra la

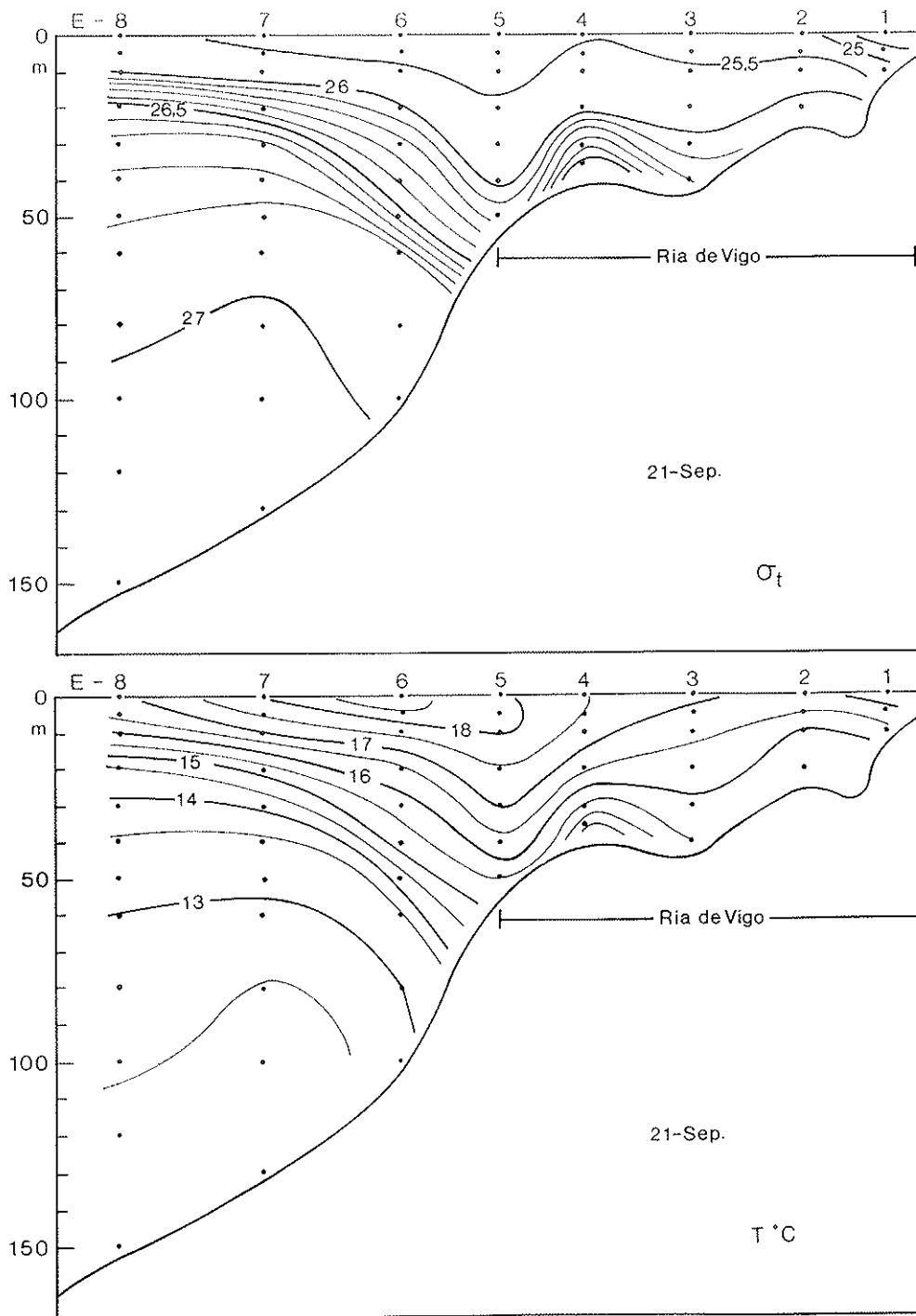


Fig. 9. Distribución de la densidad y temperatura el 21 de Septiembre.

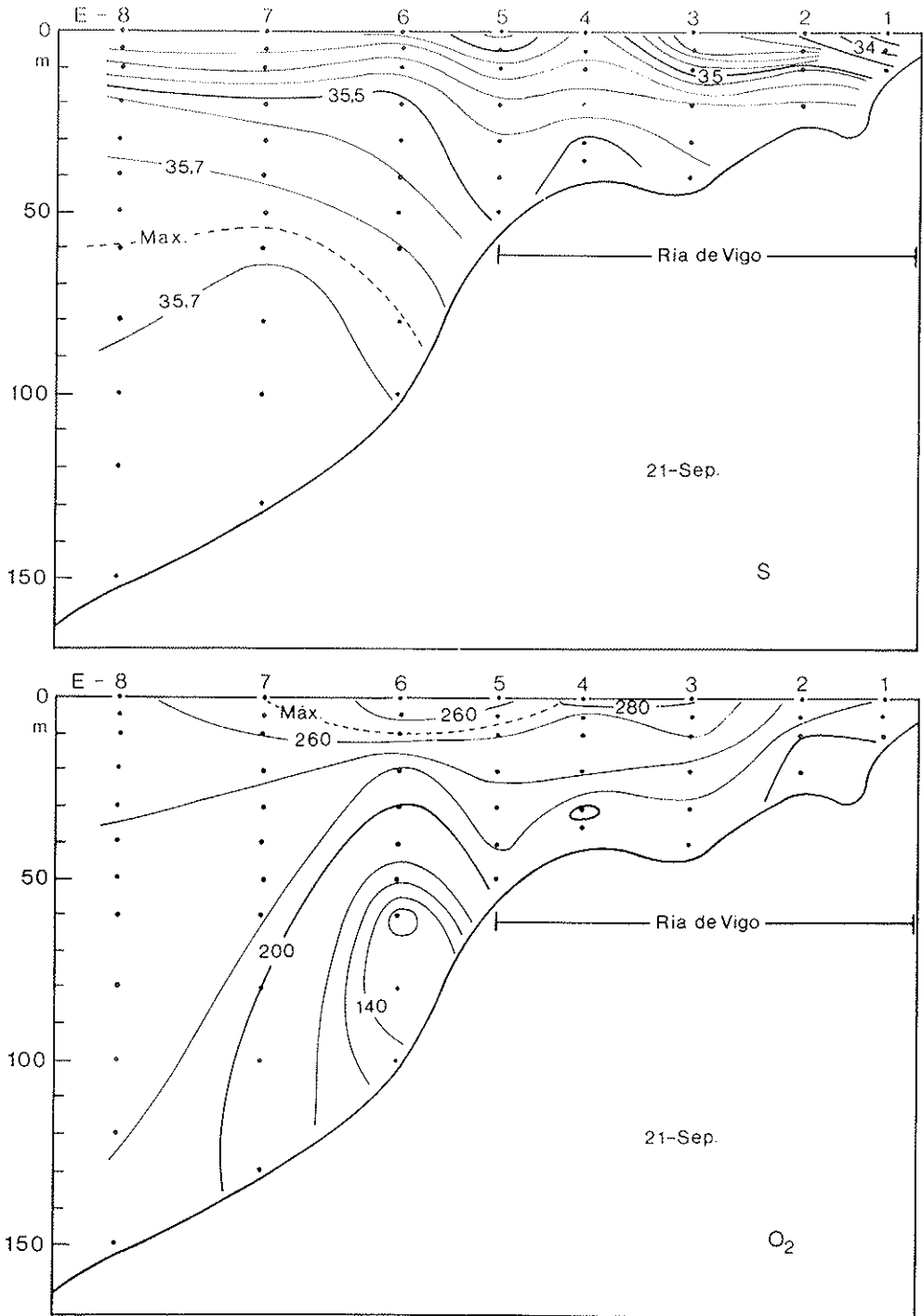


Fig. 10. Distribución de la salinidad y oxígeno disuelto el 21 de Septiembre.

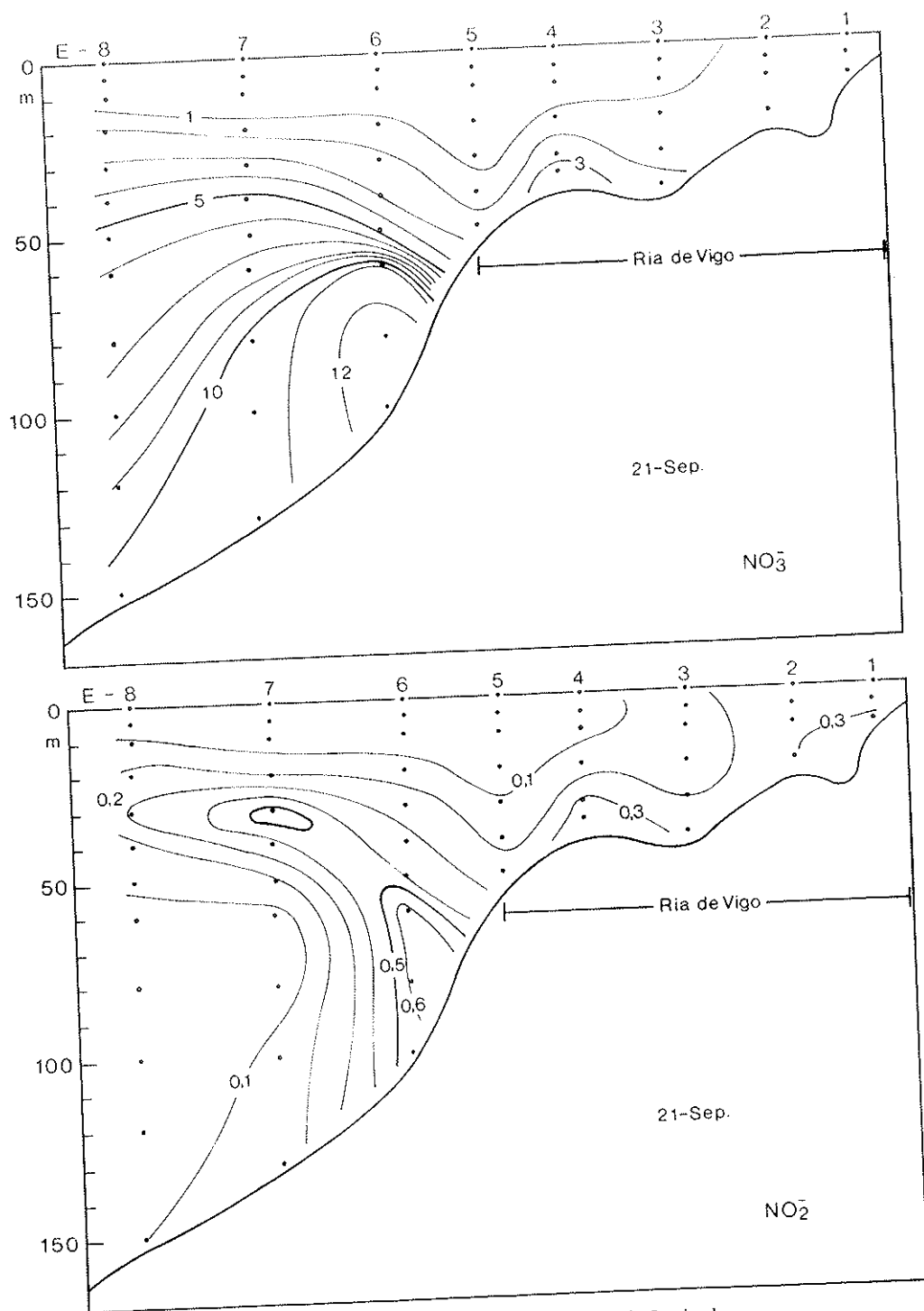


Fig. 11. Distribución de nitratos y nitritos el 21 de Septiembre.

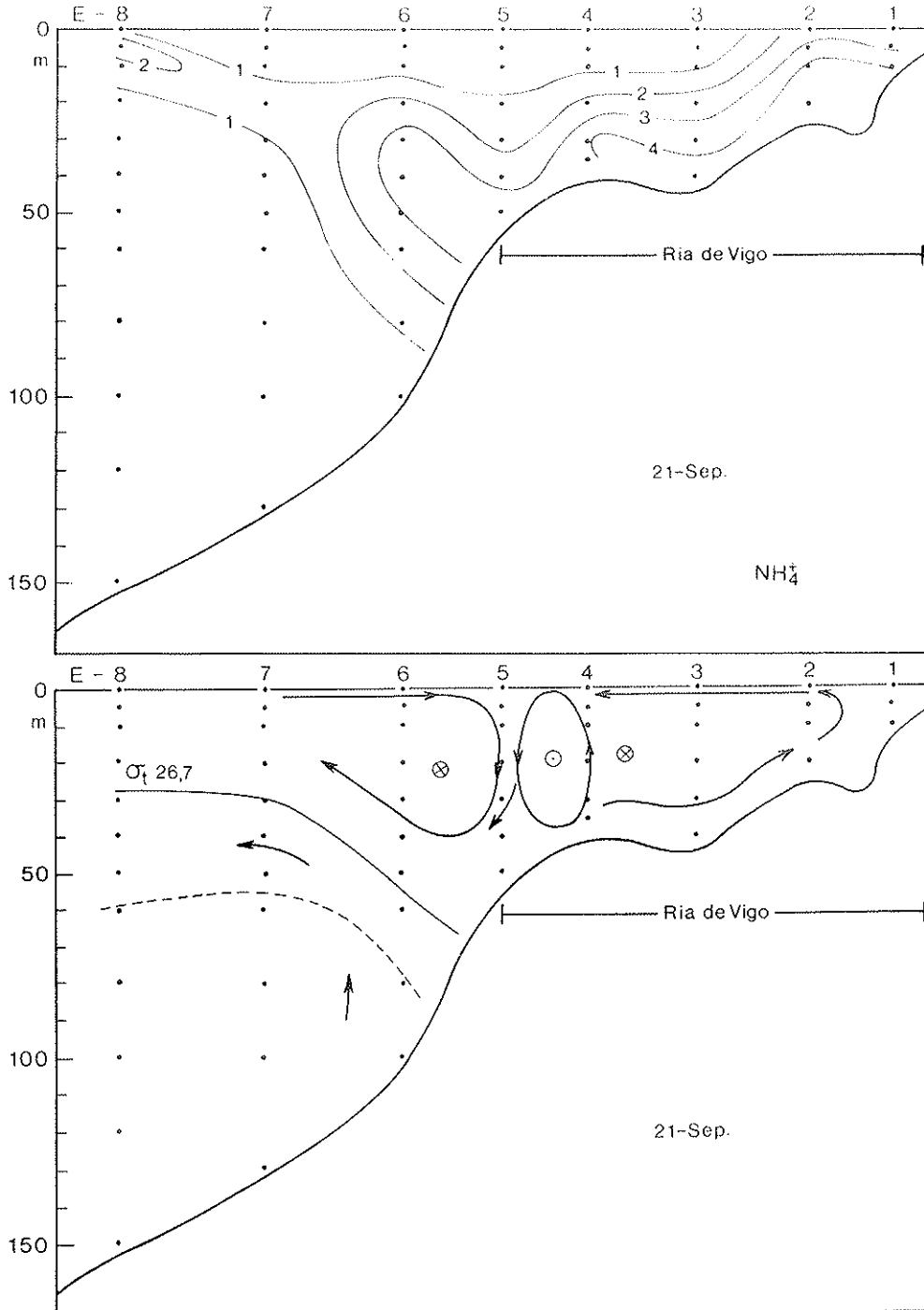


Fig. 12. Distribución de amonio y esquema de la circulación vertical correspondiente a la circulación horizontal representada en la Fig. 1.

costa haciendo bajar la isopicna de 26,7 desde 30 m en la estación 8 hasta 70 m entre las estaciones 6 y 5 donde queda interceptada por el fondo. La circulación vertical representada en el esquema viene reflejada en el diagrama T-S, fig. 13, donde se puede observar en el de la Est. 6 dos cambios uno a $t = 16^\circ$ refleja el cambio de dirección de la componente perpendicular a la costa que viene hacia tierra la capa superior de 0 a 20 m y hacia fuera de 30 a 50 m en la que el agua ya es menos cálida por mezcla con el agua retenida en la boca de la ría. El otro cambio a $t = 14^\circ$ es el de σ_t 26,7 por debajo del cual ya es ACNA, la uniformidad de 60-100 m indica una mezcla total debido al estancamiento producido por los dos desplazamientos verticales opuestos en este punto. Por debajo de la isopicna 26,7 hay una ligera elevación de agua debido a la co-

riente muy suave en dirección sur que al oeste de $9^\circ 40'$ long. ya es claramente hacia norte (fig. 8).

Una estructura más inestable todavía, se presenta en el interior de la ría en la Est. 4, con un núcleo aislado de agua σ_t 26,52 mucho más densa que la que se encuentra en la boca en el fondo, σ_t 26,16. Esta agua más densa se mantiene confinada en el interior por un giro ciclónico formado al bloquearse la salida del agua de la ría y se mantiene momentáneamente por la salida de agua superficial de la ría por la boca norte y es posible que haya una entrada débil por el fondo contra la orilla sur. El esquema de la circulación horizontal en esta fecha es el representado en la fig. 1.

La circulación vertical estuárica, al tener dificultada la entrada de agua por el fondo, se realiza en circuito semicerrado y con una

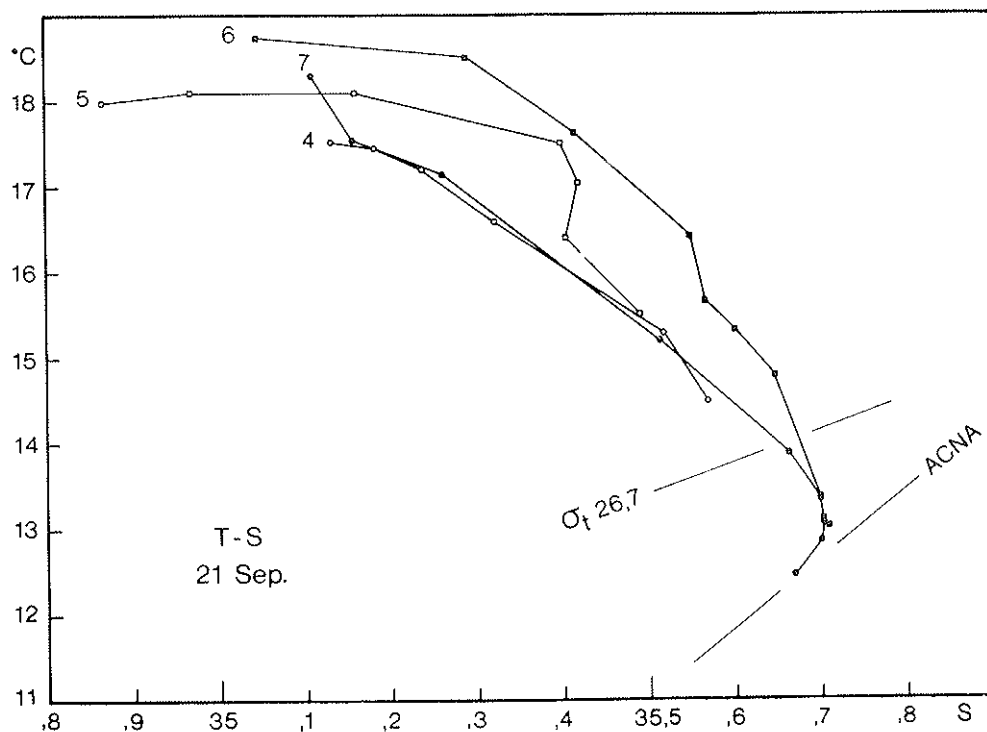


Fig. 13. Diagrama T-S de los cuerpos de agua en la plataforma y Ría de Vigo el 21 de Septiembre.

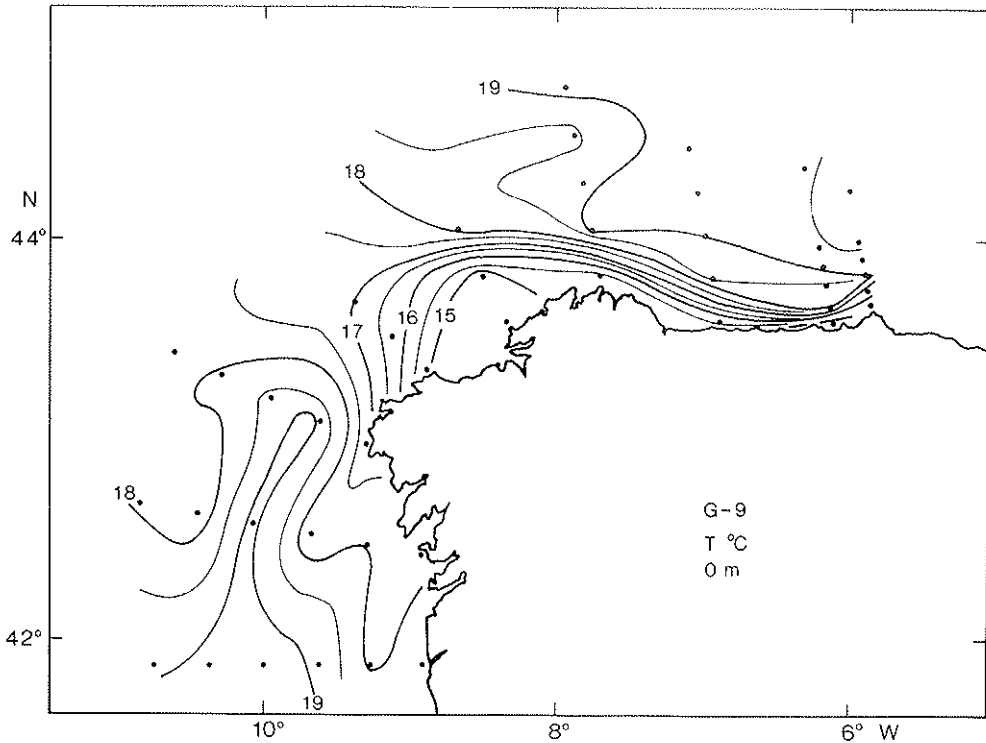


Fig. 14. Distribución de la temperatura superficial el 21 de Septiembre.

pérdida gradual del contenido total de sal que de 35,58, la media para toda la ría, pasa a 35,18. El ciclo biomasa-nutrientes se realiza ahora principalmente a través de nutriente regenerado y en el fondo del interior de la ría se acumula amonio que sobrepasa los $4 \mu\text{mol/l}$, fig. 12.

Si volvemos de nuevo a la plataforma de la ría, habíamos establecido una diferencia entre el agua superficial que se mueve hacia el norte y la sub-superficial que se mueve ligeramente hacia el sur y habíamos establecido su capa límite en el plano de la isopicna de 26,7 encima de la cual los nutrientes son de regeneración reciente con predominio de amonio y debajo de esa isopicna una materia orgánica más oxidada como lo indica la presencia de nitratos y nitritos, fig. 11, sin embargo esta diferencia pudiera parecer simplemente una variación gradual como suele suceder en la mayoría de los casos

puesto que incluso la distribución de oxígeno, fig. 10, presenta un mínimo común a ambos, pero la ría de Pontevedra nos brinda una etapa de la evolución hidrográfica menos avanzada en la que todavía hay poca mezcla porque la ría de Pontevedra se muestreó un día antes que la ría de Vigo y por otra parte está un poco más al norte, o sea en la dirección de la corriente costera superficial. La distancia entre ambos es de 5 millas.

La distribución de oxígeno, fig. 15, presenta bien separados los mínimos de oxígeno que corresponden a los máximos de amonio y nitritos, separados por la isopicna de 26,7.

Como se indicó anteriormente, la inestabilidad de la estructura hidrográfica de las rías Bajas que era similar en todas ellas aunque con unas desviaciones de las condicio-

nes normales más grande en la ría de más al sur, ría de Vigo, no podía durar mucho. En el corte realizado 11 días más tarde (3 Oct. 86), el hundimiento en la estación 5 casi desaparece, fig. 7, la circulación estuárica comienza a restablecerse y se presenta la purga de mar no solo en la ría sino también en la plataforma costera más próxima.

En la estación 6 hay una elevación de ACNA que asciende pegada contra el fondo cuyo límite superior viene fijado igual que antes por la isopieca 26,96 que coincide ahora con la isotérma 12,9 °C, reconocible por su máximo de salinidad indicado a trazos en la fig. 18.

El agua que asciende por el fondo empuja los nutrientes y materia orgánica acu-

mulados durante la fase anterior y los traslada hasta la boca de la ría donde son arrastrados hacia el interior por la circulación estuárica que da lugar al máximo de nitratos en el fondo de la estación 4 con 12,3 $\mu\text{mol/l}$, una cantidad muy superior a la que le corresponde por la proporción de ACNA en la mezcla, F. Fraga (1981). La materia orgánica que penetra por el fondo se va oxidando hacia el interior de la ría y su desplazamiento puede seguirse por el descenso de oxígeno disuelto que entra con 200 $\mu\text{mol/l}$ y descendiendo a 137 $\mu\text{mol/l}$ en el interior y simultáneamente incrementa el amonio desde 0,01 $\mu\text{mol/l}$ hasta 5 μmol y el nitrito desde 0,1 a 1.0 $\mu\text{mol/l}$. En la estación 2 afloran estos nutrientes por mezcla con el agua proce-

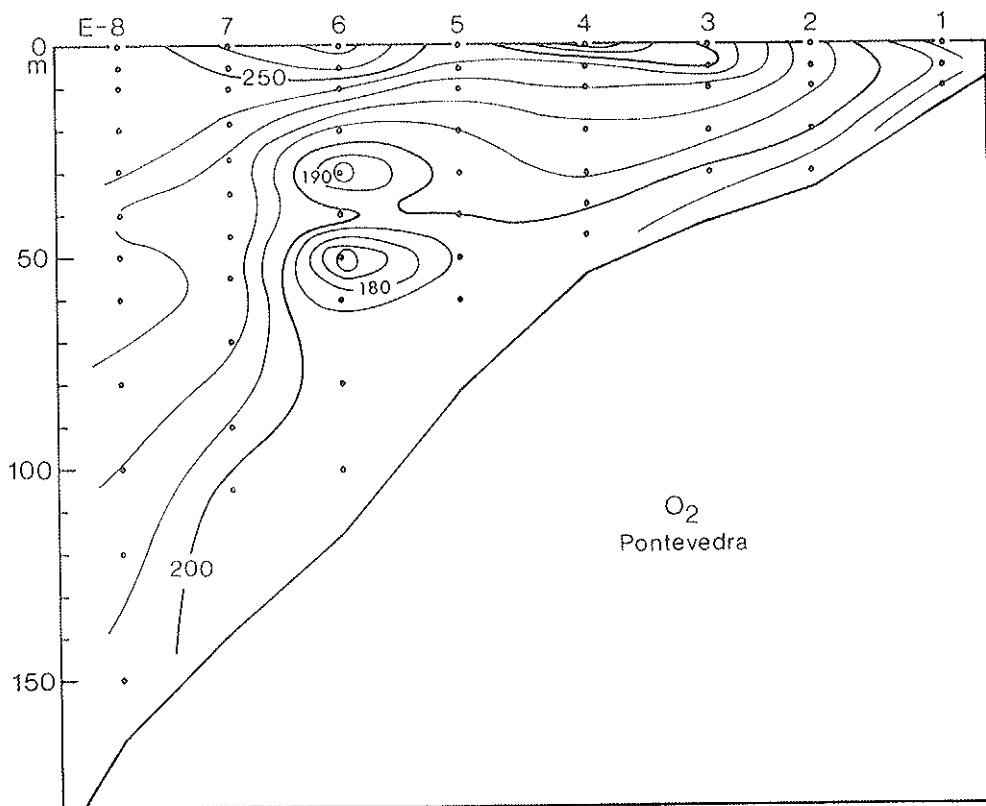


Fig. 15. Distribución vertical de oxígeno en la Ría de Pontevedra, un día antes que el muestreo de la ría de Vigo indicado en la fig. 10.

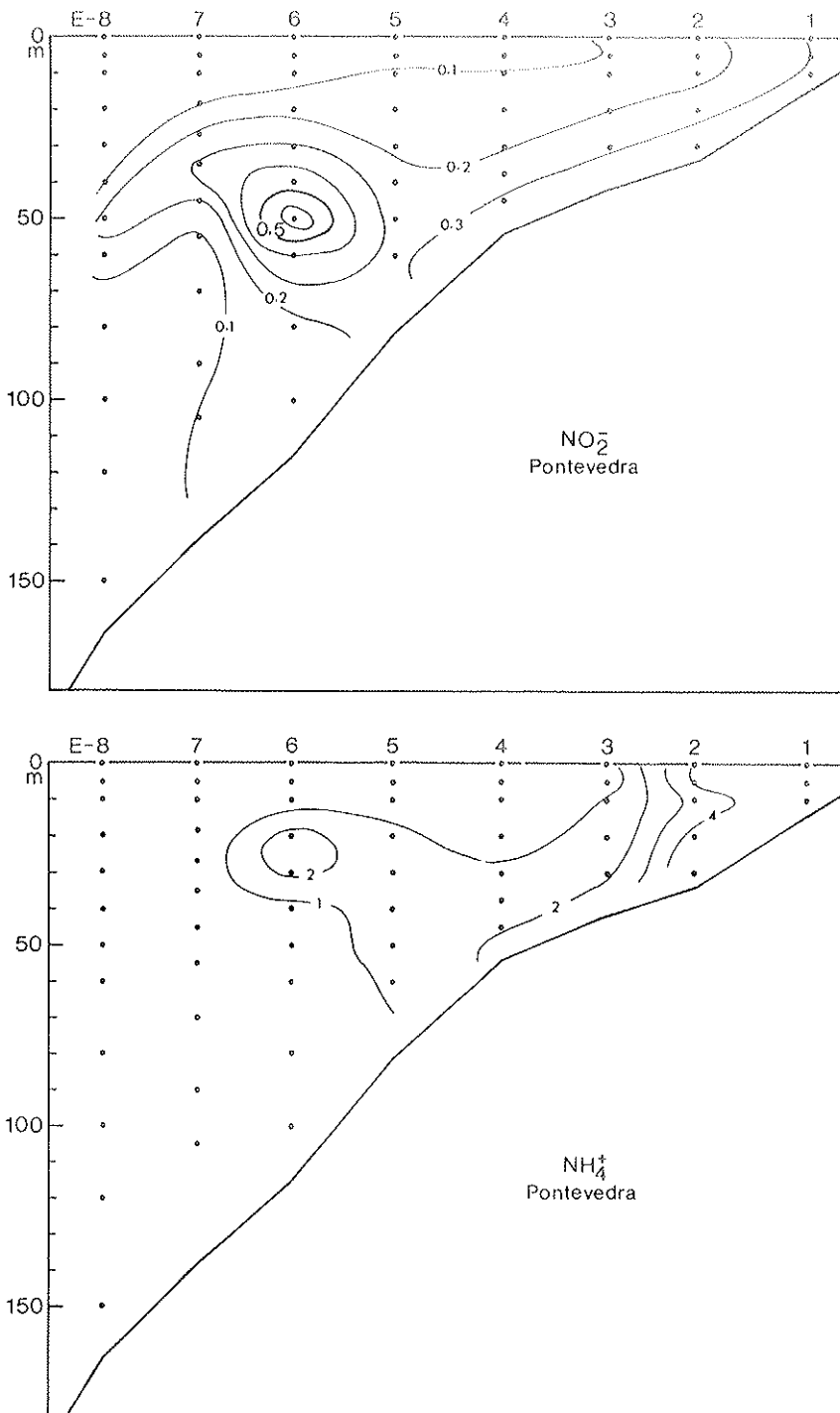


Fig. 16. Distribución de nitritos y amonio en la Ría de Pontevedra y su plataforma el 20 de Septiembre.

dente del río y se desplazan superficialmente hacia el exterior pero ya en la estación 3 todo el nutriente ya se transformó en biomasa.

El núcleo de nutrientes que se había ido acumulando en la plataforma costera durante todo el verano, no penetra entero en la ría sino únicamente la parte que está en contacto con el fondo, unos 30 m de espesor. La parte superior no es utilizada y queda formado un núcleo de $14,2 \mu\text{mol/l}$ de nitratos aislado del fondo que coincide también con el mínimo de oxígeno, pero es posible que este núcleo no sea un resto aislado sino que esté en evolución expansiva porque encima coincide un máximo de nitritos situado en la isopícnica de 26,7 todo esto puede estar alimentado por la sedimentación de material orgánico particulado procedente de la purga de mar que tiene el máximo de biomasa situado en la superficie de la estación 6 y con una alta producción fotosintética como puede suponerse del contenido en oxígeno disuelto que llega a $320 \mu\text{mol/l}$ (137 % de saturación).

Del análisis de la evolución de las condiciones hidrográficas de la ría se llega a la conclusión de que esta depende poco de los factores internos a ella misma sino que está muy influenciada por factores externos como el régimen predominante del viento costero, características del agua superficial costera y en gran parte por la circulación del agua subsuperficial que comprende la parte superior del ACNA cuyos desplazamientos está sujetos a una circulación oceánica de mayor amplitud y complejidad.

Aunque el objeto de esta comunicación es describir únicamente la evolución hidrográfica de una ría hasta el momento de aparición de la purga de mar, no podemos evitar hacer algunos comentarios sobre las posibles influencias de estas condiciones hidrográficas en la formación de la purga.

El confinamiento de un cuerpo de agua está dado como una condición favorable para el desarrollo de una purga porque evita la pérdida de células de los dinoflagelados. Es-

ta condición se ha dado plenamente en la segunda quincena de Septiembre pero este confinamiento trajo como consecuencia una circulación interna con mezclado vertical que destruye la estabilidad horizontal y por otra parte por la falta de aporte de nutrientes se llegó a un agotamiento de estos con clara repercusión en la producción fitoplanctónica que descendió notablemente no obstante pudiera perjudicar menos a las dinoflageladas que a las diatomeas con un aumento proporcional considerable dentro de una población reducida que le permita tomar ventaja en el momento de la entrada masiva de nutrientes por desbloqueo de la circulación.

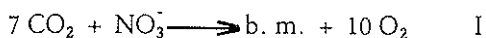
Otra cuestión a tener en cuenta es que en el momento del desbloqueo el agua que entra lo hace lamiendo el fondo de la estación 6, que es la zona principal de acumulación de materia orgánica, arrastrando no solo los nutrientes acumulados sino también posibles factores de crecimiento y cistes acumulados durante todo el verano en esta zona de sedimentación.

Respecto al amonio no parece que tenga una influencia grande puesto que su distribución coincide con las zonas de degradación de la biomasa sin relación alguna con las zonas de producción excepto en la cabecera de la ría.

Otra estructura que puede dar ventaja a los dinoflagelados es la fuerte nitratoclina que se forma donde la luz empieza a ser factor limitante. En algunas estaciones el disco de Secchi fue de 3 m, esto supone que a 8,1 m ya solo llega el 1 % de la luz incidente. Desde la Est. 3 hacia el exterior los valores de nitrógeno inorgánico son prácticamente cero hasta un poco más abajo de 10 m de profundidad, fig. 9, mientras que a 20 m ya se encuentran valores excepcionalmente altos que en la Est. 4 alcanza a $7,5 \mu\text{mol/l}$ de NO_3^- y $10 \mu\text{mol/l}$ de nitrógeno inorgánico total. Los dinoflagelados, J. J. Cullen (1985) tienen una migración vertical diurna de hasta 10 m ascendiendo durante el día hasta la zona fótica donde puede sintetizar

y acumular hidratos de carbono y de noche descienden a la nitratoquina donde pueden asimilar nitratos utilizando la energía química acumulada. Pues bien, la distribución cuantitativa de las variables químicas parece confirmar este comportamiento durante el corte hidrotáfico realizado en plena purga a principio de Octubre.

La ecuación estequiométrica de la síntesis de biomasa (b.m) puede resumirse en la forma



en la que, para mayor sencillez se ha prescindido del fosfato, del agua que interviene en la reacción y del ajuste de cargas iónicas, por otra parte los coeficientes se han reducido a los números enteros más próximos a los valores exactos. En esta ecuación por cada mol de NO_3^- utilizado se producen 10 moles de O_2 , o sea que, si multiplicamos por 10 la cantidad de nitrato utilizado será igual a la cantidad de oxígeno producido.

$$10 \times \Delta \text{NO}_3^- + \Delta \text{O}_2 = 0$$

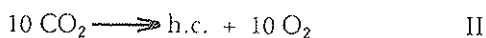
Aquí resulta útil el concepto de «NO» de Broecker (1974).

$$\text{«NO»} = \text{O}_2 + 10 \text{NO}_3^-$$

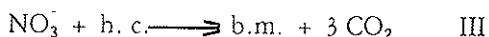
El «NO» es una característica de cada cuerpo de agua pero es independiente de la fotosíntesis o de la remineralización de biomasa porque cualquier utilización o producción de nitrato queda compensado por la formación o consumo de la cantidad equivalente de oxígeno. Este hecho es evidente sin más que comparar la distribución de nitratos y oxígeno, fig. 18 y 19. Puesto que el «NO» es una característica de cada cuerpo de agua, esta solo varía por mezcla y es de esperar entre la superficie y la parte superior del ACNA una variación lineal. Sin embargo, un estudio más detallado y cuantitativo nos pone de manifiesto anomalías que lo apartan de esta linealidad y que concuerdan con la

estrategia utilizada por los dinoflagelados. Para estos desdoblamos la ecuación de reacción I en

Superficie:



Nitratoquina:



En la superficie el fitoplancton no puede sintetizar proteína por falta de nitrógeno pero si hidratos de carbono (h.c) utilizando la luz como fuente de energía. Durante la noche desciende hasta la nitratoquina y sintetiza la biomasa necesaria para su división según la ecuación III, utilizando una parte de los h.c., 70 %, como material de síntesis y el 30 %, para el suministro de la energía necesaria.

Si se calcula el «NO» para la capa bien iluminada y exenta de nitratos de la superficie hay que esperar un gran incremento de su valor porque el incremento de O_2 no está compensado con el consumo de NO_3^- como puede deducirse de la ecuación II. Mientras que en la nitratoquina, ligeramente debajo de los 10 m hay que esperar un descenso notable del «NO» por el consumo de NO_3^- sin que esté compensado con una producción de O_2 , ecuación III.

En la fig. 20 (parte inferior) se ha representado en «NO» corregido para agua costera (Ríos y Fraga, 1988) y se observa claramente el máximo de «NO» en superficie y el mínimo a 10 m que descienden del nivel ligeramente en el exterior de la ría. La máxima diferencia de «NO» entre 0 m y 10 m se encuentra en la estaciones con máxima concentración de clorofila. Las variaciones de «NO» son muy sensibles puesto que son el doble de la cantidad equivalente de h. c. transportado. En la Est. 4 la diferencia de «NO» es de $138 \mu\text{mol/l}$ y su equivalente en NO_3^- utilizado por este mecanismo es de $6,9 \mu\text{mol/l}$ que equivale a $600 \mu\text{g/l}$ de carbono en forma de biomasa. Si lo integramos

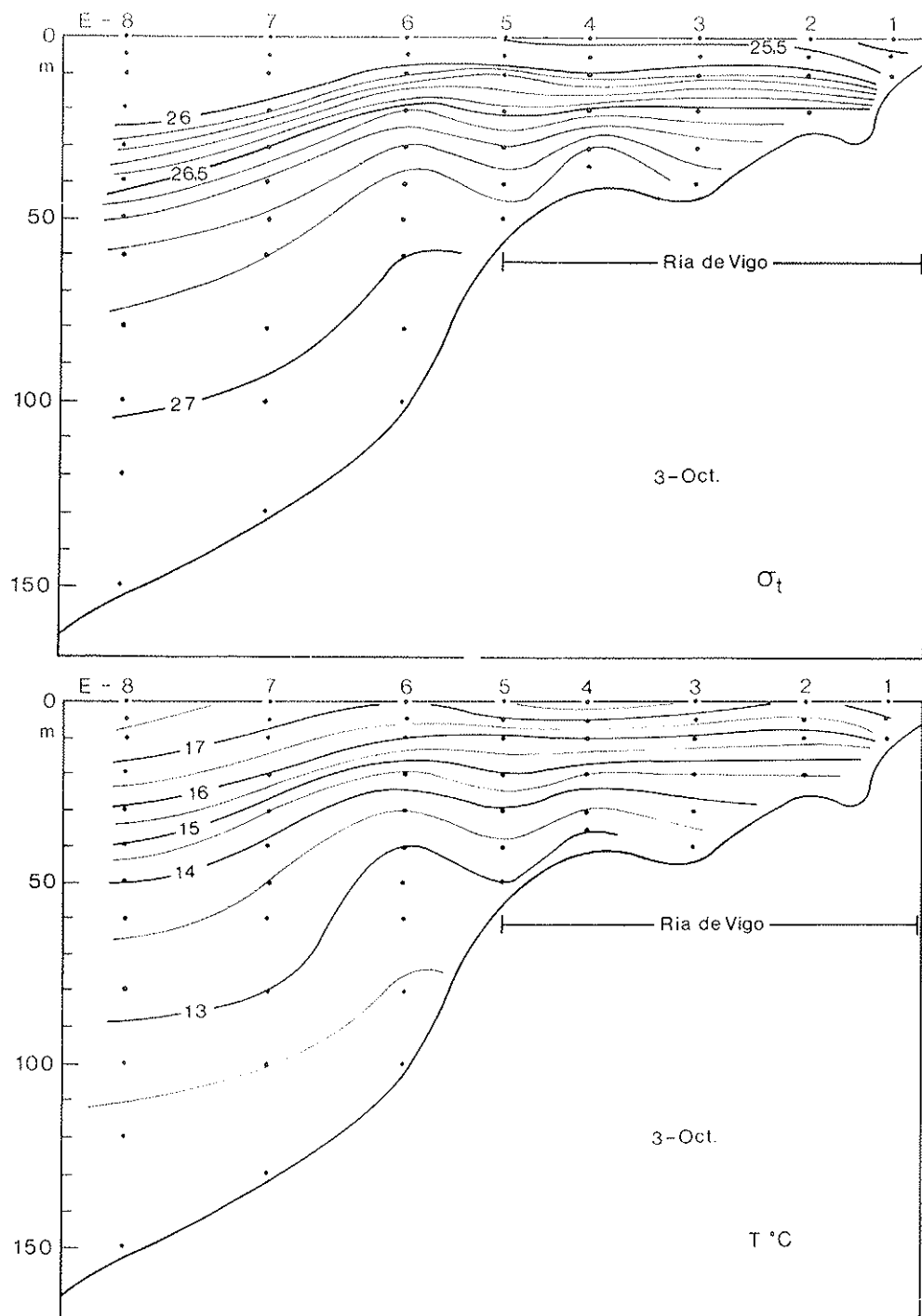


Fig. 17. Distribución vertical de la densidad y temperatura en la Ría de Vigo y su plataforma el 3 de Octubre.

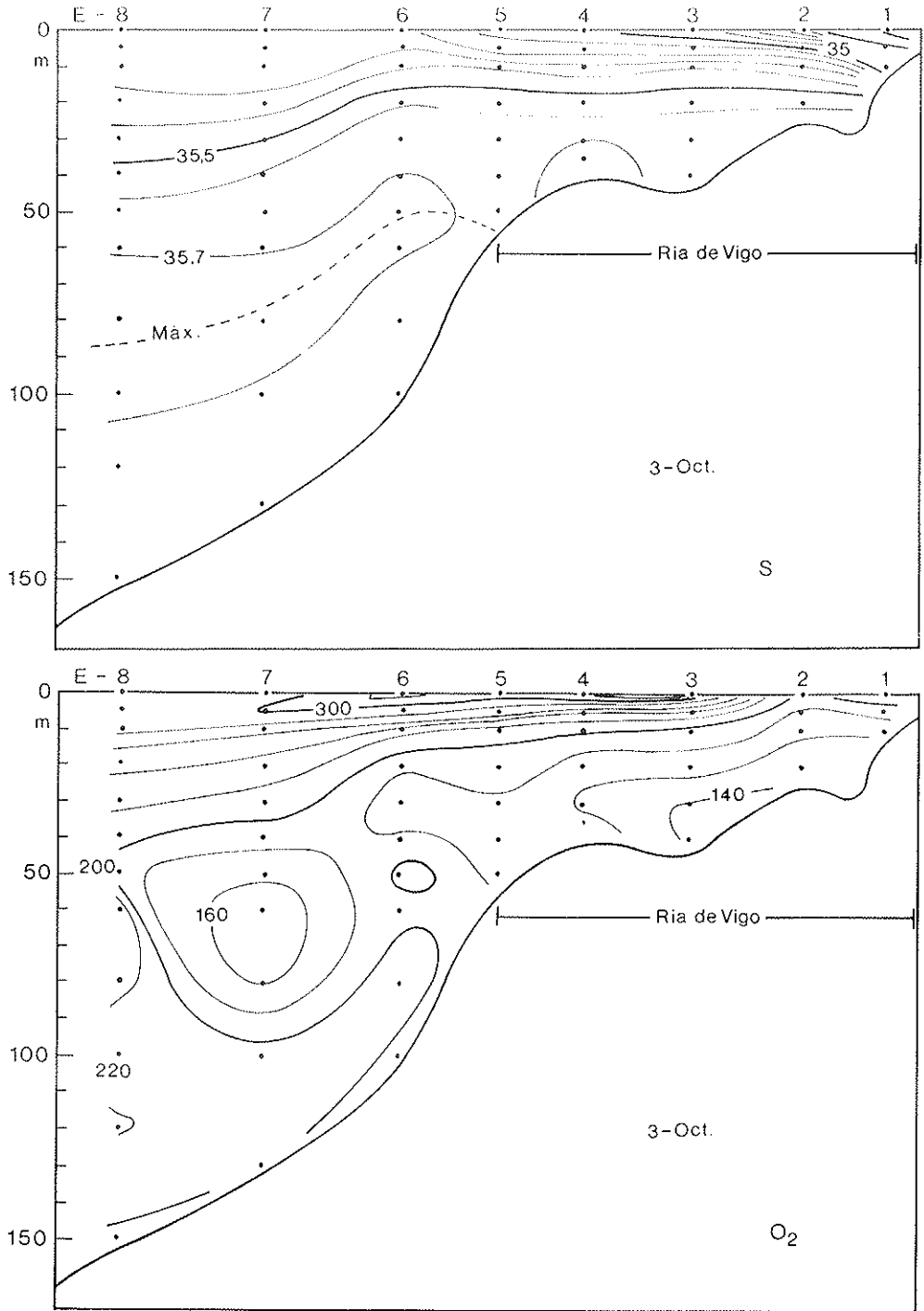


Fig. 18. Distribución de salinidad y oxígeno disuelto el 3 de Octubre.

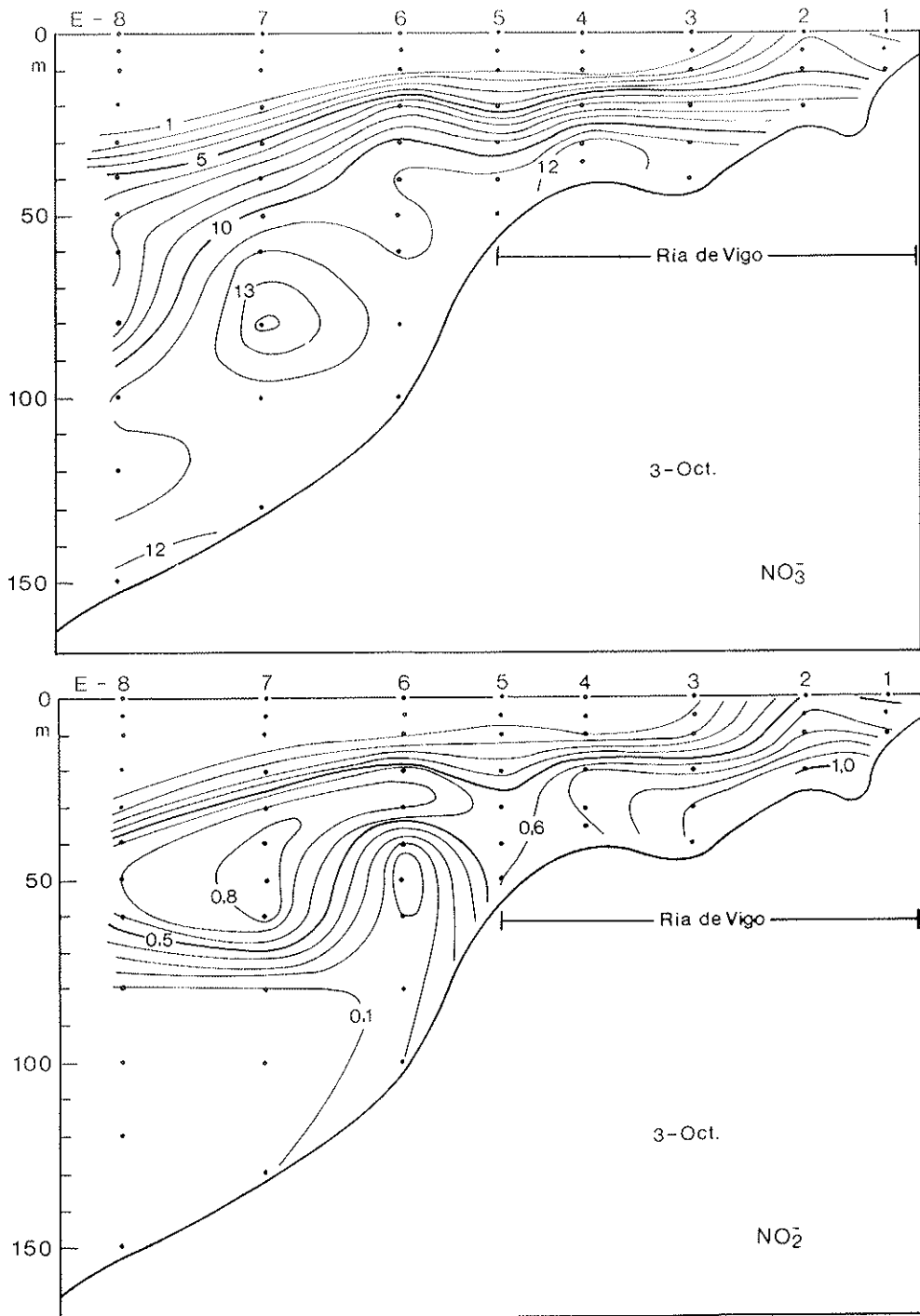


Fig. 19. Distribución vertical de nitratos y nitritos el 3 de Octubre.

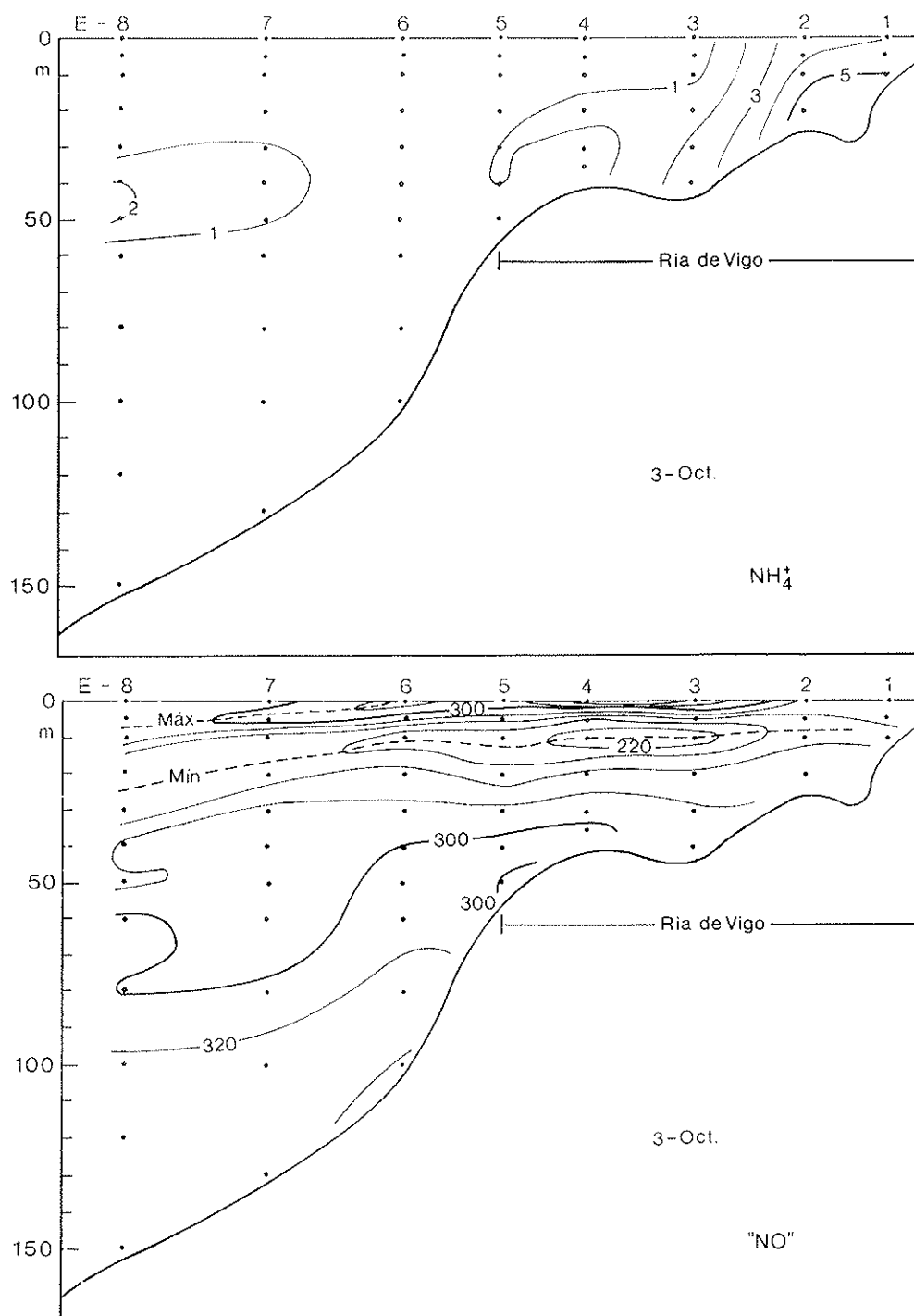


Fig. 20. Distribución vertical de amonio y del parámetro químico-oceanográfico «NO» el 3 de Octubre.

desde 10 m a 5 m son 1.500 mg de C que supone aproximadamente el 60 % del de la biomasa total desde la superficie hasta 10 m.

Anteriormente se indicó que el agua de superficie está sobresaturada de oxígeno por

lo que hay que esperar una pérdida por difusión hacia la atmósfera, esto supone que el valor real del «NO» debe ser mayor que el encontrado y la diferencia con el de 10 m será por lo tanto todavía mayor.

BIBLIOGRAFIA

- BROECKER, W. S., 1974. «NO», A conservative water-mass tracer. *Earth Planetary Sci. Lett.*, 23: 100-107.
- CULLEN, J. J., 1985. Diel vertical migration by dino-flagellates: Roles of carbohydrate metabolism and behavioral flexibility, en *Migration: mechanisms and adaptative significance* ed. M. A. Rankin. Univ. Texas. Mar. Sci. Inst. *Marine Science* suppl. 27: 135-152.
- FIGUEIRAS, F. G., R. PREGO, F. F. PEREZ, A. F. RIOS Y F. FRAGA, 1987. Campaña «Galicia IX». Rías. *Datos Informativos Inst. Inv. Marinas*, 21: 130 pp.
- FRAGA, F., 1981. *Upwelling off the Galician coast, northwest Spain en Coastal Upwelling* ed. F. A. Richards. American Geophysical Union. Washington. págs. 176-182.
- FRAGA, F., C. MOURIÑO Y M. MANRIQUEZ, 1982. Las masas de agua en la costa de Galicia: junio-octubre. *Datos Informativos Inst. Inv. Marinas*, 20: 148 pp.
- MARGALEF, R., 1976. Estructura y dinámica de la «purga de mar» en la Ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 5: 113-134.
- PREGO, R., F. F. PEREZ, A. F. RIOS, F. FRAGA Y F. G. FIGUEIRAS., 1988. Datos hidrográficos de la Ría de Vigo: 1986. *Datos Informativos Inst. Inv. Marinas*, 23: 106 pp.
- RIOS, A. F. Y F. FRAGA., 1988. Los parámetros de oceanografía química «NO», «PO», y «CO». *Inv. Pesq.* (en prensa).
- RYTHER, J. H., 1956. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. *Limnol. Ocean.*, 1: 61-70.