

DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON Y SU COMPORTAMIENTO EN EL AFLORAMIENTO EN LAS ISLAS GALAPAGOS

Por:

G. Torres-Zambrano y M. Tapia¹

ABSTRACT

During the cruise COII99, that took place September the 20th until October the 8th of 1999, aboard the V/R ORION of the Ecuadorian Navy, where collected samples for the estimate of chlorophyll were, as well as cells counts and indicators of the phytoplankton are analyzed in 20 oceanographic stations (89-92°W; 1°N-2°S).

The average of chlorophyll "a" surface was of 0.250 mg/m³, the highest concentration was between 0.526 - 0.529 mg/m³, westward of Isabela Island, associated with the upwelling of Cromwell; and other flow to the southeast of the Islands (90°W) associated with the Current of Humboldt, cue this match with the standards of these currents for the season, and they have an impact on the high biological productivity. The smallest concentrations were found in the north side of the Galapagos.

88 species were identified in water samples and 119 species in net samples. The diatoms were dominant, in low concentration Dinoflagelados, Tintinnidos, Cocolitofóridos, Cyanophytas, Microflagelados and Ciliados. *Pseudonitzschia delicatissima*, *Thalassiosira subtilis* and *Gymnodinium* sp. they were species with greater cellular content in the sections 92°, 91°, 90° and 89°W, probably related to three different water masses (equatorial subtropical surface, of Cromwell and Humboldt) that originated a great diversity of species in the insular ecosystem. The smaller biological productivity was registered northward of the study area, related to an increase in species of warm conditions (*Planktoniella sol*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata*, *Ceratium azoricum*, *C. tripos*, *C. trichoceros*, *C. fusus*, *C. teres*, *C. lunula*, *C. furca*, *C. vultur*, *C. pentagonum*, *Gonyaulax polyedra*, *Goniodoma polyedricum*, *Protopteridinium crassipes*), indicating water masses with low content of chlorophyll "a" and nutrients.

RESUMEN

Durante el crucero COII99, efectuado desde el 20 de septiembre al 8 de octubre de 1999, a bordo del B/I ORION de la Armada del Ecuador, donde se colectaron muestras para el estimativo de clorofila, contajes celulares e indicadores del fitoplancton analizados en 20 estaciones oceanográficas (89-92°W; 1°N-2°S).

El promedio de clorofila "a" superficial fue de 0.250 mg/m³, la mayor concentración fluctuó entre 0.526 - 0.529 mg/m³, hacia el oeste de Isabela, asociado con el afloramiento de Cromwell; y otro flujo al sureste de las Islas (90°W) relacionada a la Corriente de Humboldt, coincidente con los patrones de estas corrientes para la época, que están incidiendo en la alta productividad biológica. Las menores concentraciones fueron hacia el norte de Galápagos.

Se identificaron 88 especies en muestras de agua y 119 especies en muestras de red (50µ). Las diatomeas prevalecieron dominantes y en menor concentración los Dinoflagelados, Tintinnidos, Cocolitofóridos, Cyanophytas, Microflagelados y Ciliados. *Pseudonitzschia delicatissima*, *Thalassiosira subtilis* y *Gymnodinium* sp fueron las especies con mayor contenido celular en las secciones latitudinales 92, 91, 90 y 89°W, probablemente estén relacionadas con tres masas de aguas diferentes (ecuatorial subtropical superficial, de Cromwell y Humboldt) que estuvieron dando origen a la gran diversidad de especies en el ecosistema insular. La menor productividad biológica se registró hacia el norte del área de estudio, relacionado a un incremento en especies de condiciones cálidas (*Planktoniella sol*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata*, *Ceratium azoricum*, *C. tripos*, *C. trichoceros*, *C. fusus*, *C. teres*, *C. lunula*, *C. furca*, *C. vultur*, *C. pentagonum*, *Gonyaulax polyedra*, *Goniodoma polyedricum*, *Protopteridinium crassipes*), indicando masas de aguas con bajo contenido de clorofila "a" y nutrientes.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR. Avda. 25 de julio Base Naval Sur, casilla 5940 Guayaquil - Ecuador. Fax (5934)485166. E-Mail: inocar@inocar.mil.ec

INTRODUCCION

El Pacífico ecuatorial central y este han sido recientemente el enfoque de intensivas investigaciones y experimentos para entender los procesos que controlan la productividad del fitoplancton y su biomasa, relacionado principalmente a tres fenómenos: a) el Pacífico ecuatorial es la fuente natural más grande del dióxido de carbono a la atmósfera; b) los ecosistemas experimentan una gran variabilidad debido a eventos de El Niño; y c) es una región de altos niveles de nutrientes y bajas concentraciones de clorofila (Carrie, 1998; Chisholm, 1998; Barber 1998).

El afloramiento en las Islas Galápagos es uno de los más intensos de la región Ecuatorial de alta productividad biológica, dándole una característica ecológica única en estas islas. Las aguas enriquecidas con nutrientes inorgánicos provenientes de las aguas afloradas, pueden resultar las causas que incrementan el fitoplancton (Jiménez, 1980). Su tasa fotosintética tiene un crecimiento muy rápido, por lo que se encuentra abundante en los primeros estratos del mar y está estrechamente relacionado con la profundidad de la termoclina.

La clorofila es el resultado de fotosíntesis (energía solar + energía química) del fitoplancton, es usualmente indicadora de la Productividad Primaria, y el principal recurso directo o indirecto nutricional para todos los organismos marinos. Los feopigmentos son indicadores de los productos de biodegradación del pastoreo del zooplancton (Holm-Hansen et al. 1965).

Las investigaciones sobre la productividad marina en las Islas Galápagos son escasas y están centradas hacia el oeste de las Islas (Jiménez, 1976, 77, 80). Maxwell (1974), menciona que el flujo de la corriente ha sido definitivamente establecida hacia el sur de Isabela en un año de estudio. Torres-Zambrano y Tapia (1998), relacionan las condiciones de productividad asociadas al evento El Niño 97-98 en el mar ecuatorial. Los objetivos de este crucero han sido coleccionar información que permitirá comprender mejor la dinámica poblacional (cuali-cuantitativo) de las diferentes masas de aguas que afloran al este y al oeste de las Islas Galápagos y su interacción entre las islas, estos resultados permitirán dar una mejor apreciación sobre áreas de mayor fertilidad marina (clorofila "a", contajes celulares), organismos indicadores del afloramiento y su posible asociación con áreas de riqueza ictiológica.

METODOS

Se realizaron un total de 20 estaciones oceanográficas (Fig. 1). Para la recopilación de la información biológica en biomasa del fitoplancton (clorofila "a" y contajes celulares), se tomaron las muestras mediante una roseta multimuestreadora con CTD incorporado en las muestras oceanográficas.

El contenido de muestras para Clorofila "a" fue un litro

de agua en los niveles de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 metros de profundidad, las muestras fueron filtradas con una bomba al vacío a través de filtros de fibra de vidrio Whatman (0.40 micras) adicionándole 2 ml de carbonato de magnesio. Los filtros fueron colocados en 10 ml. de acetona al 90% en frascos de vidrio de 25ml. y cubiertos con papel aluminio bajo refrigeración por 24 horas. En un fluorómetro TURNER DESIGNS se leyeron las densidades ópticas de clorofila "a", se adicionó 2 gotas de ácido clorhídrico al 5% para convertir la clorofila "a" en feopigmentos. Para los cálculos de clorofila y feopigmentos se emplearon las ecuaciones de SCOR UNESCO Working Group 17 (1966).

Las muestras para contajes celulares, se efectuaron por el método de Uthermohl en los niveles de 0, 10, 20, 40 y 50 metros de profundidad, se fijaron con solución de lugol. Las muestras previamente homogenizadas, se colocaron en cámaras de sedimentación de 25ml por un período de 24 horas y examinadas en un microscopio invertido los datos son convertidos en cel/l.

Para los análisis cualitativos o bioindicadores del fitoplancton, se realizaron arrastres superficiales con una red de 50 micras por 10 minutos con una velocidad de 2 nudos, arrastres verticales (50m) con el buque sin movimiento. Las muestras fueron fijadas con formol al 4% neutralizado con bórax. Para el análisis de cada muestra se procesaron siguiendo la metodología de Semina (1978), los datos son expresados en org/m³. La taxonomía del fitoplancton se realizó siguiendo los trabajos de Jiménez (1983 a-b), Pesantes (1983), Cupp (1943), Taylor (1976), Balech (1988), Larsen y Moestrup (1989).

AREA DE ESTUDIO

Las Islas Galápagos se encuentran influenciadas por condiciones océano-atmosféricas con un régimen estacional de verano e invierno; son interceptadas por 5 corrientes oceánicas que circulan en esta región, fluyen desde el oeste, el norte y el sur. La mayor productividad biológica está asociada principalmente con el afloramiento de la Corriente de Cromwell hacia el oeste de las islas, la misma que se continúa generalmente hacia el este.

Durante este crucero los estudios de la parte física confirman la presencia de anomalías negativas en TSM propias del evento frío o la niña, aunque se logró observar en la parte norte los primeros signos de recuperación del sistema acoplado océano-atmósfera del mar ecuatorial, lo cual permite una tendencia a la normalización de las condiciones hasta el fin de año (Informes internos).

RESULTADOS

Distribución superficial de Clorofila "a" y Feopigmentos

La mayor concentración de clorofila "a" fue entre 0.526 - 0.529 mg/m³, se localizó hacia el oeste de la Isla

Isabela (Fig. 2A), este núcleo posiblemente este asociado a la presencia de aguas productivas o afloradas con menores temperaturas (16 – 20°C) y mayor contenido de nutrientes. Las menores concentraciones se encontraron hacia el noreste de las I. Galápagos (< 0.169 mg/m³) coincidente con el incremento de temperatura y menor contenido de nutrientes registrando un flujo de aguas cálidas menos productivas. Los valores promediados de 0.215 mg/m³ de clorofila dominaron superficialmente en el área de Galápagos con excepción de lo antes mencionado.

La distribución de las mayores concentraciones de feopigmentos (Fig. 2B) tiene una relación con las mayores concentraciones de clorofila hacia los 1° S. (Est.6), coincidiendo con las altas concentraciones del zooplancton herbívoro.

Distribución subsuperficial de Clorofila "a" y Feopigmentos

Los resultados de Clorofila "a", se expresan en cuatro secciones latitudinales comprendidas entre 1°N a 2°S ubicada en los meridianos 89°W, 90°W, 91°W y 92°W. Los valores de Clorofila "a" en estas cuatro secciones mostraron las siguientes condiciones oceanográficas:

En los primeros 10m se encontró una incursión de aguas cálidas con bajos valores de clorofila < 0.1 mg/m³ desde el extremo norte hacia el sur, principalmente en las secciones 90-89°W, con temperaturas máximas de 25°C y bajo contenido de nutrientes, observándose una lengua de aguas cálidas de baja productividad biológica. En la sección 91-92°W en superficie presentaron pequeños núcleos de aguas afloradas (0-1°S) con máximos entre 0.526-0.529 mg/m³, asociados con la corriente de Cromwell algo difusa en superficie.

A nivel subsuperficial se registró un flujo posiblemente asociado a la corriente de Cromwell con concentraciones clorofílicas entre 0.30-0.450 mg/m³ (92°W) entre 20-40m de profundidad, que sigue avanzando hacia el este por la parte sur y con un ligero ascenso (10-40m) a los 91°W; en 90°W este flujo es alimentado probablemente por la Corriente de Humboldt entre los 20-70 m, con un máximo clorofílico de 0.530 mg/m³ que a medida que sigue hacia el norte disminuye su concentración; este flujo en la sección 89° W disminuye y se profundiza presentando un núcleo (50m) de 0.35 mg/m³ al sur de la sección (Fig. 3). Los feopigmentos presentaron una tendencia similar a la clorofila (Fig. 4).

Al norte de las Islas Galápagos (1°N), se registraron las menores concentraciones clorofílicas asociada a la masa de agua cálida, con un ligero núcleo de 0.30 mg/m³ entre los 40 m probablemente este relacionado al ramal norte de la Corriente de Cromwell; en la sección 2° S, se observó un flujo relacionado al ramal sur de Cromwell con mayor contenido clorofílico (> 0.3 mg/m³) entre los 20-40 m el cual se profundiza a los 50m a los 89°W, posiblemente este hundimiento del mayor contenido de

clorofila este asociado a la corriente de Humboldt. Los feopigmentos a 1° norte del área de estudio presentaron dos ligeros núcleos de 0.3 mg/m³, el primero coincidente con el núcleo de clorofila (40 m), y el otro entre los 75 m relacionado con el mayor contenido de zooplancton; al sur (2°S) los feopigmentos registraron un sólo núcleo a los 40m de toda la sección similares a los de clorofila.

CONTAJES CELULARES

Distribución Superficial

El mayor contenido celular se registró hacia el oeste y sur de las I. Galápagos >600.000 cel/l y la menor concentración hacia el noreste de Galápagos < 300.000 cel/l (Fig. 2B). Se identificaron 76 especies, 57 especies de diatomeas (50%), 9 dinoflagelados (40%), otros (10%); las especies frecuentes y dominantes mayor al 1 % se describe con su respectivo porcentaje en Fig. 8; la mayor concentración celular presentó una tendencia similar al contenido clorofílico hacia el sur oeste de las Islas. La distribución superficial de estas especies registró una gran variabilidad en su concentración y localización de su máximo celular, tenemos:

Gymnodinium sp.- Esta especie (Fig. 4A) presentó el mayor porcentaje de abundancia (28%) a nivel superficial, el promedio fue de 150.000 cel/l y su mayor concentración (240.000 cel/l) se localizó al sur de Galápagos (90°W), probablemente sea indicadora de ambas corrientes (Cromwell y Humboldt), la menor concentración fue hacia el noreste.

Thalassiosira subtilis.- Presentó el 22 % de abundancia superficial, su mayor concentración fue de 220.000 cel/l localizado hacia el sur de la sección 92°W y su menor concentración al norte y este de las Galápagos (Fig. 4B). Posiblemente esta especie es indicadora de la Corriente de Cromwell.

Pseudonitzschia delicatissima.- Esta especie registró el 13% del total de la biomasa superficial, su mayor concentración de 170.000 cel/l se localizó al oeste de Galápagos (0° y 1°S) y otros pequeños núcleos al sur de la sección 90°W y 0° de 89°W (Fig. 4C); se presume que esta especie este correlacionada con las altas concentraciones de clorofila superficial e indicadora de la Corriente de Cromwell.

Prorocentrum micans.- Se presentó con el 6%, su mayor concentración de 60.000 cel/l se localizó a 1°S de la sección 92-91°W, es decir al sur de Isabela (Fig. 4D), y estaría relacionada con el mayor contenido clorofílico, indicadora de la Corriente de Cromwell.

Otras especies correspondientes al 1% fueron *Thalassiotrix fruenfeldii*, *Actinoptychus splendens*, *Coscinodiscus sp.*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. radicans*, *Epithemia sp.*, *Grammatophora marina*, *Navicula sp.*, *Pinnularia sp.*, *R. styliformis*.

Distribución Subsuperficial

La biomasa de contajes celulares en 5 niveles de profundidad (0,10,20,40,50 m), se expresa en cuatro secciones 92°W, 91°W, 90°W y 89°W dispuestos de 2°S hacia 1°N (Fig. 5), con promedios celulares de 485.259, 326.805, 470.393 y 539.099 cel/l respectivamente. La sección de 92°W registró su máximo celular de 824.670 cel/l en los primeros 10m continuándose hacia el norte profundizándose a los 40 m (1°N), observando que la mayor concentración celular puede ser causada por el aporte nutricional de Cromwell que presenta un ramal sur cerca de los 10 m y otro al norte pero profundizado (702.148 cel/l); esta característica se mantiene en la sección 91°W en el ramal sur con un máximo de 713.929 cel/l (2°S), el ramal norte continúa profundizado (577.269 cel/l); al sur de los 90°W se registra dos núcleos en los primeros 10 m y a los 40 m incrementando el contenido celular (10001.385 - 775.190 cel/l) que disminuye y se profundiza ligeramente hacia el ecuador (0°), a 1°N norte la columna de agua se mantiene casi constante con 186.000 cel/l; además al sur de esta sección probablemente este recibiendo otro aporte nutricional que podría ser la Corriente de Humboldt. En la columna vertical de la sección 89°W se muestra algo diferente con dos núcleos de mayor contenido celular, uno entre los 10 primeros metros entre 633.818-928.343 cel/l (2°S-1°N) podría estar relacionado con Cromwell, y el otro a los 40 m con 1204.018 cel/l (0°) posiblemente vinculado con la corriente de Humboldt.

Se identificaron 88 especies en contajes celulares (57 especies de diatomeas, 33 dinoflagelados, 2 cyanophytas, 2 silicoflagelados, 5 tintinnidos, 2 coccolitofóridos) en la columna de agua de 0-50 m; la abundancia promedio fue de 442.643 cel/l con un máximo de 1204.018 cel/l al sureste de Galápagos. Las diatomeas (53%) prevalecieron dominantes tanto es especies como en mayor concentración celular, siguiendo los dinoflagelados (37%) y otros (10%); las especies dominantes fueron *Thalassiosira subtilis*, *Gymnodinium* sp, *Pseudonitzschia delicatissima*, los porcentajes por nivel de profundidad son dados en Fig. 14. A continuación se describen las secciones latitudinales (92-91-90-89°W) de estas tres especies que fueron el componente principal de la productividad en Galápagos.

***Thalassiosira subtilis*.**- La biomasa fitoplanctónica en las secciones latitudinales 92-91-90 y 89° W presentaron promedios celulares entre 108.267, 83.162, 139.016 y 94.130 cel/l respectivamente. En la sección 92°W el mayor contenido celular de 245.045 cel/l se localizó entre 2°S y 278.032 cel/l a 0°, mientras que 1°N se observó un núcleo (122.512 cel/l) profundizado (40 m), coincidente con el mayor contenido clorofílico y relacionado directamente con la profundidad de la capa de mezcla y aguas afloradas de Cromwell; en la sección 91°W presentó un comportamiento algo diferente a la concentración clorofílica con dos flujos de alta concentración celular, el primero al sur de 245.045 cel/l entre los primeros 10 m., y otro de 339.293 cel/l al 1°N

profundizado (40 m); al sur de la sección 90°W se observaron dos flujos de alta biomasa celular, a los 20 m de 329.868 cel/l y otro a los 40 m con 459.459 - 551.351 cel/l entre 1-2°S, este volumen celular se relaciona con el contenido clorofílico; a los 89°W se observó un ligero núcleo de 162.078 cel/l al sur y entre los primeros 10 m, mientras que el de clorofila se registró a los 50 m (Fig. 6). Al norte del área de estudio y la sección 89°W se registraron las menores concentraciones celulares.

***Gymnodinium* sp.**- Los resultados en las secciones de 92, 91, 90 y 89°W presentaron promedios celulares de 119.106, 83.724, 116.114 y 140.194 cel/l respectivamente. En la sección 92°W registró una tendencia similar a *T. subtilis* y su mayor concentración oscila entre 197.921 y 289.813 cel/l a 2-1°S, y al 1°N fue de 157.865 cel/l; a los 91°W esta especie mantiene su alta concentración hacia el sur (197.921 cel/l); la sección 90°W la biomasa celular se incrementó ligeramente en 174.359-263.894 cel/l entre los 2°S y 0°; a los 89°W presentó dos flujos de contenido celular, a los 10 m entre 207.346 - 247.401 cel/l (1°S y 1°N), otro a los 40 m entre 103.673 - 341.649 cel/l (Fig. 7). Estos resultados relacionados con el contenido clorofílico fueron coincidentes sólo con la sección 92°W.

***Pseudonitzschia delicatissima*.**- La biomasa de esta especie en las secciones 92, 91, 90 y 89°W evidenció promedios celulares de 74.302, 34.710, 63.669 y 103.891 cel/l respectivamente. En la sección 92°W esta especie presentó un patrón de distribución celular diferente a *T. subtilis* y *Gymnodinium* sp., mostrando su mayor contenido celular de 174.359 - 183.784 cel/l hacia los 0° y 1°N en la columna de agua de los 40 m; a los 91°W se observaron dos pequeños núcleos celulares a nivel superficial de 120.166 cel/l a los 0.5°S y otro de 113.098 cel/l a 1°N (20 m); en la sección 90°W su mayor contenido celular de 146.084 y 278.032 cel/l se registraron a los 10 m entre 0° a 1.5°S; y en la sección 89°W presentó dos núcleos celulares de 169.646 y 381.704 cel/l a los 10 m entre 0° y 1°S, otro de 341.649 a los 40 m y 0° (Fig. 8). La distribución de alto contenido celular de *P. delicatissima* no se relaciona con el alto contenido clorofílico evidenciado que es una masa de agua diferente.

Distribución latitudinal 2°Sur.- La distribución en la columna de agua al sur de Galápagos con relación a contajes celulares totales, *Gymnodinium* sp. y *T. subtilis* presentaron una misma tendencia de dominancia con dos flujos de mayor concentración celular uno entre los primeros 10 m. a los 92°W disminuyendo hacia los 89°W; el otro se localizó a los 40 m. entre los 89 y 90°W; *P. delicatissima* observó un patrón de distribución diferente, su mayor concentración celular se registró a los 20 m. (Fig. 9).

Distribución latitudinal 1°Norte.- En esta sección la distribución de contajes celulares totales, *Gymnodinium* sp. presentó dos ligeros núcleos de mayor contenido celular, uno entre los 10 m. hacia los 89°W, y el otro a los

40m a los 92°W; *T. subtilis* su mayor número celular fue a los 40 m. entre los 90-91°W; y *P. delicatissima* fue a los 10m y 89°W.

FITOPLANCTON DE RED

Las especies de mayor incidencia en la biomasa fueron las diatomeas que permanecieron dominantes con el 92% a nivel superficial y el 96% en el vertical; las especies comunes y dominantes fueron *Thalassiosira subtilis* y *Planktoniella sol*; y las frecuentes e indicadoras de condiciones frías fueron *Corethron criophilum*, *Rhizosolenia imbricata*, *Proboscia alata*, *R. hebetata*, *Thalassiotrix frauenfeldii*.

Distribución superficial

A nivel superficial se identificaron 118 especies (65 especies de diatomeas (92%), 46 dinoflagelados, 4 tintinnidos, 1 cianophyta, 2 coccolitofóridos). La abundancia promedio fue de 23.420 org/m³ con un máximo de 171.558 org/m³ al sur de la sección 89°W; las menores concentraciones se registraron hacia la línea ecuatorial y 1°N. Las especies más representativas en su abundancia fueron: *Thalassiosira subtilis* (29%), *Planktoniella sol* (24%), *Rhizosolenia imbricata* (11%), *Proboscia alata* (7%), *R. hebetata* (3%), *T. frauenfeldii* (3%), *P. delicatissima* (2%), *C. excentricus* (2%); las especies con el 1% fueron *A. brookei*, *Ch. affinis*, *Ch. dichaeta*, *C. criophilum*, *C. radiatus*, *D. brightwellii*, *L. danicus*, *P. longissima*, *P. doliolus*, *R. acuminata*, *C. azoricum*, *C. tripos*, *Tintinnopsis sp.*, *Oscillatoria sp.* Entre los dinoflagelados indicadores de condiciones cálidas encontramos a *C. trichoceros*, *C. fusus*, *C. teres*, *C. lunula*, *C. furca*, *C. vultur*, *C. pentagonum*.

Distribución subsuperficial (50m)

Se identificaron 119 especies, con el 96% correspondiente al grupo de diatomeas, el 4% entre dinoflagelados y otros. El promedio en el muestreo vertical fue de 32.976 org/m³ con un máximo de 87.642 org/m³ hacia el sur de las I. Galápagos. Las especies en orden de abundancia fueron *P. Sol* (21%), *T. subtilis* (15%), *C. criophilum* (13%), *T. frauenfeldii* (11%), *R. imbricata* (9%), *C. excentricus* (7%), *R. hebetata* (6%), *P. delicatissima* (2%) y las especies <1% con *A. brookei*, *C. affinis*, *C. dichaeta*, *C. curvisetus*, *C. compressus*, *Coscinodiscus sp.*, *C. radiatus*, *L. danicus*, *P. longissima*, *P. doliolus*, *R. acuminata*, *P. alata*.

La biomasa dominante en diatomeas e indicadora de masas de aguas oceánicas-frías se registraron muy abundantes hasta los 0°, indicándonos el ingreso de especies de aguas productivas influenciadas por la Corriente de Humboldt. Las principales especies indicadoras son: *Thalassiosira subtilis* (41%), *Planktoniella sol* (3%), *P. alata* (17%), *Rhizosolenia hebetata* (15%), observándose que en la estación 17 esporádicamente especies de aguas cálidas, siendo observados los siguientes dinoflagelados: *Ceratium tripos*

(6%), *Ceratium azoricum* (4%), *Gonyaulax polyedra* (3%), *Goniodoma polyedricum* (1%). En la sección 90°W a 1°-2°S se reportan abundantes especies de diatomeas céntricas típicamente de aguas frías de alta productividad primaria siendo las siguientes: *Planktoniella sol*, *R. imbricata*, *P. alata*, *R. hebetata*, *P. Delicatissima*. En la latitud 1° y 2°S de la sección 92°W se registró un predominio superficial de organismos de aguas frías, con las siguientes especies: *C. criophilum*, *R. hebetata* (Fig. 12); mientras que en el perfil vertical de 20-50 metros de profundidad predominaban las especies indicadoras de afloramientos: *Thalassiosira subtilis*, *Planktoniella sol*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Pseudoeunotia doliolus*, *Pseudonitzschia delicatissima*.

CONCLUSIONES

El promedio de clorofila "a" superficial fue de 0.250 mg/m³, la mayor concentración fluctuó entre 0.526 - 0.529 mg/m³, hacia el oeste de Isabela, asociado con el afloramiento de Cromwell; y otro flujo al sureste de las Islas (90°W) asociada a la Corriente de Humboldt, posiblemente debido a los patrones de estas corrientes para la época, que están incidiendo en la alta productividad biológica. Las menores concentraciones fueron hacia el norte de Galápagos coincidente con el incremento de temperatura (25.33°C). Subsuperficialmente la mayor concentración clorofílica se registró al sur de la sección 91°W, con una capa amplia entre los 10 y 60 m de profundidad, posiblemente alimentado por las corrientes (Cromwell y Humboldt). La distribución de las mayores concentraciones de feopigmentos estén relacionadas con las altas concentraciones del zooplancton herbívoro.

Las mayores concentraciones de biomasa fitoplanctónica (clorofila a y contajes celulares), se observaron hacia el sur y ligeramente hacia el norte de Isabela con dirección hacia el este, debido a la manifestación de afloramientos de la Contracorriente Ecuatorial de Cromwell, reflejando un flujo de aguas de mayor productividad hacia el sur de las Islas Galápagos, coincidente con los patrones de las corrientes oceánicas para la época de verano (seca).

El mayor contenido celular superficial se registró hacia el oeste y sur de las I. Galápagos >600.000 cel/l y la menor concentración hacia el noreste de Galápagos < 300.000 cel/l. Se identificaron 76 especies, predominando *Gymnodinium sp.*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Prorocentrum micans*, evidenciando su mayor contenido celular posiblemente relacionadas con tres masas de aguas diferentes que están dando origen a la alta productividad en el ecosistema insular.

A nivel subsuperficial, se identificaron 88 especies en contajes celulares, las especies dominantes fueron *Thalassiosira subtilis*, *Gymnodinium sp.*, *Pseudonitzschia delicatissima*. El mayor contenido celular de *T. subtilis* se localizó al sur de la sección 90°W, a los 10 y 40 metros (329.868-551.350 cel/l), relacionado directamente con salinidad de 34.04 y 35.31 ups; temperatura de 21 y

15°C, respectivamente. *Gymnodinium* sp presentó dos núcleos a los 20-40 m de mayor concentración, al este (0°) y oeste (1°S) de Galápagos con salinidad (35.77-34.17 ups) y temperatura (14.12-14.94°C). *P. delicatissima* registró dos núcleos a los 20-40 m al este (0°) de Galápagos con salinidad (34.12-34.17 ups) y temperatura (23.26-23.20 °C). La abundancia celular de estas tres especies presentaron una preferencia de temperatura y salinidad, posiblemente estén asociadas a algún parámetro nutritivo.

A nivel superficial (red 50 m), se identificaron 118 especies, el promedio fue de 23.420 org/m³ con un máximo de 171.558 org/m³ al sur de la sección 89°W; las menores concentraciones se registraron hacia la línea ecuatorial y 1°N. La distribución de abundancia de algunas especies fueron indicadoras de las masas de agua circundantes en la región insular, así tenemos: Indicadores de la Corriente de Humboldt a *T. subtilis*, *Planctoniella sol*, *R. imbricata*, *P. alata*, *R. hebetata*, *P. doliolus*, *L. danicus*, *A. brookei*, *R. acuminata*; Indicadora de Cromwell con *C. excentricus*, *C. radiatus*; de las Aguas Tropicales Superficiales a *P. delicatissima*, *C. trichoceros*, *C. breve*, *C. declinatum*, *C. pentagonum*, *C. gibberum*, *C. deflexum*; otras especies con diferentes núcleos y posiblemente zonas de mezcla de diferentes masas de agua tenemos: *C. affinis*, *C. dichaeta*, *C. bergonii*, *D. brighwellii*, *P. longissima*, *C. tripos*, *C. azoricum*, *C. dens*, *C. teres*, *Tintinnopsis* sp.

El promedio en el muestreo vertical fue de 32.976 org/m³ con un máximo de 87.642 org/m³ hacia el sur de las I. Galápagos Se identificaron 119, siendo las principales especies indicadoras de Humboldt *P. lunula*, *Licmophora* sp, *R. styliformis*, *R. fragilissima*, *C. compressus*, *C. radicans*, *C. cinctus*, *C. debilis*, *C. peruvianus*, *C. laevis*, *C. coarctatus*, *B. elongatum*, *B. elegans*, *D. mediterraneus*, *R. hyalina*, *R. stolterfothii*, *P. elegans*; Aguas Tropicales Superficiales *R. arcuatum*, *C. lunula*, *P. nicobaricum*, *G. polyedra*; Indicadora de Cromwell y posiblemente zonas de mezclas *Coscinodiscus* sp, *N. pungens*, *P. steinii*, *C. ranipes*, *A. bidentata*.

En la Región Insular, en forma general, se observa en todos los niveles de profundidad flujos que vienen desde el noroeste de las Galápagos que cruzan los 0° y se dirigen hacia el sureste de las mismas. Este complicado patrón de circulación se debe a la presencia de los fuertes afloramientos producidos al oeste de las islas, a la topografía submarina del Archipiélago y a la presencia de derivas superficiales hacia el oeste como producto de la Corriente Sur Ecuatorial.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestros agradecimientos a los Directivos del Instituto Oceanográfico de la Armada, al Personal del B/I Orión por el aporte brindado para realizar esta investigación. A la Dra. Gualancañay por la lectura y sugerencias al manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- Barber R. and J. Ryther, 1969.** Organic chelators: Factors affecting primary production in the Cromwell current upwelling. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.* 3: 191-199.
- Barber R, 1998.** Why is aquatic epidemiology changing now. Has a changing climate played a Keyrole. Dissertation Abstracts. Duke University.
- Balech E. 1988.** Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Instituto Español de Oceanografía, 1: 1-300.
- Carrie L., 1998.-** El Niño, iron, and the central equatorial Pacific ecosystem: A modeling study. Dissertation Abstracts. Aslo.org.
- Chisholm S., 1998.** Dealing with diversity: Estructure and Function in Ocean Ecosystems. Massachusetts Institute of Technology. Code: Plenmo1030S.
- Cupp E., 1943.** Marine plankton diatoms of west coast. Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California. Eds. H. Sverdrup, R. Fleming, L. Miller and C. zobell., 5(1): 1-238.
- Desrosieres, R, 1969.** Surface macrophytoplankton of the Pacific Ocean along the Equator. *Limnology and Oceanography*, 14 (4): 626-632.
- Feldman, G. 1985.** Satellites, seabirds and Seals. In Robinson (ed) El Niño en las Islas Galápagos: EL evento de 1982-1983. Fundación Charles Drawin, Quito-Ecuador.
- Feldman ,G. 1986.** Variability of the Productive Habitat on the Eastern Ecuatorial Pacific, *EOS* 69(9): 106-108.
- Feldman, G. 1984.** Satellite Color Observation of the Phytoplankton distribution in the Eastern Equatorial Pacific during the 1982.83 EL Niño. *Science*, 226 (4678): 1069-1070.
- Jiménez, R. 1976.-** El fitoplancton como posible indicador del afloramiento originado por la subcorriente ecuatorial (Corriente de Cromwell) al oeste de las Islas Galápagos-Ecuador. Memorias del seminario sobre indicadores biológicos del plancton, INOCAR, pp 25-68.
- Jiménez, R. 1977.-** Biomasa y composición del fitoplancton al oeste de las Islas Galápagos-Ecuador. Boletín informativo ERFEN, 1(2):14-17.
- Jiménez, R. 1980.-** Composición y biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. *Acta oceanográfica del Pacífico, INOCAR*, 1(1):11-17.

Jiménez R., 1983 a. Diatomeas y dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Ecuador, 2(2): 193-282.

Jiménez R., 1983 b. Cocolitoforidos identificados en el fitoplancton de aguas ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR)*, Ecuador, 2(2): 401-441.

Larsen J. and O. Moestrup, 1989. Guide to toxic and Potentially toxic marine algae. Botanical Institute for Sporeplanter. The Fish Inspection, Ministry of Fisheries, pp. 1-60.

Maxwell, D. 1974.- Marine Primary Productivity of the Galapagos Archipelago. Degree Doctor of Philisophy of the Ohio State University.

Pesantes F., 1983. Los dinoflagelados como indicadores de "El Niño" en el mar ecuatoriano. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR*, 2(1): 85-117.

Semina H., 1978. The size of cells. In *Manual of phytoplankton*, UNESCO. Ed. Sournia.

Taylor F. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R.V. "Anton Brunn". Institute of Oceanography and Department of Botany, Canada, pp 227.

Torres-Zambrano, G. y M. Tapia, 1998. Distribución del Primer Nivel Trófico (Fitoplancton) en el Pacífico Ecuatoriano, período 1996-1997 (Pre El Niño). *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR*, 9(1):79-94.

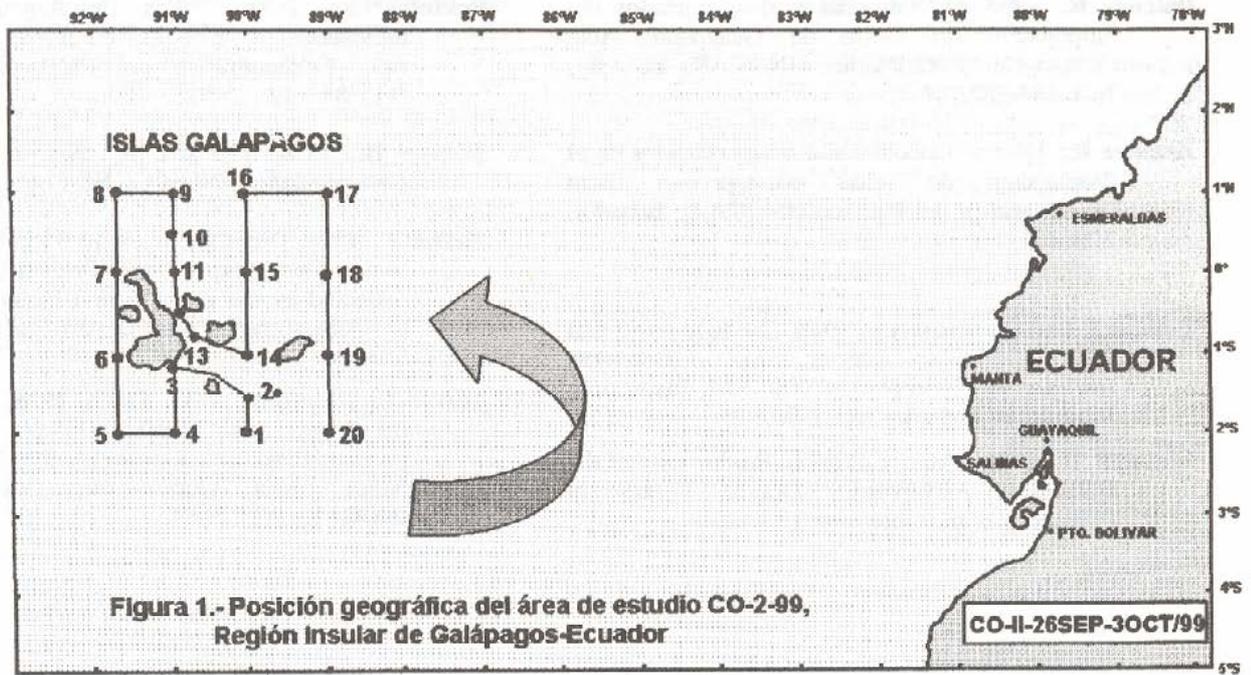


Figura 1.- Posición geográfica del área de estudio CO-2-99, Región Insular de Galápagos-Ecuador

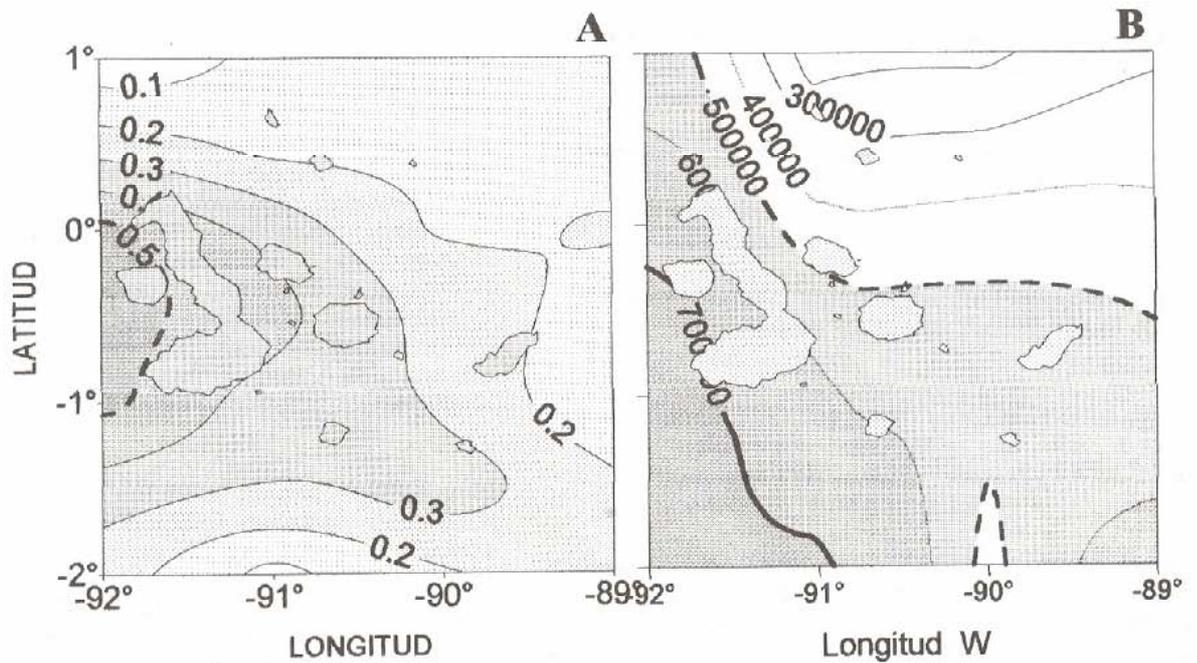


Figura 2.- Biomasa superficial del fitoplancton: A) clorofila "a" (mg/m³) y B) Contaje celular (cel/l), durante septiembre-octubre/1999.

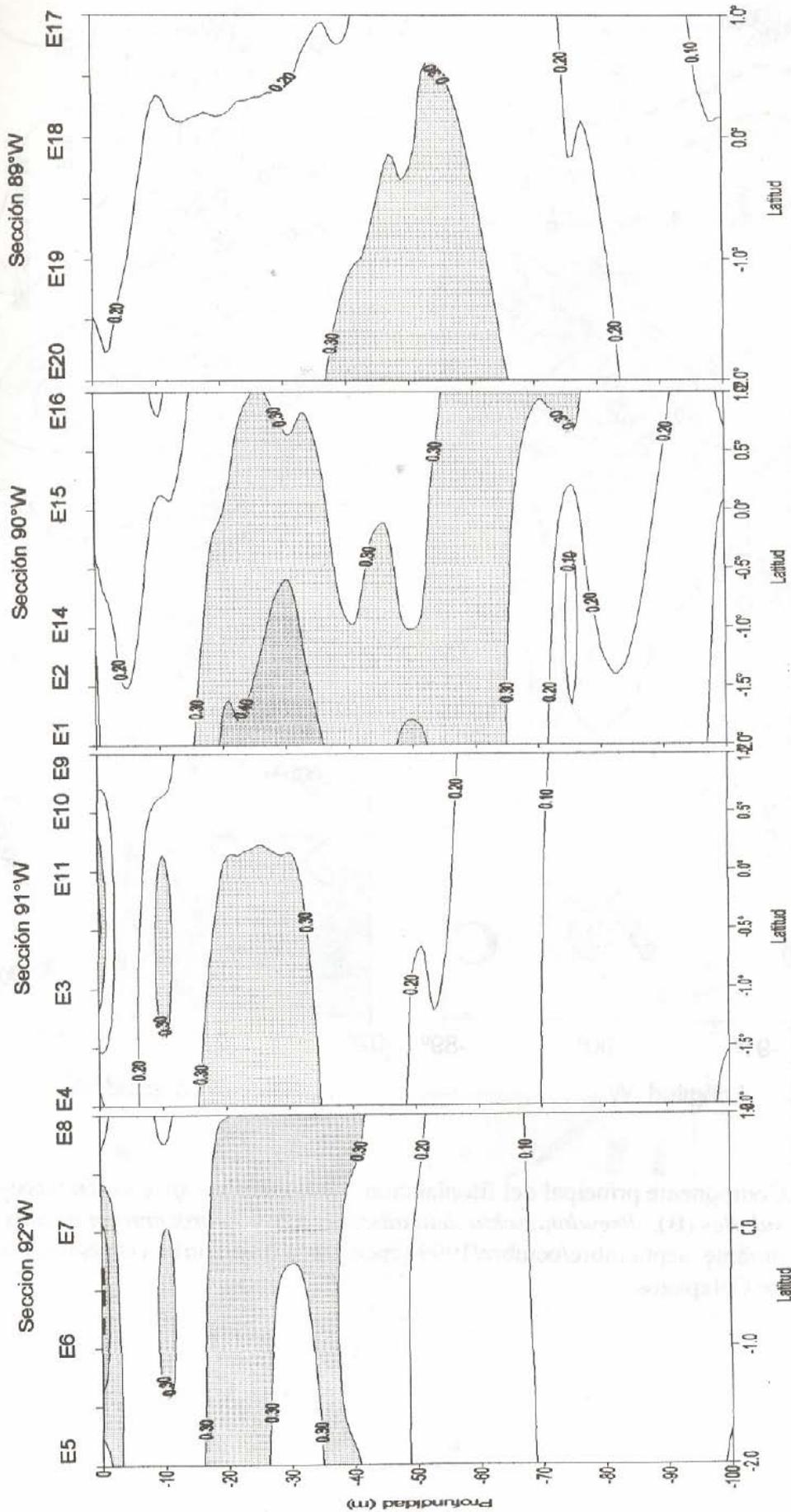


Figura 3.- Distribución subsuperficial de Clorofila "a" (mg/m³) en cuatro secciones latitudinales, durante el COI199 (septiembre-octubre/99).

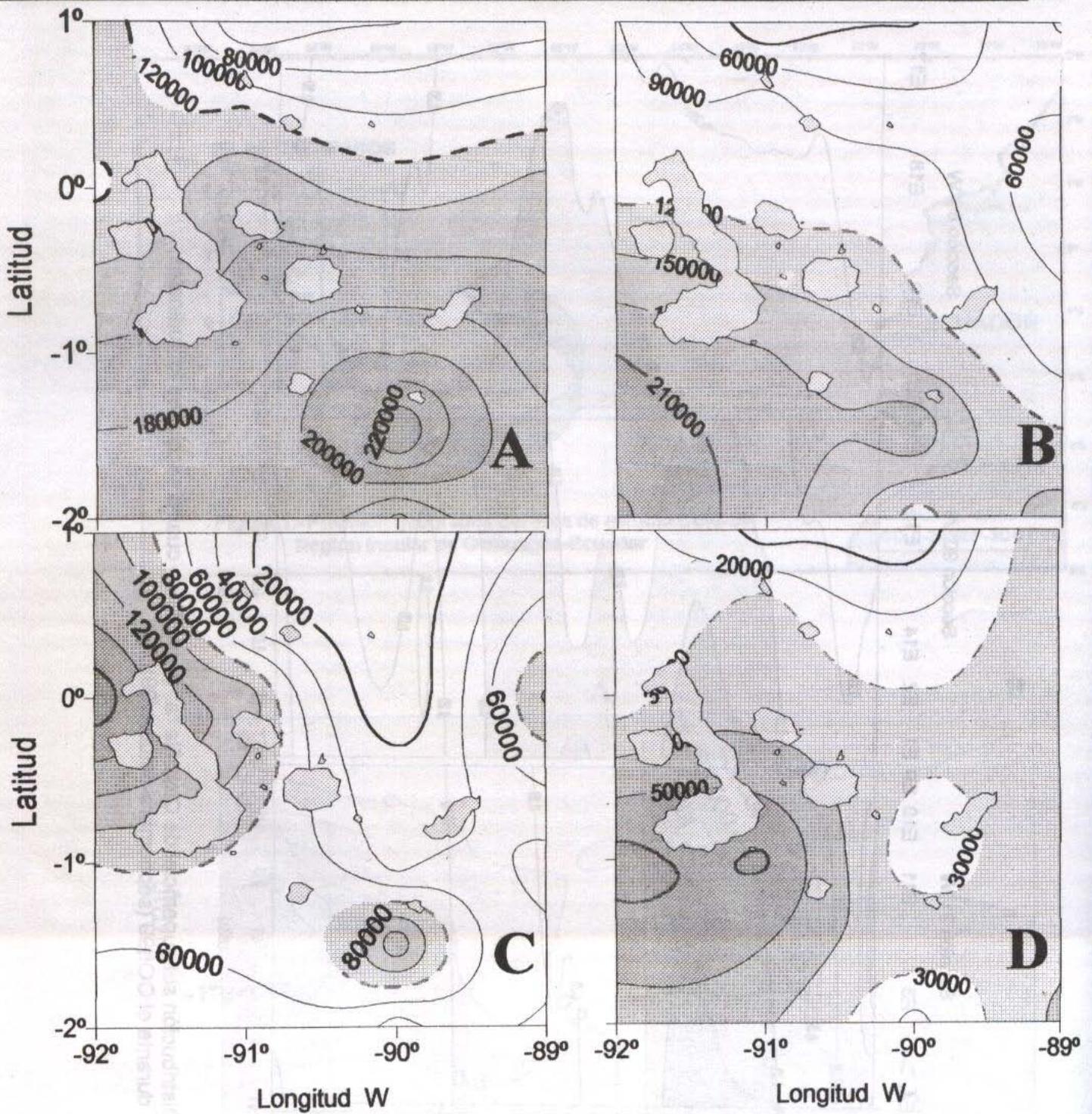


Figura 4.- Componente principal del fitoplancton: *Gymnodinium* sp. (A), *Thalassiosira subtiles* (B), *Pseudonitzschia delicatissima* (C) y *Prorocentrum micans* (D), durante septiembre/octubre/1999 (época seca o verano) en la región Insular de Galápagos.

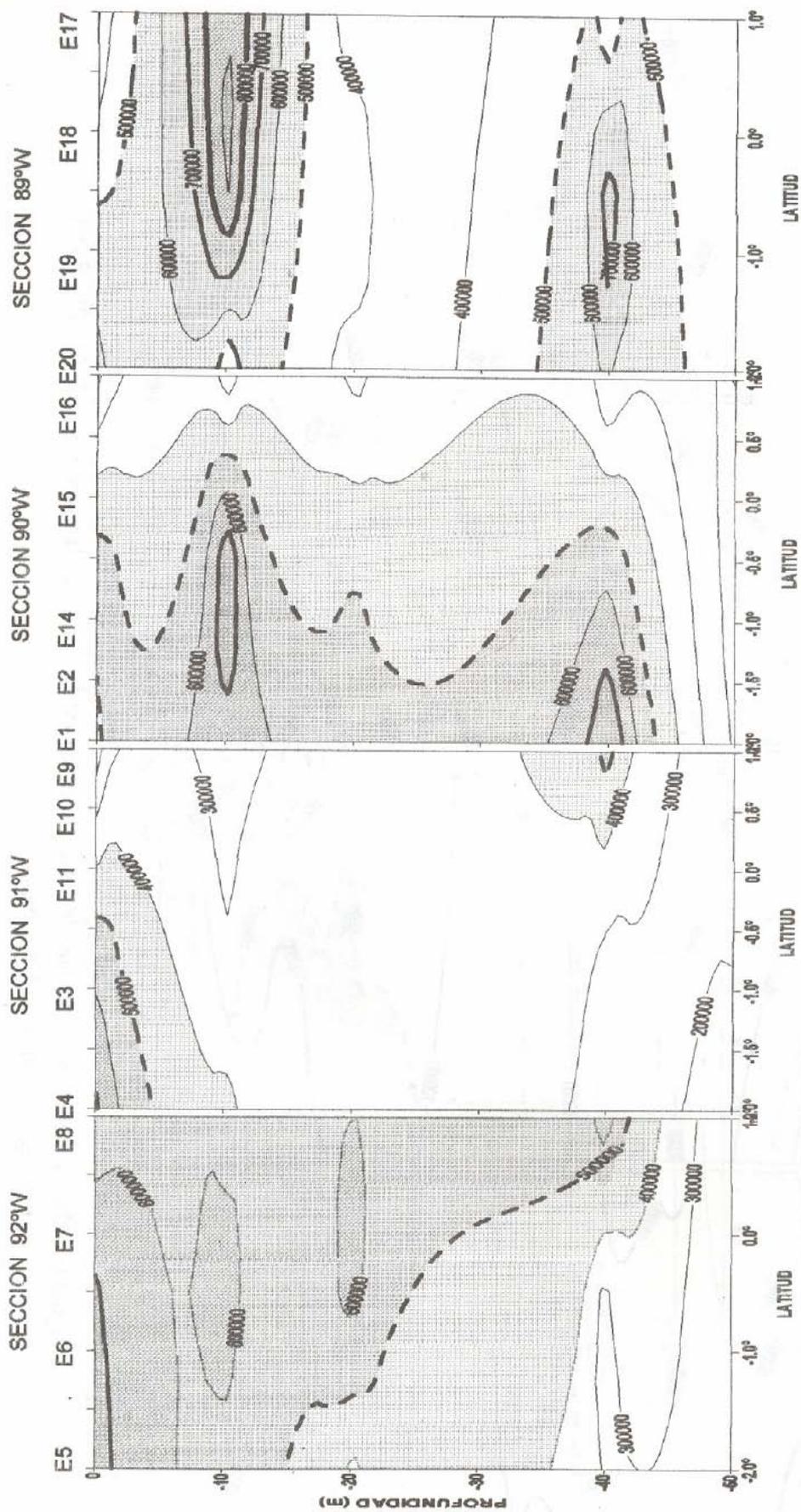


Figura 5.- Distribución subsuperficial de la biomasa celular total del Fitoplancton (Cel/l), en las secciones dispuestas desde el oeste hacia el este: 92°W, 91°W, 90°W y 89° W en Galápagos.

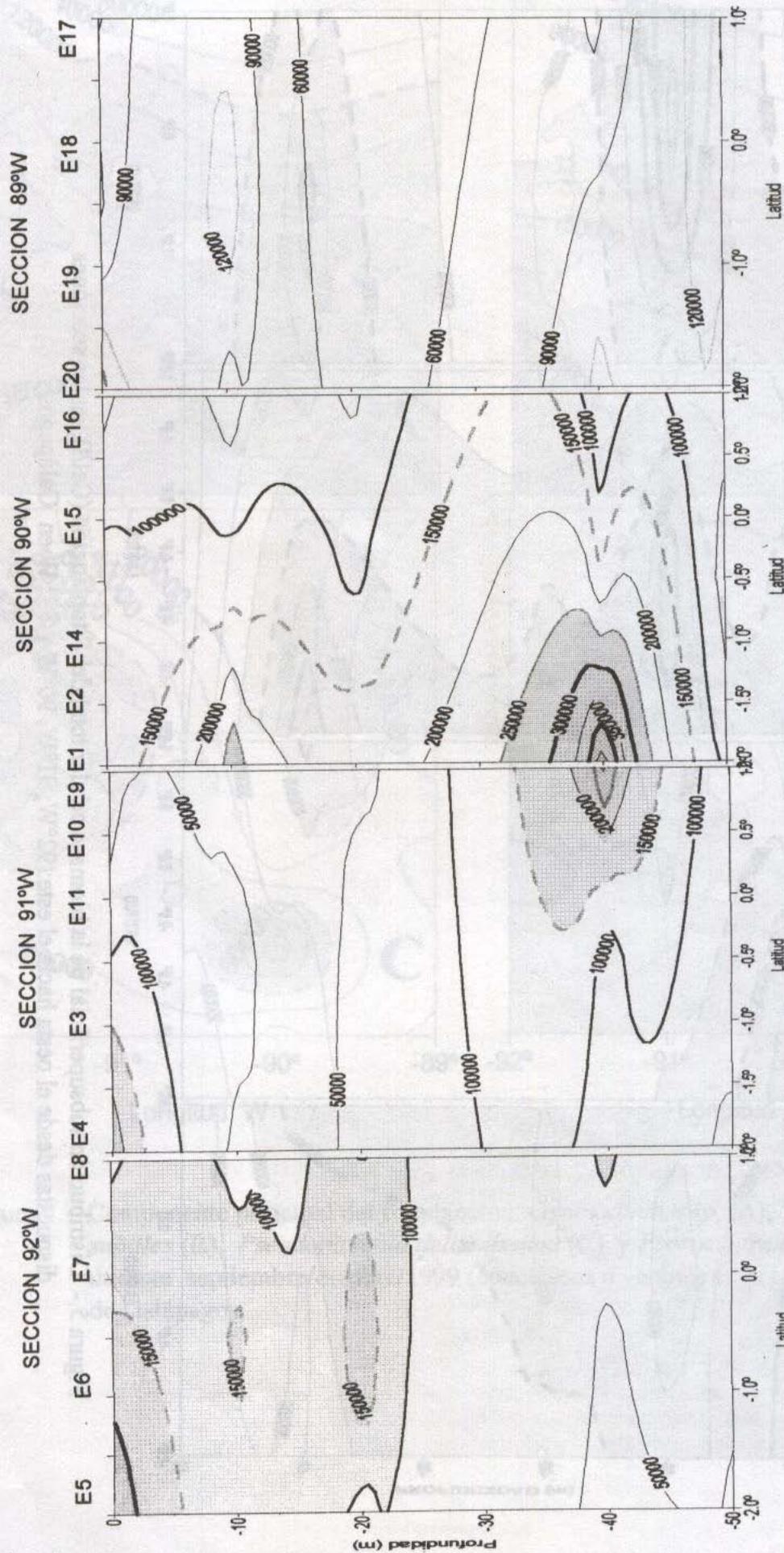


Figura 6.- Distribución subsuperficial de *Thalassiosira subtile* (cel/l) en las secciones 92, 91, 90 y 89°W, en la región insular de Galápagos.

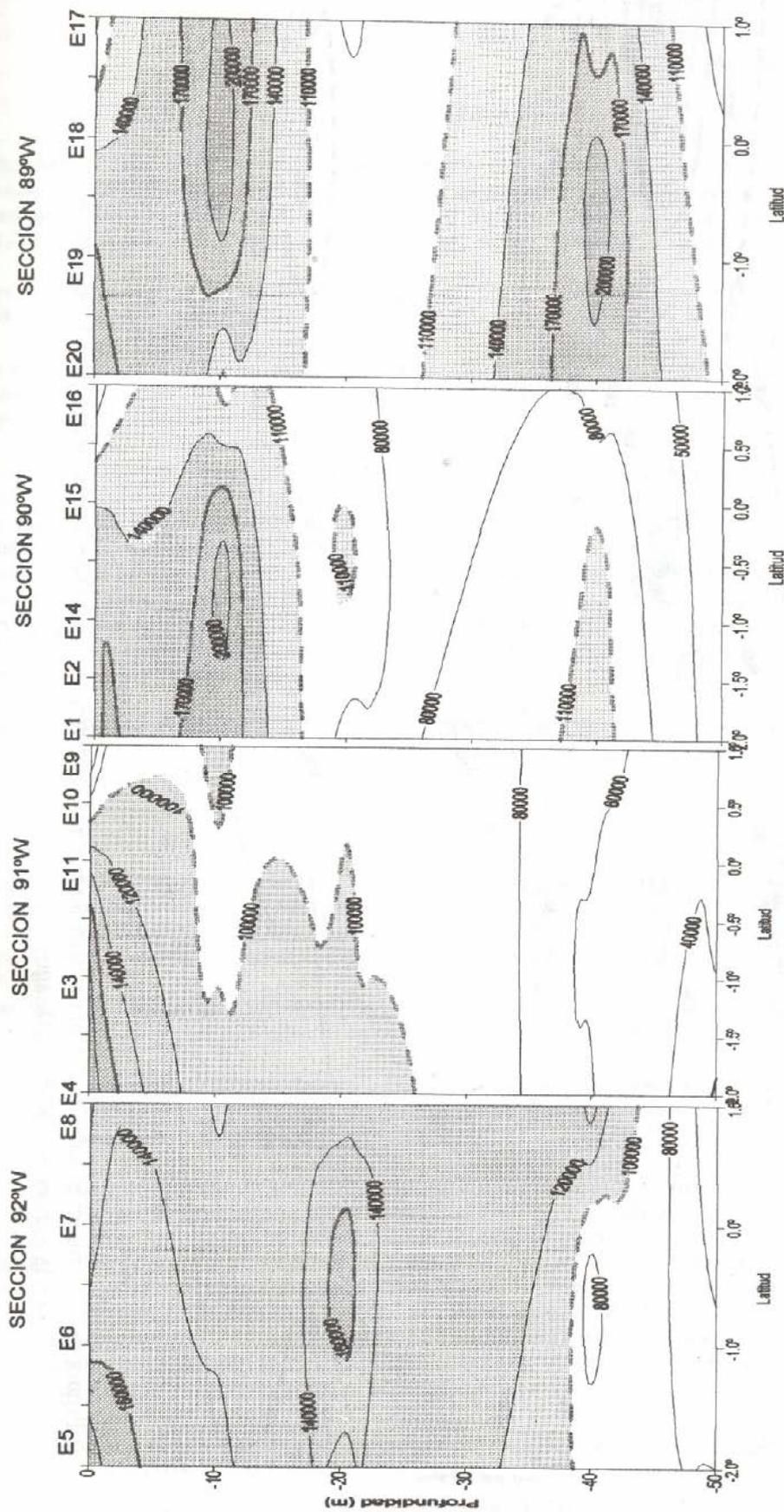


Figura 7.- Distribución subsuperficial de *Gymnodinium sp.* (cel/l) en las secciones 92, 91, 90 y 89°W, en la región insular de Galápagos.

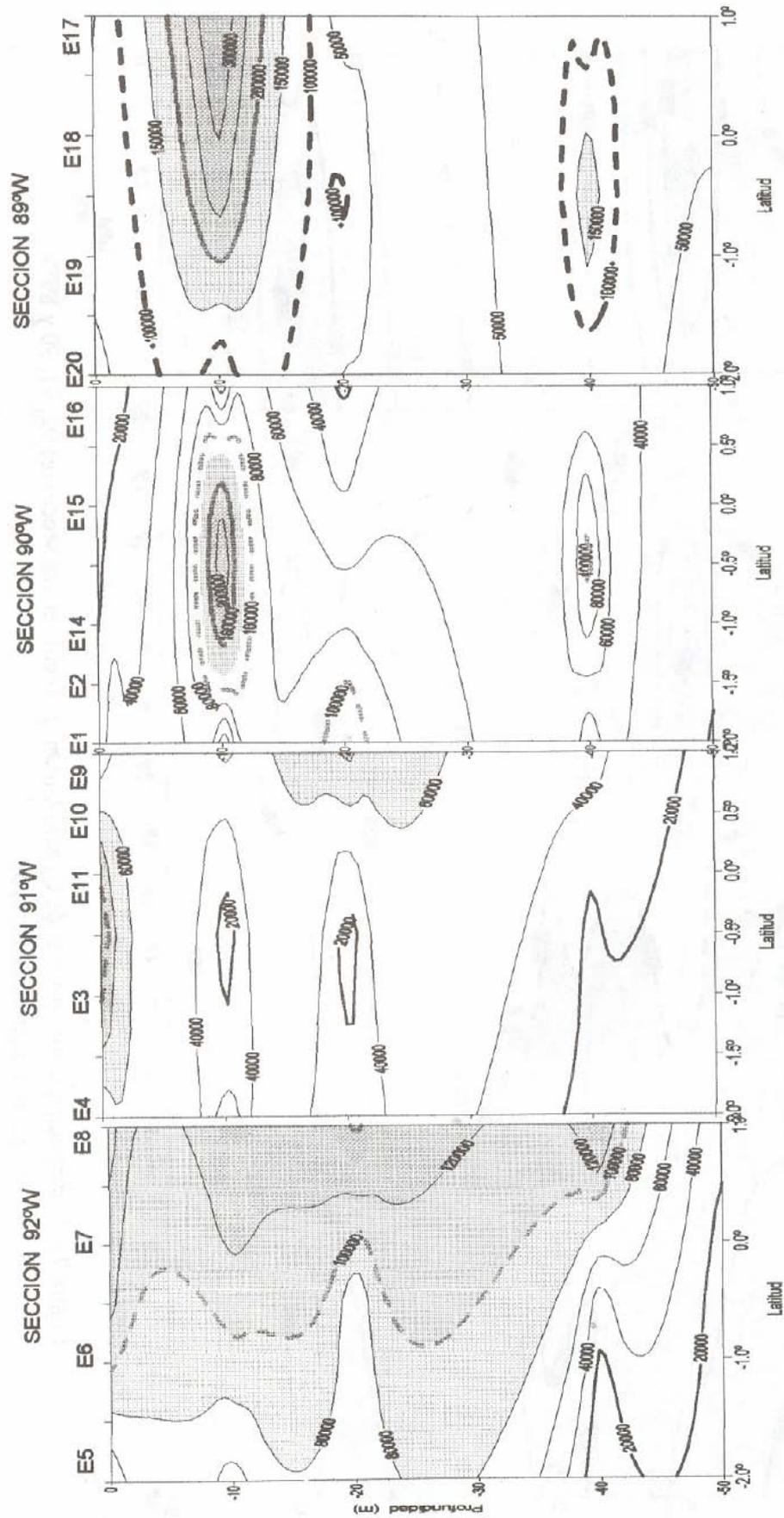


Figura 8.- Distribución subsuperficial de *Pseudonitzschia delicatissima*. (cel/l) en las secciones 92, 91, 90 y 89°W, en la región insular de Galápagos.