

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

CICLO ANUAL DE CLOROFILAS Y PRODUCCION

ORGANICA PRIMARIA EN BAHIA DE

SAN QUINTIN, B. C.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

JOSE RUBEN LARA LARA

ENSENADA, B. C. ABRIL 26 - 1975.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

Sr. José Lara M.

Sra. Audelia Lara de L.

A quienes por su abnegación
y constante estímulo
debo mi carrera.

A MIS HERMANOS

Irma y Oscar

A mis familiares y amigos

A mi Escuela

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología quien me otorgó una Beca-Tesis para la realización de éste trabajo.

Al Director de ésta tesis Dr. Saúl Alvarez Borrego, quien me orientó y dió consejos acertados en la dirección y revisión de éste trabajo.

Al personal del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Unidad de Ciencias Marinas por su colaboración en el desarrollo de éste trabajo.

A los Oceanólogos, Victor Gendrop F. por sus sugerencias, Catalina López A. y Alfredo Chee B. por su ayuda en el trabajo de campo.

A la Srita. Xóchitl Márquez M. por su valiosa ayuda en la escritura de ésta tesis.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra forma me prestaron su valiosa ayuda y cooperación en la realización de éste trabajo.

I N D I C E

I.- INTRODUCCION - - - - -	2
II.- GENERALIDADES - - - - -	5
a) Pigmentos Fotosintéticos - - - - -	5
b) Productos de degradación - - - - -	9
c) Relación Clorofila-Productividad -	10
d) Fitoplancton - - - - -	12
III.-AREA DE ESTUDIO Y CONDICIONES	
HIDROLOGICAS GENERALES - - - - -	14
IV.- MATERIAL Y METODOS - - - - -	16
a) Muestreo y análisis - - - - -	16
b) Ecuación utilizada para el cálculo de la producción primaria. - - - - -	21
V.- RESULTADOS - - - - -	24
VI.- DISCUSIONES - - - - -	63
VII.- CONCLUSIONES - - - - -	73
VIII.- RECCOMENDACIONES - - - - -	74
IX.- BIBLIOGRAFIA - - - - -	75

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA		PAGINA
1	Clorofilas del fitoplancton marino	7
2	Radiación solar	23
3	Producción primaria en Bahía San Quintín.	61

FIGURA

1	Localización del area de estudio	18
2	Fotosíntesis relativa como función de la radiación total diaria, para periodos de 2 horas en el día-luz.	22
3	Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de julio.	25
4	Distribución superficial de clorofila b [mg/m ³] para el crucero de julio.	26
5	Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de julio.	27
6	Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de agosto.	29
7	Distribución superficial de clorofila b [mg/m ³] para el crucero de agosto.	30
8	Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de agosto.	32
9	Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de septiembre.	33
10	Distribución superficial de clorofila b [mg/m ³] para el crucero de septiembre.	35
11	Distribucion superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de septiembre.	36
12	Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de octubre.	38
13	Distribución superficial de clorofila b [mg/m ³] para el crucero de octubre.	39

FIGURA	PAGINA
14 Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de octubre.	40
15 Distribución superficial de feopigmentos [mg/m ³] para el crucero de octubre.	42
16 Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de noviembre.	43
17 Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de noviembre.	45
18 Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de enero.	46
19 Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de enero.	48
20 Distribución superficial de feopigmentos [mg/m ³] para el crucero de enero.	49
21 Distribución superficial de clorofila a [mg/m ³] para el crucero de marzo.	50
22 Distribución superficial de clorofila b [mg/m ³] para el crucero de marzo.	52
23 Distribución superficial de clorofila c [mg/m ³] para el crucero de marzo.	53
24 Comparación de concentraciones de cloro fila "a" superficial y muestras del fi nal de la zona eufótica.	54
25 Ciclo anual de promedio de pigmentos fo tosintéticos.	56
26 Variación de clorofila "a", durante un ciclo diurno (11:00 del 16 a 11:00 del 17 de Enero, 1974) en la estacion 3 (molino viejo).	57
27 Variación de clorofila "a" durante un semiciclo diurno (06:00 del 26 de julio a 20:00 del mismo dia) en las estaciones 13 (mina) y 3 (molino viejo).	59
28 Ciclo anual del promedio de producción orgánica primaria (m ³ superficial) en Bahía San Quintín, B. C.	60
29 Comparación de ciclos de producción.	64
30 Variación anual de algunos parámetros que influyen directamente en la produc tividad en Bahía San Quintín.	68

FIGURA

PAGINA

31 Ciclo del promedio del fosfato (M)
en Bahía San Quintín.

70

CICLO ANUAL DE CLOROFILAS Y PRODUCCION ORGANICA
PRIMARIA EN BAHIA SAN QUINTIN, B. C.

I.- INTRODUCCION.

Los océanos abiertos son menos productivos por unidad de área que las aguas oceánicas costeras, y éstas menos que las bahías y lagunas costeras, ya que los sedimentos, los nutrientes disueltos en ellos, la materia orgánica, y las bacterias que ellos contienen, son fácilmente recirculados por las mareas y/ó el viento, resultando en un aumento de la producción orgánica primaria [Vannuci, 1969]. Las lagunas costeras son cuerpos de agua con una conexión restringida con el mar abierto adyacente. Estas son comunes en muchas líneas de costa del mundo, llegando a ser características dominantes en algunas áreas. Al menos una tercera parte de la costa de México está formada por lagunas. En comparación con el mar con el que están comunicadas, las lagunas litorales son ecosistemas menos organizados, que periódicamente ofrecen gran cantidad de alimento que no puede ser consumido directamente en la propia laguna [Margalef, 1969]. Por ésto constituyen áreas donde se pueden aplicar técnicas de acuicultura de organismos potencialmente útiles con los cuales el ecosistema puede ser puesto a su más alto nivel de producción. Para tales fines es necesario un conocimiento científico de los mecanismos de produc-

ción, de los factores ambientales y su variación espacial y temporal, y un conocimiento de las especies presentes y de las cultivables [Shleser, comunicación personal].

Alvarez y Schwartzlose [1973], al hacer un planteamiento de algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California, mencionan la importancia del conocimiento del cuadro ambiental de las Bahías y lagunas costeras de la península, sobre todo de los factores ecológicos, físico-químicos, y biológicos. Así también calcular la producción orgánica primaria para determinar la fertilidad relativa de las diferentes lagunas costeras, bahías, y mar abierto.

Se pueden seguir dos caminos para evaluar la producción potencial de una laguna costera:

- a).- Medir la cosecha total anual de especies en explotación y expresarla como peso por M^2 de superficie de la laguna.
- b).- Estimar la producción primaria, biomasa de fitoplancton, y la velocidad de reemplazamiento del agua de la laguna.

El primero es por supuesto el más rápido para propósitos prácticos. El segundo provee la información científica más profunda y a la postre seguramente proveerá mejor información para el uso y desarrollo de los

recursos renovables de éstas áreas.

Básicamente, 4 grupos de factores afectan a la producción orgánica total;

- a) Radiación solar
- b) Las propiedades del agua
- c) Las propiedades de los sedimentos
- d) La cantidad de alimento presente en el agua y sedimentos.

Las propiedades del agua de mayor relevancia biológica son: T°C, S°/oo, O₂, pH, nutrientes, turbidez y materia orgánica (particular y disuelta). Las propiedades de relevancia biológica de los sedimentos son: la distribución del tamaño del grano y las propiedades físicas y químicas del agua intersticial que actúa como reservorio de nutrientes. El alimento está presente como nutrientes disueltos utilizables por los productores primarios, como materia orgánica, bacterias y otros organismos presentes, utilizables por los productores secundarios.

Con la idea de utilizar Bahía San Quintín, B.C., para la acuicultura, y con base a lo antes expuesto se investigó el ciclo anual de la distribución superficial de los pigmentos fotosintéticos (clorofilas a,b,c) y feopigmentos , así como las relaciones entre éstos y diferentes grupos de fitoplancton existentes en dicha Bahía, teniendo como objetivos principales:

- a).- Estimar la producción orgánica bruta del fitoplancton, como índice de la fertilidad relativa de la Bahía.
- b).- Conocer el patrón de sucesión de la comunidad de fitoplancton, ya que " es importante para el hombre entender los procesos de sucesión para que pueda manejar las comunidades bióticas, obteniendo una máxima productividad"[Southwick, 1972].

La Bahía de San Quintín ha sido considerada como una área de maricultivo importante para la economía regional. La Unidad de Ciencias Marinas dependiente de la U. A. B. C., está realizando cultivos experimentales de ostión [Crassostrea gigas], obteniendo resultados satisfactorios [Islas Olivares, 1973, 1974].

II.- GENERALIDADES.

a) Pigmentos Fotosintéticos.

Los componentes más importantes de los cloroplastos son compuestos orgánicos heterocíclicos coloreados, llamados pigmentos fotosintéticos. Se encuentran en grandes cantidades en las células fotosintéticas [arriba del 5 % ó más del material seco total]. Los pigmentos son moléculas que absorben energía fuertemente en la región visible del espectro. La estructura molecular de los pigmentos orgáni

cos está caracterizada por cadenas largas de las llamadas dobles ligaduras conjugadas. Los órganos fotosintéticos de las plantas siempre contienen una serie de pigmentos, los cuales pueden ser divididos en 3 grandes grupos: Clorofilas, carotenos, y ficobilinas.

La primera característica general de la distribución de los pigmentos es la presencia universal de la clorofila a, encontrada en todas las células fotosintetizantes, con excepción de las bacterias en las que se encuentra un pigmento llamado bacterioclorofila, (Tabla I). La amplia ocurrencia, así como ciertas propiedades químicas de la clorofila a "in vivo", sugieren que éstos pigmentos (ó, al menos algunas de sus moléculas) desempeñan un rol activo en la fotosíntesis, funcionando como fotoenzimas. Debido a su función en la fotosíntesis como enzima activada por la luz, la clorofila a ha sido llamada: "el compuesto orgánico más importante sobre la tierra". Todos los otros pigmentos parecen servir únicamente como proveedores de energía física, a los cuales a menudo se les conoce como pigmentos accesorios. Dentro de éstos tenemos principalmente a la clorofila azul-verde ó clorofila b, y la clorofila c (Rabinowitch y Govindjee, 1969).

Es así como la clorofila se ha utilizado como indicador de diversas características del ecosistema y de la comunidad de fitoplancton; considerándose como índice de la concentración de fitoplancton. Zsolnay (1973) en-

Tabla 1. Clorofilas del fitoplancton marino.

	a	b	c	
Bacilariofíceas (diatomeas)	+++		++	
Dinofíceas (dinoflagelados)	+++		++	
Crisofíceas	+++		+	
Clorofíceas	+++	++		
Mixofíceas	+++			
Xantofíceas	+++		(+)	
Criptofíceas	+++		++	
Prasinofíceas	+++	++		
Haptofíceas	+++		++	
Bacterias	bacterioclorofila			
+++	pigmento principal.		+	reportado algunas veces presente.
++	reportado generalmente presente.		()	presencia incierta.

contró una correlación con el contenido de hidrocarburos del agua de mar. Small [1970] determinó una relación entre clorofila a y el coeficiente de atenuación de la luz en la columna de agua. En el Océano Atlántico y el Golfo de México, Hobson y Lorenzen [1972] encontraron una relación entre los máximos de clorofila a y la profundidad de la pycnoclina. Margalef [1964] dedujo las condiciones fisiológicas de la comunidad de fitoplancton en relación a las concentraciones de clorofila a, b, y c; ya que la composición no solamente varía de una especie a otra, sino también en una misma especie según su estado fisiológico.

La ocurrencia de un pigmento en una especie no garantiza su ocurrencia en otras especies del mismo orden, o aún del mismo género. Las condiciones de crecimiento tienen un marcado efecto en la composición de los pigmentos de una célula, y la concentración de un pigmento puede elevarse ó decaer del límite de detección. Tales efectos, y tal vez una tendencia a sobregeneralizar, han causado alguna confusión en la literatura [Strickland, 1965].

En general, a medida que la población es más vieja y se encuentra en un medio más pobre en nutrientes, aumentan las proporciones de clorofilas b, c y de carotenoides astacianos, con respecto a la concentración de clorofila a. Así en términos generales, un plancton muy rico en

clorofila c y en astacianos corresponde a un plancton que se halla en una etapa más avanzada de la sucesión, relativamente poco productivo, y en el que la concentración total del pigmento asimilados es baja. Por el contrario, un plancton en el que una parte principalísima del pigmento está constituido por clorofila a, corresponde a un plancton muy productivo, en el que probablemente predominarán las diatomeas [Margalef, 1964].

Además se ha desarrollado un gran número de ecuaciones para estimar la producción primaria de una área, en función de las concentraciones de clorofila a. Parte del presente trabajo es estimar la producción primaria utilizando una de las ecuaciones más completas y mejor adaptables a Bahía San Quintín.

b) Productos de degradación.

Todos los tipos de clorofilas presentan productos de degradación llamados feopigmentos, que son formas inactivas de las mismas. De importancia primordial son los productos de degradación de la clorofila a, que ocasionan una sobrestimación de la misma durante los análisis de determinación, debido a que los feopigmentos absorben luz en la misma región del espectro que la clorofila a [Vernon, 1960].

Los primeros estudios que han considerado a los feopigmentos en ecosistemas acuáticos, han tratado principalmente con su distribución en función de la profundidad. Yentsch

(1965) encontró que los feopigmentos se incrementan al aumentar la profundidad de la zona eufótica. Glooschenko (1972) enfatiza la necesidad de corregir la clorofila a por feopigmentos, principalmente cuando se realizan estudios en lagunas costeras, bahías y otras áreas similares donde es posible la resuspensión de los sedimentos superficiales del fondo, los cuales subsecuentemente proveen de feopigmentos a la columna de agua. Lorenzen (1967), realizando estudios en una área frente a la península de Baja California, encontró que el máximo de feopigmentos coincide con la porción de la columna de agua donde los nutrientes se incrementan en concentración. Así también ha encontrado que los feopigmentos son fácilmente producidos por la acción del Zooplancton sobre el fitoplancton (apacentamiento ó pastoreo). Los feopigmentos en la zona eufótica pueden ser indicadores de la historia pasada de la actividad alimenticia del Zooplancton y considerarse como una medida de la velocidad de reemplazamiento de los nutrientes en la columna de agua. He aquí la importancia de considerar los productos de degradación en un estudio de clorofilas y producción primaria.

c) Relación Clorofila- Productividad

La producción primaria del fitoplancton se puede considerar como la fertilidad relativa de una área y está definida como la cantidad de materia orgánica pro-

ducida por una comunidad de fitoplancton, por unidad de área ó volumen, y por unidad de tiempo, expresada en: gramos de carbono /m²/día ó gramos de carbono /m³/día. Para determinarla además de los métodos de asimilación de carbono-14 [Steemann Nielsen, 1952], producción de oxígeno [Gaarder y Gran, 1927], asimilación de nutrientes, se han desarrollado ecuaciones para el cálculo de la productividad en función del contenido de clorofila a e iluminación solar disponible. Entre las más importantes tenemos, las presentadas por: Ryther y Yentsch [1957], Wright [1959], Lorenzen [1970], Small, Curl, y Glooschenko [1972], y Bannister [1974]. Para el presente trabajo se escogió la ecuación desarrollada por [Ryther y Yentsch, 1957], con modificaciones por Small, Curl y Glooschenko [1972], por considerarse como la más adecuada para nuestro caso. La ecuación para estimar la producción del fitoplancton a partir de datos de luz y contenido de clorofila_a, desarrollada por Ryther y Yentsch [1957] se basó en trabajos de diversos autores [Fleischer 1935, Emerson et al. 1940, Manning and Juday 1941, Gessner 1949, Blaaw-Jansen et al. 1950, Edmondson 1955, Ryther 1956; citados en Ryther y Yentsch, 1957], acerca de la relación cási constante fotosíntesis: clorofila; además de los experimentos de Ryther [1956] sobre fotosíntesis en el océano como función de la intensidad de luz incidente. Basados en éstos datos expresaron su ecuación de producción como sigue:

$$P_p = R_p \times C_p \times 3.7 \quad (1)$$

Donde:

p = profundidad, m^3 superficial en éste trabajo.

P_p = Producción en mg. de carbono /m³/día

R_p = Fotosíntesis relativa [para cada dos horas en éste caso].

C_p = Concentración de clorofila a [mg/m³].

3.7 = mg. de carbono asimilado/mg. clorofila a / hora.

Esta ecuación se discutirá con más detalle en el método de éste trabajo.

Se presenta un problema bastante complejo en las zonas soméras como lo es Bahía San Quintín, al querer estimar la producción primaria y aplicar alguna de las ecuaciones antes mencionadas. Ya que éstas ecuaciones están desarrolladas para áreas del océano abierto, donde la productividad es debida exclusivamente al fitoplancton. Para tener una idea completa de la productividad en Bahía San Quintín habría que tomar en consideración a los "pastos marinos", que son muy abundantes. Sin embargo éste trabajo solamente se refiere a la productividad por el fitoplancton.

d) Fitoplancton.

La biomasa de fitoplancton de ordinario es elevada en las zonas soméras, y presenta a veces grandes fluctuaciones. Expresándola en función de concentración de clorofila, la mayoría de las observaciones quedan en un rango de 1 a 20 mg/m³.

El balance producción: respiración en las lagunas costeras es difícil de establecer, debido a que en éstas áreas frecuentemente se oxida materia orgánica que ha

sido sintetizada fuera de las mismas. En conjunto, la producción primaria es del orden de 0.10 a 1.0 gramos de carbono /m²/ día. La fertilidad de las lagunas costeras en general es alta [Margalef, 1969].

La diversidad del plancton de las lagunas es, en general, baja. Existiendo una ó pocas especies dominantes [Hulburt, 1963].

En todos los medios acuáticos es posible caracterizar sucesiones en el fitoplancton, las cuales se inician en los momentos de mezcla o fertilización, continuando a medida que el agua se estabiliza y se reducen progresivamente las concentraciones de nutrientes en la zona eufótica. Con referencia al conjunto de la comunidad el avance de la sucesión se puede caracterizar por una disminución del valor de la relación producción primaria: biomasa total y un aumento gradual de la diversidad; al mismo tiempo el tamaño medio de las células es cada vez mayor, aumentando la cantidad de organismos móviles. La concentración y composición de los pigmentos varía así mismo de forma regular, decreciendo la concentración de clorofila a [Margalef, 1969].

En las lagunas litorales se pueden reconocer secuencias de poblaciones, que consisten por ejemplo en proliferaciones iniciales de pequeños flagelados y diatomeas, que son seguidas por un desarrollo progresivo de dinoflagelados y diatomeas mayores [Braarud y Føyn, 1958].

Fitoplancton en Bahía San Quintín, B. C.

Los grupos de fitoplancton predominantes encontrados durante el ciclo Julio 1973- Marzo 1974 fueron Dinoflagelados [cubiertos y desnudos] constituyendo el 36 % de la biomasa promedio total, monadas y flagelados 36 %, y el grupo de diatomeas [penadas y céntricas] con un 28 % de la biomasa promedio total. En general todos los grupos de fitoplancton encontrados en la bahía muestran patrones de distribución con dos máximos anuales. Las diatomeas alcanzan sus valores máximos de concentración durante Veranos y Otoño, el grupo de dinoflagelados durante Otoño y Primavera y el grupo de monadas y flagelados en Verano e Invierno [López Alvarez, comunicación personal].

III. AREA DE ESTUDIO Y CONDICIONES HIDROLOGICAS GENERALES.

La Bahía de San Quintín se localiza en la costa noroccidental de Baja California, entre los $30^{\circ}24'N$ y $30^{\circ}30'N$; y $115^{\circ}57'W$ y $116^{\circ}01'W$. Se encuentra a 200 Kms al sur de Ensenada. Tiene una área de 11.7 millas náuticas cuadradas. Está comunicada al mar por un canal estrecho. Está dividida en dos brazos, este y oeste [Barnard, 1964]. Al brazo oeste se le llama bahía Falsa, y al brazo este se le denomina propiamente bahía San Quintín. Con excepción de los canales estrechos de hasta 7 m de profundidad, la mayor parte de la Bahía tiene menos de 2 m de profundidad. Generalmente ambas bahías, Falsa y San Quintín, presentan una gran porción de fondos lodosos, con gran abundancia de especies fanerógamas [pastos marinos] como : Zoostera marina , Spartina sp. y Salicornia sp. [Barnard, 1962] ; las cuales desem-

peñan un papel importante en la distribución de la materia orgánica que entra del mar abierto adyacente [Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1974, 1975].

Los sedimentos tienen una gran influencia en los patrones ecológicos de la bahía, debido a su contenido orgánico y a su textura, determinando así las comunidades de la misma. Los sedimentos son extremadamente variables, desde limos hasta arenas gruesas, las diversas clases de sedimentos tienen una ocurrencia relativamente uniforme [Gorsline y Stewart, 1962].

San Quintín es una zona con escasa precipitación pluvial, posee un clima benigno, debido a las brisas y la corriente relativamente fría fuera de la costa (corriente de California). Ocurren surgencias en el mar abierto inmediatamente al sur de la entrada de la Bahía [Dawson, 1951]. Esto tiene influencia sobre el agua que es relativamente fría y a menudo con altas concentraciones de nutrientes [Phleger y Ewig, 1962].

En invierno la $T^{\circ}C$ es más baja en los extremos internos de la Bahía que en la boca, presentando un promedio de $15.0^{\circ} C$. Esto es debido a la influencia de las bajas temperaturas atmosféricas. En primavera se presenta una situación inversa, con máximas temperaturas hacia los extremos internos de la Bahía que en la boca de la misma, con un promedio de $16.7^{\circ} C$; lo cual se debe al aumento de la temperatura atmosférica, como consecuencia de una mayor irradiación solar, y al efecto de mayor calentamiento en las aguas

someras. La $S^{\circ}/\text{‰}$ es más elevada hacia los extremos internos de la Bahía durante invierno y primavera, con un rango de $34.25^{\circ}/\text{‰} - 37.00^{\circ}/\text{‰}$, indicando claramente que la Bahía es un sistema antiestuarino [con evaporación mayor que la pre cipitación]. La distribución superficial de O_2 está bien correlacionada con la de $T^{\circ}C$. El O_2 es mayor en invierno que en primavera. La distrución de pH está correlacionada estrechamente con la de O_2 [Chávez y Alvarez, 1974].

En verano las condiciones hidrológicas son similares a las de primavera, las temperaturas mayores se registran en los extremos internos de la bahía, ratificando el efecto de la temperatura atmosférica y la topografía del lugar. Presenta un promedio de $18.7^{\circ}C$. A principios de otoño todavía persiste el mismo patrón de distribución de $T^{\circ}C$ similar a primavera y verano, con los valores aumentando desde la boca hacia el interior de la Bahía. Con un promedio de $18^{\circ}C$. Al final de otoño la distribución de temperatura es muy homogénea con valores alrededor de $15^{\circ}C$, hasta llegar a las condiciones inversas en invierno. La $S^{\circ}/\text{‰}$ presenta en general el mismo tipo de gradiente que en el resto del año, con los valores aumentando de la boca hacia el interior de la Bahía. Los valores de O_2 y pH en general son menores en verano que en invierno y primavera [Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1974].

IV. MATERIAL Y METODOS.

a) Muestreo y análisis

Para determinar la concentración de los diferentes pigmentos fotosintéticos se utilizaron los métodos espectrofotométricos descritos por Strickland y Parsons [1968], Loren-

zen [1967], y Scor Unesco [1966] .

Se realizaron 7 cruceros en las fechas siguientes: 14 y 15 de Julio de 1973, 31 de Agosto, 16 de Septiembre, 23 de Octubre, 30 de Noviembre, 16 de Enero de 1974 y 24 de Marzo. Además se realizaron estudios de la variación diurna de la concentración de clorofila a en las estaciones 3 y 13, cruceros del 16 de Enero y 26 de Julio de 1974. La posición de las estaciones de muestreo está dada en la figura 1. Se hicieron determinaciones de temperatura superficial del agua, pH, y se tomaron muestras de agua para el análisis de S^o/‰, O₂ disuelto, nutrientes, fitoplancton y clorofilas. En éste trabajo sólo se presentan y discuten los resultados sobre concentración de clorofilas y feopigmentos. Los otros parámetros hidrológicos se han discutido en otros trabajos [Alvarez Borrego y Chee Barragán, 1973, 1974].

Para el muestreo de pigmentos se tomaba 1/2 litro de agua de mar y se guardaba en botellas de plástico después de agregarle 2 gotas de MgCO₃, como estabilizador de la clorofila, conservándose en una hielera [con poco CO₂ sólido] sin congelarse. Después de un tiempo no máximo de 8 horas, se procedía a filtrar las muestras, utilizando una bomba para producir vacío, un equipo de filtración Millipore y filtros de membrana de 0.8 μ de porosidad. Los filtros se colocaban en discos de petri, y se guardaban en el congelador, de ésa manera se transportaban al laboratorio de la Unidad de Ciencias Marinas, para su posterior análisis.

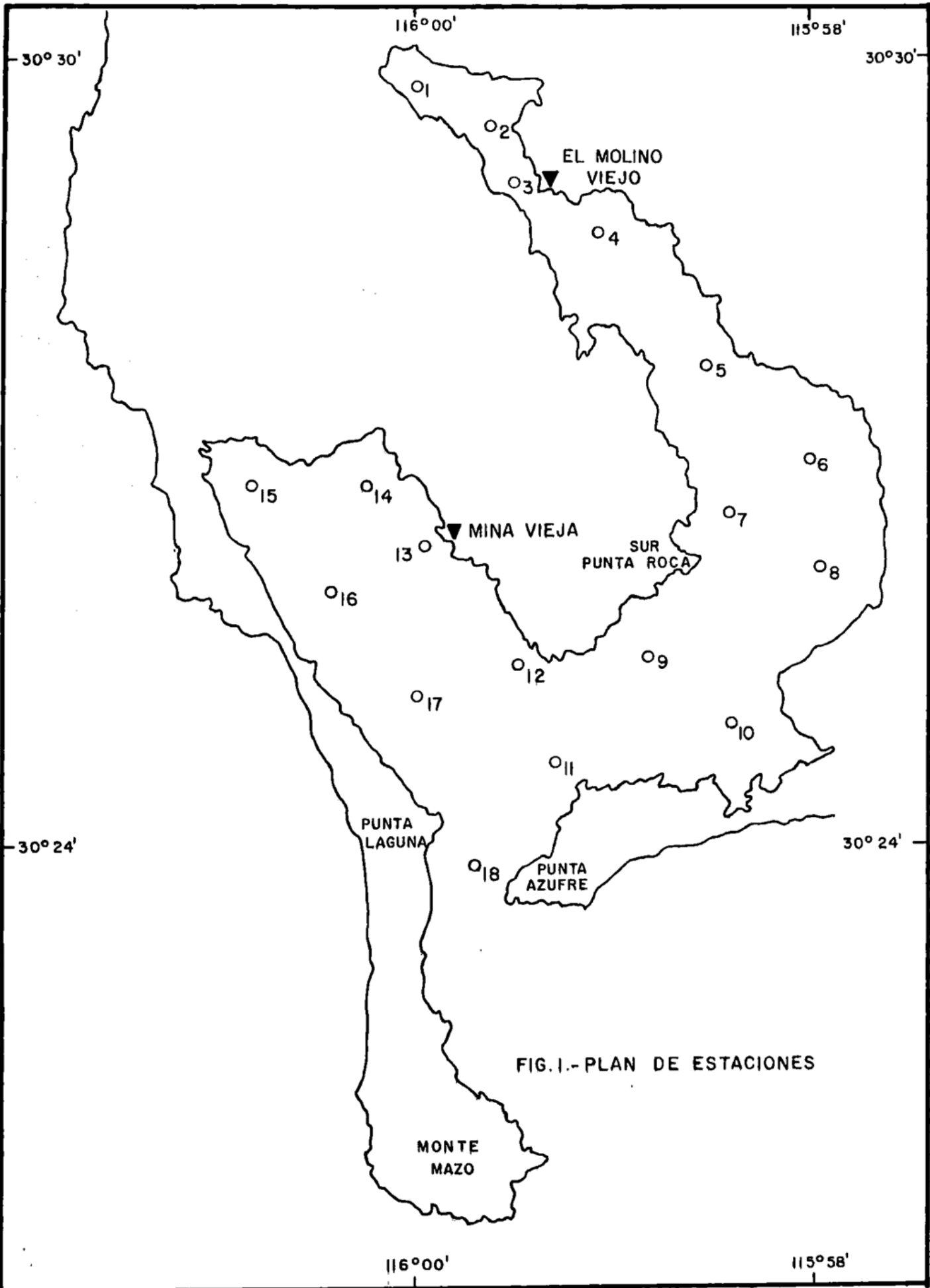


FIG. 1.- PLAN DE ESTACIONES

La extracción de los pigmentos se realizó en tubos de centrifuga de 15 ml utilizando acetona [grado espectrofotométrico] al 90 %. Después de 15 a 20 horas de extracción en un refrigerador, se centrifugaba la muestra a 3500-4000 r.p.m. durante 10 minutos. Inmediatamente después se determinaba la absorbancia de cada muestra contra acetona al 90 %, con un Espectrofotómetro UV-VIS Coleman Hitachi, modelo 139; a las siguientes longitudes de onda: 750m μ , 665m μ , 645m μ y 630m μ ; y después de acidificar la muestra con 2 gotas de HCl 1N, se determinaba la absorbancia a 750m μ y 665m μ . Se hicieron correcciones por error de celda y turbidez, utilizando la lectura a 750m μ . Se utilizaron celdas de 1 cm de longitud de paso y 10 ml de acetona para la extracción.

Las concentraciones de clorofila a y sus feopigmentos se calcularon con las fórmulas propuestas por Lorenzen [1967] :

$$\text{Clorofila } \underline{a} \text{ (mg/m}^3\text{)} = \frac{A \cdot K \cdot (A_{665} - A_{665 \text{ ac.}}) \cdot v}{V \cdot I} \quad (2)$$

$$\text{Feopigmentos (mg/m}^3\text{)} = \frac{A \cdot K \cdot [R(A_{665 \text{ ac.}}) - A_{665}] \cdot v}{V \cdot I} \quad (3)$$

Donde:

A= coeficiente de absorción de la clorofila a = 11.0

K= factor para igualar la reducción en absorbancia a la con

concentración inicial de clorofila a = 2.43

A_{665} = Absorbancia antes de acidificar

A_{665} ac. = Absorbancia después de acidificar

v = acetona (ml) usados para la extracción

V = litros de agua filtrada

l = longitud de paso de la celda (cms)

R = Razón máxima de $A_{665} : A_{665}$ ac. en ausencia de feopigmentos = 1.7

Las concentraciones de clorofilas b y c se calcularon con las fórmulas tricromáticas de Strickland y Parsons [1963] :

$$\text{mg de pigmento/m}^3 = \frac{C}{V} \quad (4)$$

Donde :

V = litros de agua filtrada

$$C \text{ (clorofila } \underline{b} \text{)} = 20.7(A_{665}) - 4.34(A_{645}) - 4.42(A_{630}) \quad (5)$$

$$C \text{ (clorofila } \underline{c} \text{)} = 55(A_{630}) - 4.64(A_{665}) - 16.3(A_{645}) \quad (6)$$

Donde :

A_{665} , A_{645} y A_{630} corresponden a las máximas absorbancias de las clorofilas a, b y c respectivamente.

Durante éste estudio no se determinaron las precisiones de los métodos utilizados, sin embargo Strickland y Parsons [1968] reportan los siguientes valores: Clorofila a \pm 5%, Clorofila b \pm 40% y Clorofila c \pm 30% .

b) Ecuación utilizada para el cálculo de la producción primaria.

Como se dijo anteriormente la ecuación que mejor se pudo adaptar al área en estudio fué la (1).

La fotosíntesis relativa (R) se cálculo a intervalos de 2 horas de acuerdo con las figuras desarrolladas por Small, Curl y Glooschenko [1972] [Fig. 2]. Para ésto hubo que estimar la radiación total incidente en la superficie de la Bahía. Debido a que no se contó con un heliómetro, se utilizó una de las mejores ecuaciones desarrolladas en función de la Radiación total bajo un cielo sin nubes y de la Nubosidad [Berliand, 1960; citado en Budyko, 1974]. La ecuación es:

$$Q = Q_0 [1 - (a + bn)n] \quad (7)$$

Donde:

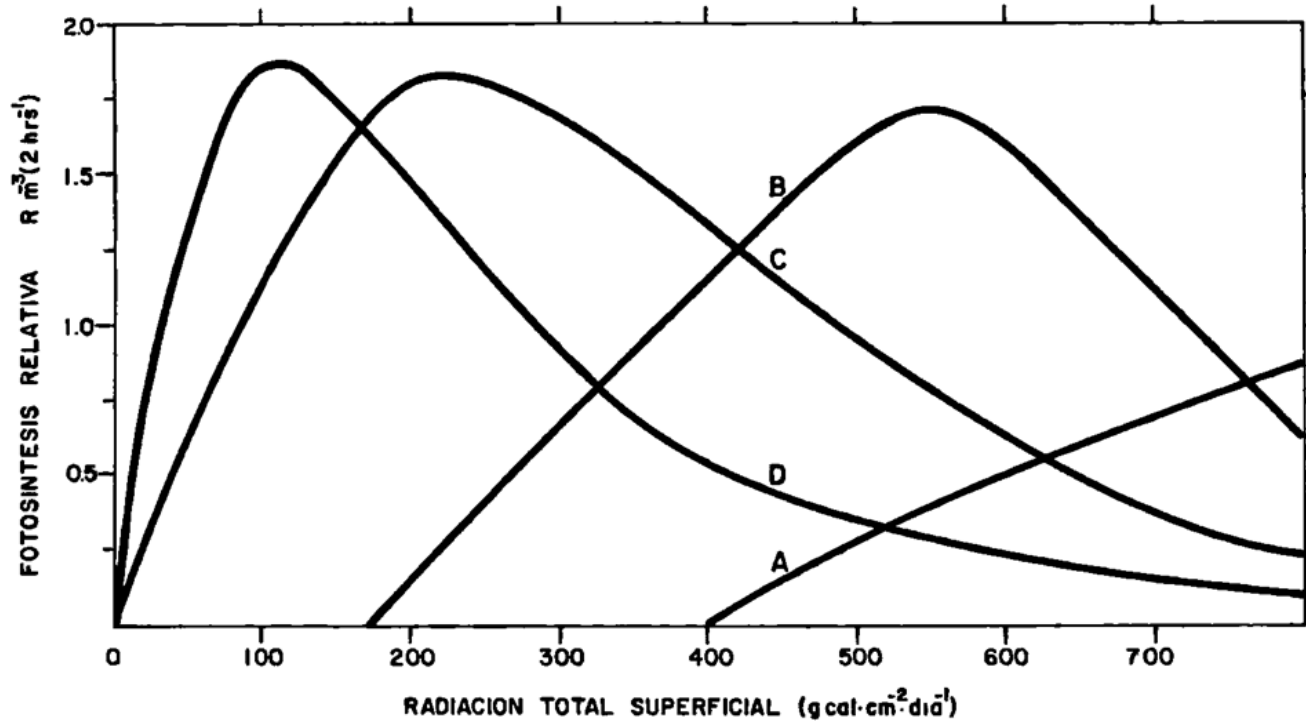
Q = Radiación total incidente

Q₀ = Radiación total incidente bajo un cielo sin nubes
(Tabla 2)

n = Nubosidad, expresada del 0 al 1 (Datos obtenidos por la estación meteorológica de la S.R.H., Ensenada, B.C.)

a y b = Coeficientes adimensionales (Tabla 2) .

FIG. 2.-FOTOSINTESIS RELATIVA COMO FUNCION DE LA RADIACION
 TOTAL DIARIA, PARA PERIODOS DE 2 horas EN EL DIA-LUZ.
 (Small, Curl, Glooschenko, 1972.)



A = 04:00 - 06:00 y 18:00 - 20:00 horas
 B = 06:00 - 08:00 y 16:00 - 18:00 horas
 C = 08:00 - 10:00 y 14:00 - 16:00 horas
 D = 10:00 - 12:00 y 12:00 - 14:00 horas

Tabla 2. Radiación Solar .

Muestreo	Nubosidad	Q ₀ g.cal/cm ² /día	Q g.cal/cm ² /día	Q-fotosíntesis
Julio	0.5	769	557	280
Agosto	0.5	717	519	260
Septiembre	0.0	628	628	314
Octubre	0.0	529	529	264
Noviembre	0.5	430	311	155
Enero	0.5	411	297	149
Marzo	0.5	611	442	221

Radiación total(cielo sin nubes) en Kcal.cm⁻²mes⁻¹

Mes=30.4 días Latitud = 30°N a = 0.36 b = 0.38

Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
12.5	15.5	18.6	21.4	23.0	23.8	23.4	21.8	19.1	16.1	13.1	11.5

V. RESULTADOS

La distribución superficial de clorofila a en Julio [Fig. 3] presenta las máximas concentraciones en el vértice de la "Y", cercano a la boca. Hacia los extremos internos la concentración en general disminuye. En la parte suroeste de la bahía Falsa existe una lengüeta de valores relativamente bajos. En la parte central oriental de bahía San Quintín la distribución es irregular, con los valores fluctuando entre 1.0 y 3.0 mg/m³. Es interesante notar que en el extremo interno de bahía San Quintín los valores aumentan hasta más de 3.0 mg/m³. El valor máximo registrado fué de 8.56 mg/m³ [est. 12, Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m³ [est. 3 y 5, Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila b en Julio [Fig. 4] es relativamente homogénea y con valores de concentración bajos con respecto a los de clorofila a. El valor máximo registrado fué de 1.8 mg/m³, en la misma estación que el máximo de clorofila a [est. 12, Fig. 1]; y el mínimo fué de 0.0 mg/m³ [est. 5 y 14, Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila c en Julio [Fig. 5] presenta valores semejantes a los de clorofila a. En la boca de la Bahía se registraron valores relativamente bajos, aumentando hacia el noreste para llegar a un máximo en el vértice de la "Y" y luego disminuir en la misma dirección para llegar a un mínimo en la parte central de bahía San Quintín. En bahía Falsa existe un gradiente marcado con los valores aumentando hacia el noreste

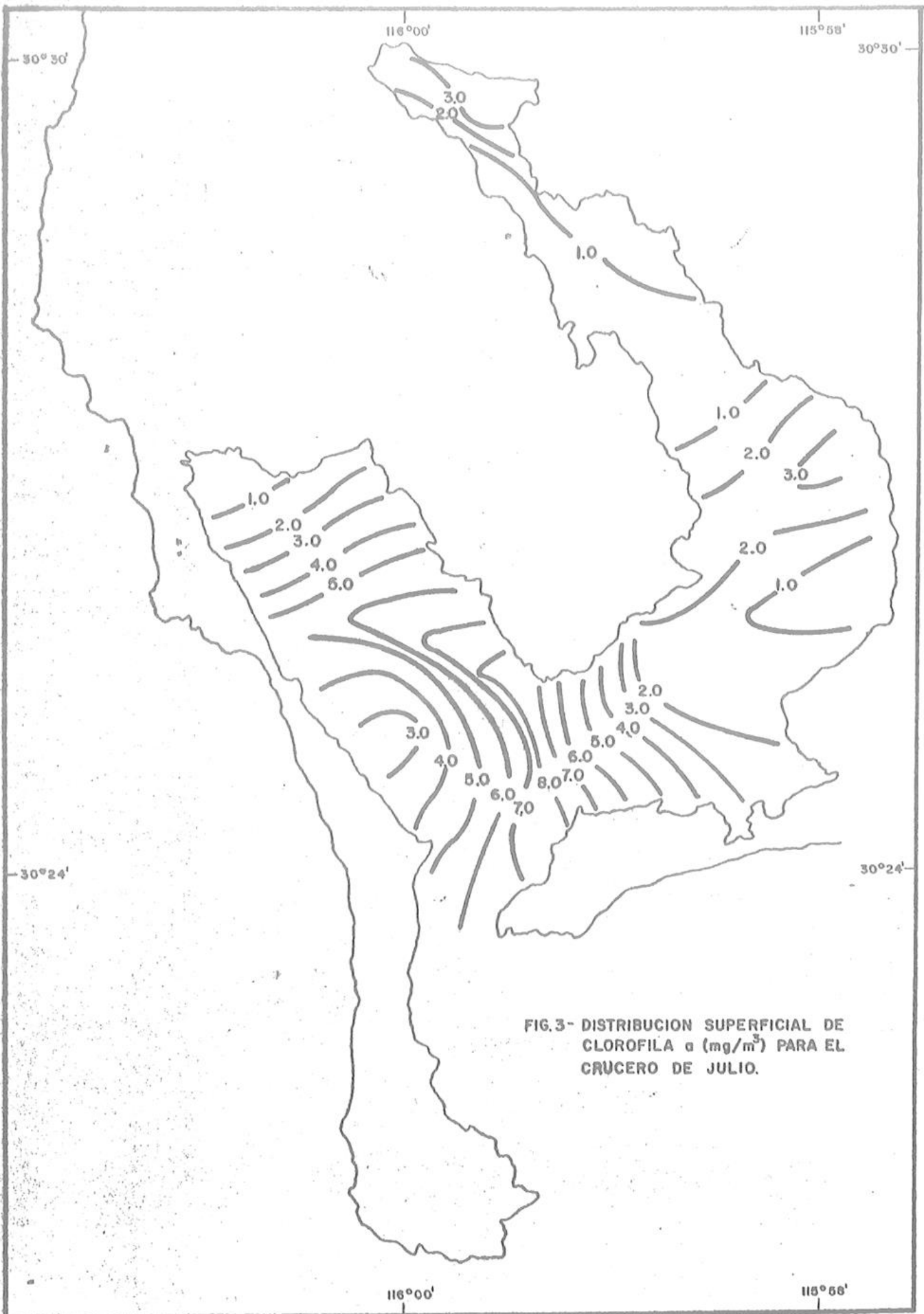


FIG.3- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE JULIO.

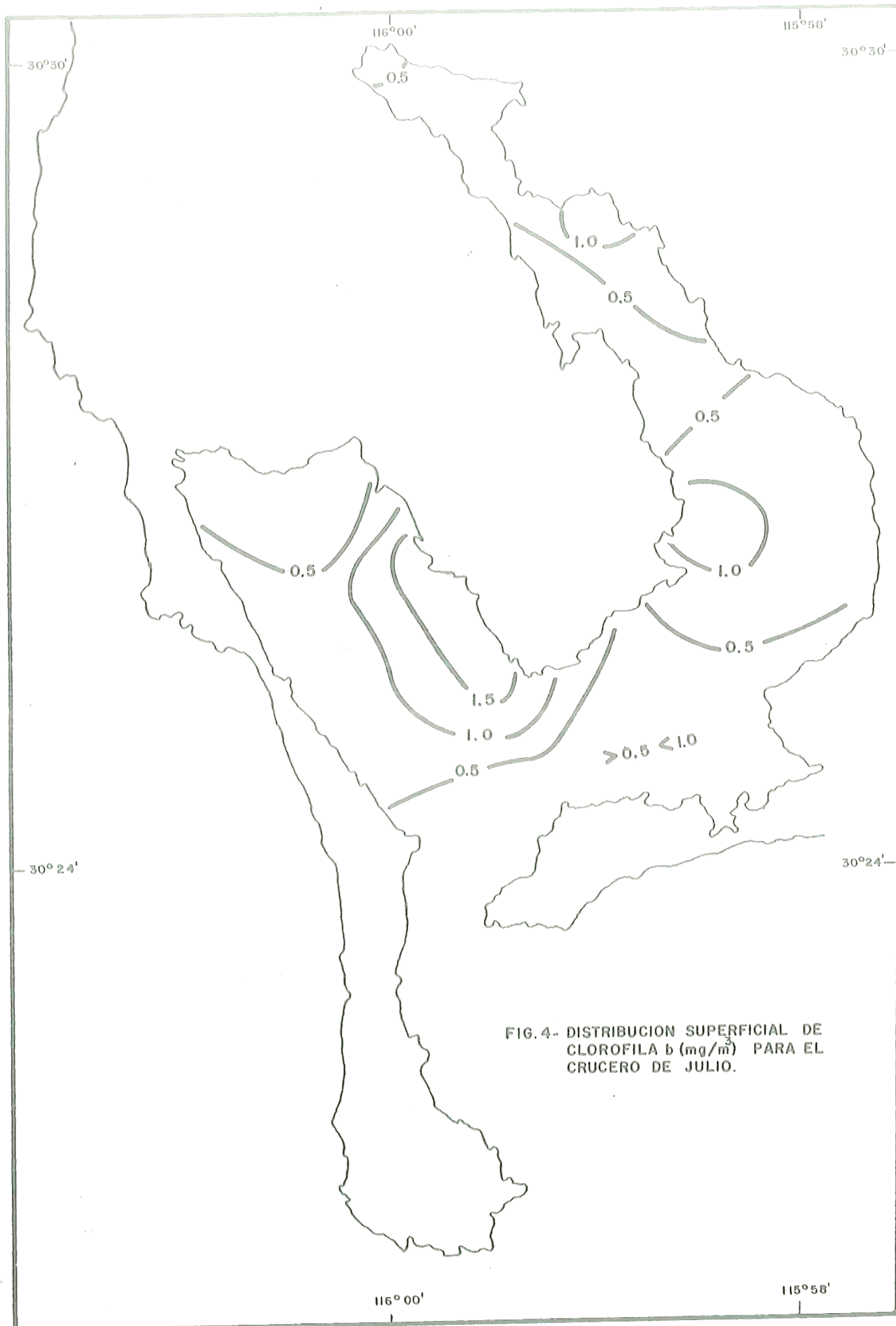


FIG. 4- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA b (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE JULIO.

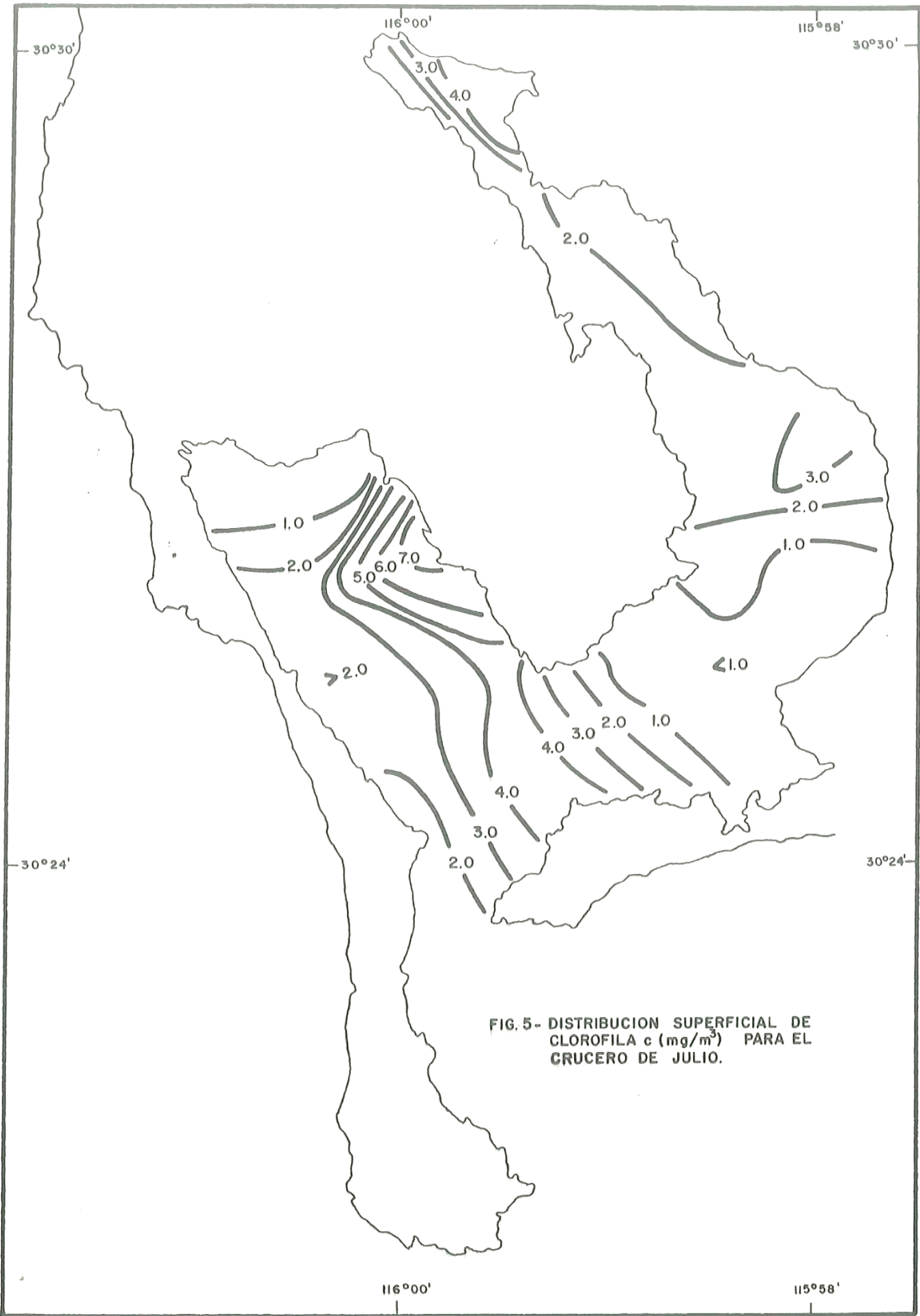


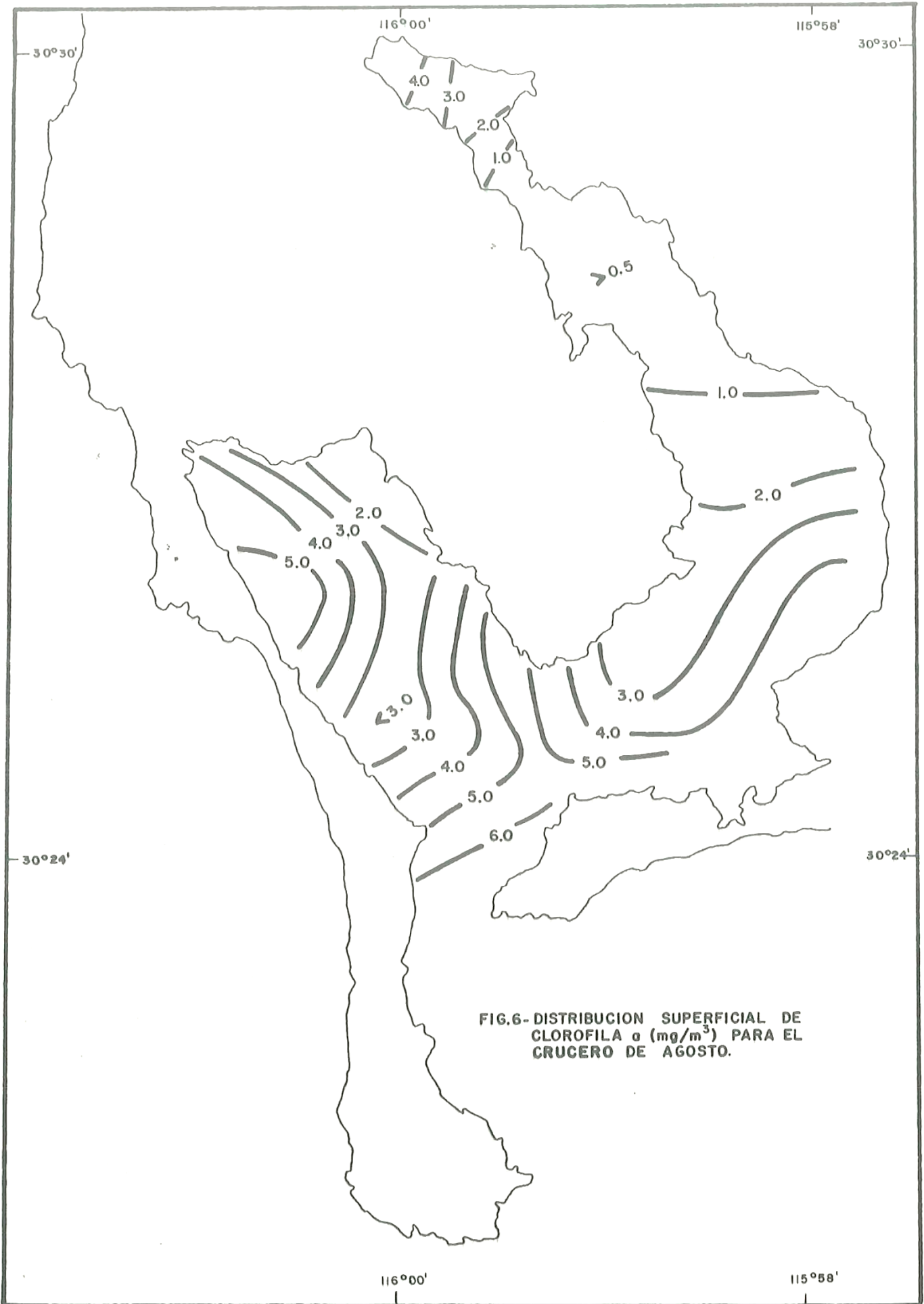
FIG. 5- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL GRUCERO DE JULIO.

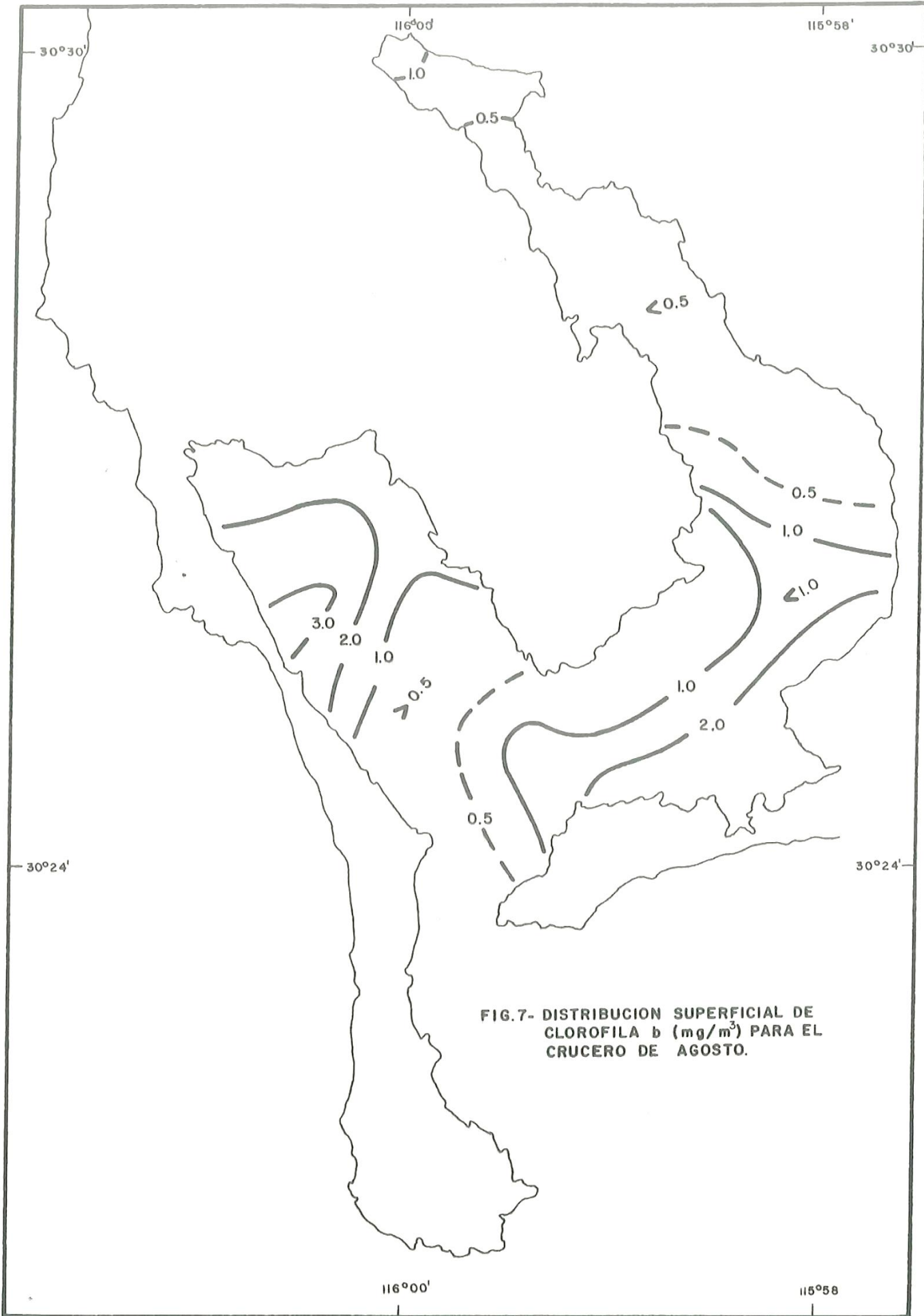
en la parte central y disminuyendo hacia el noroeste en el extremo interno. En el extremo interro de bahía San Quintín los valores de clorofila c son relativamente elevados, al igual que los de clorofila a.

La distribución superficial de feopigmentos en Julio presenta valores de concentración muy bajos. En 11 de las 18 estaciones no se registró una concentración significativamente diferente de 0.0 mg/m^3 . El máximo registrado fué de 1.06 mg/m^3 [est. 3, 8 y 14, Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a para Agosto [Fig. 6] presenta gradientes muy bien marcados, con valores máximos en la boca y disminuyendo en general hacia el interior. En bahía Falsa existe un gradiente transversal con los valores disminuyendo hacia el noreste en el extremo interno. Al igual que en Julio, los valores son relativamente elevados en el extremo interno de bahía San Quintín. El máximo valor registrado fué de 6.4 mg/m^3 [est. 18, Fig. 1], y el mínimo fué de 0.5 mg/m^3 [est. 4 Fig.1].

La distribución superficial de clorofila b en Agosto [Fig. 7] presenta ligeros gradientes en bahía Falsa y en la parte de bahía San Quintín adyacente a la boca. En la parte central de bahía San Quintín y en la boca se registraron valores muy bajos que en algunos casos no fueron significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 . El máximo valor registrado fué de 3.3 mg/m^3 [est. 16, Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 4, 5, 6, 9, 17, y 18, Fig. 1].





La distribución superficial de clorofila c en Agosto [Fig. 8] presenta gradientes muy marcados en la parte de bahía San Quintín adyacente a la boca, donde alcanza valores máximos, los cuales disminuyen hacia los interiores. En bahía Falsa existe un gradiente transversal con los valores disminuyendo del suroeste al norte. La parte media de bahía San Quintín presenta valores casi nulos, mientras que en el extremo interno se detectaron valores alrededor de 0.5 mg/m^3 . El valor máximo registrado fué de 6.0 mg/m^3 [est. 11; Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 4, 5, 6 y 9; Fig. 1].

La distribución superficial de feopigmentos fué muy irregular en Agosto. El registro de concentraciones elevadas en algunas estaciones con concentraciones no significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 en estaciones adyacentes, hace que los datos se consideren como dudosos, aunque el procedimiento de muestreo y análisis se llevó a cabo de una manera apropiada al igual que en los otros casos. La concentración máxima registrada fué de 5.6 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1], y la mínima fué de 0.0 mg/m^3 [est. 1, 4, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, y 17; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a en Septiembre [Fig. 9] es más irregular y muestra valores de concentración mucho menores que en Julio y Agosto. En Bahía Falsa los valores fluctúan entre 1.5 y 3.0 mg/m^3 . En la parte sur del extremo externo de bahía San Quintín

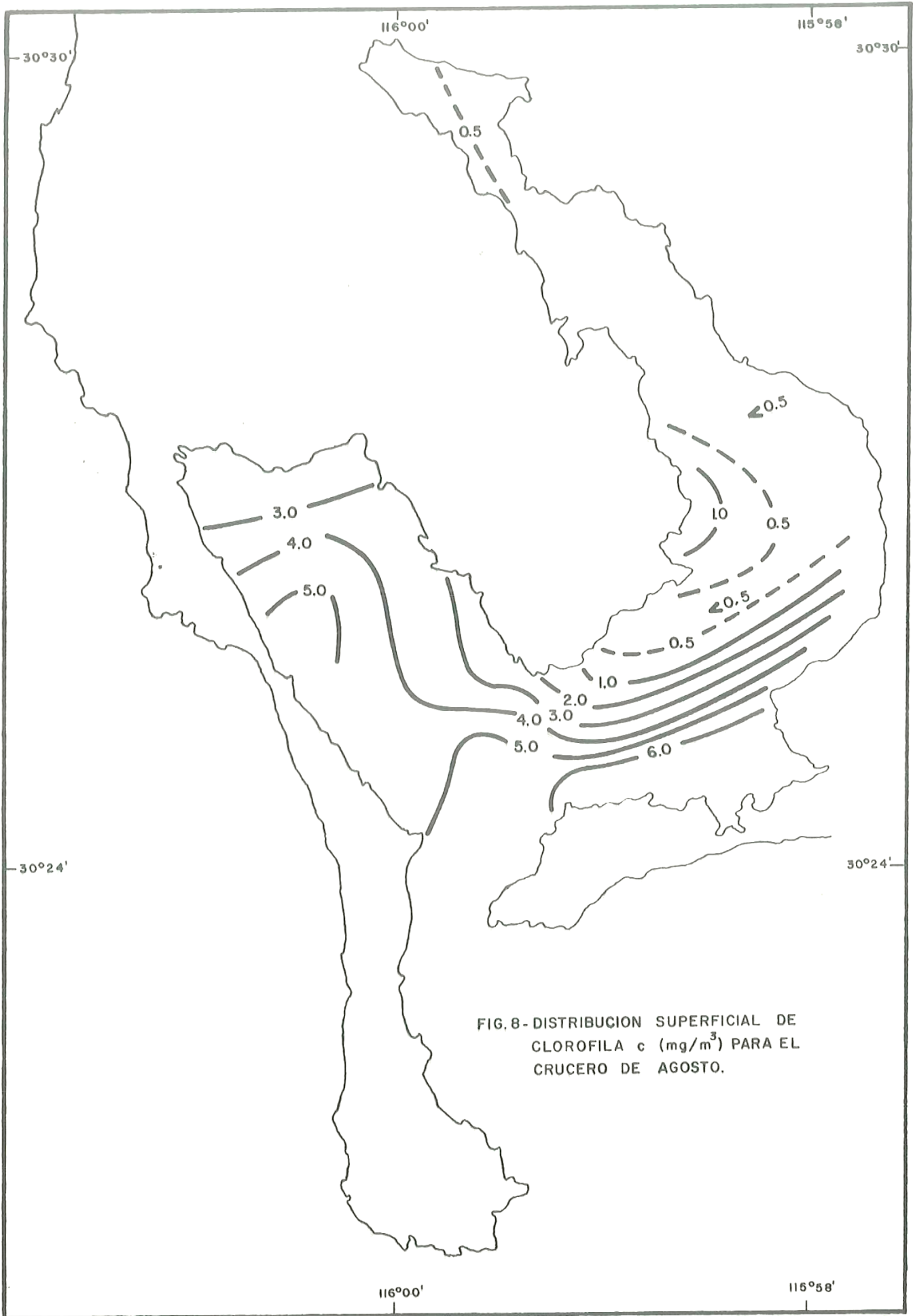


FIG.8- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE AGOSTO.

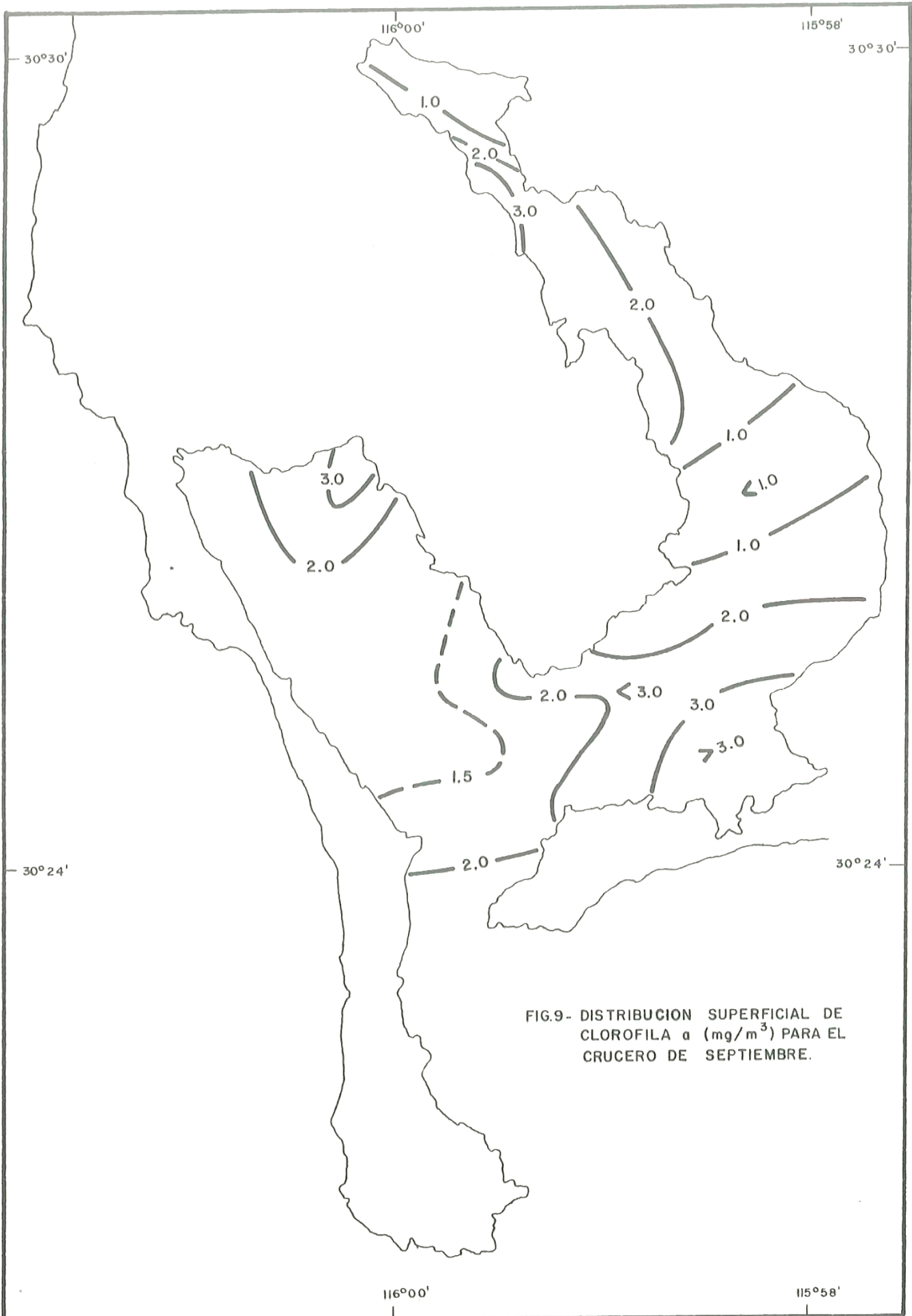


FIG.9- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE SEPTIEMBRE.

se registró un máximo de 3.7 mg/m^3 ; de ésta parte los valores disminuyen hacia el norte hasta llegar a un mínimo en la parte central, para luego aumentar hasta alcanzar un valor de 3.2 mg/m^3 en la "cintura" del extremo interno, y luego disminuir de nuevo hacia el norte. El valor mínimo fué de 0.5 mg/m^3 [est. 2, 6 y 7; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila b para Septiembre [Fig. 10] es irregular, sin gradientes claros sino mas bien en forma de manchas. En bahía Falsa se presentaron dos valores altos en la parte este y una serie de valores bajos, algunos de los cuales no fueron significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 . En la parte central de bahía San Quintín se presentó un gradiente con los valores aumentando de sur a norte. En el extremo interno de bahía San Quintín se registró un gradiente transversal con los valores disminuyendo de oeste a este. El valor máximo registrado fué de 3.8 mg/m^3 [est. 14; Fig. 1], el valor mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 9, 11, 13 y 16; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila c para Septiembre [Fig. 11] es relativamente irregular. Solamente en la parte central de bahía San Quintín se presentó un gradiente bien marcado con los valores aumentando hacia el norte. Al igual que en el caso de la clorofila b se presentaron dos valores elevados en la parte oriental de bahía Falsa. El valor máximo registrado fué de 13.2 mg/m^3 [est. 14; Fig. 11], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 1, 2 y

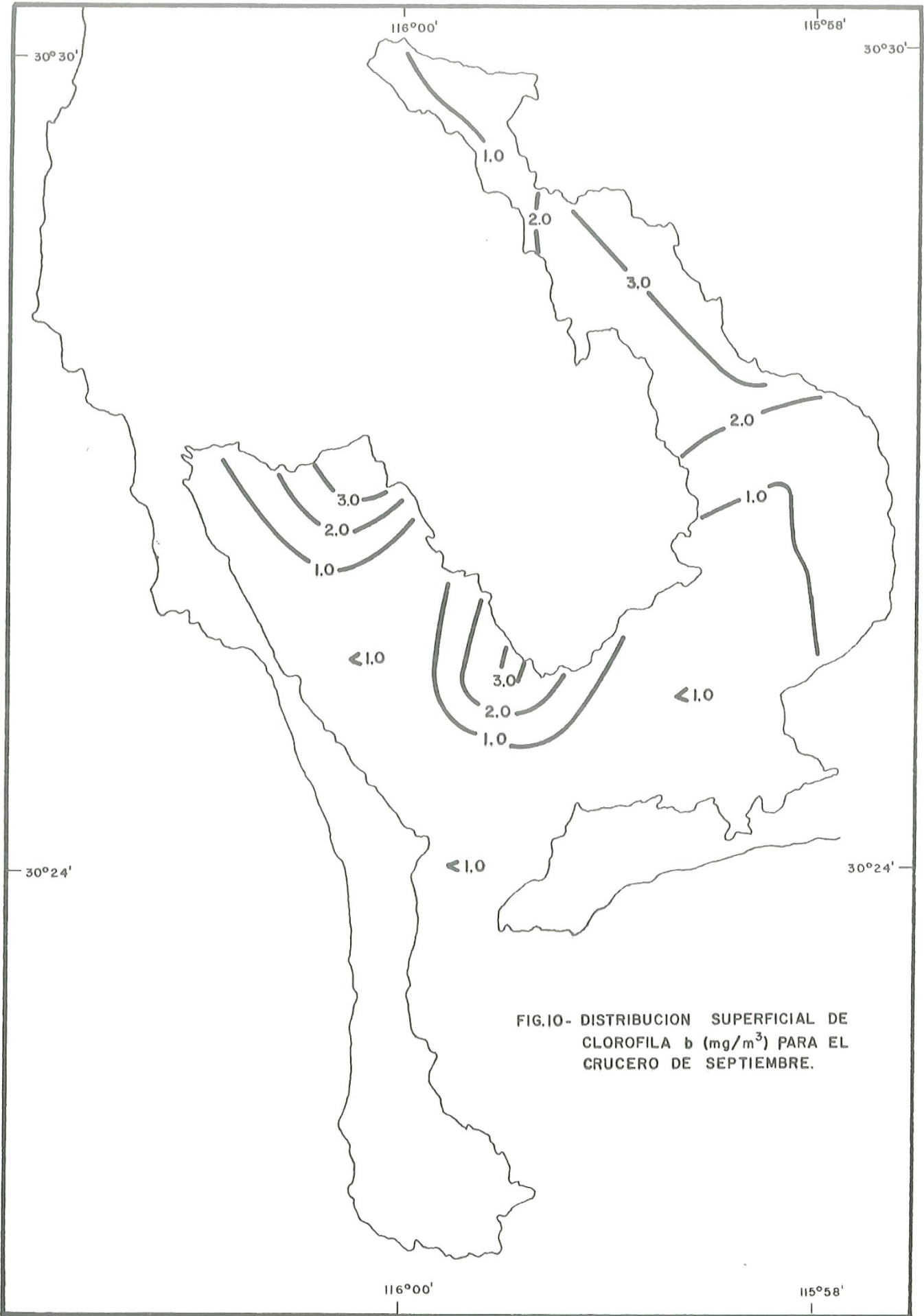


FIG.10- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA b (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE SEPTIEMBRE.

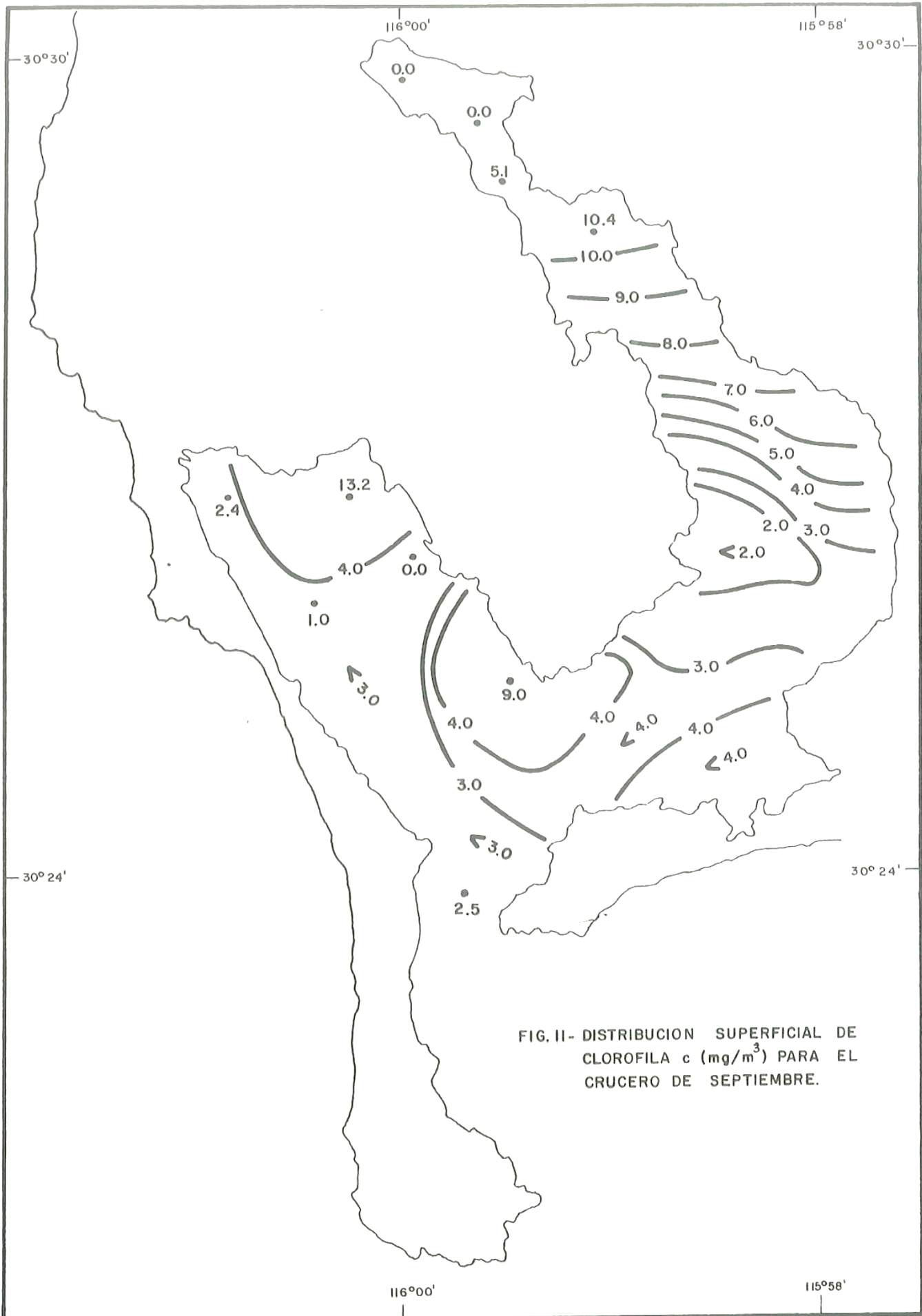


FIG. II- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE SEPTIEMBRE.

13; Fig. 1]].

En 10 estaciones no se registraron valores significativamente diferentes de 0.0 mg/m^3 para feopigmentos en Septiembre [est. 1, 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 y 17; Fig. 1]. El valor máximo registrado fué de 1.6 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a para Octubre [Fig. 12] muestra un aumento de valores con respecto al crucero de Septiembre. Se observan gradientes bien definidos con valores máximos de 5.0 mg/m^3 en el vértice de la " Y " disminuyendo hacia los interiores de ambas bahías. El extremo interno de bahía San Quintín muestra un pequeño gradiente ascendente de sur a norte. El valor máximo registrado fué de 5.8 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1], el valor mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 3, 7, 9 y 15; Fig.1].

La distribución superficial de clorofila b en Octubre [Fig. 13] muestra una distribución de "manchas", ya que en 9 de las 18 estaciones muestreadas se registraron valores de 0.0 mg/m^3 . La parte este de bahía Falsa presenta valores alrededor de 0.5 mg/m^3 , mientras que bahía San Quintín muestra gradientes transversales hacia el centro de la misma donde alcanzó el valor máximo [est. 7; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila c para Octubre [Fig. 14] presenta en bahía Falsa un gradiente trasversal con los valores aumentando de oeste a este, por el contrario en bahía San Quintín los valores disminuyen de suroeste a noreste, registrándose valores nulos en los ex-

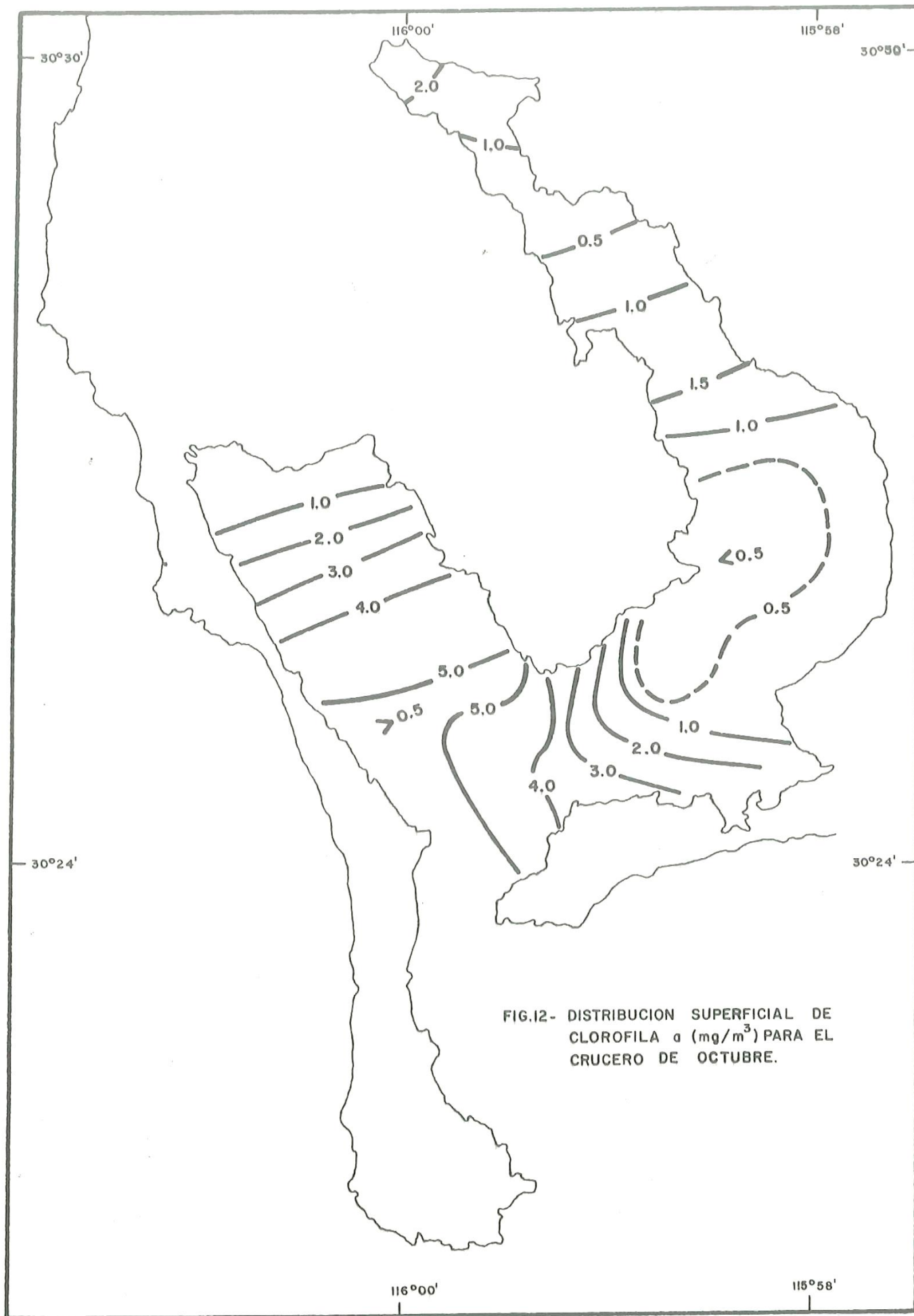


FIG.12- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE OCTUBRE.

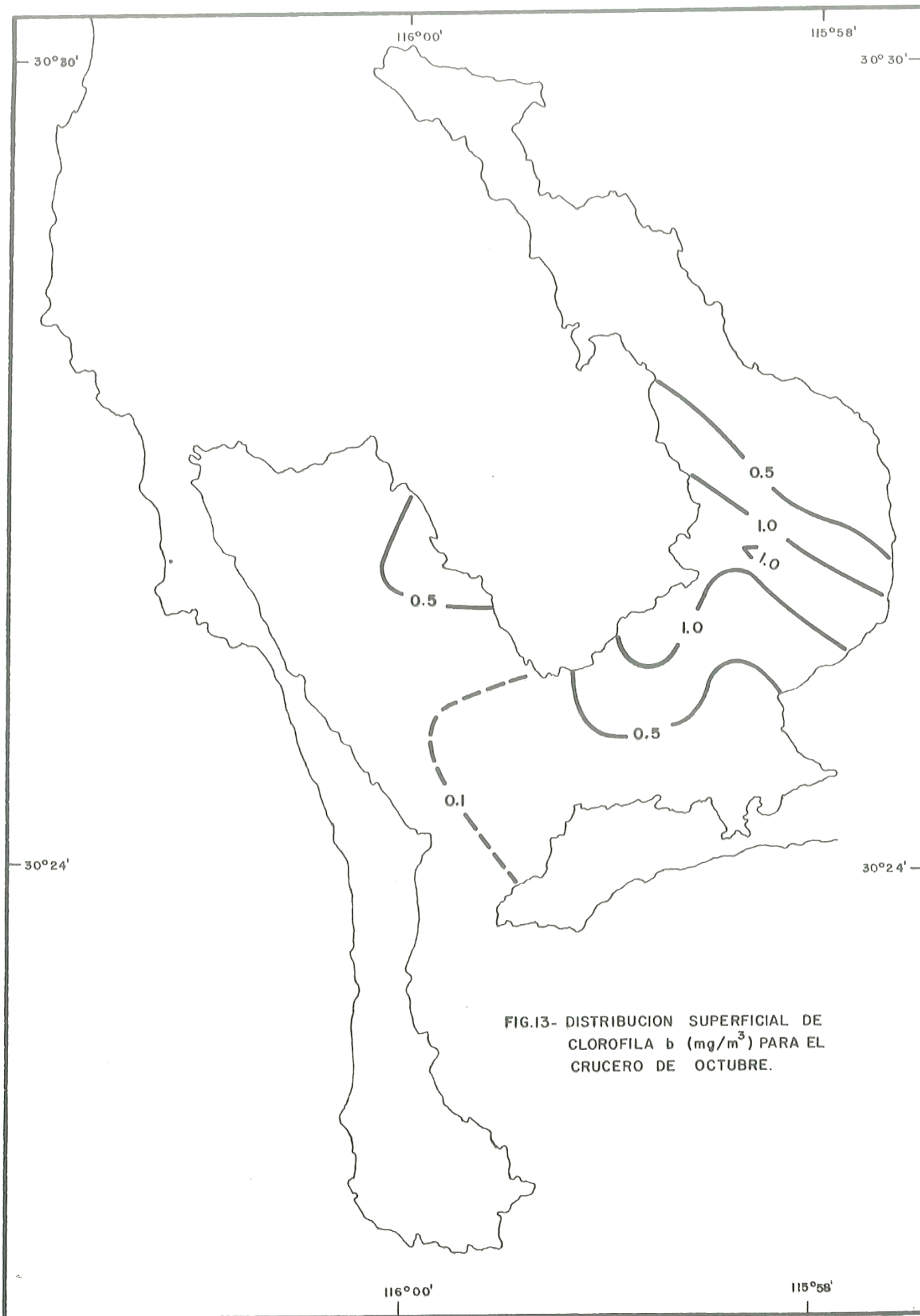


FIG.13- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA b (mg/m^3) PARA EL CRUCERO DE OCTUBRE.

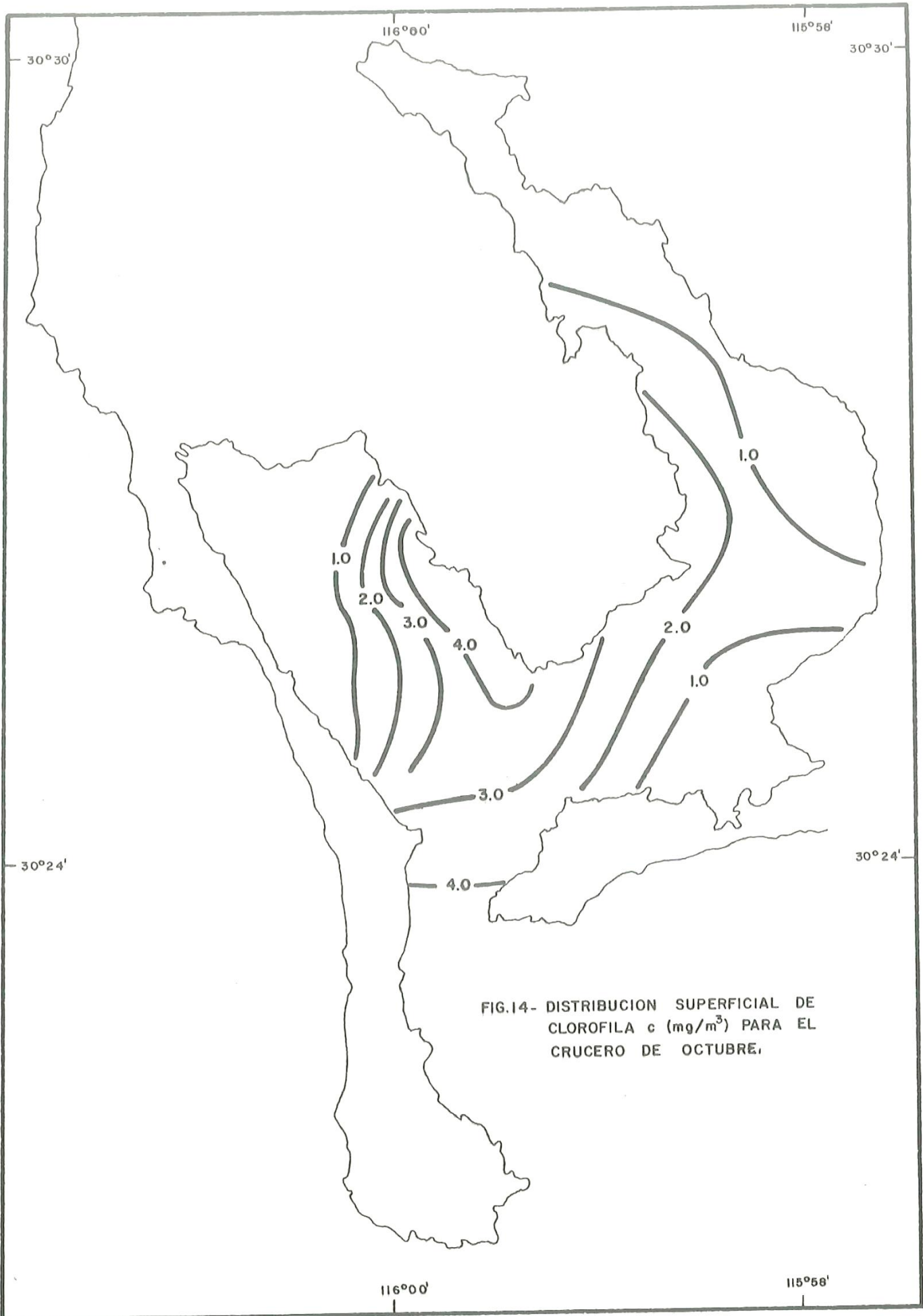


FIG.14- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE OCTUBRE.

tremos internos de ambas bahías . El valor máximo registrado fué de 4.6 mg/m^3 [est. 12; Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 1, 2, 3, 4, 6, 10, 14, 15, y 16; Fig. 1].

La concentración superficial de feopigmentos aumentó considerablemente en éste mes con respecto a los anteriores [Fig. 15]. Se observa un patrón de valores de la boca al interior de bahía San Quintín, manteniéndose los valores constantes a lo largo de casi todo el canal; bahía Falsa presenta valores alrededor de 0.5 mg/m^3 . El valor máximo registrado fué de 2.1 mg/m^3 [est. 8 y 9; Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 4; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a en Noviembre [Fig.16] muestra los valores mínimos durante el ciclo en estudio. Se observa un gradiente descendente de la boca al vértice de la "V". Bahía Falsa presenta en general valores alrededor de 2.0 mg/m^3 ; y bahía San Quintín muestra valores alrededor de 0.5 mg/m^3 . El valor máximo registrado fué de 4.2 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 2, 3 y 6; Fig. 1].

En Noviembre la distribución superficial de clorofila b sólo presentó 3 "parches": en el extremo interno de bahía Falsa, en la boca de entrada y en la parte media de bahía San Quintín. El valor máximo registrado fué de 0.9 mg/m^3 [est. 11; Fig. 1], y se registraron valores de 0.0 mg/m^3 en las estaciones 2, 3, 4, 5, 6, 9, 14, 16 y 17 [Fig. 1].

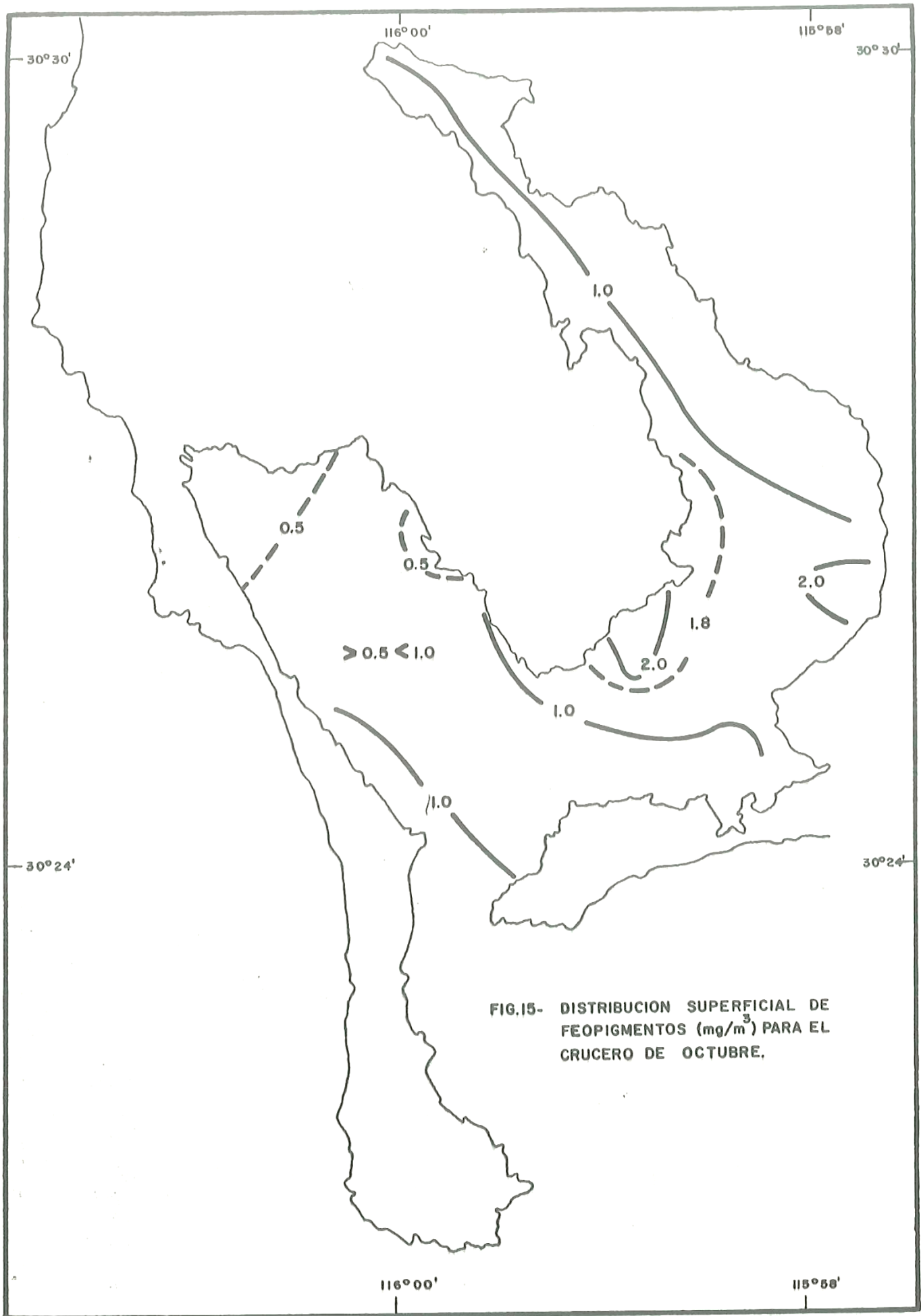


FIG.15- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE FEOPIGMENTOS (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE OCTUBRE.

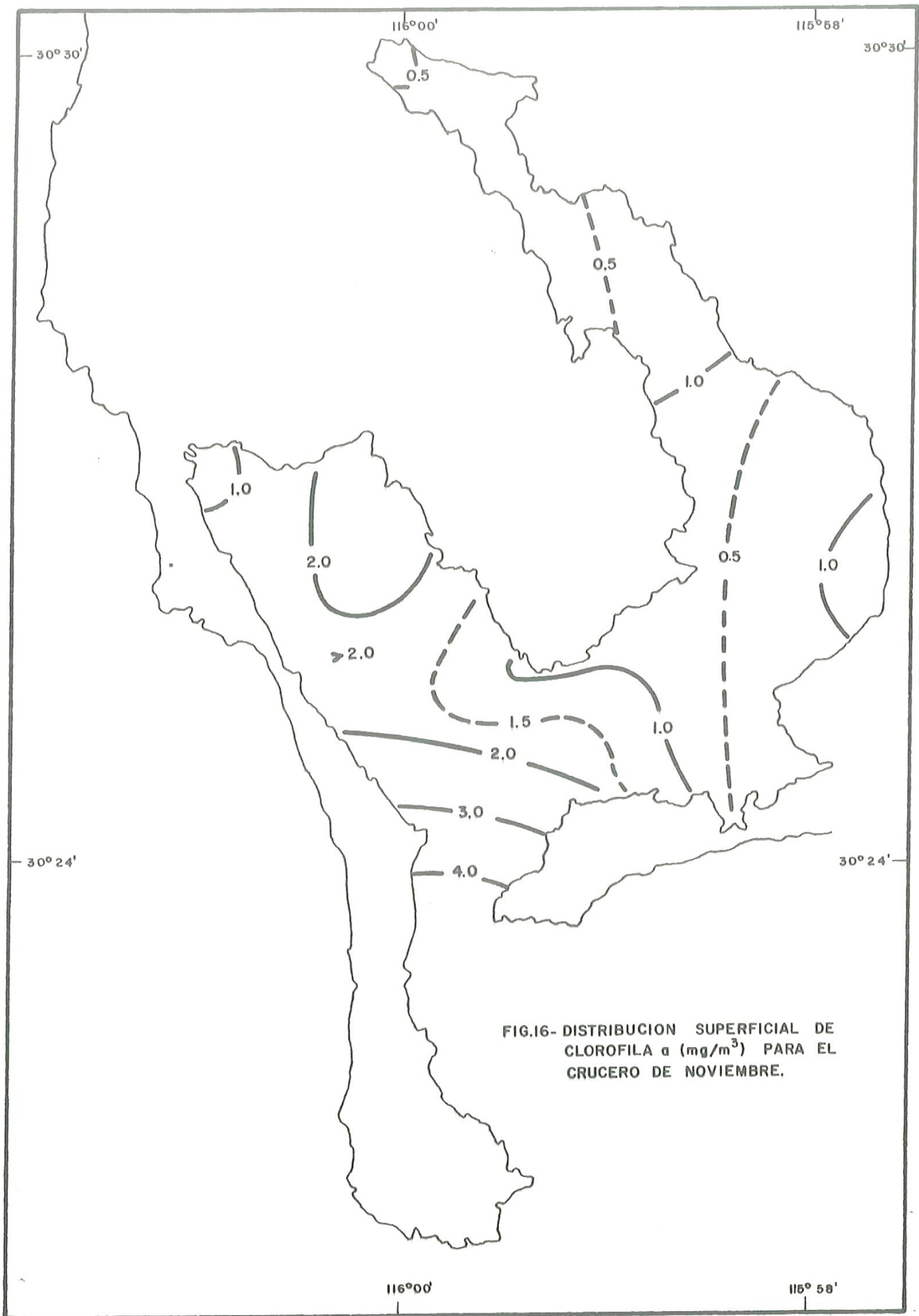


FIG.16- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE NOVIEMBRE.

La distribución superficial de clorofila c en Noviembre [Fig. 17] al igual que la de clorofila a muestra los valores mínimos del ciclo. Se observa un gradiente descendente en la boca de entrada. En general bahía Falsa presenta valores alrededor de $0.5^{mg}/m_3$. Bahía San Quintín por el contrario sólo muestra una mancha, donde alcanza el valor máximo de $4.1^{mg}/m_3$ [est. 7; Fig. 1]. El valor mínimo fué de $0.0^{mg}/m_3$ [est. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13 y 14; Fig. 1].

La distribución superficial de feopigmentos para el mes de Noviembre se mostró irregular. El valor máximo se registró en bahía San Quintín y fué de $2.1^{mg}/m_3$ [est. 6 y 7; Fig. 1]. Se registraron valores mínimos de $0.0^{mg}/m_3$ [est. 1, 3, 4, 5, 10, 13, 14, 15, 16 y 17; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a para Enero [Fig. 18] muestra un gradiente descendente de la boca hacia el vértice de la " Y ". En bahía Falsa los valores descienden de suroeste a noreste; por el contrario en bahía San Quintín el descenso es de noreste a suroeste. En el extremo interno de bahía San Quintín se registraron valores alrededor de $1.5^{mg}/m_3$. El valor máximo registrado fué de $3.7^{mg}/m_3$ en la boca [est. 18; Fig. 1], y se registraron valores mínimos de $1.0^{mg}/m_3$ [est. 3, 8, 12, 13 y 14; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila b para Enero, en general presentó valores alrededor de $0.5^{mg}/m_3$.

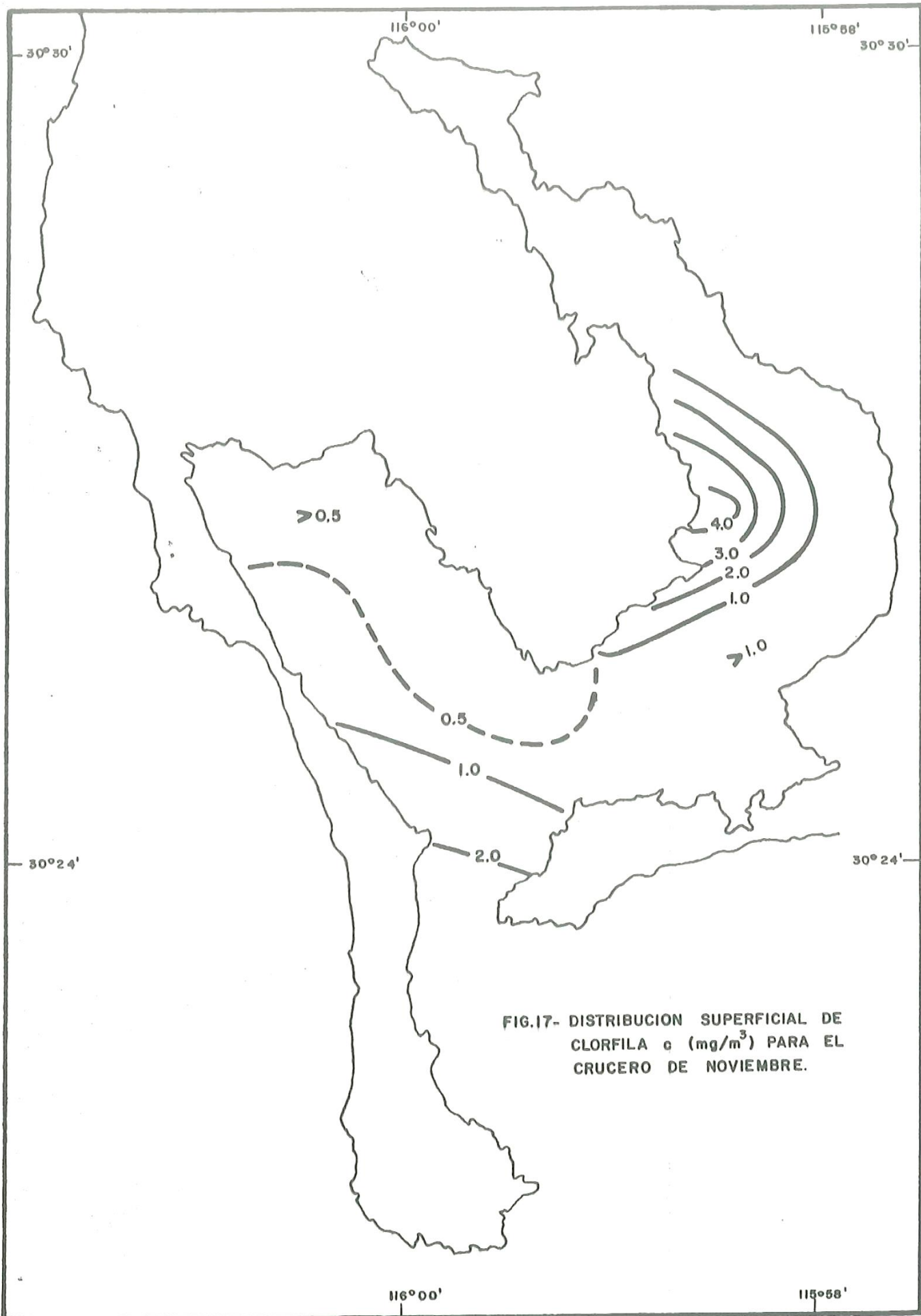


FIG.17- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLORFILA a (mg/m^3) PARA EL CRUCERO DE NOVIEMBRE.

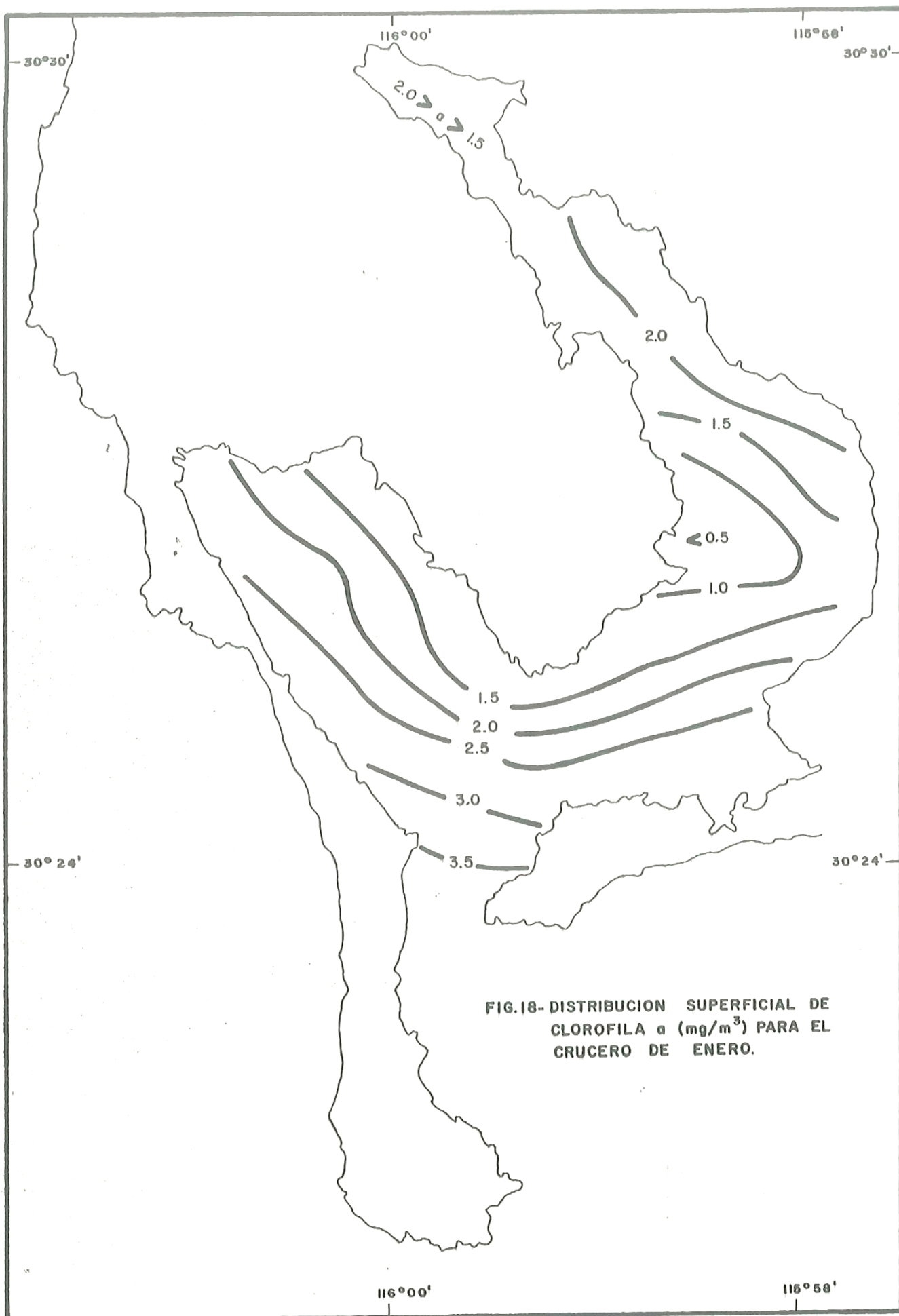


FIG.18- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE ENERO.

La distribución superficial de clorofila c para Enero [Fig. 19] es similar a la de clorofila a , pero con gradientes en sentido opuesto. Hacia el extremo interno de bahía San Quintín se registraron valores de $1.0^{mg}/m^3$. El valor máximo fué de $3.1^{mg}/m^3$ [est. 14; Fig. 1], y se registraron valores de $0.0^{mg}/m^3$ [est. 1, 5, 8, 10 y 11; Fig. 1].

La distribución superficial de feopigmentos para Enero [Fig. 20] muestra claramente la dominancia de éstos productos de degradación en bahía San Quintín, la cuál presenta un patrón irregular de distribución pero con los máximos valores. Bahía Falsa en general presentó valores alrededor de $0.5^{mg}/m^3$. Durante éste crucero se determinaron las máximas concentraciones de feopigmentos de todo el ciclo en estudio. El valor máximo fué de $4.0^{mg}/m^3$ [est. 1; Fig. 1], y el mínimo fué de $0.1^{mg}/m^3$ [est. 15; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila a para Marzo es similar a la de Enero [Fig. 18 y 21]. Los valores disminuyen de la boca al vértice de la " y ", Bahía San Quintín presenta en la parte media un aumento de valores de suroeste a noreste, y en sentido opuesto en la " cintura " del extremo norte. En bahía Falsa los valores disminuyen hacia el extremo interno. El valor máximo fué de $5.2^{mg}/m^3$ en la boca [est. 18; Fig. 1], y el mínimo fué de $1.0^{mg}/m^3$ [est. 2; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila b en Mar

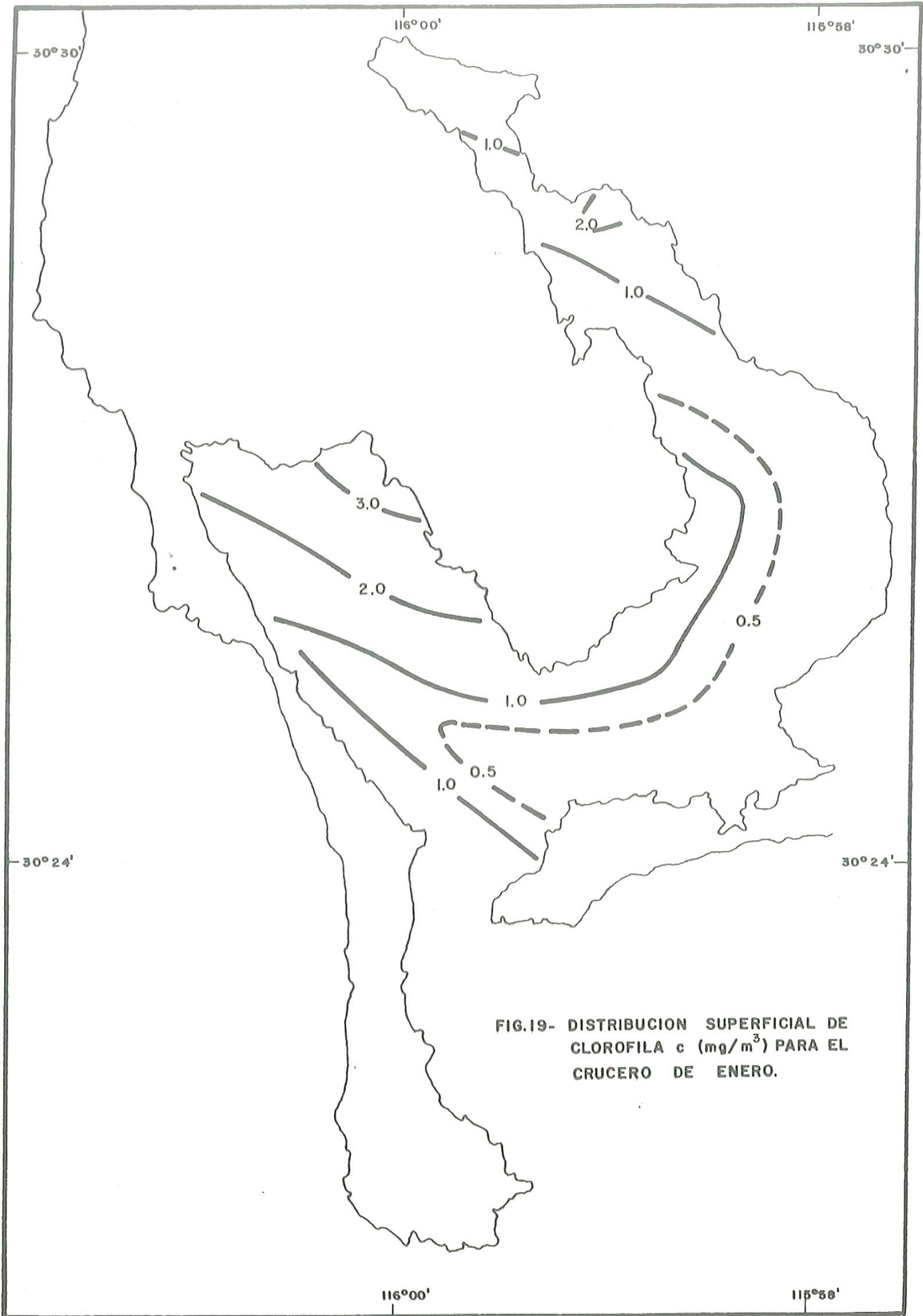
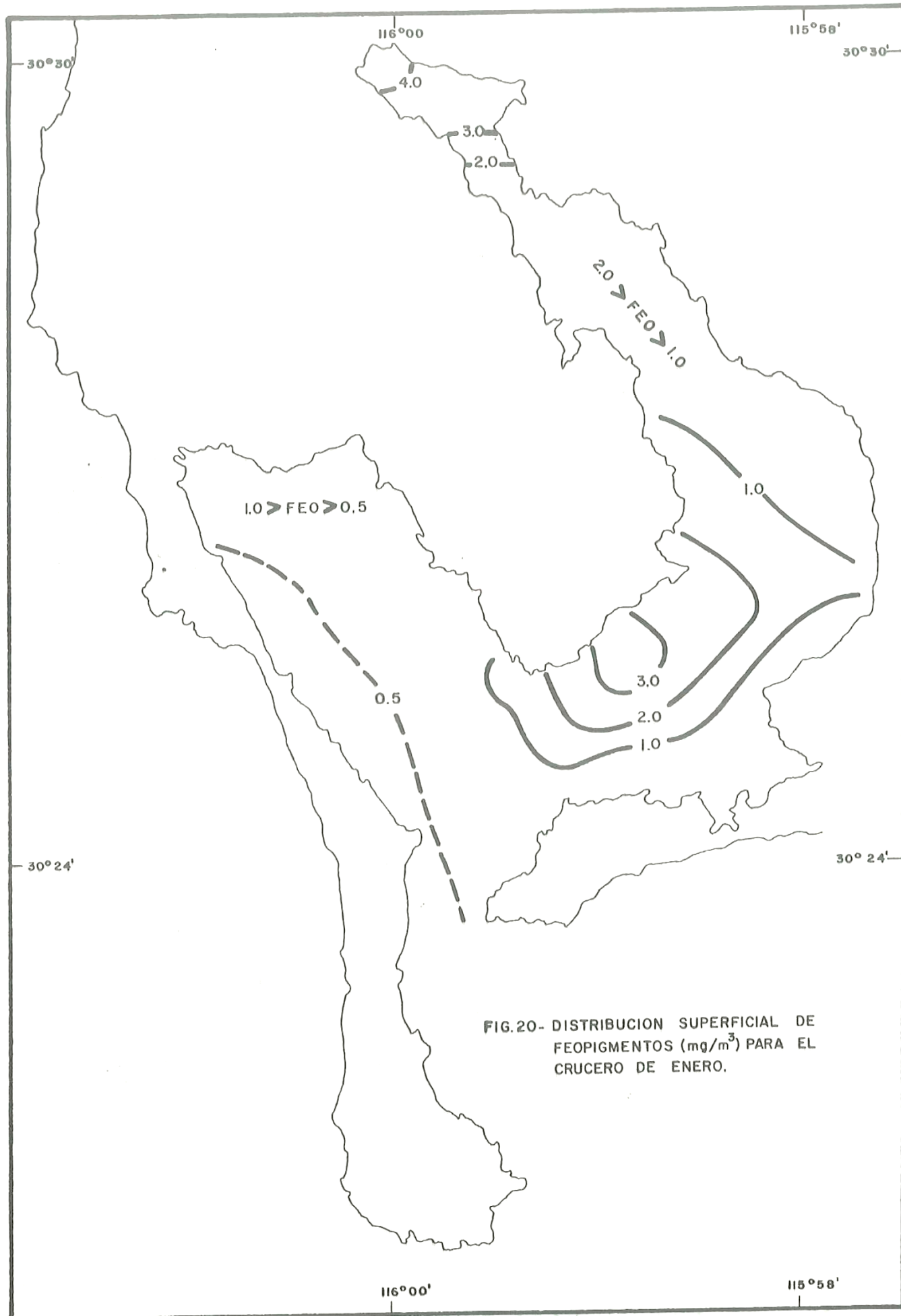


FIG.19- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE ENERO.



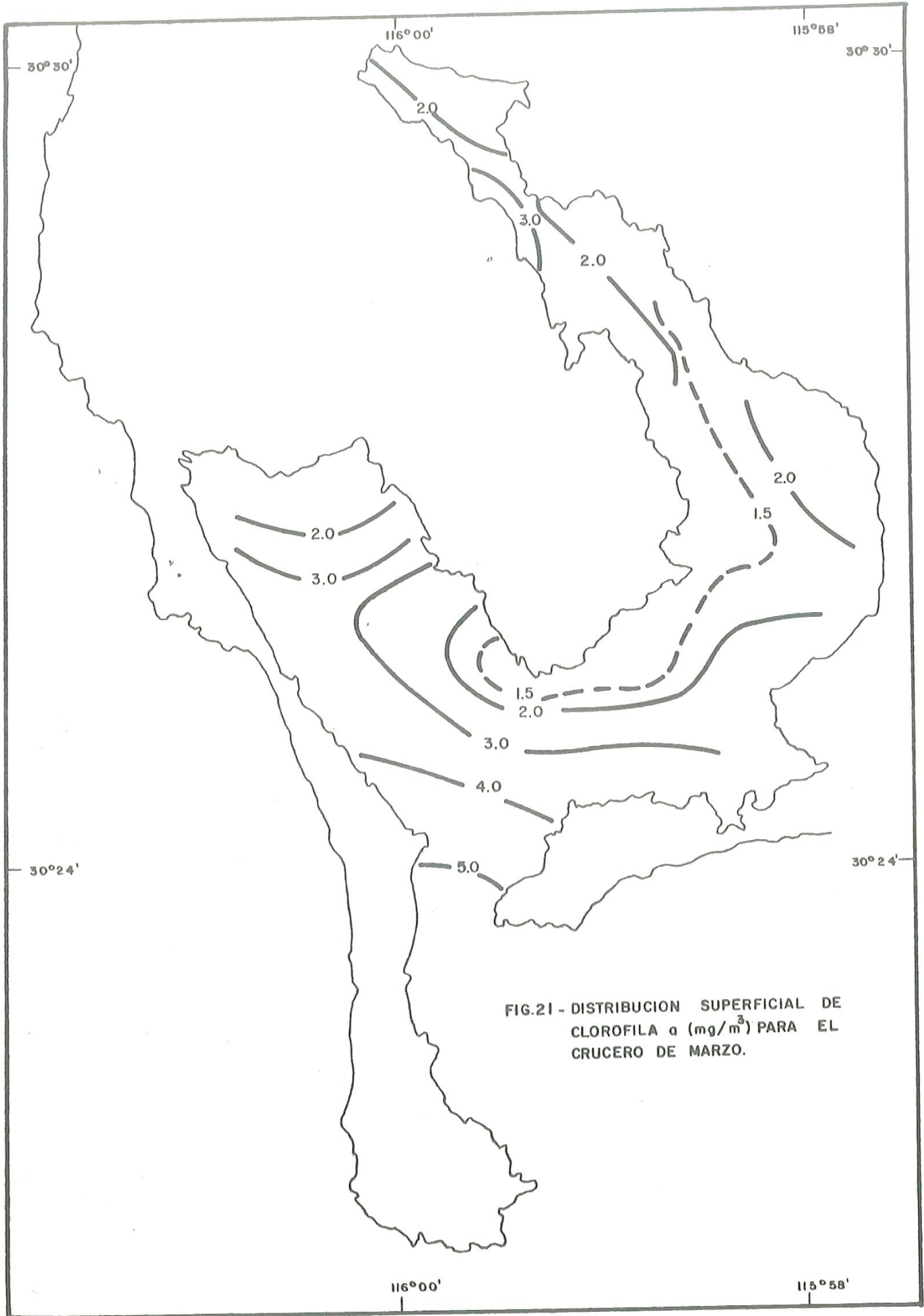


FIG.21 - DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA a (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE MARZO.

zo [Fig. 22] al igual que en Noviembre presentó 3 "manchas" con altos valores: en la boca de entrada, en la parte media y en el extremo interno de bahía San Quintín. El valor máximo registrado fué de 1.5 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1], y el mínimo fué de 0.0 mg/m^3 [est. 1, 2, 5, 7, 9, 13, 15 y 16; Fig. 1].

La distribución superficial de clorofila c para Marzo [Fig. 23] presenta un descenso de valores de la boca hacia el vértice de la " Y ". La parte media de bahía San Quintín muestra un fuerte gradiente con valores ascendiendo de oeste a este; e inverso en el extremo interno de la misma. El valor máximo fué de 4.8 mg/m^3 [est. 18; Fig. 1], y el mínimo registrado fué de 0.0 mg/m^3 [est. 2, 4, 7, 12, 13, 14, 15 y 16; Fig. 1].

La distribución superficial de feopigmentos para Marzo presentó en general valores entre 0.5 y 0.9 mg/m^3 . El valor mínimo registrado fué de 0.0 mg/m^3 [est. 2; Fig. 1].

En el crucero de Noviembre se tomaron muestras cercanas al fondo en 6 de las estaciones más profundas, para comparar los valores de concentración de clorofila a con los de la superficie. En general se notó que no hay una diferencia significativa [Fig. 24] entre los dos niveles. La profundidad de las muestras de fondo varió entre 1.5 y 7 m en las diferentes estaciones. La similitud entre los valores de superficie y de fondo se debe quizá a los intensos procesos de mezcla producidos por las fuertes corrientes de marea.

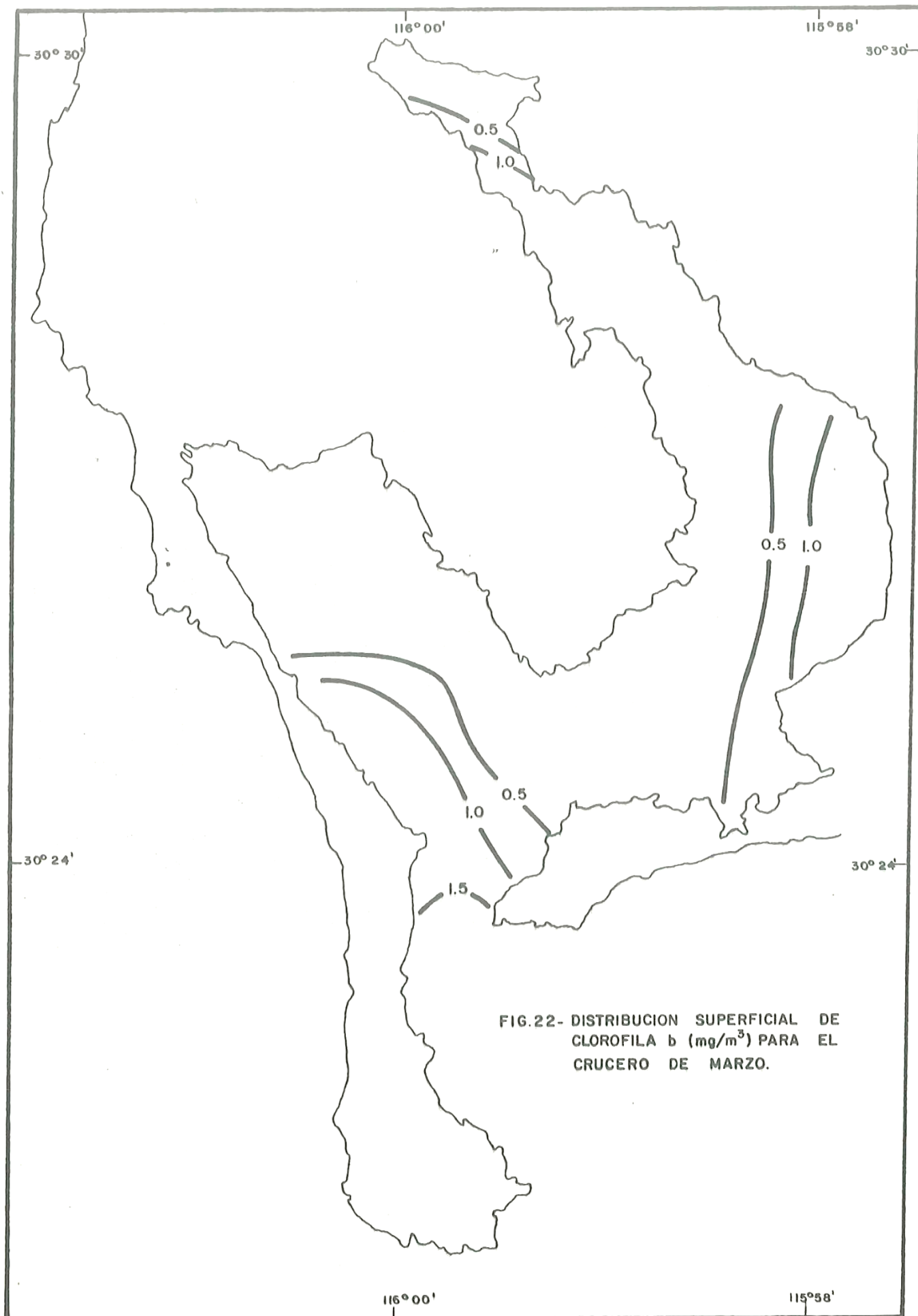


FIG.22- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA b (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE MARZO.

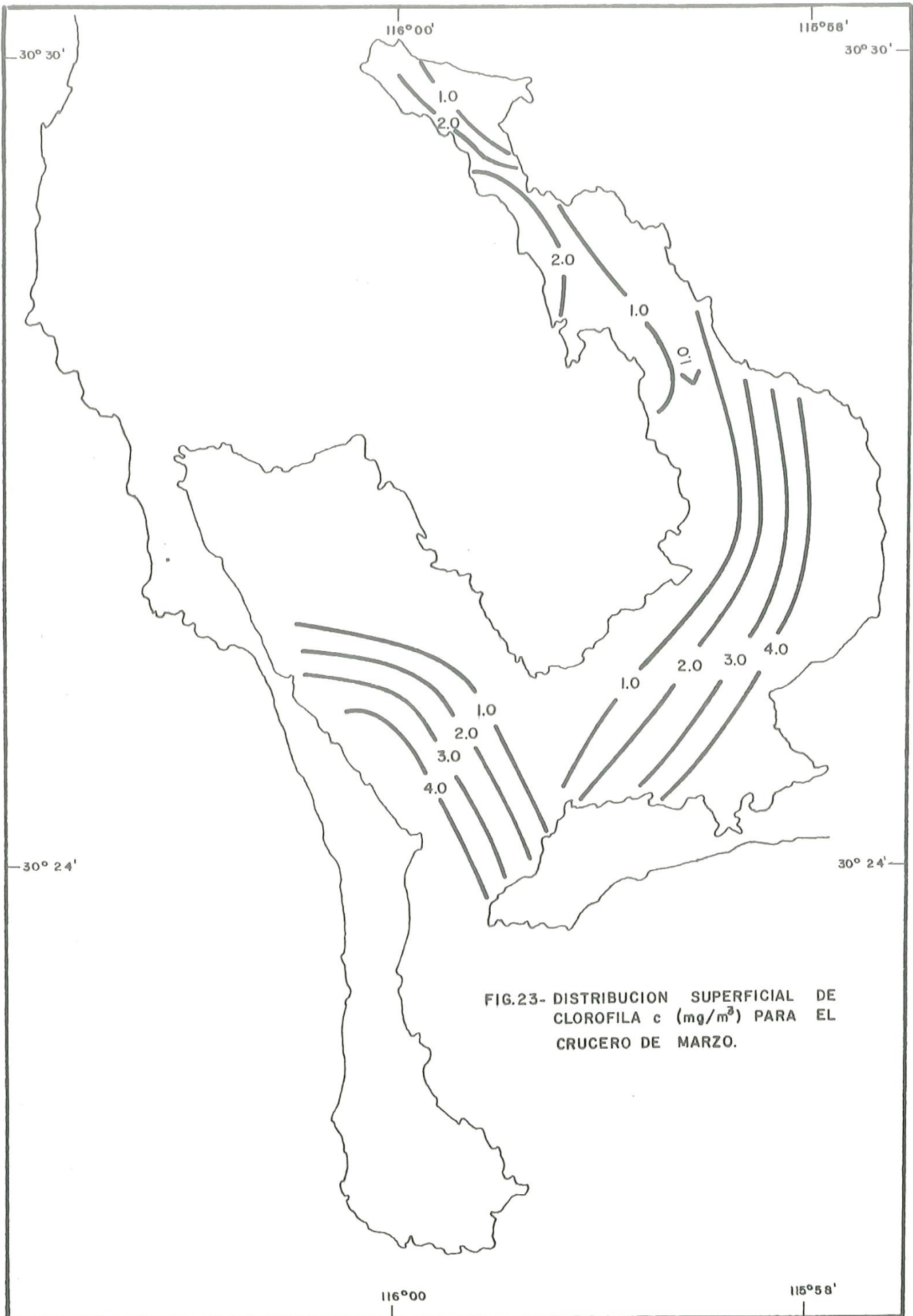
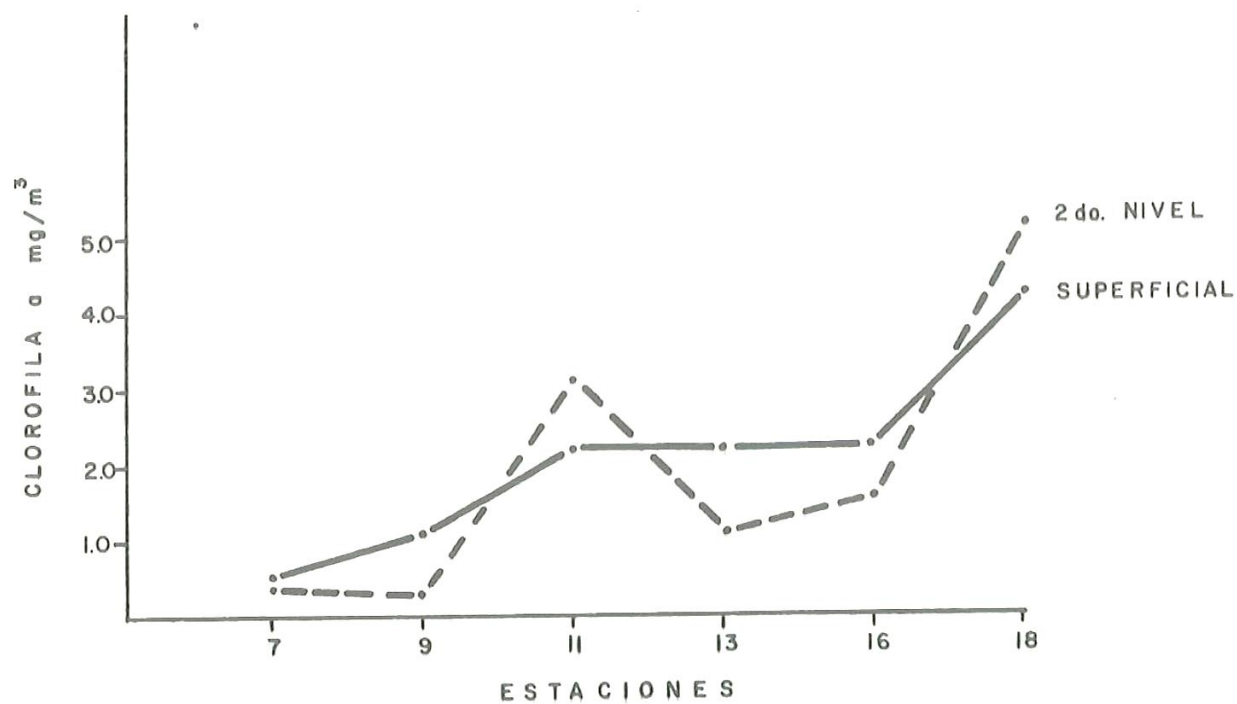


FIG.23- DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE CLOROFILA c (mg/m³) PARA EL CRUCERO DE MARZO.

FIG.24- COMPARACION DE CONCENTRACIONES DE CLOROFILA a SUPERFICIAL Y MUESTRAS DEL FINAL DE LA ZONA EUFOTICA.



Calculando los valores promedios de los pigmentos para todas las estaciones, por cada crucero y gráfíndolos contra el tiempo, se puede observar un promedio del ciclo anual [Fig. 25], los valores de clorofila a son los más altos, con máximos en verano y principios de primavera, y los valores mínimos durante el invierno. La clorofila c presenta el mismo ciclo de variación que la clorofila a, pero con valores menores. La clorofila b fué el pigmento menos abundante, muestra un ciclo similar al de las otras clorofilas. Los feopigmentos muestran en general valores bajos con el máximo ocurriendo a mediados de invierno.

Variaciones Diurnas.

Durante el muestreo de Enero se realizó un estudio del ciclo de variación diurna de la concentración de clorofila a, en la localidad denominada "molino viejo", frente a la estación 3; y en Julio de 1974 se hizo un estudio de la variación semidiurna de clorofila a. Este último se realizó simultáneamente frente a las estaciones 3 (molino viejo) y 13 (mina) [Fig. 1]. En Enero se tomaron muestras cada 2 horas y en Julio cada hora. En cada muestreo se determinaba la temperatura superficial y el pH, y se tomaban muestras para la determinación de oxígeno disuelto, salinidad, clorofila a y para el análisis de fitoplancton. En éste trabajo se presentan solamente los resultados de la concentración de clorofila a [Figs. 26

FIG.25-CICLO ANUAL DEL PROMEDIO DE PIGMENTOS FOTOSINTETICOS.

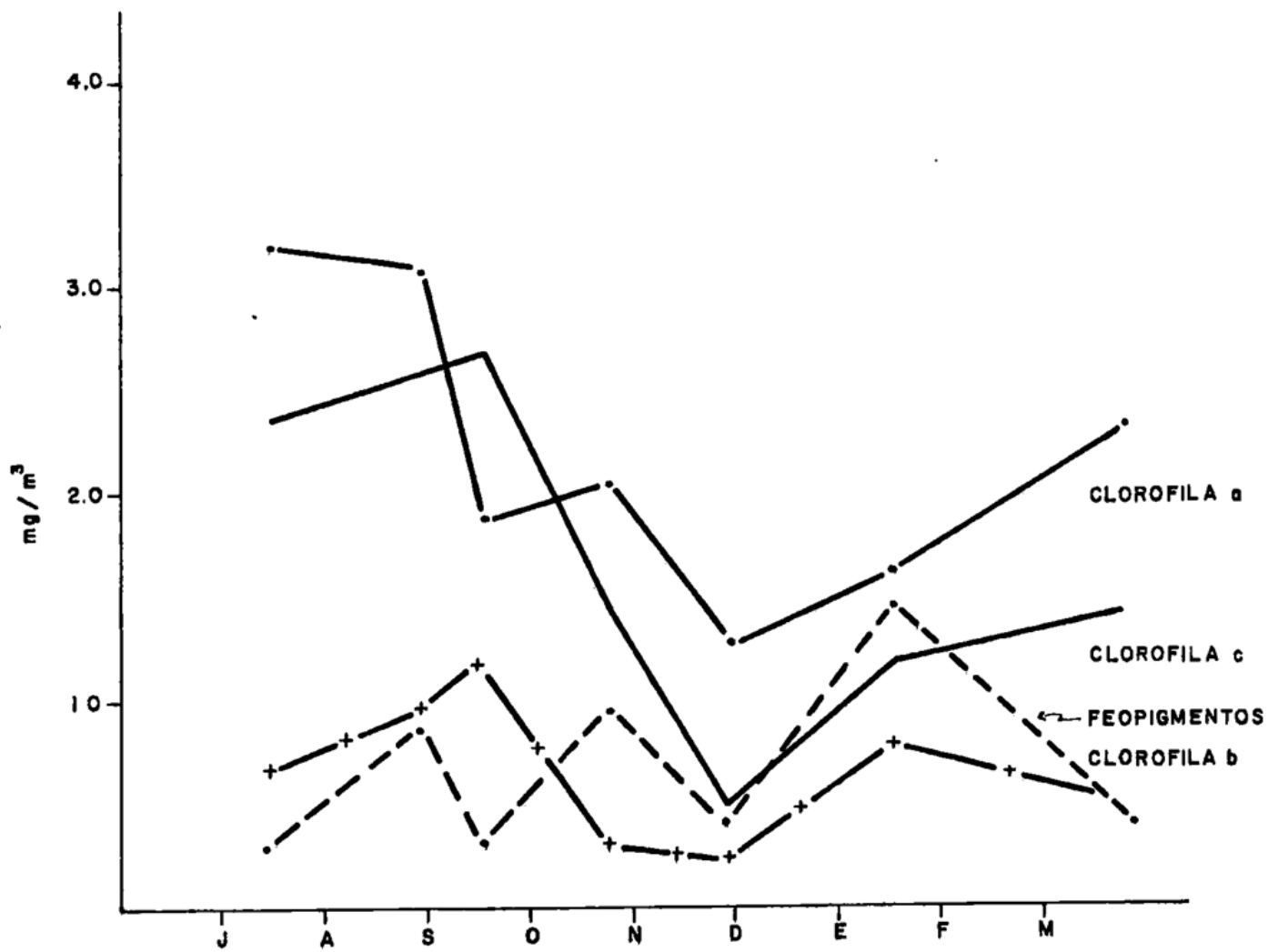
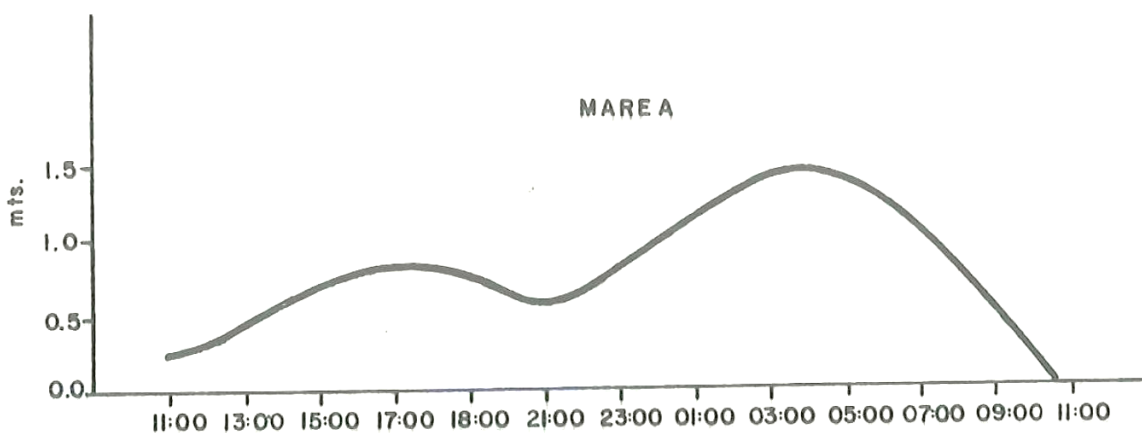
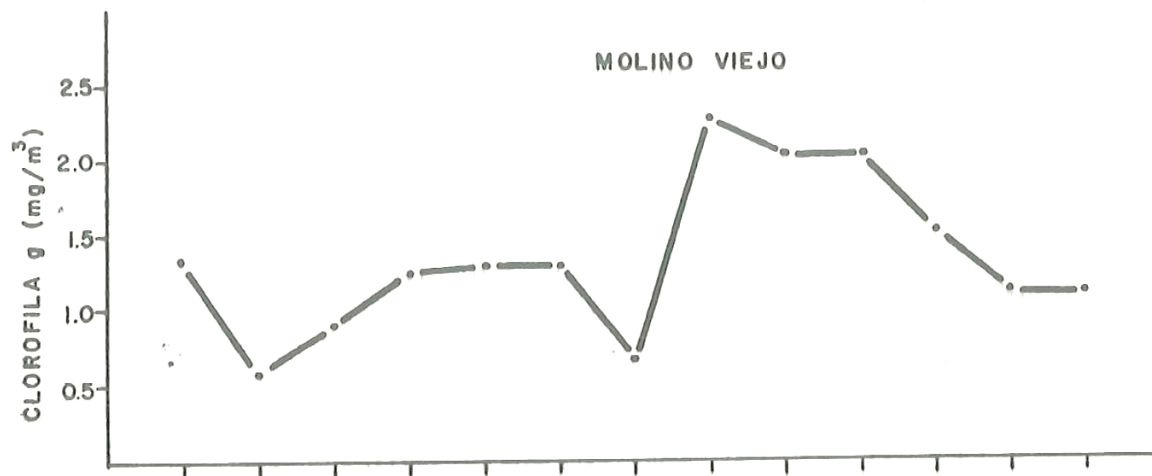


FIG.26- VARIACION DE CLOROFILA α , DURANTE UN CICLO DIURNO (11:00 DEL 16 A 11:00 DEL 17 DE ENERO, 1974) EN LA ESTACION 3 (MOLINO VIEJO).



y 27].

En Enero se presentó una correlación fuerte de la variación de clorofila a con el ciclo de mareas, presentándose los máximos valores en marea alta. En Julio ésta correlación no fué tan marcada, En Enero el rango fué de 0.6 a 2.3 mg/m^3 ; y en Julio fué de 1.3 a 4.2 mg/m^3 en "mina", y de 0.4 a 1.1 mg/m^3 en "molino viejo ". En Julio se notan claramente las mayores concentraciones y más amplias variaciones en "mina " que en "molino viejo".

Productividad.

No se pudo determinar de una manera precisa la producción primaria de la Bahía, debido a la falta de datos como: número de asimilación (gr Carbono asimilado/gr Clorofila a x hora) para ésta área y las diferentes estaciones del año, y concentraciones de clorofila a por períodos de 2 horas. De cualquier manera se calculó el ciclo anual de producción de ésta laguna costera con valores promedios para todas las estaciones [Fig. 28]. Presenta su máximo de producción en verano ($0.94 \text{ gC/m}^3/\text{dia}$), declinando a medida que avanza el otoño hasta alcanzar su valor mínimo ($0.24 \text{ gC/m}^3/\text{dia}$); luego empieza a restablecerse en invierno, continuando incrementándose la producción a principios de primavera.

La Tabla 3 muestra valores de producción obtenidos en algunas estaciones de la Bahía. En general se observa una mayor producción en la boca de entrada y en las estacio-

FIG.27- VARIACION DE CLOROFILA a DURANTE UN SEMICICLO DIURNO (06:00 DEL 26 DE JULIO A 20:00 DEL MISMO DIA) EN LAS ESTACIONES 13 (MINA) Y 3 (MOLINO VIEJO).

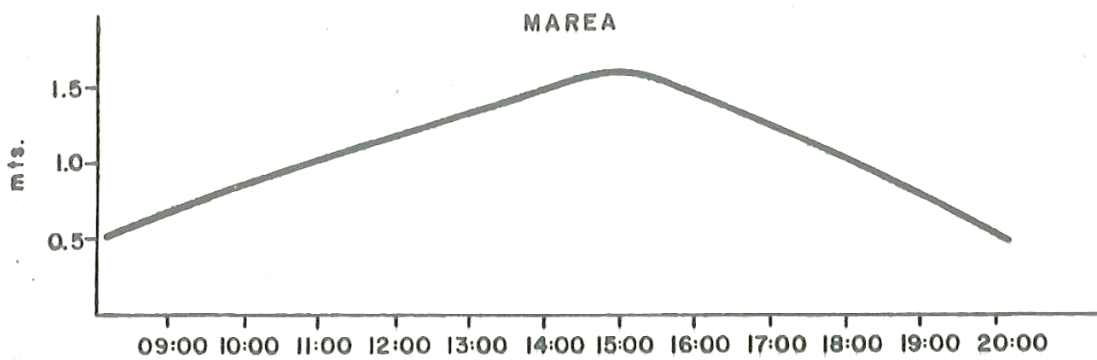
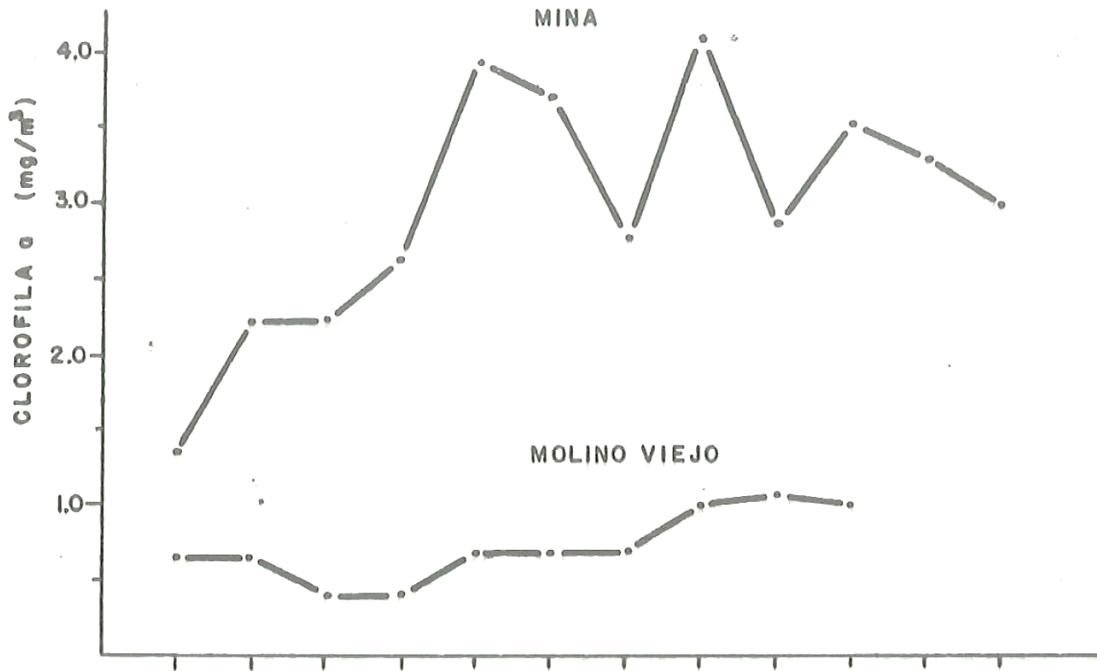


FIG.28-CICLO ANUAL DEL PROMEDIO DE PRODUCCION ORGANICA PRIMARIA (m³ superficial) EN BAHIA SAN QUINTIN , BC.

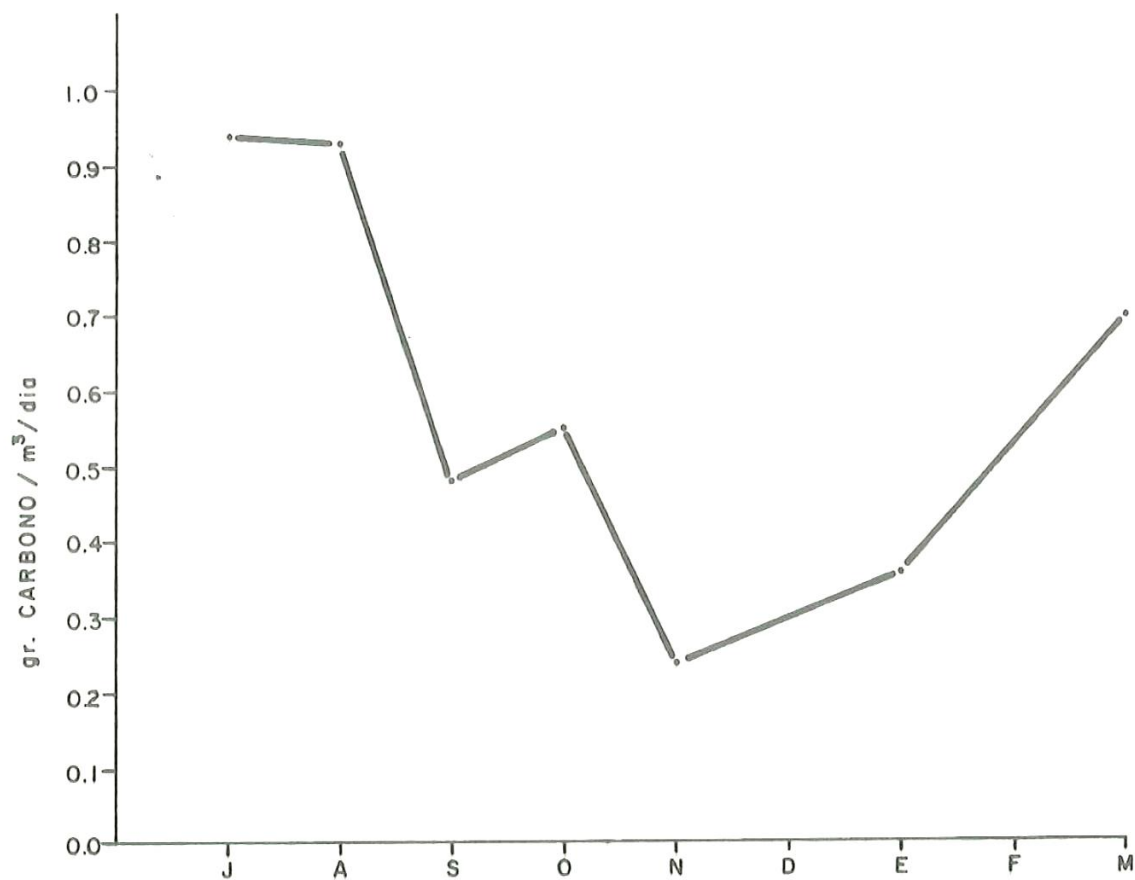


Tabla 3. Producción primaria en Bahía San Quintín.

Muestreo	Julio	Octubre
Radiación superficial (g cal/cm ² /día)	280	264
Fotosíntesis relativa (R)	6.7	6.6

Estación	Clorofila <u>a</u> (mg/m ³)	Producción primaria calculada (gr C/m ³ /día)
1	2.6	0.7
8	0.5	0.1
11	8.0	2.3
15	0.5	0.1
18	5.9	1.7
1	2.1	0.5
8	0.5	0.1
11	3.8	1.0
15	0.0	0.0
18	5.8	1.5

Tabla 3. (continuación)

Muestreo	Enero	Marzo
Radiación superficial (g cal/cm ² /dia)	149	221
Fotosíntesis relativa (R)	6.6	6.9

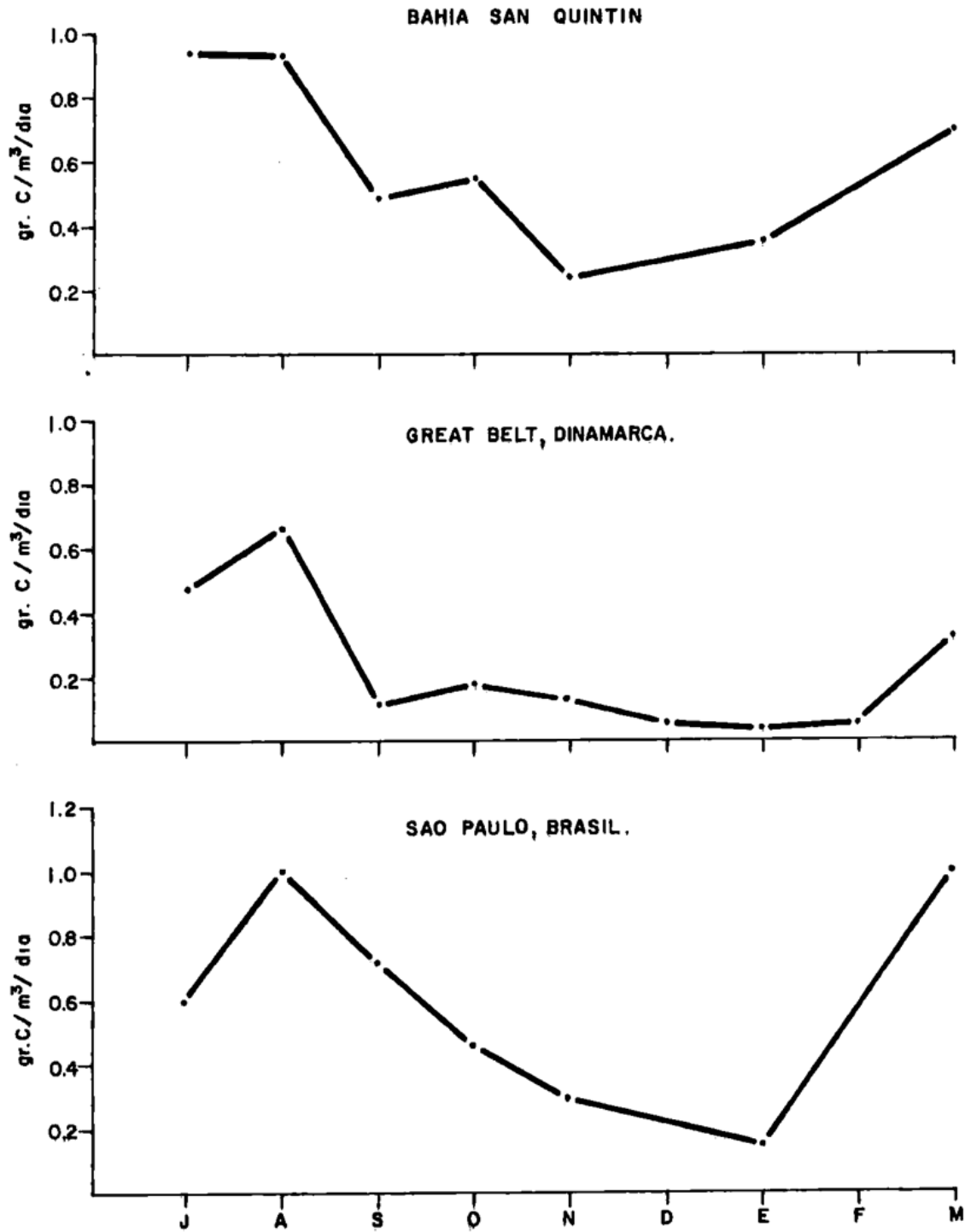
Estación	Clorofila <u>a</u> (mg/m ³)	Producción primaria calculada (gr C/m ³ /dia)
1	1.3	0.2
8	1.0	0.2
11	2.6	0.5
15	2.1	0.4
18	3.7	0.7
1	2.1	0.6
8	1.7	0.5
11	3.5	1.0
15	1.6	0.5
18	5.2	1.5

nes de bahía Falsa; bahía San Quintín presenta los valores mayores en su extremo interno norte, con valores mínimos en la parte central.

VI. DISCUSIONES

Bahía San Quintín es un cuerpo de agua que presenta un ciclo anual de productividad orgánica primaria muy bien marcado, con valores mínimos en Otoño, comienzo de su incremento en Invierno, continuando en Primavera y alcanzando su máximo a mediados de Verano [Fig. 28]. Presenta valores de productividad más elevados que Great Bealt, Dinamarca; y semejantes a los de Sao Paulo, Brasil [Fig. 29]. Sin embargo, es necesario enfatizar que el utilizar la ecuación de Ryther y Yentsch [1957] con R calculada para períodos de dos horas, como Small, Curl y Glooschenko [1972] han sugerido, pero asumiendo que la concentración de clorofila a es constante y que el valor del coeficiente de asimilación es 3.7, nos dá resultados muy burdos que no pueden dejar de considerarse como una muy débil primera aproximación a la realidad. Las gráficas de productividad orgánica primaria [Figs. 28 y 29] han sido calculadas tomando promedios de la concentración de clorofila a para todas las estaciones, y deben ser tomadas solamente como un instrumento que nos muestra la tendencia de variación general a través de un ciclo anual. Las diferencias geográficas de concentración de pigmentos en la Bahía son muy grandes aún en distancias de

FIG.29-COMPARACION DE CICLOS DE PRODUCCION.



algunos cientos de metros, dando la impresión de una distribución no continua, sino en forma de "manchas". La influencia de los acarreos de fitoplancton por corrientes de marea, de la variación diurna de la irradiación solar y la temperatura y salinidad del agua, pueden provocar grandes cambios en pocas horas, de hasta 300% , en la concentración de clorofila a (Figs. 26 y 27). Curl y Small [1965], revisando la literatura sobre el coeficiente de asimilación encontraron valores reportados en un rango de 1 a 10 (mgC/mg. clorofila a x hora). Tomando en consideración que los gradientes de las diferentes propiedades fisicoquímicas son muy fuertes en Bahía San Quintín, sobre todo en verano [Chávez y Alvarez, 1974; Alvarez y Chee, 1974,1975]; es muy posible que un elevado porcentaje de las especies de fitoplancton que son acarreadas desde mar abierto hacia el interior de la Bahía, sea sometido a condiciones ecológicas extremas que no le permiten fotosintetizar de una manera óptima. De la anterior se puede especular que existe una distribución espacial en la Bahía, del coeficiente de asimilación, con gradientes tales que debemos encontrar valores relativamente bajos hacia el interior de bahía San Quintín, y valores relativamente altos para bahía Falsa, con valores máximos en la boca de la misma. Además ésta distribución espacial debe ser dinámica, cambiando en función del tiempo con ciclos semidiurnos, diurnos y estacionales, como una función compleja de los ciclos de marea, los ciclos diurnos y estacionales de irradiación solar, y quizá en mucho menor grado en éste caso, de los ciclos estacio-

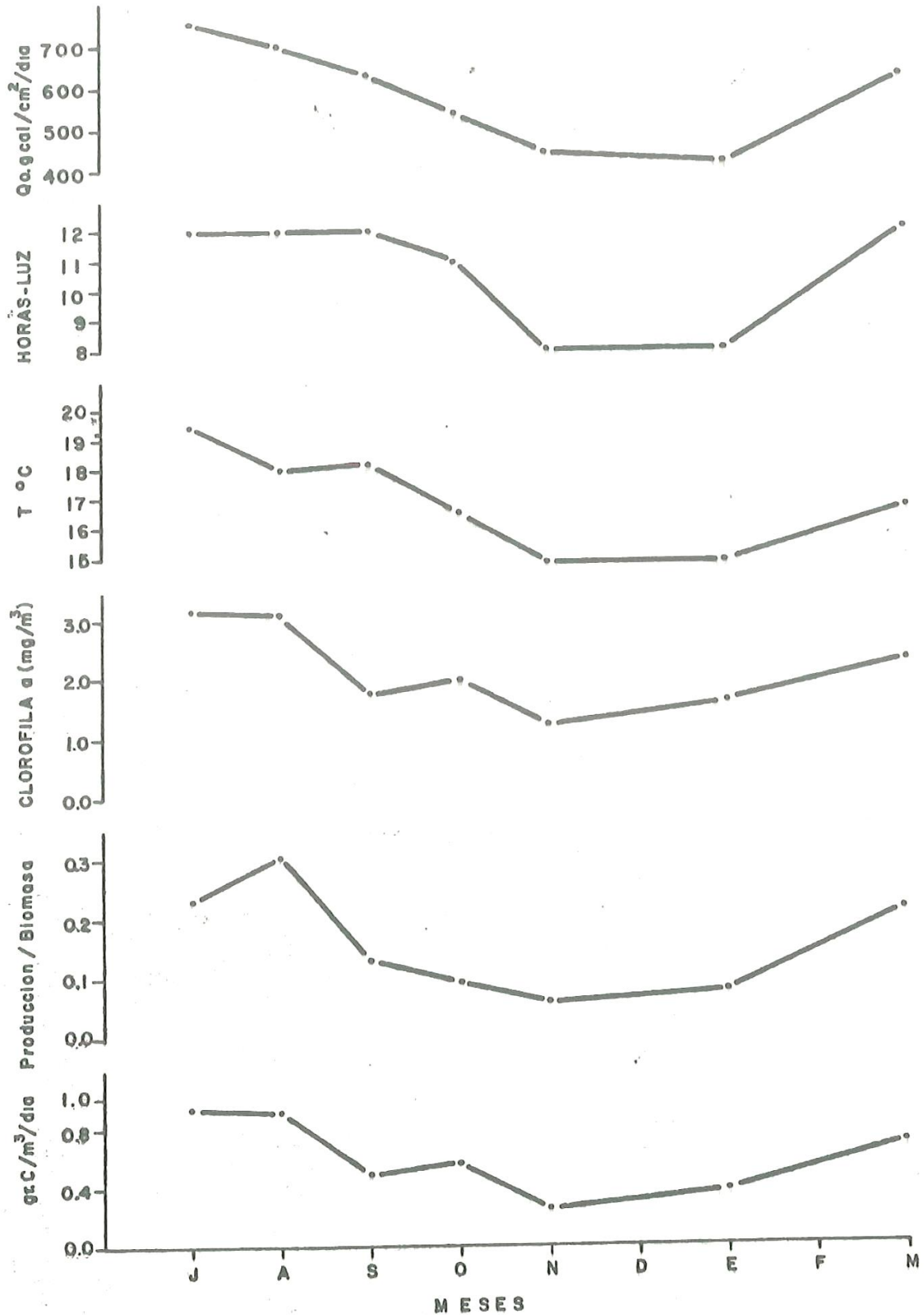
nales de la concentración de nutrientes. Para probar ésto sería necesario realizar determinaciones simultáneas de concentración de clorofila a, y de productividad orgánica primaria mediante la técnica de carbono radioactivo-14 [Steeman Nielsen, 1952], para diferentes lugares de la Bahía y a través de ciclos diurnos y un ciclo anual. Lo estricto del diseño de un experimento de éste tipo dependerá de un buen análisis sobre los requerimientos de exactitud y precisión de la estimación de productividad en el interior de la Bahía que tienda como objetivo hacia una estimación aceptable del alimento disponible para una especie a cultivarse de tal manera que se obtengan máximos rendimientos. Todo lo anterior, tomando al desarrollo óptimo de la Maricultura como motivación principal para éste tipo de trabajo. Una vez conociendo los valores del coeficiente de asimilación, se puede utilizar más adecuadamente el método de clorofila a e intensidad de luz para el cálculo de la productividad; ya que es más rápido y barato que el método del Carbono-14.

Alvarez y Chee [1974], basándose en la distribución de nutrientes [fosfatos y silicatos] en Bahía San Quintín, concluyeron que los procesos de respiración son mayores que los de fotosíntesis; por lo cual la Bahía es un cuerpo productor de nutrientes; es decir, se oxida más materia orgánica que la que se fotosintetiza en el interior de la Bahía. Estos autores explicaron además, que la riqueza orgánica de la Bahía se debe a un mecanismo de " trampa " del material en suspensión, orgánico e inorgá

nico, que se debe a la atenuación de la corriente de marea principalmente por los pastos marinos. Considerada de ésta manera, la mayor parte de la energía a ser utilizada para los cultivos, en forma de materia orgánica, debe ser acarreada por las corrientes de marea desde la zona adyacente de mar abierto hacia el interior de la Bahía. De cualquier manera, es necesario todavía hacer un estudio cuantitativo que establezca los porcentajes de aportes de energía por medio de la fotosíntesis del fitoplancton en el interior de la Bahía, la fotosíntesis por fanerógamas (pastos marinos), y el acarreo neto de materia orgánica al interior de la Bahía por las corrientes de marea. Esto sería un primer paso del estudio del aporte de energía a la Bahía como ecosistema, dando un panorama muy completo en cuanto a la disponibilidad de alimento para especies filtroalimentadoras, como son algunas especies de moluscos.

De acuerdo con los datos obtenidos sobre la distribución de los diferentes pigmentos [Figs.3 a 23], la sucesión del fitoplancton en Bahía San Quintín empieza a mediados de invierno; las concentraciones de clorofila a empiezan a incrementarse, el cociente Producción:Biomasa (P/B) característico del avance de la sucesión tiende a incrementarse, al igual que las condiciones de luz y temperatura [Fig.30]. Se observa también por la distribución de clorofilas a y c que los grupos de fitoplancton que constituyen la comunidad de la Bahía en general poseen una distribución homogénea en invierno [Figs. 18 y 19]. En primavera se observa claramente el avance de la sucesión del fitoplancton, la clorofila a

FIG.30- VARIACION ANUAL DE ALGUNOS PARAMETROS QUE INFLUYEN DIRECTAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD EN BAHIA SAN QUINTIN.

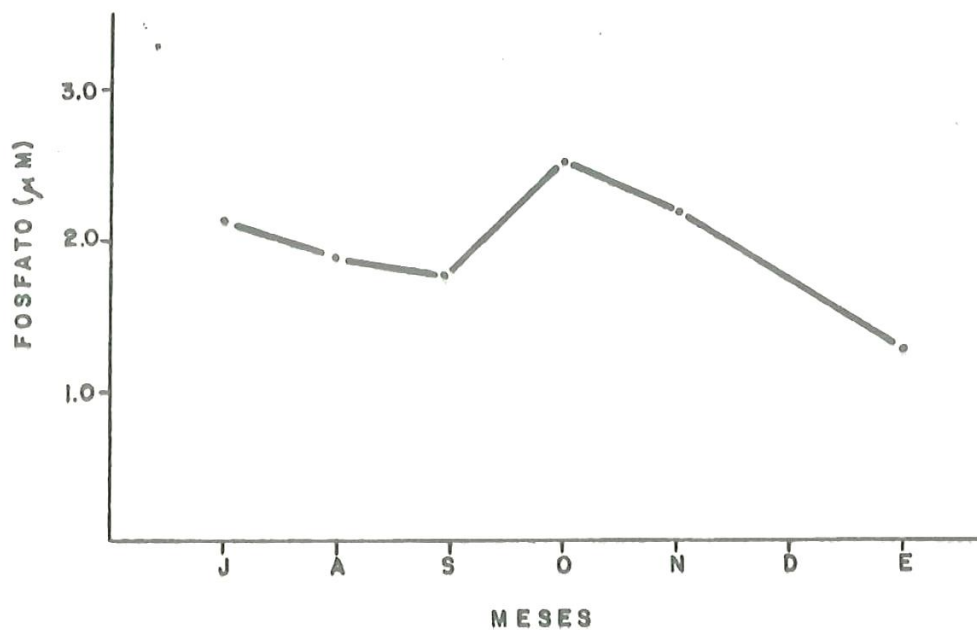


continúa incrementándose, constituyendo más del 50 % del pigmento total, así también el índice P/B, esto en respuesta a las condiciones de luz (intensidad y duración) y temperatura, que se han incrementado [Fig. 30]. El fitoplancton posee una distribución similar a la de invierno [Figs. 21, 22 y 23].

A pesar de que los muestreos entre primavera y verano fueron muy aislados, se observa la secuencia típica de sucesión en una laguna costera, de acuerdo con lo descrito por Margalef [1969]. La comunidad de fitoplancton en Bahía San Quintín, alcanza su climax en verano, presentando una comunidad de fitoplancton muy productiva, caracterizada por contener más del 50 % del pigmento total como clorofila a. Tal vez como consecuencia de los fenómenos de surgencia que ocurren en el mar adyacente [Dawson, 1951]; el índice P/B ha alcanzado su valor máximo, todo influenciado por la mayor disponibilidad de energía luminosa en intensidad y duración [Fig. 30].

Al inicio de otoño se presenta una etapa más avanzada de la sucesión, caracterizada por la disminución del índice P/B, en esta época las poblaciones de fitoplancton son menos productivas, aunque los nutrientes (fosfatos) han alcanzado su valor de concentración máximo [Fig. 31]. Las condiciones de luz y temperatura continúan disminuyendo [Fig. 30]. El fitoplancton llega al final de la sucesión a fines de otoño, se registraron aquí las concentraciones más bajas de los pigmentos fotosintéticos, así tam

FIG. 31- CICLO DEL PROMEDIO DEL FOSFATO (μ M)
EN BAHIA SAN QUINTIN.



bién de las condiciones de producción como es la luz que ha llegado a su mínimo valor durante el ciclo [Fig. 30].

La distribución superficial de feopigmentos durante el ciclo anual, en general se comporta con los valores aumentando de la boca hacia bahía San Quintín. Bahía Falsa en general presentó valores bajos, no mayores de 0.5 mg/m^3 [Figs. 15 y 20]. Una razón de la dominancia de feopigmentos en el brazo bahía San Quintín, puede ser el hecho de considerar que en ésta zona exista mayor producción secundaria, como lo indica la distribución de nutrientes [Alvarez y Chee, 1974] los cuales siguen un patrón similar al de feopigmentos, con gradientes ascendentes desde la boca y hacia el interior de las bahías, pero con valores máximos en bahía San Quintín. Esto corrobora perfectamente las ideas de Lorenzen [1967b], que encuentra los máximos valores de feopigmentos en las zonas donde los nutrientes se incrementan en concentración, debido principalmente a la acción alimenticia del zooplankton sobre el fitoplancton. El considera éstas zonas como áreas de acumulación de detritus, donde ocurre la remineralización y baja re-utilización de nutrientes; y en efecto el brazo denominado bahía San Quintín presenta éstas características. Sin embargo no hay que olvidar que el mar adyacente puede influir grandemente en la contribución de nutrientes. También lo superficial de éste brazo permite fácilmente la recirculación de los mismos en la columna de agua. Por lo anteriormente expuesto se reafirman las sugerencias de diversos investigadores [Gloos-

chenko, Moore y Vollenweider, 1972; y los allí citados] en tomar en consideración los productos de degradación de la clorofila a [feopigmentos], principalmente cuando se realizan estudios en cuerpos de agua superficiales como lo es la Bahía de San Quintín.

Un aspecto importante del presente estudio, es que provee las bases de comparación para estudios futuros de contaminación en dicha Bahía. Se puede considerar que por su lejanía actual de áreas de alta concentración de población y de desarrollo industrial, ésta Bahía está libre de contaminación. Sin embargo con el crecimiento demográfico, desarrollo turístico, agrícola e industrial de Baja California, se puede presentar en el futuro un cambio de las condiciones ecológicas por contaminación. Kaplan [1974] muestra un estudio 10 meses antes y 10 meses después de dragar un canal de una laguna costera en [Goose Creek]. En general las propiedades físicas fueron alteradas; hubo una significativa reducción en las poblaciones de organismos. La productividad antes de dragar fué calculada en $89.87 \text{ gC/m}^2/\text{año}$ y $31.18 \text{ gC/m}^2/\text{año}$ después del dragado. Considerando el efecto de contaminación directo sobre el fitoplancton y su producción, también se han desarrollado investigaciones sobre los efectos de compuestos como: organoclorados [DDT] Cox [1970]; Menzel, Anderson, Randtke [1970]; mercuriales [Harriss y White, 1970]; Clorinación [Brook y Bake, 1970]; Bifenilos policlorinados [PCB's] [Mosser, et al., 1972]; causando todos una gran disminución en la velocidad de fo-

tosíntesis del fitoplancton.

VII. CONCLUSIONES

- 1.- En general la Bahía de San Quintín es un cuerpo de agua fértil, predominando bahía Falsa sobre le brazo denominado bahía San Quintín. Posee un patrón de sucesión fitoplanctónica regular, típico de una laguna costera, en la cuál se verifica claramente la mayor influencia de las aguas oceánicas sobre bahía Falsa que en bahía San Quintín.
- 2.- Las concentraciones de nutrientes no son limitantes en la sucesión del fitoplancton, ya que sólo presentan una ligera depresión de su ciclo. Por lo que se deduce que los factores limitantes para la producción del fitoplancton de ésta área, son las condiciones de luz (intensidad y duración) y temperatura; además de las condiciones de productividad del área oceánica adyacente.
- 3.-El ciclo de mareas influye fuertemente en las variaciones diurnas de las concentraciones de clorofila a .
- 4.- Son abundantes los productos de degradación de la clorofila a ó feopigmentos, principalmente en el brazo este (bahía San Quintín); los cuales pueden ser un índice de alta producción secundaria en ésta zona.
- 5.- En general los gradientes de las distribuciones de pigmentos fotosintéticos son más fuertes en las estaciones

de verano y otoño.

6.- Los valores de concentración de los pigmentos muestran que la distribución del fitoplancton en Bahía San Quintín, debe ser en forma de "manchas", por lo cuál los isogramas de distribución superficial son sólo una primera aproximación a la realidad.

VIII. RECOMENDACIONES

Si se requiere una idea más precisa del patrón de sucesión del fitoplancton de una laguna costera, es necesario determinar a la par con las concentraciones de clorofila, la biomas presente por taxones, para en un momento dado poder determinar si los cambios en las concentraciones de clorofilas se deben a; a) cambios en la composición fisiológica de los organismos; y/ó. b) cambios por la dominancia de un grupo sobre otro. De igual manera se tendrá una información clara sobre el cambio de la diversidad de la comunidad de fitoplancton.

Para valores de producción más exactos, se debe aplicar la ecuación de Ryther y Yentsch [1957] modificada por Small, Curl y Glooschenko [1972], para lo cual se deben hacer las siguientes consideraciones:

- a) Realizar durante el muestreo mediciones periódicas de la clorofila a, al menos cada 2 horas.

- b) Obtener el valor del coeficiente de asimilación [gr. Carbono/gr clorofila x hora] para el área en estudio y para las diferentes estaciones del año.

- c) Realizar mediciones directas de radiación total fotosintéticamente activa en períodos similares a los de clorofila.

Para un estudio completo de la producción potencial de una laguna costera, es muy importante estudiar el aporte neto de materia orgánica del mar abierto adyacente; así también conocer el aporte y distribución de nutrientes. Son necesarios estudios cualitativos y cuantitativos de la comunidad de fitoplancton. Además se requiere estudiar la producción de algas bentónicas, principalmente de las fanerógamas. De tal manera se tendrá un cuadro completo de la producción potencial de una laguna costera, que es la fuente para el cálculo de la biomasa sostenible de organismos a cultivarse en éstas áreas.

IX. BIBLIOGRAFIA.

Alvarez, B. S., y A. Chee Barragán [1974]. Programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. III. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Direc-

ción de Acuicultura de S.R.H. (no publicado).

- Alvarez, B. S., y A. Chee Barragán [1975]. Programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. IV. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuicultura de S.R.H. (no publicado).
- Alvarez, B. S., y R. Schwartzlose [1973]. Algunos problemas oceanológicos de los mares adyacentes a la península de Baja California. Calafia Vol. II, No. 2.
- Bannister, T. T. [1974]. Production equations in terms of chlorophyll concentration, quantum yield, and upper limit to production. Limnology and Oceanography. Vol. 19, No. 1: 1-12 .
- Barnard, J. L. [1962]. Benthic marine exploration of Bahia de San Quintin, Baja California, 1960-1961. Pacific Naturalist, Vol. 3, No. 6: 50-69 .
- Barnard, J. L. [1964]. Marine amphipoda of Bahia de San Quintin, Baja California. Pacific Naturalist, Vol. 4:55-139.
- Braarud, T. and B. Fjøl. [1958]. Phytoplankton observations in a brackish water locality of south east Norway. Myt. Mag. Bot. Vol. 6:47-73 .
- Brook, A. J., and A. L. Bake. [1972]. Chlorination at power plants: Impact on phytoplankton productivity.

- Science, vol. 176.
- Budyko, M. I. [1974]. Climate and life Academic Press
N. Y. and London.
- Cox, J. L. [1970]. DDT residues in marine phytoplankton:
Increase from 1955 to 1969. Science, Vol. 170 .
- Curl, H., Jr., and L. F. Small [1965]. Variations in
photosynthetic assimilation ratios in natural, ma
rine phytoplankton communities. Limnol. and Oceanog.
Vol. 10, Suppl: R67-R73 .
- Chávez, de N. A., y S. A. Borrego. [1974]. Hidrología de
la Bahía de San Quintín en Invierno y Primavera.
Ciencias Marinas, Vol. 1, No. 2 .
- Dawson, E. Y. [1951]. A further study of upwelling and ve-
getation along Pacific Baja California, México.
Jour. Mar. Res. Vol. 10, No. 1: 39-58 .
- División Ensenada, Dirección de Hidrología, S. R. H., 1973-
1974. Reporte de datos meteorológicos. Estación
" tres escobas ", San Quintín, B. Cfa. (no publicado).
- Gaarder, T., and H. H. Gran. [1927]. Investigations of the
production of plankton in the Oslo Fjord. Rapp. et
Proc.- Verb., cons. Internat. Explor. Mer., Vol.
42: 1-48 .
- Glooschenko, W. A., H. Curl, Jr; and L. F. Small. [1972].
Diel Periodicity of chlorophyll a concentration in
Oregon coastal waters. J. Fish. Res. Bd. Canada,
Vol. 29:1253-1254 .

- Gorsline, D. F. and R. A. Stewart. [1962]. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, B. C. 1960-1961. Pacific Naturalist, Vol. 3:283-319 .
- Harris, R. C., D. B. White., and R. B. Macfarlane. [1970]. Mercury compounds reduce photosyntheses by plankton. Science, Vol. 170.
- Hobson, L. A. and C. J. Lorenzen. [1972]. Relationships of chlorophyll maxima to density structure in the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. Deep Sea Res. Vol. 19, No. 4 .
- Hulburt, E. M. [1963]. The diversity of phytoplanktonic populations in oceanic coastal and estuarine regions. J. Mar. Res., Vol. 21:81-93 .
- Islas, Olivares, R. [1973]. Programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. Sección I Ostricultivo. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B. C., realizado para Instituto Nacional de pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuacultura. (no publicado) .
- Islas, Olivares. R. [1974]. Programa de estudios para Bahía San Quintín, B. Cfa. Sección II Ostricultivo. Unidad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., realizado para Instituto Nacional de Pesca de la S.I.C. y la Dirección de Acuacultura. (no publicado).
- Kaplan, E. H., J. R. Welker and M. G. Kraus. [1974]. Some effects of dredging on populations of macrobenthic organisms. Fish. Bull., Vol. 72, No. 2: 445-480 .

- Lorenzen, C. J. [1967]. Determination of chlorophyll and Phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. and Ocean.*, Vol. 12:343-346 .
- Lorenzen, C. J. [1967b]. Vertical distribution of chlorophyll and phaeo-pigments: Baja California. *Deep. Sea Res.* Vol. 14:735-745 .
- Lorenzen, C. J. [1970]. Surface Chlorophyll as and index of the depth, chlorophyll content, and primary productivity of the euphotic layer. *Woods Hole Ocean., W. H. M. Cont.* 2421 .
- Margalef, R. [1964]. Modelos experimentales de poblaciones de fitoplancton: nuevas observaciones sobre pigmentos y fijación de carbono inorgánico. *Inv. Pesq.* Vol. 26:195-203 .
- Margalef, R. [1969]. Comunidades planctónicas en lagunas litorales. *Memorias del simposio Internacional sobre Lagunas Costeras, U.N.A.M., U.N.E.S.C.O. México, D.F.* Nov. 28-30 pp. 545-562 .
- Menzel, D. W., J. Anderson., and A. Randtke. [1970]. Marine Phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons. *Science.* Vol. 167 .
- Mooser, J. L., N. S. Fisher., Tzu-Chiu Teng., and Ch. F. Wurst. [1972]. Polychlorinated biphenyls: Toxicity to certain phytoplankters. *Science*, vol. 175 .

- Phleger, F. B. and G. C. Ewing. [1962]. Sedimentology and Oceanography of coastal lagoons in Baja California. México. Bull. Geol. Soc. América, Vol. 73, No. 2:145-181 .
- Rabinowitch, E., and Govindjee. [1969]. Photosynthesis. John Wiley and Sons, Inc. 273 pp.
- Ryther, J. H. [1956]. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity, Limnol. and Oceanogr. Vol.1: 61-70 .
- Ryther, J. H., and C. S. Yentsch. [1957]. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. Woods Hole Ocean. Inst., W. H. M. Cont. No. 902 .
- Scor-Unesco, [1966]. Determination of photosynthetic pigments in sea water. Monogr. Oceanogr. Methodol. Vol. 1: 1-69 .
- Small, L. F., and H. Curl, Jr. [1968]. The relative contribution of particulate chlorophyll and river tripton to the extinction of light off the coast of Oregon. Limnol. and Oceanogr. Vol. 13, No. 1:84-91 .
- Small, L. F., H. Curl, Jr., and W.A. Glooschenko. [1972]. Estimates of primary production off Oregon using an improved Chlorophyll-Light technique. J. Fish. Res. Bd. Canada. Vol. 29:1261-1267 .

- Southwick, Ch. H. [1972]. Ecology and the quality of our environment. Litton Educational Publishing, Inc. 319 pp.
- Steeman Nielsen, E. [1952]. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. J. Cons. Internat. Explor. Mer., Vol. 43:117-140 .
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. [1963]. Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. J. Mar. Res. Vol. 21 No. 3:155-163 .
- Strickland, J. D. H. [1965]. Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. In: Riley, J. F. and Skirrow, G. (Ed.). Chemical Oceanography. Vol. 1. Acad. Press. New York 1:477-610 .
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. [1968]. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. of Canada. Bull. 311 pp.
- Vannucci, M. [1969]. What is known about production potential of coastal lagoons. Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras, U.N.A.M., U.N.E.S.C.O. México, D. V. No. 28-30 pp.
- Vernon, L. P. [1960]. Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. Anal. Chem., Vol. 32:1144-1150 .

- Wright, J. C. [1959]. Limnology of canyon ferry reservoir.
II Phytoplankton standing. crop and primary productivity. In: Ford and Hazen (Ed). [1972].
Readings in Aquatic Ecology. 543 pp.
- Yentsch, Ch. S. [1965]. Distribution of chlorophyll and pheophytin in the open ocean. Deep Sea Res. Vol. 12: 653-666 .
- Zsolnay, A. [1973]. Hydrocarbon and chlorophyll: a correlation in the upwelling region off west Africa. Deep Sea Res., vol. 20:923-925 .

A N E X O

TABLAS DE DATOS DE CONCENTRACIONES
DE CLOROFILAS Y FEOFIGMENTOS

Fecha de muestreo: 14 y 15 de Julio de 1973.				
Estación.	Clorofilas (mg/m ³)			Feopigmentos.
	a	b	c	
1	2.6	0.5	1.8	0.0
2	3.2	0.6	4.7	0.0
3	0.0	0.7	2.0	1.0
4	1.6	1.1	1.7	0.0
5	0.0	0.0	2.1	0.0
6	3.2	0.7	3.3	0.0
7	2.6	1.3	2.0	0.5
8	0.5	0.8	0.0	1.0
9	1.6	0.1	0.0	0.5
10	2.1	0.2	0.0	0.0
11	8.0	0.4	5.0	0.0
12	8.5	1.8	4.2	0.0
13	5.2	1.6	7.6	0.0
14	2.6	0.0	0.6	1.0
15	0.5	0.3	0.0	0.0
16	5.8	0.6	2.8	0.0
17	2.6	0.9	2.3	0.3
18	5.9	0.2	1.8	0.1

Fecha de muestreo: 31 de Agosto de 1973				
Estación.	Clorofilas (mg/m ³)			Feopigmentos.
	a	b	c	
1	4.2	1.0	0.1	0.0
2	2.1	0.5	0.6	0.2
3	0.6	0.1	0.4	2.0
4	0.5	0.0	0.0	0.0
5	0.6	0.0	0.0	3.7
6	1.6	0.0	0.0	0.0
7	2.1	1.1	1.0	0.0
8	4.2	1.5	2.6	0.0
9	2.1	0.0	0.0	0.2
10	4.2	2.5	5.9	0.0
11	5.3	1.5	6.0	2.8
12	5.8	0.4	2.6	0.0
13	2.1	1.1	3.3	0.0
14	1.6	1.9	3.0	1.0
15	4.2	1.5	2.2	0.0
16	5.3	3.3	5.4	0.0
17	2.1	0.0	4.1	0.0
18	6.4	0.0	5.4	5.6

Fecha de muestreo: 16 de Septiembre de 1973				
Estación.	Clorofilas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Feopig- mentos.
	a	b	c	
1	1.0	1.2	0.0	0.0
2	0.5	0.3	0.0	0.0
3	3.2	1.3	5.1	0.2
4	2.1	3.6	10.4	0.8
5	1.6	2.8	7.6	0.5
6	0.5	1.1	5.7	0.2
7	0.5	0.8	0.9	0.2
8	1.6	1.1	2.1	0.0
9	2.1	0.0	3.2	0.0
10	3.7	0.5	4.6	0.0
11	1.6	0.0	3.4	0.0
12	2.1	3.2	9.0	0.4
13	1.0	0.0	0.0	0.0
14	3.2	3.8	13.2	0.0
15	1.6	0.6	2.4	0.0
16	2.1	0.0	1.0	0.8
17	1.1	0.4	1.3	0.0
18	2.1	0.4	2.5	1.6

Fecha de muestreo: 23 de Octubre de 1973				
Estación.	Clorofilas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Feopigmentos
	a	b	c	
1	2.1	0.0	0.0	1.9
2	1.6	0.0	0.0	0.5
3	0.0	0.0	0.0	1.6
4	0.5	0.0	0.0	0.0
5	1.6	0.2	1.5	0.2
6	0.5	0.0	0.0	0.5
7	0.0	1.4	2.3	1.8
8	0.5	1.3	1.6	2.1
9	0.0	1.1	2.2	2.1
10	1.0	0.0	0.0	0.8
11	3.6	0.0	2.9	0.1
12	5.3	0.0	4.6	1.0
13	3.7	0.9	4.4	0.5
14	1.0	0.1	0.0	0.4
15	0.0	0.0	0.0	0.7
16	3.7	0.2	0.0	0.3
17	5.3	0.1	1.9	0.6
18	5.8	0.1	3.9	1.6

Fecha de muestreo: 30 de Noviembre de 1973				
Estación.	Clorofilas (mg/m ³)			Fteopigmentos.
	a	b	c	
1	0.5	0.2	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.3
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.5	0.0	0.0	0.0
5	1.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	2.1
7	0.5	0.7	4.1	2.1
8	1.0	0.3	0.0	0.2
9	1.0	0.0	0.6	0.3
10	0.5	0.3	0.0	0.0
11	2.1	0.9	0.5	1.6
12	1.0	0.4	0.1	0.2
13	2.1	0.3	0.0	0.0
14	2.6	0.0	0.0	0.0
15	1.0	0.5	0.2	0.0
16	2.1	0.0	0.6	0.0
17	1.6	0.0	0.4	0.0
18	4.2	0.5	2.3	0.5

Fecha de muestreo: 16 de Enero de 1974				
Estación.	Clorofilas (mg/m ³)			Feopigmentos
	a	b	c	
1	1.3	0.0	0.0	4.0
2	1.3	0.1	0.9	3.1
3	1.0	0.0	1.9	1.1
4	2.1	0.4	2.1	0.2
5	2.2	0.0	0.0	7.3
6	1.7	0.7	0.1	2.0
7	1.1	0.7	1.3	1.7
8	1.0	0.0	0.0	1.5
9	1.5	0.7	1.3	3.5
10	2.8	0.4	0.0	6.7
11	2.6	0.0	0.0	0.6
12	1.0	0.2	1.5	1.1
13	1.0	1.3	2.8	0.2
14	1.0	0.9	3.1	0.2
15	2.1	1.5	2.2	0.1
16	2.3	1.1	1.4	1.3
17	2.4	0.8	0.6	5.0
18	3.7	0.5	1.9	0.8

Fecha de muestreo: 24 de Marzo de 1974				
Estación.	Clorofilas (mg/m ³)			Feopigmentos.
	a	b	c	
1	2.1	0.0	1.7	0.1
2	1.0	0.0	0.0	0.0
3	3.3	1.4	2.6	0.5
4	1.1	0.1	0.0	0.8
5	1.7	0.0	0.3	0.2
6	2.4	1.0	4.0	0.9
7	1.1	0.0	0.0	0.2
8	1.7	1.3	4.1	0.2
9	1.1	0.0	0.6	0.1
10	2.8	0.5	4.1	0.9
11	3.5	0.2	0.3	0.1
12	1.1	0.3	0.0	0.4
13	3.2	0.0	0.0	0.5
14	1.1	0.3	0.0	0.1
15	1.6	0.0	0.0	0.6
16	3.4	0.0	0.0	0.1
17	3.4	0.9	3.7	0.9
18	5.2	1.5	4.8	0.2