

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINERAS

"ECOLOGIA DE ZOOPLANCTON EN EL ALTO GOLFO
DE CALIFORNIA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
O C E A N O L O G O
P R E S E N T A
BLANCA CLAUDIA FARFAN

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA 1975.

BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA
BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA

LISTA DE FIGURAS

Fig. No.		Pág.
1	Plan de estaciones	5
2	Plan de estaciones	6
3	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Octubre.	11
4	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Noviembre.	12
5	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Diciembre.	13
6	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Enero.	14
7	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Febrero.	16
8	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Marzo.	

I N D I C E

	Pág.
Introducción	1
Métodos y Materiales	4
Resultados	10
Discusiones	35
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
Bibliografía	50

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

LISTA DE FIGURAS

(Continuación)

Fig. No.		Pág.
9	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Mayo.	18
10	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Julio.	20
11	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Agosto.	21
12	Distribución de la biomasa de zooplancton, medida en peso orgánico seco, expresada en valores promedio (mg/m^3) para la columna de agua en Septiembre-Octubre.	22
13	Variación de la biomasa de zooplancton y la altura de marea durante el ciclo diario (11:00 del 9 a las 11:00 del 10 de Marzo).	23
14a	Valores medio mensuales de biomasa de zooplancton en el Alto Golfo de California.	24
14b	Valores medios mensuales de biomasa de zooplancton. Omitiendo el efecto de las manchas de fitoplancton y ctonóforos registrados en los meses de Invierno.	24

LISTA DE TABLAS

Tabla No.		Pág.
I	Parámetros referentes al medio y las poblaciones entre las cuales se calcularon correlaciones.	26
II	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la Tabla I, correspondientes al mes de Diciembre.	27
III	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la tabla I, correspondientes al mes de Enero.	28
IV	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la Tabla I, correspondientes al mes de Marzo.	29
V	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la Tabla I, correspondientes al mes de Abril.	30
VI	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la Tabla I, correspondientes al mes de Agosto.	31
VII	Coeficientes de correlación lineal calculados para los parámetros descritos en la Tabla I, correspondientes al crucero de Septiembre-October.	32
VIII	Ecuaciones de regresión, coeficientes de correlación parcial o múltiple y coeficientes de discriminación calculados para los parámetros de la Tabla I, en base a las matrices de las tablas II al VII.	33

RECONOCIMIENTOS

El presente estudio fue elaborado en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Unidad de Ciencias Marinas, bajo Contrato con la Dirección de Acuicultura dependiente de la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH-EI-71-49). Agradezco al Sr. Ing. Daniel Muñoz Ferreira, Director de dicha Dependencia el haberme permitido presentarlo como Tesis para recibir el título profesional de Oceanólogo.

Agradezco al Ocean. Katsuo Antonio Nishikawa Kinomura, el haberme dado la oportunidad de realizar este estudio en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas y al Dr. Saúl Alvarez Borrego el haber aceptado la dirección de la Tesis.

Agradezco a las Ocean. María Luisa Argote Espinoza y Guadalupe García de Ballesteros la orientación general que me brindaron durante la realización del presente trabajo; a los integrantes del Centro de Cálculo del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada por su ayuda en la preparación de los programas de computadora y a la compañera P.C. Luz del Carmen Martínez Sabathdeny su desinteresada colaboración en el análisis de las muestras.

Manifiesto mi agradecimiento a los Drs. Michael Müller y John Beers de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California por haberme permitido usar los laboratorios y equipo del Grupo de Cadenas Alimenticias (Food Chain Research Group) para el análisis de las muestras y muy especialmente agradezco la asesoría y valiosos consejos proporcionados durante la realización del presente trabajo; mi reconocimiento y admiración.

Quiero hacer patente el agradecimiento de la Unidad de Ciencias Marinas al Dr. John Hendrickson de la Universidad de Arizona por habernos permitido utilizar la embarcación "Adventyr" para realizar los cruceros: Al Dr. Richard Schwartzlose de la Institución Scripps de Oceanografía, por haber subvencionado parte de los gastos de los cruceros; a las Cooperativas Pesqueras de Puerto Peñasco, Son., "Bahía Adair", "Pescadores Mexicanos", "Independientes", "Adolfo Ruíz Cortínez" y "Punta Peñasco", que colaboraron mediante el préstamo de dos embarcaciones canaroneras para realizar los cruceros de Julio y Agosto y a la Universidad de Sonora que colaboró permitiéndonos utilizar su embarcación para el crucero de Septiembre-Octubre.

Agradezco la ayuda desinteresada para la obtención de muestras en el campo de la M.C. Cristina Flanagan de la Universidad de Arizona y a los compañeros Oceanólogos Luis A. Galindo Bect, Bernardo P. Flores Báez, Manuel Acosta Ruíz, Antonio Badán Dangón, Orlando Núñez Esquer, P.O. Jorge Alberto Rivera, P.O. Jorge Ballesteros Grijalva, P.O. Marcos Miranda Aguilar, P.O. Manuel Galindo Bect, P.O. Federico Zambrano Martínez, P.O. Estéban Félix Pico, P.O. Horacio Haro Benítez, M. E. Michel Larroque, P.O. José Luis Ortega Piñuelas, P.O. Luis García Pámanes y P.O. Antonio Díaz de León.

A la Srta. María Elena Jiménez Fragoso por el esmero con que llevó a cabo el trabajo de mecanografía.

A los estudiantes Fernando García Pámanes, Jaime Domínguez Malagón y Antonio Sánchez Débora, por la elaboración de las gráficas que se presentan.

INTRODUCCION

Las primeras observaciones realizadas en el plancton marino fueron de naturaleza cualitativa; debido al interés por conocer el papel biológico de las poblaciones planctónicas en la producción biológica marina, dichas observaciones se han enfatizado en la actualidad en las evaluaciones de tipo cuantitativo.

El fitoplancton marino constituye el volumen mayor de las plantas verdes en el mundo, así mismo, más de la mitad de la producción primaria mundial proviene de la productividad primaria oceánica, estimada en 21×10^9 tons. de carbón fijado por año (Russell-Hunter, 1970). Considerando una eficiencia ecológica de 8%, la cifra antes mencionada en forma de carbohidratos, grasas y proteínas sintetizados, al transformarse en tejido animal de zooplancton generará 17×10^8 tons. de carbón de producción secundaria anual; similarmente, la producción de peces que se alimentan de plancton será de 14×10^7 tons. de carbón y la del cuarto nivel trófico que se alimenta de éstos, de 11×10^6 tons. de carbón anual. Si asumimos que en las actividades de pesca solamente la mitad de la producción de los dos últimos niveles tróficos son potencialmente aprovechables, entonces el máximo rendimiento será de 75×10^6 tons. de carbón, equivalentes a 9×10^8 tons. de producción anual de peso húmedo de pescado (Russell-Hunter, 1970).

En base a lo anteriormente expuesto, es evidente la importancia que adquiere el desarrollo de estudios cuantitativos en el plancton marino, no ya como mera investigación pura, sino como una parte muy importante de los estudios encaminados a establecer la planificación de una explotación efectiva y racional de los recursos orgánicos marinos que demanda la creciente población humana.

En el Alto Golfo de California se han desarrollado dos pesquerías (camarón y totoaba) de importancia dentro del marco económico nacional, así como la captura de otras especies comercialmente valiosas. Si bien no todos los individuos carnívoros se alimentan directamente del zooplancton, la fuente energética que genera las redes alimenticias que los soportan, sí proviene en gran parte del zooplancton. En materia de redes tróficas, hasta las más sencillas consideraciones requieren alguna medida de productividad y transferencia de energía; la más usual es la biomasa. Todos los métodos para determinar la biomasa proporcionan medidas de existencia instantánea; sin embargo, cada procedimiento provee diferentes medidas de las propiedades de los organismos. El peso orgánico seco, es una de las propiedades más importantes, ya que es un índice de la cantidad de materia viviente en uno o más de los varios tipos de individuos que comprenden la comunidad. Esta es la razón de su aplicación en el presente estudio, además de que su uso para la obtención de otras medidas equivalentes de biomasa garantiza un mayor nivel de confianza en los resultados (Müllen, comunicación personal).

Los estudios publicados sobre el plancton del Golfo de California son escasos (Fitoplancton: Allen, 1921, 1939, 1941; Osorio, 1943; Norris, 1967; Round, 1967; Nichols, 1966; Zooplancton: Alvariano, 1963; Vega, 1968); sin embargo, ninguno de ellos presenta datos de la zona que nos ocupa.

El área de trabajo presenta una forma más o menos triangular (Figs. 1 y 2), localizada al norte de los 31° N hasta la desembocadura del Río Colorado y limitada al oeste por el Estado de Baja California y al este por el Estado de Sonora.

La topografía del fondo de la costa oeste del Alto Golfo de California es amplia y de pendiente suave, con sedimentos superficiales finos (limos y arcillas) derivados del Río Colorado; en contraste, la costa este posee una plataforma más estrecha y abrupta con sedimentos superficiales de grano más grueso, arenas (Thompson, 1969).

Las concentraciones de seston en las aguas del Alto Golfo de California presentan un gradiente en dirección sureste, atribuible a la batimetría de la zona. Los principales agentes dinámicos que controlan la distribución del material en suspensión son: 1) las mareas (García, 1974), las cuales son de gran amplitud, con componentes diurnas que aumentan ligeramente de la boca del Golfo hacia el norte y componentes semidiurnas que disminuyen en la misma dirección (Mathews, 1969); y 2) las circulación neta, sin considerar el flujo y reflujo de las mareas, rotatoria en el sentido contrario a las manecillas del reloj (Galindo y Flores, 1974).

Existe una gran variabilidad en las condiciones hidrológicas del Alto Golfo de California. El patrón de distribución de temperatura superficial presenta un gradiente de dirección sureste durante primavera y verano, y, de dirección noroeste durante otoño e invierno; la inversión del gradiente es debida al ciclo anual de irradiación solar, temperatura atmosférica y batimetría de la zona. En Diciembre se registra la temperatura mínima superficial, 8.25 °C, y la máxima superficial, en Agosto, de 32.58 °C. En general la salinidad mantiene el mismo gradiente, con los valores aumentando hacia el noreste; con salinidad máxima superficial registrada en Julio, de 41.00 o/oo y mínima en Octubre, de 35.28 o/oo. Con excepción de los días en que se registra una precipitación pluvial local relativamente considerable, los aportes de agua dulce del Río

Colorado no son significativos, de tal forma que, la mayor parte del año el Alto Golfo de California presenta una situación anties-tuarina (Galindo y Flores, 1974).

A pesar de que se han hecho numerosas colecciones de flora y fauna del Golfo de California en las últimas dos décadas, el Alto Golfo de California ha sido poco investigado por la dificultad que presenta a la navegación de embarcaciones de calado mayor de un metro, además que los pocos trabajos publicados son de carácter sis-témico y carecen de información ecológica. Con los datos con los que actualmente se cuenta se puede decir que en general la flora y fauna del Alto Golfo de California están constituidos por especies con fuerte afinidad tropical y un alto grado de endemismo (Thompson, 1969; Norris, 1967; Guevara, 1974; Félix, 1975).

Como contribución al conocimiento del cuadro ambiental del Alto Golfo de California, el presente trabajo tiene como objetivo el determinar la distribución de biomasa de zooplancton medida en peso orgánico seco a través de un ciclo anual. Así mismo, se tratará de establecer el significado y posible utilización de las correlaciones estadísticas calculadas entre los varios parámetros físico-químicos obtenidos simultáneamente con los muestreos biológicos, y la biomasa de zooplancton.

MÉTODOS Y MATERIALES

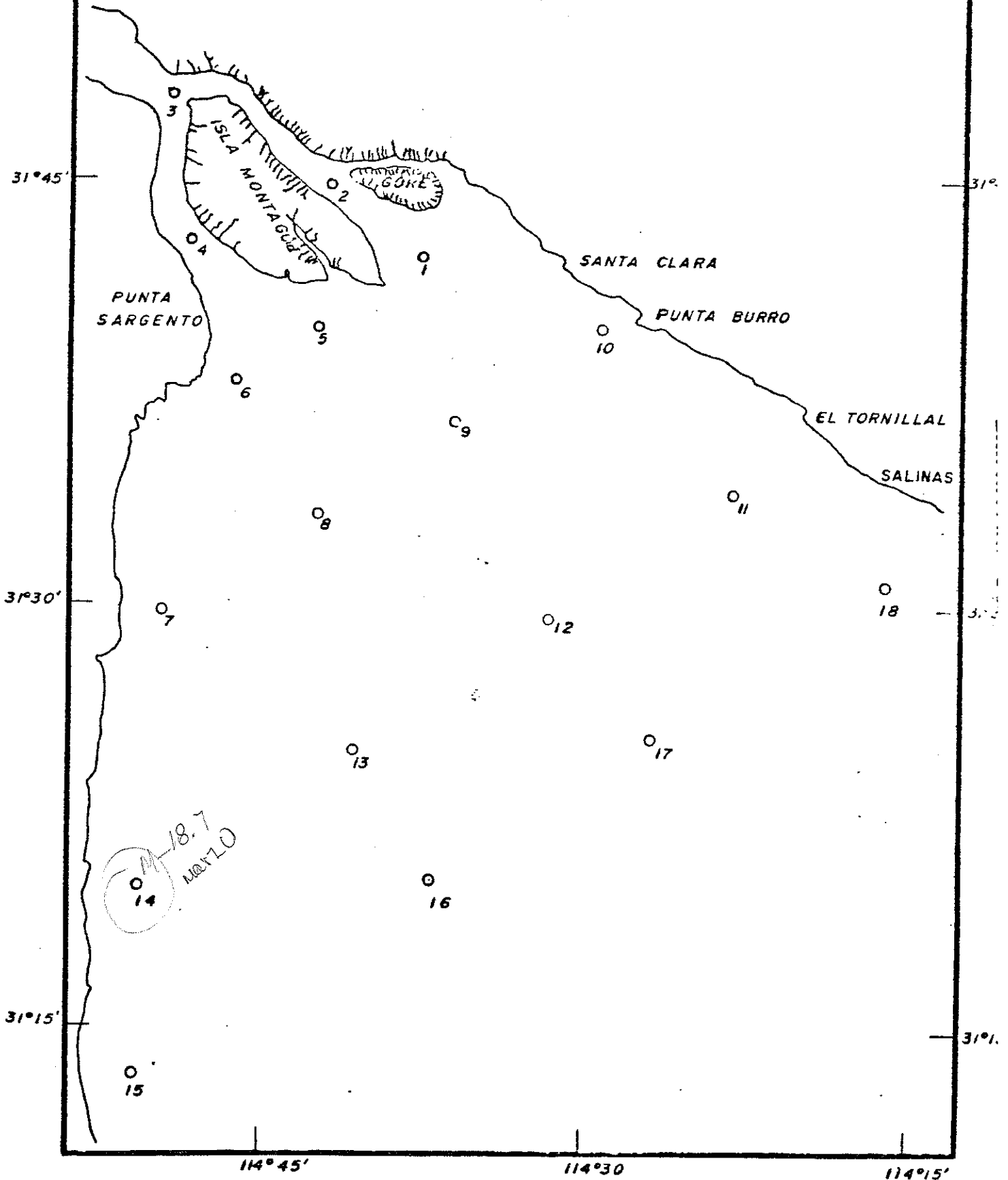
Las colectas se realizaron a intervalos mensuales, iniciados el 10 de Octubre de 1972 y finalizados el 2 de Octubre de 1973. El plan de estaciones de la figura 1 se cubrió durante los cruceros de Marzo, Julio, Agosto y Septiembre-Octubre; el plan de estaciones de la figura 2 en Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Abril, Mayo y Junio. Para el efecto se hicieron arrastres verticales,

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 1-PLAN DE ESTACIONES CUBIERTO DURANTE LOS CRUCEROS DE MARZO, JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE Y OCTUBRE.



31°45'

31°

PUNTA SARGENTO

SANTA CLARA

PUNTA BURRO

EL TORNILLAL

SALINAS

31°30'

31°

31°15'

31°

114°45'

114°30'

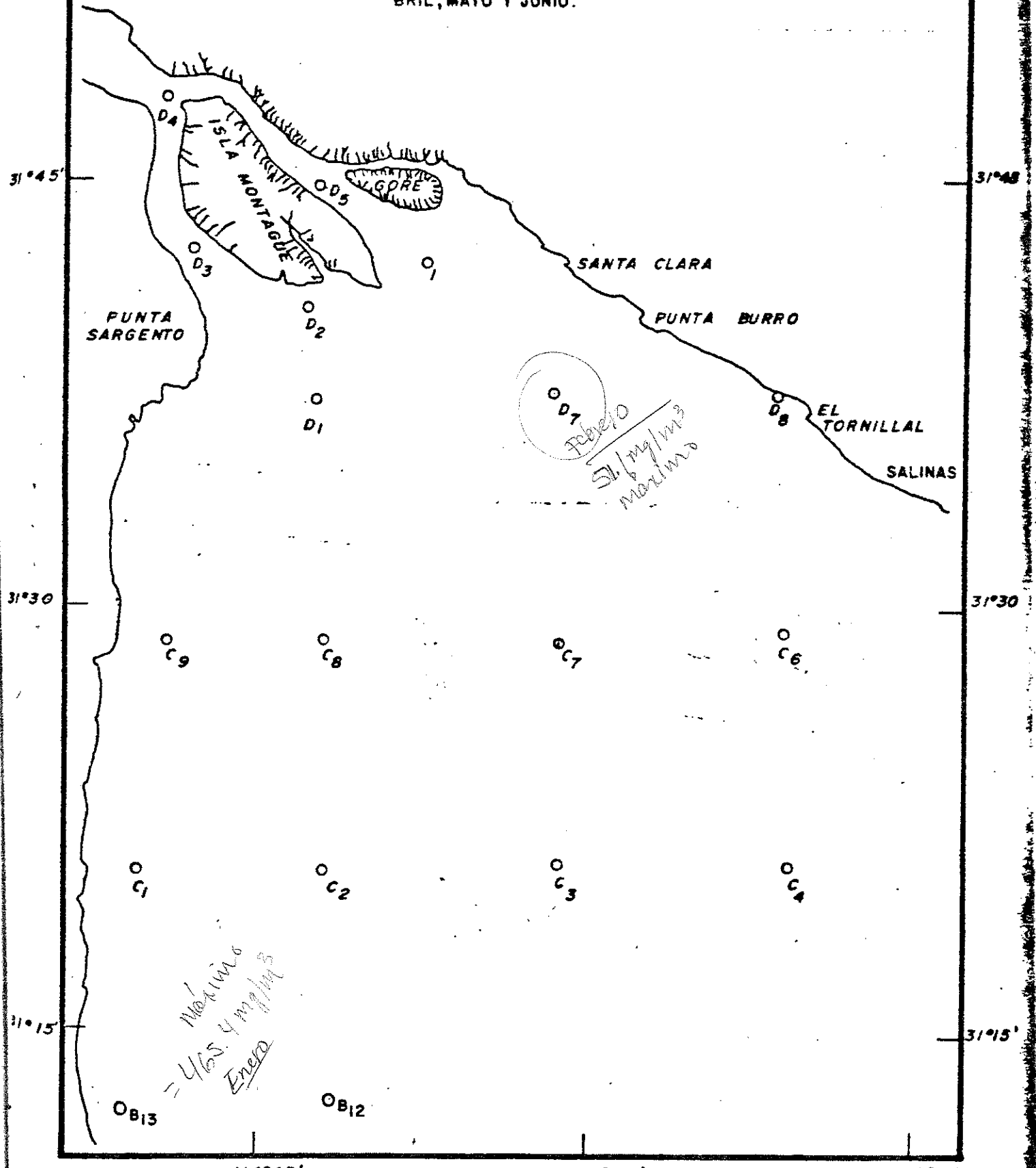
114°15'

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 2-- LOCALIZACION DE ESTACIONES CORRESPONDIENTE A LOS CRUCE-ROS DE OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE, ENERO, FEBRERO, ABRIL, MAYO Y JUNIO.



114°45'

114°30'

114°15'

31°15'

31°15'

31°30'

31°30'

31°45'

31°45'

salvo en aquellas estaciones donde las corrientes eran demasiado fuertes para efectuarlo, ó cuando por ser muy somera la zona no era recomendable este tipo de lance. En estos dos casos se hicieron arrastres horizontales estacionarios con una longitud máxima de cable de 10 mts; se utilizó la red de malla No. 6 (215 micras) con un diámetro en la boca de 0.5 mts.

Las muestras fueron preservadas en una solución de formol neutro al 5.0%. Para evitar distorsiones en los valores de biomasa, todos los individuos de dimensión mayor al del zooplancton (clasificación de Beers, 1973, no publicado), fueron removidos de la muestra procediéndose a la subdivisión de la misma en un microseparador de plancton con un error de $\pm 5\%$ (Hill, comunicación personal), esperando un tiempo mínimo de un mes después del fijado para realizar su análisis, haciendo así que las pérdidas debidas al preservativo se estabilizaran, ya que los cambios más severos ocurren durante los primeros días después de su adición (Lovegrove, 1966).

Las determinaciones de biomasa se llevaron a cabo según la metodología de SCOR/UNESCO (1973, no publicado), con algunas modificaciones de acuerdo a la descripción que se da más adelante. El método consiste esencialmente en la obtención de la diferencia existente entre el peso seco total y el contenido de cenizas, producto de una incineración completa de los constituyentes orgánicos de la muestra seca.

Los pasos que se siguen para la determinación de biomasa medida en peso orgánico seco son los siguientes:

a).- Se colocan individualmente los filtros de fibra de vidrio Wathman tipo GF/C de 2.4 cm. de diámetro, con pinzas cuidando de

evitar cualquier contaminación orgánica, en cajas Petri perforadas y se dejan en la estufa a una temperatura de 60 °C por un período de 4 a 8 horas. El perforado de las cajas Petri tiene como fin permitir la circulación del aire caliente y facilitar la evaporación.

b).- Se enfrían en un desecador de vacío que contiene gel de sílice en el fondo para absorber la humedad ambiental; se pesa cada uno de los filtros en una electrobalanza marca Cahn, de precisión ± 0.1 microgramos, que así mismo tiene gel de sílice en su interior.

c).- Se colocan los filtros con pinzas en el aparato de filtración y se procede al filtrado de la muestra aplicando vacío. Dado que las muestras fueron preservadas en solución de formol al 5%, se hace un breve enjuague durante el proceso con agua destilada con el objeto de evitar la oxidación de aldehído a ácido fórmico que disuelve los esqueletos calcáreos (Sachs y colaboradores, 1964) y seguidamente las sales intersticiales son removidas con un enjuague de formato de amonio en solución isotónica que se volatiliza durante el secado (Beers, 1973, no publicado).

d).- Las muestras filtradas se colocan en las cajas Petri perforadas y se secan en la estufa a 60 °C hasta registrar un peso constante, que varía entre 8 y 13 hrs. (Lovegrove, 1966).

e).- Se extraen las muestras de la estufa, se enfrían en el desecador de vacío y se pesan en la electrobalanza.

f).- Se colocan las muestras secas y pesadas en cajas de Petri no perforadas para evitar que se dispersen las cenizas producto de la incineración que se lleva a cabo en una mufla equipada con ^{a la precisión} control sensitivo de temperatura a 500 °C ya que arriba de los 550 °C resulta una pérdida de sales volátiles y

bajo 500 °C una incineración incompleta (Paine, 1964). El tiempo requerido en este proceso es de 8 a 13 hrs. (Müllen, comunicación personal).

g).- Finalmente, la muestra se saca de la mufla, se enfría en el desecador de vacío y se pesa.

La diferencia existente entre el peso seco de la muestra (paso e) y las cenizas, producto de la incineración de la muestra seca (paso g), proporciona el peso orgánico seco.

Durante el procedimiento, los pesos de los filtros vacíos disminuyen en relación directa a su peso inicial, debido a pérdida de fibras durante el filtrado causada por el efecto del vacío y enjuagues sucesivos e incineración de materia orgánica contaminante del filtro. Al no poderse efectuar el tratamiento de los filtros antes de usarse por ser demasiado grande el número de muestras, en cada juego de filtros se corrieron testigos, calculándose las correcciones necesarias al peso de los mismos.

La correlación estadística se efectuó en base al método de Bravais y Pearson, descrito y revisado por Hays y Winkler (1970), elaborados a partir de la colección de datos hidrológicos que simultáneos a los arrastres biológicos se tomaron durante el ciclo anual de muestreos (Diciembre, Enero, Marzo, Abril, Agosto y Septiembre-October), y la biomasa de zooplancton. Los niveles de significancia para los diferentes coeficientes de correlación calculados, se obtuvieron de las tablas estadísticas preparadas por Fisher y Yates (1963).

RESULTADOS

Los valores de biomasa registrados durante el mes de Octubre son muy uniformes, con excepción del máximo localizado al norte de la Isla Montague (Est. D₄, Fig. 2) que fué de 10.7 mg/m³. La gráfica de distribución (Fig. 3) presenta al sur de la costa de Baja California un abanico de isogramas cuyos valores disminuyen hacia la periferia. De la región central sur, donde se localizó el mínimo de biomasa que fué de 0.7 mg/m³ (Est. C₃, Fig. 2), se proyecta una lengüeta de valores bajos en dirección norte hasta la porción media del Alto Golfo.

En el mes de Noviembre la gráfica de distribución de biomasa (Fig. 4) presenta una zona de valores altos en la porción central sur a partir de la cual se genera un gradiente que se extiende hacia el norte y hacia las costas. El valor máximo se registró al oeste de la Isla Montague (Est. D₃, Fig. 2) y el mínimo al sur de la costa de Baja California (Est. C₁, Fig. 2) y fueron de 12.3 mg/m³ y 0.9 mg/m³ respectivamente.

La distribución de biomasa para el crucero de Diciembre (Fig. 5) tiene en la región central oeste un centro de valores altos que disminuyen al norte, sur y este. El valor máximo se registró al norte de la Isla Montague y fué de 39.8 mg/m³ (Est. D₄, Fig. 2) y el mínimo de 1.0 mg/m³ al sur de la costa de Sonora (Est. C₆, Fig. 2).

La distribución de biomasa correspondiente al mes de Enero (Fig. 6), es muy irregular. Se presentan tres centros de valores altos; uno establecido al sur y próximo a la costa de Baja California. Registrándose allí el máximo valor de biomasa de 465.4 mg/m³ (Est. B₁₂, Fig. 2), el segundo, en la porción central oeste del área de estudio y el último en las inmediaciones de la

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 3.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg/m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN OCTUBRE

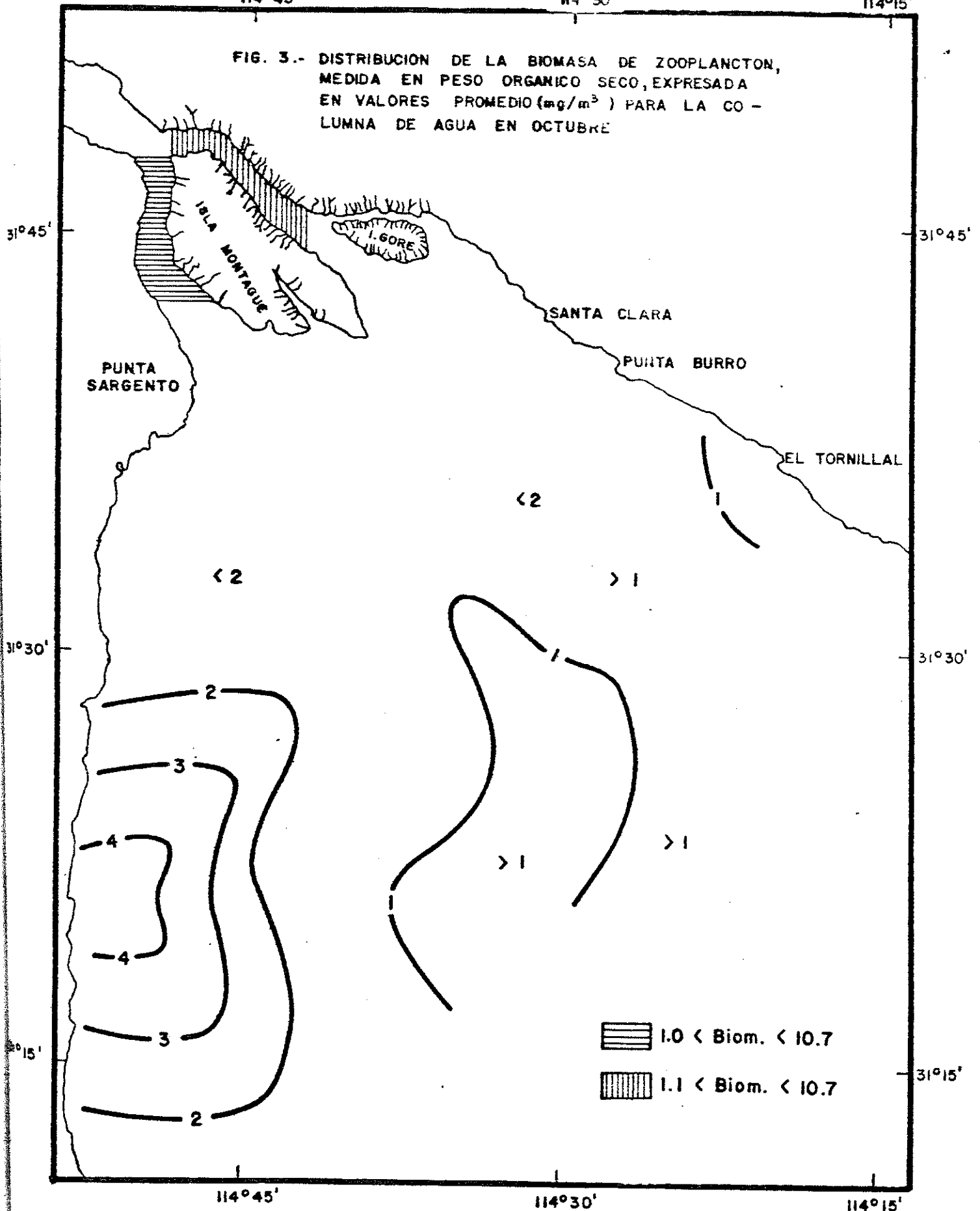
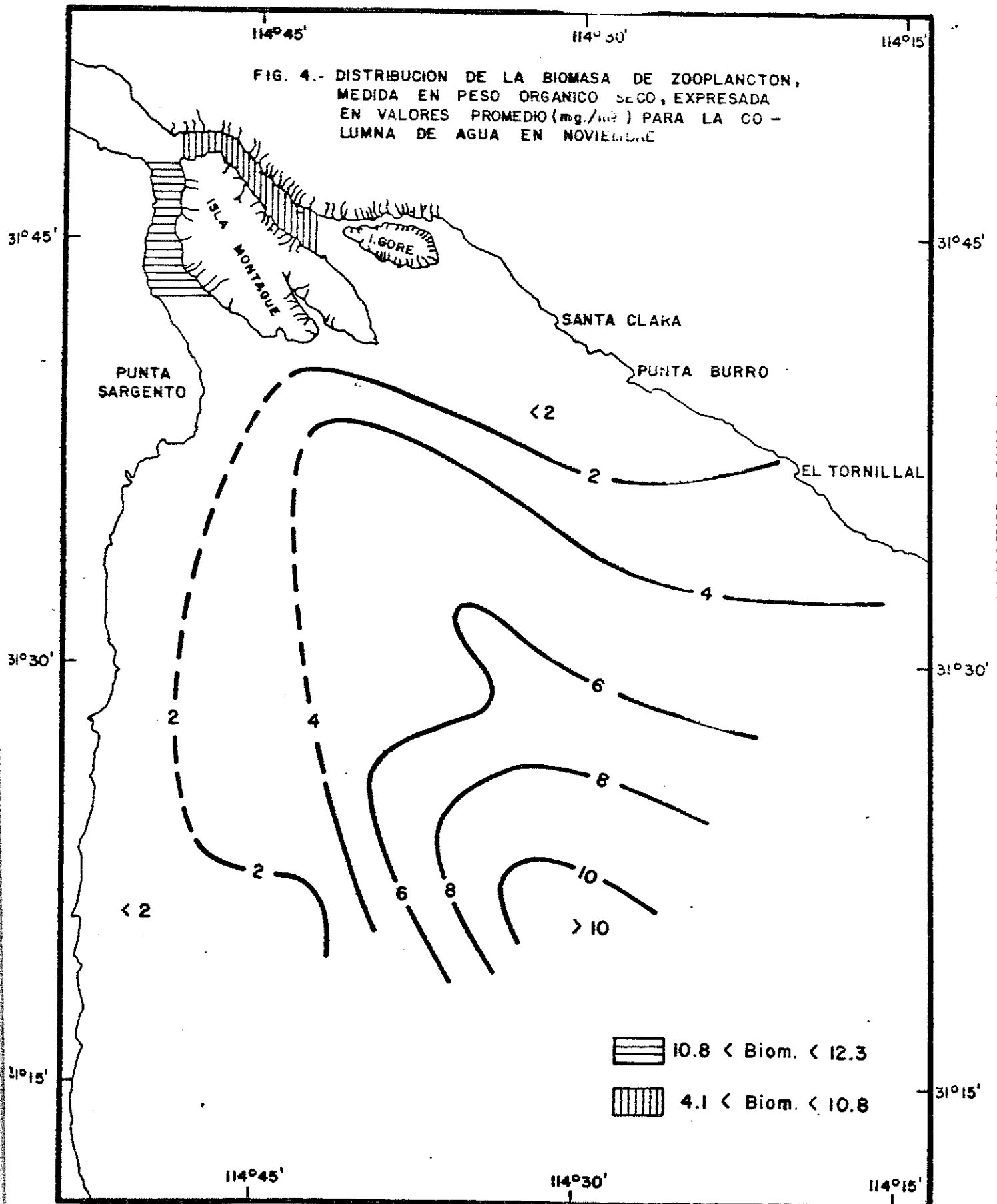


FIG. 4.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./litro) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN NOVIEMBRE



114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 5.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN DICIEMBRE

31°45'

31°45'

PUNTA SARGENTO

SANTA CLARA

PUNTA BURRO

EL TORNILLAL

31°30'

31°30'

< 4

4

6

4

2

6 < Biom. < 8

< 2

6

4

2

4

2

< 2

31°15'

31°15'



20.4 < Biom. < 39.8



14.0 < Biom. < 39.8

114°45'

114°30'

114°15'

Isla Montague. De la parte media hacia la costa de Sonora se encontraron los valores de biomasa más bajos, siendo el mínimo de 0.9 mg/m^3 (Est. C₄, Fig. 2).

Durante el mes de Febrero (Fig. 7) el valor máximo fué de 51.1 mg/m^3 y se registró al sur de Santa Clara (Est. D₇, Fig. 2) a partir del cual se propagan isogramas de valores decrecientes hacia ambas costas y en dirección sur, presentando el último isograma una lengüeta que se propaga desde la porción media de la costa de Baja California hacia el sur. El valor mínimo fué de 2.3 mg/m^3 localizado en la región central costera bajacaliforniana (Est. C₉, Fig. 2).

La distribución de Marzo (Fig. 8) presentó valores elevados en la parte suroeste cerca de Baja California con un gradiente muy marcado hacia la costa de Sonora. El máximo se localizó al sur de Baja California y el mínimo al sur de la costa de Sonora y fueron 18.7 mg/m^3 (Est. 14, Fig. 1) y 0.8 mg/m^3 (Est. 11, Fig. 1) respectivamente.

Durante los cruceros de Abril y Junio se registraron condiciones meteorológicas desfavorables. En Abril solamente fueron muestreadas las estaciones de la costa sonorenses; en Junio, las adyacentes a la Isla Montague. Los valores mínimos fueron de 3.9 mg/m^3 en Abril, localizado frente al Tornillal (Est. D₈, Fig. 2) y de 0.2 mg/m^3 al sur de la Isla Montague (Est. D₂, Fig. 2) en Junio; la localización del valor máximo de biomasa en ambos meses fué al norte de la Isla Montague (Est. D₂, Fig. 2) con 56.9 mg/m^3 en Abril y 8.7 mg/m^3 en Junio (Est. D₄, Fig. 2).

En la distribución de biomasa del mes de Mayo (Fig. 9) se presenta un ascendente de valores de sureste a noroeste. En la

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 7.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN FEBRERO

31°45'

31°45'

PUNTA SARGENTO



SANTA CLARA

PUNTA BURRO

EL TORNILLAL

10

40

30

20

10

2.0 < Biom. < 10.0

2.5 < Biom. < 10.0

6.0 < Biom. < 10.0

31°30'

31°30'

31°15'

31°15'

114°45'

114°30'

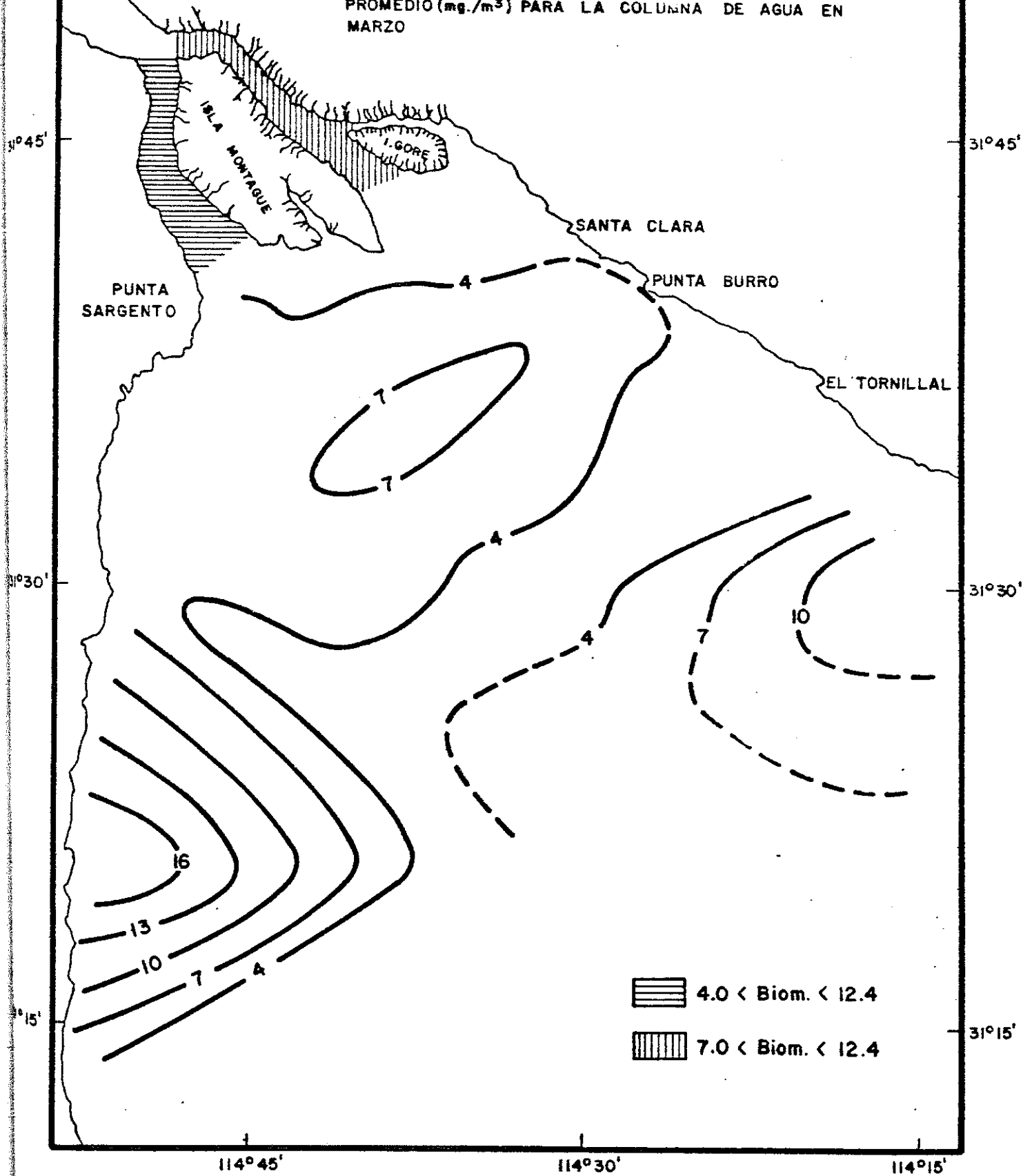
114°15'

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 8.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN MARZO



114°45'

114°30'

114°15'

31°45'

31°45'

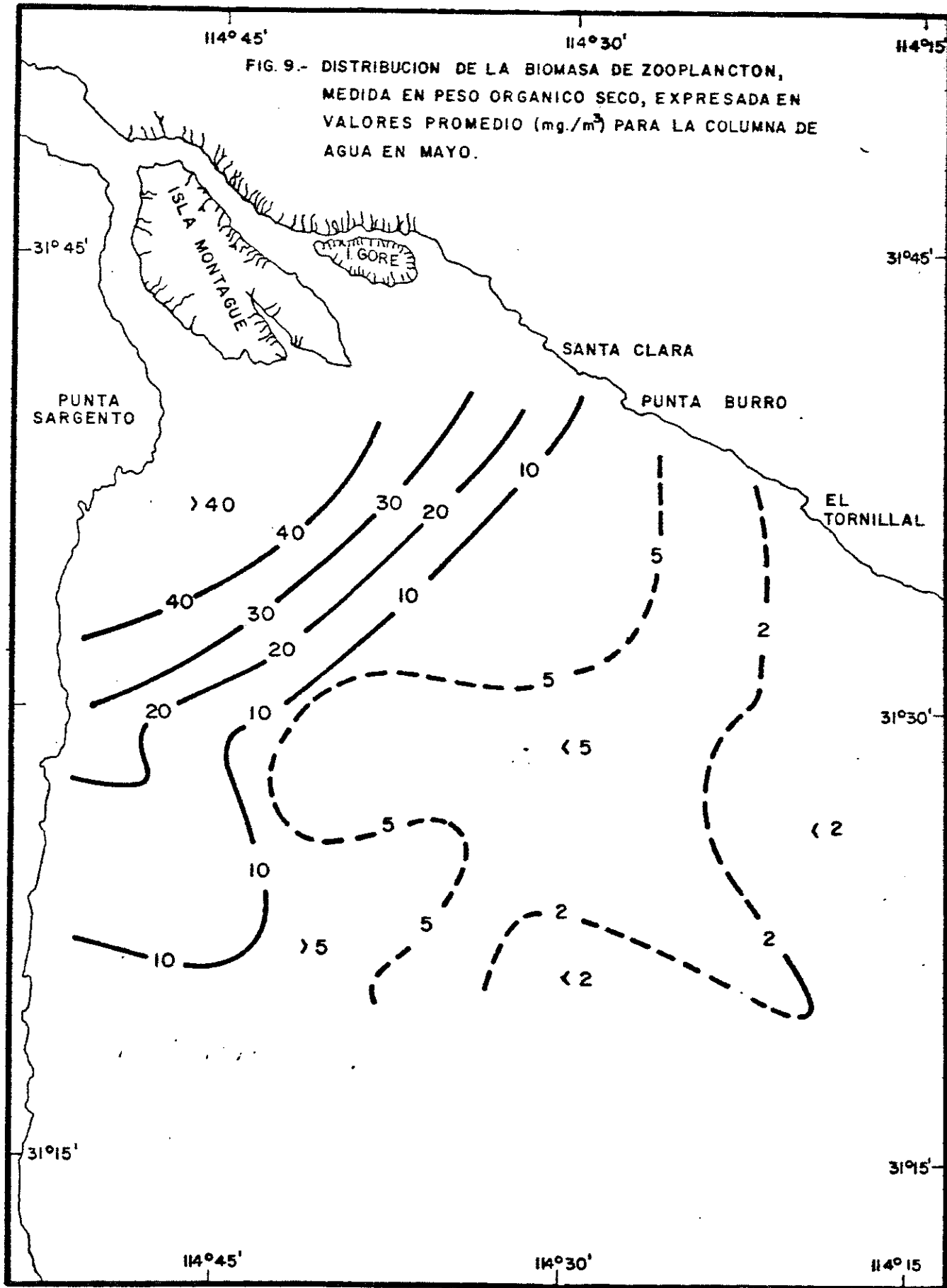
31°30'

31°30'

31°15'

31°15'

FIG. 9.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON,
MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN
VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE
AGUA EN MAYO.



región norte del área de estudio se registraron los valores de biomasa mayores, localizándose en la estación D₁ (Fig. 2) frente a Punta Sargento el máximo (49.8 mg/m³). El mínimo fué de 1.1 mg/m³ (Est. C₆, Fig. 2) al sur de la costa de Sonora.

En la distribución de biomasa correspondiente a Julio (Fig. 10) el valor mínimo fué 0.6 mg/m³ localizado en la región media sur (Est. 12, Fig. 1), genero un ascendente radial no uniforme en todas direcciones. El valor máximo fué de 33.3 mg/m³ localizado al oeste de la Isla Montague (Est. 4, Fig. 1).

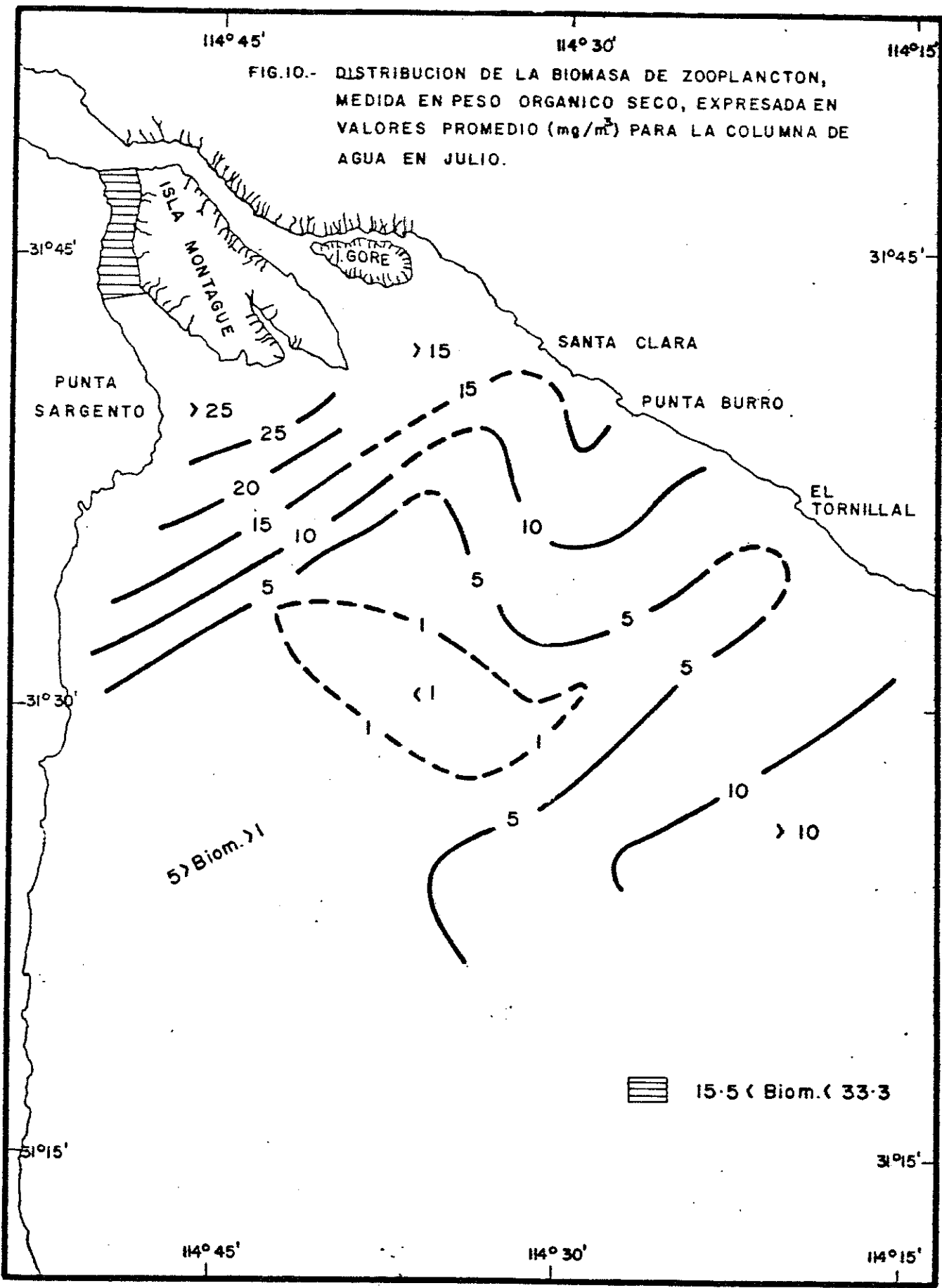
Para Agosto (Fig. 11) los valores de los isogramas descienden en dirección sureste. El valor máximo registrado fué de 172.9 mg/m³ localizado frente a Punta Sargento (Est. 6, Fig. 1) y el mínimo de 0.6 mg/m³ al sur de la costa de Sonora (Est. 18, Fig. 1).


La distribución de biomasa correspondiente al crucero de Septiembre-Octubre (Fig. 12), presenta un gradiente monotónico generado a partir del valor máximo que fué de 65.7 mg/m³ localizado frente a Punta Sargento (Est. 6, Fig. 1), teniendo dicho gradiente una dirección sureste. El mínimo registrado fué de 1.7 mg/m³ al sur de la costa bajacaliforniana (Est. 16, Fig. 1).

Durante el crucero de Marzo se efectuó un estudio de la variación diurna frente a La Salina, en la que se observó un cambio de 1.0 a 18.6 mg/m³ en la misma estación (Fig. 13).

La gráfica de valores medios mensuales de biomasa (Fig. 14 a) presenta tres máximos, correspondientes a los meses de Enero, Abril y Agosto, que registran 59.7, 27.0 y 48.2 mg/m³ respectivamente. La figura 14 b así mismo presenta los valores medios mensuales de biomasa, en la cual se omite el efecto de las manchas de fito-

FIG.10.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg/m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN JULIO.



 15.5 < Biom. < 33.3

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. II.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN AGOSTO

31°45'

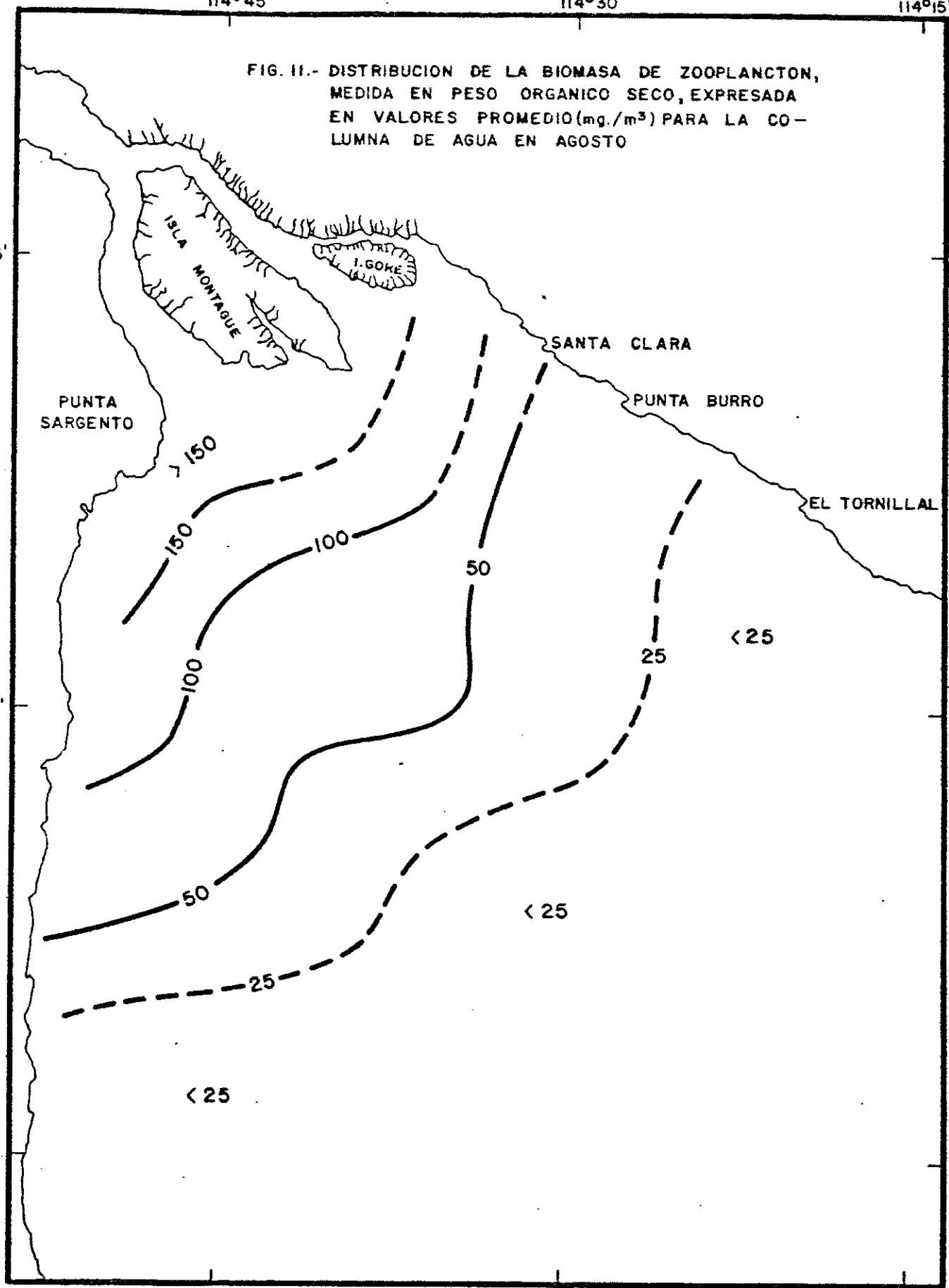
31°45'

31°30'

31°30'

31°15'

31°15'



114°45'

114°30'

114°15'

114°45'

114°30'

114°15'

FIG. 12.- DISTRIBUCION DE LA BIOMASA DEL ZOOPLANCTON, MEDIDA EN PESO ORGANICO SECO, EXPRESADA EN VALORES PROMEDIO (mg./m³) PARA LA COLUMNA DE AGUA EN SEPTIEMBRE-OCTUBRE

31°45'

31°45'

31°30'

31°30'

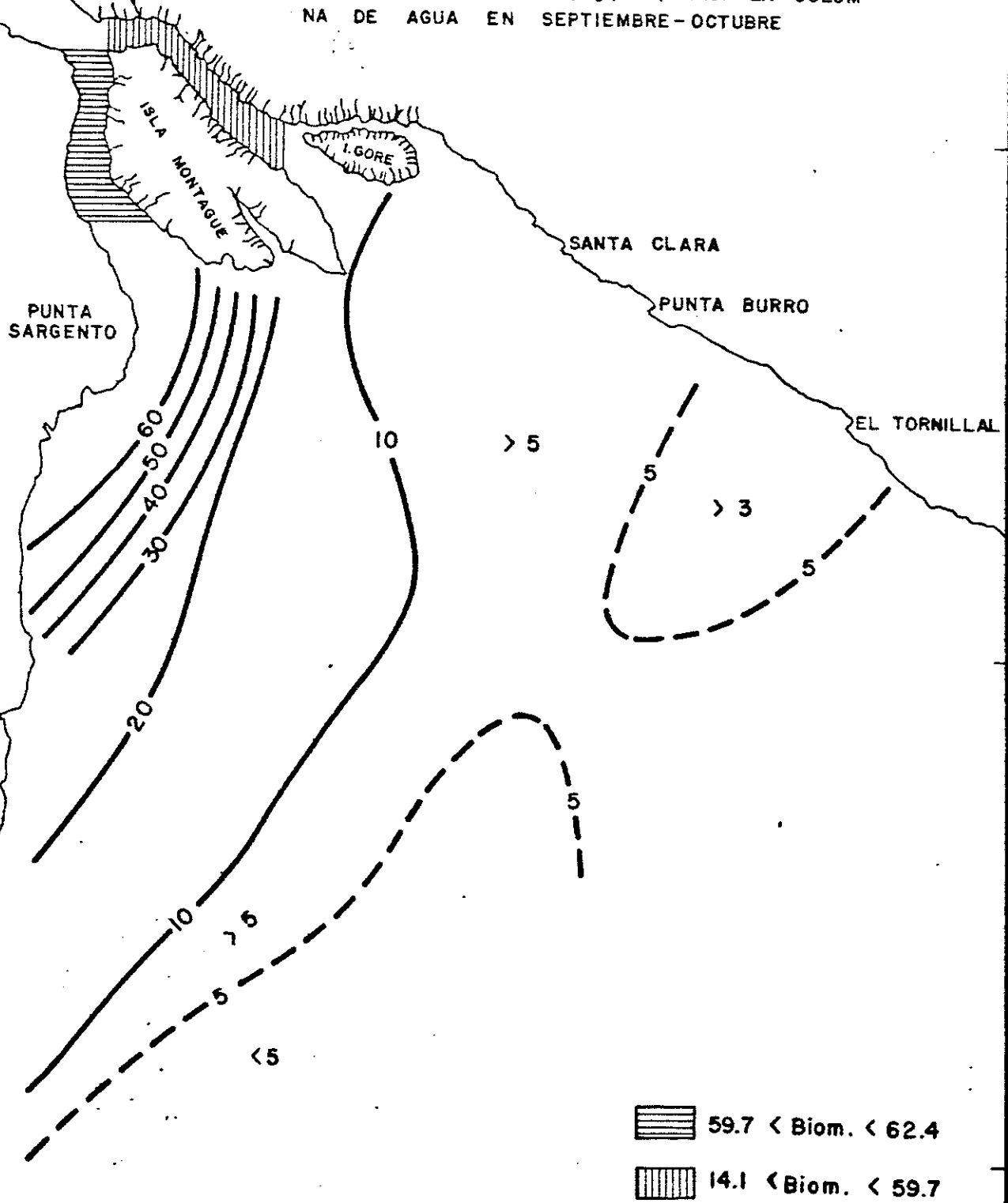
31°15'


31°15'

114°45'

114°30'

114°15'



 59.7 < Biom. < 62.4

 14.1 < Biom. < 59.7

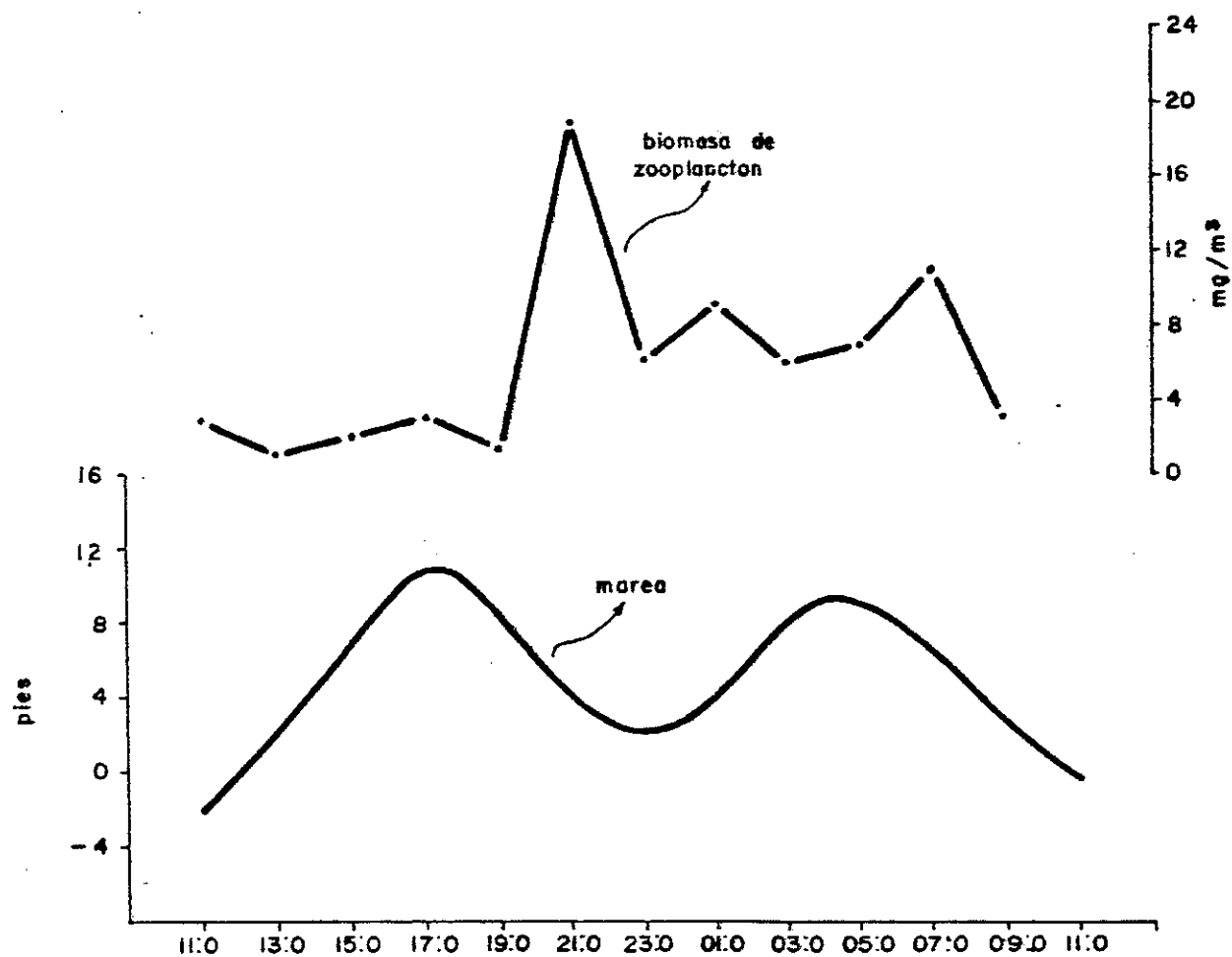


FIG. 13.- VARIACION DE LA BIOMASA DE ZOOPLANCTON Y ALTURA DE MAREA DURANTE EL CICLO DIURNO (de las 11:00 hs. del día 9 a las 11:00 hs. del 10 de Marzo)

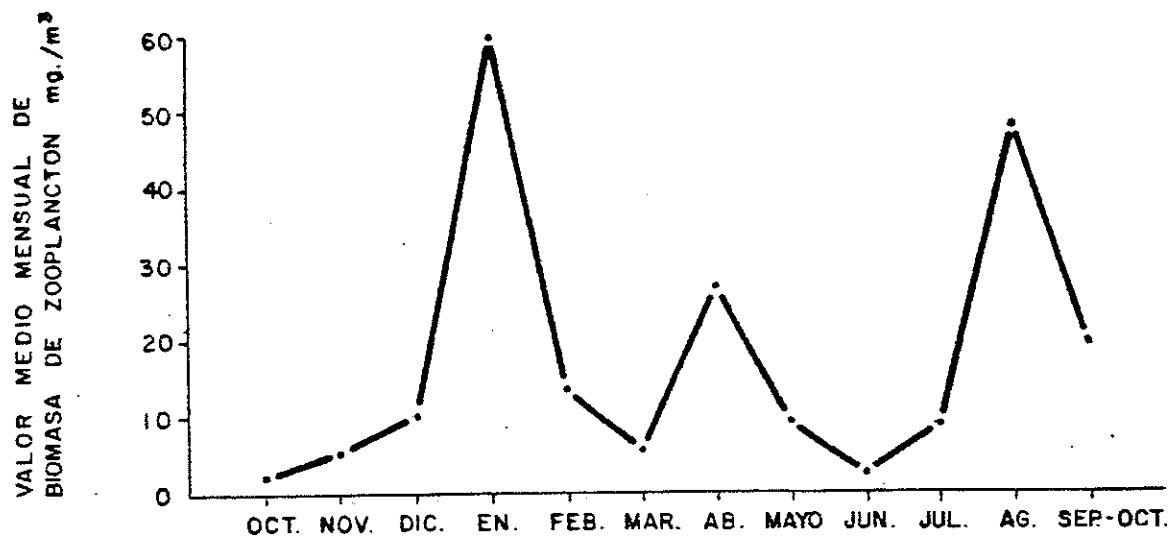


FIG. 14a.- VALORES MEDIOS MENSUALES DE BIOMASA DE ZOOPLANCTON EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA

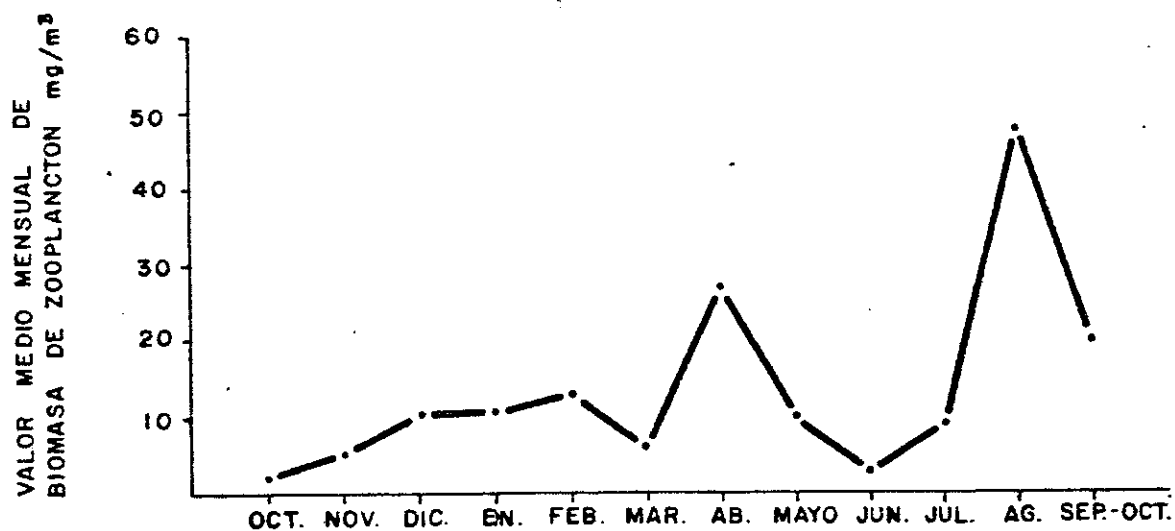


FIG. 14b.- VALORES MEDIOS MENSUALES DE BIOMASA DE ZOOPLANCTON OMITIENDO EL EFECTO DE LAS MANCHAS DE FITOPLANCTON Y CTENOFOROS REGISTRADAS EN LOS MESES DE INVIERNO.

plancton y ctenóforos registradas en Enero; en ella se observan valores más o menos uniformes durante los meses de invierno y presenta posteriormente los máximos de Abril y Agosto antes mencionados.

Las tablas II, III, IV, V, VI Y VII contienen los coeficientes de correlación lineal parcial, calculados para las siete variables definidas en la tabla I, correspondientes a los cruceros de Diciembre, Enero, Marzo, Abril, Agosto y Septiembre-Octubre.

La transparencia (X_1) presenta en general alta correlación lineal con salinidad (X_5), temperatura (X_6) y profundidad máxima (X_7) y durante los cruceros de Diciembre, Abril y Agosto a las variables antes mencionadas, se suma la biomasa (X_4) (Tablas II, V y VI).

De los cruceros donde se tomaron datos hidrológicos y muestras de plancton simultáneamente, el pH (X_2) solo fué medido en el correspondiente a Septiembre-Octubre (Tabla VII). Presenta significativos coeficientes de correlación lineal de signo negativo con la salinidad (X_5), y de signo positivo, con el oxígeno disuelto (X_3) y la temperatura (X_6).

Las concentraciones de oxígeno disuelto (X_3) durante los meses de Diciembre y Enero (Tablas II y III) están en función de las variables: biomasa (X_4), salinidad (X_5), temperatura (X_6) y profundidad máxima (X_7). En los cruceros siguientes (Tablas IV, V, VI y VII) las correlaciones significativas, se alternan en forma variada entre dichos parámetros.

La distribución de biomasa de zooplancton (X_4) se encuentra definida en función de las tres variables restantes (X_5 , X_6 y X_7) sólo durante los meses de Diciembre y Abril (Tablas II y V); con

excepción del mes de Marzo (Tabla IV) en donde los coeficientes de correlación lineal fueron muy bajos, en los otros cruceros la biomasa presenta correlaciones significativas en varios niveles y en forma combinada con las variables antes citadas (Tablas III, VI y VII).

La salinidad (X_5) se encuentra definida durante todos los cruceros en función de temperatura (X_6) y profundidad máxima (X_7) (Tablas II a VII). La dependencia de la temperatura (X_6) a la profundidad máxima (X_7) es muy fuerte (Tablas II, III, V, VI y VII), unicamente durante el mes de Marzo el coeficiente de correlación lineal es poco significativo (Tabla IV).

La tabla VIII presenta las ecuaciones de regresión, coeficientes de correlación parcial o múltiple y coeficientes de determinación calculados para los parámetros de la tabla I, en base a las matrices de las tablas II al VII.

T A B L A I

PARAMETROS REFERENTES AL MEDIO Y LAS POBLACIONES
ENTRE LAS CUALES SE CALCULARON LAS CORRELACIONES

Descripción	Designación
Transparencia (profundidad en mts.).	X_1
pH	X_2
Oxígeno (en ml/l)	X_3
Biomasa de zooplancton medida en peso orgánico seco (en mg/m^3)	X_4
Salinidad (en o/oo)	X_5
Temperatura (en °C)	X_6
Profundidad máxima (en mts.).	X_7

DISCUSIONES

Algunos factores por los cuales los resultados del presente estudio pueden considerarse como valores subestimados de biomasa son los siguientes:

Sobreestimación del volúmen de agua filtrada. Establecimos para el cálculo del volúmen de agua filtrada un 100% en la eficiencia de filtración de la red, ya que ésta no fue equipada con flujómetro. ICES-SCOR-UNESCO (1966) experimentando con redes cónicas de diferentes dimensiones y mallas, encuentra que las eficiencias de filtración varían desde el 90% hasta el 70%.

Escape. La malla con 215 micras de abertura deja escapar una fracción considerable de la biomasa total. Conover (1962) reporta valores de 60 a 70% con respecto a la biomasa total expresada en carbón, debido al microplancton (10 ± 3 micras) no retenido en los filtros Millipore tipo OS.

Evasión. Si bien, al hacer referencia al límite superior en tamaño (zooplancton) de los planctontes analizados se elimina la posibilidad de pérdidas causadas por evasión de formas grandes las cuales no interfirieron en los resultados dado que fueron removidas de las muestras, las pérdidas por evasión de individuos pequeños de locomoción rápida (por ejemplo, Calanus helogandicus (Estadio V) puede alcanzar velocidades de hasta 67 cm/seg.) sí pudo representar una fuente de subestimación (UNESCO, 1969).

Empleo de preservativos en las muestras. Existen evi-

dencias substanciales de que el zooplancton sufre significativas alteraciones en biomasa a causa de la adición de preservativos. Morris (1972) reporta que la fijación con formaldeído produce la hidrólisis de lípidos y degradación de ácidos polisaturados en el plancton oceánico. Se han observado pérdidas desde 47% en volúmen y hasta 12% en peso orgánico seco (Beers, comunicación personal).

Migraciones verticales diurnas. Algunas razones por las cuales las migraciones verticales diurnas del zooplancton no pudieron representar un factor importante de subestimación son las siguientes: El tipo de muestreo, ya que éste se efectuó en jalones verticales desde el fondo hasta la superficie. Las migraciones verticales del zooplancton se reportan en zonas donde la profundidad es considerable, detectándose el estrato de difusión profunda a profundidades que van desde los 800-3000 mts., en el Alto Golfo de California se tiene un profundidad promedio de 10 mts. Margaleff (1967) encuentra que el espesor de agua efectivamente iluminado es igual a $2.5D$ (D =Profundidad en metros a la que se deja de ver el Disco Secchi), esta relación acepta un coeficiente k de extinción global de $1.7/D$ de tal forma que la dicha profundidad la intensidad luminosa es de 18% de la superficie; de acuerdo a los datos procesados la relación turbidez-profundidad máxima es lineal de signo negativo, por lo cual pocas estaciones tendrían la profundidad necesaria para que se realizara dicha migración. Las gráficas de distribución vertical de los diferentes parámetros hidrológicos, especialmente en los meses de Invierno, presentan tendencia de mezcla vertical de tipo mecánico (Galindo y Flores, 1974), que por otra parte tenderían a presentar una distribución homogénea del

zooplancton en la columna de agua. Sin embargo, es posible que se presente una fototaxis negativa absoluta que obligue a los individuos a enterrarse durante el día, y esta sí podría ser causa de subestimación; Stearns (comunicación personal) al estudiar las migraciones verticales diurnas de 3 especies de Camécos (individuos bentónicos) en Sapelo Island, Georgia, encuentra que éstos forman parte del bentos durante el día, y durante la noche del plancton.

Por otra parte, debido a la imposibilidad de separar por métodos mecánicos o químicos el zooplancton del fitoplancton y partículas detriticas atrapadas por la red, sin alterar la biomasa, cuando éstos son muy abundantes, la biomasa de elementos no integrantes del zooplancton, no solo compensan las pérdidas causadas por los factores antes mencionados, sino que en ocasiones la sobrepasa, registrando valores sobrestimados. Este fenómeno se observó principalmente en los meses de Enero y Febrero en que se presentaron manchas de diatomeas (Coscinodiscus walesii?) de gran extensión; también se manifiesta, aunque en menor escala, en algunas de las muestras tomadas durante los meses de verano ^{que} contenían fracciones considerables de partículas detriticas.

Es importante puntualizar que las distribuciones presentadas son sólo una aproximación a la realidad, ya que estamos asumiendo que las muestras fueron tomadas simultáneamente. En el caso especial del plancton, las variaciones de mareas y vientos en áreas someras son determinantes. Con el fin de conocer el rango de variabilidad que presenta el plancton con respecto a las mareas, en el crucero de Marzo se efectuó un estudio de la variación diurna frente a La Salina (Fig. 13), en el que se observó la influencia combinada de la marea y los vientos, mismos que durante dicho

crucero provocaron un oleaje estimado en 1.7 mts. y gran turbulencia en la superficie.

Allen (1941) divide el Golfo de California en cuatro zonas de acuerdo al tipo de fitoplancton que predomina durante los meses de Invierno; sur, media, norte (predominando en cada una de ellas una especie particular de diatomea) y una cuarta, interior, localizada al norte de los 29° N, caracterizada por la abundancia de Goniavlaux catanella (dinoflagelado). En nuestra área de estudio la diatomea (Coscinodiscus wailesii?) es la más abundante, además la marcada dependencia de los parámetros hidrológicos con la profundidad (Tablas II a VII) y por ende de las condiciones atmosféricas (Galindo y Flores, 1974) dan margen a la posibilidad de añadir una zona más a las propuestas por Allen (1941).

La distribución superficial de las diferentes propiedades hidrológicas (Galindo y Flores, 1974), así como la distribución de partículas en suspensión mostradas por fotografías del satélite ERTS-I (Earth Resources Technology Satellite-I), puesto en órbita y operado por la National Aeronautical and Space Administration (NASA) de los Estados Unidos de América, indican una circulación neta contraria al giro de las manecillas del reloj, reportada por Thompson (1969). Los gradientes de concentración descendentes de noroeste a sureste, muestra las gráficas de distribución de biomasa de zooplancton en los cruceros de Mayo, Julio, Agosto y Septiembre-Octubre (Figs. 9, 10, 11 y 12), en los cuales supuestamente la influencia de los vientos es menor, parecen aportar un argumento más en favor de la circulación en el sentido contrario al giro de las manecillas del reloj en el Alto Golfo de California, que a su vez explica en gran medida la distribución del plancton.

Desde principios de Invierno hasta fines de Primavera en el Golfo de California se registran vientos del noroeste que provocan surgencias en las zonas profundas y corrientes de convección en áreas soneras (Svedrup, 1940). Allen (1941) estima que estas condiciones son causantes de las enormes poblaciones de fitoplancton encontradas en ése período en el Golfo desde los 26° N hasta los 31 ° N que es el límite del área estudiada por él. Como previamente se hizo notar, durante los meses de Invierno se presentaron grandes manchas de fitoplancton, mientras que en Verano las partículas detríticas fueron predominantes. Consideramos que las condiciones favorables para el desarrollo del fitoplancton que se presentan en los meses de Invierno en el Golfo de California son extensivas al Alto Golfo.

Debido a la naturaleza cíclica de las poblaciones de fitoplancton y en su ausencia a las partículas detríticas antes mencionadas, es muy factible que el arreglo trófico del zooplancton no correspondía a cadenas alimenticias propiamente dichas, sino más bien a redes tróficas. Conover (1964), al comparar la producción primaria con los rangos de filtración, consumo de oxígeno y biomasa de zooplancton, encuentra que el fitoplancton por sí solo no puede llenar los requerimientos metabólicos del zooplancton, de tal forma que si toda la materia orgánica en forma de partículas (microzooplancton, y detritus que por los métodos convencionales de muestreo no se atrapan) fueran igualmente utilizables, el zooplancton podría subsanar sus necesidades alimenticias. Baylor y Sutcliffe (1963) demostraron que las larvas nauplio de Artemia s p. podían desarrollarse alimentándose exclusivamente de partículas orgánicas, aunque su crecimiento es más lento que con fitoplancton.

El ciclo de vida de muchos miembros del zooplancton permanente,

les permite explotar de la mejor forma posible los diferentes patrones de la producción vegetal (Russel-Hunter, 1970). Marshal y Orr (1952) encontraron que la producción de huevos en Calanus s.p., depende grandemente del alimento disponible. Comita y colaboradores (1969) reportan la madurez sexual de la generación de Invierno en Calanus s.p. de latitudes templadas, en el mes de Marzo, misma que produce la primera generación, la cual coincide con las floraciones de diatomeas.

La fracción más importante de las muestras estaba constituida por copépodos. Con excepción del mes de Enero (Fig. 16) en el que se presentaron tres manchas, una de ctenóforos (Est. B₁₃, Fig. 2) y dos de fitoplancton (Est. C₈ y D₄, Fig. 2), por lo cual la figura 14b en la que se presentan los valores medios mensuales de biomasa, omitiendo el efecto de las manchas, representa más fielmente las poblaciones de zooplancton del área. En dicha gráfica, la media de las poblaciones de Invierno es muy uniforme y moderadamente alta y presenta posteriormente dos máximos, uno en Abril y el segundo en Agosto. Consideramos que la uniformidad de los valores medios mensuales de biomasa en Invierno puede ser producto de la abundancia del fitoplancton del que dispusieron dichas poblaciones y que a causa del factor temperatura, la madurez sexual no se verifica hasta principios de primavera. De acuerdo con Comita y colaboradores (1966), la primera generación se presentaría en el mes de Marzo y la segunda en Mayo; sin embargo en el presente estudio se reportan en Abril y Agosto respectivamente. La causa más probable de esta discrepancia, es que el tamaño de la malla empleada en los muestreos solamente atrapa individuos que están en estadios avanzados o adultos; ahora bien, la diferencia en el tiempo de manifestación puede explicarse en función del alimento disponible; lógicamente la cría de primavera tardó menos tiempo en alcanzar el tamaño apropiado para ser capturado debido a un posible remanente de las flo-

raciones de diatomeas, que como antes se hizo notar se observaron en las muestras de Invierno, o incluso es factible asumir que en ése período existía una abundancia considerable de fitoplancton de dimensiones menores en virtud de la sucesión ecológica (Margaleff, 1967) o bien una productividad orgánica primaria importante, favorecida por las corrientes de convección ya que de acuerdo a Svedrup (1940) los vientos del noroeste aún son efectivos en ésa época del año en el Golfo de California. Por otra parte, la segunda generación dada la escasez de fitoplancton durante los meses de verano, suponemos se alimentó de partículas detríticas, creciendo más lentamente.

Si bien, la complejidad de la red alimenticia es un impedimento para conocer el flujo exacto de los pesticidas organoclorados a través de los diferentes niveles tróficos, se puede intuir que existe en los materiales detríticos un agente introductorio de primerísima importancia en los mecanismos biológicos de acumulación de pesticidas en el Alto Golfo de California, mismo donde Guardado y Núñez (1975) reportan que los niveles de concentración de estos contaminantes están alcanzando un grado que podría poner en peligro a las especies comercial y ecológicamente importantes.

El empleo de métodos de correlación estadística con fines de interpolación, interpretación y predicción de las propiedades del ambiente marino y características del plancton, ha sido tema de interés para diversos autores (Riley, 1939 y publicaciones posteriores; Cassie, 1959, 1960, 1963; Gillbricht, 1961; Moore, 1966; todos citados por: Margaleff, 1967). A veces, al cartografiar los datos y compararlos, se descubre una gran congruencia, imposible de explicar si no se acepta cierta dependencia entre ellos o una dependencia a una causa común. En base a la concordancia en-

contrada en los gradientes de concentración de los diversos parámetros medidos en el Alto Golfo de California (Temperatura, salinidad, biomasa, partículas en suspensión, etc.), decidimos elaborar los datos estadísticamente con el propósito de establecer el significado y posible utilización de los resultados y en última instancia, si éstos no conducían a conclusiones definitivas, podían tener un interés suplementario de ofrecer, en forma compendiada una gran cantidad de información relativa a un área poco estudiada.

Uno de los principales problemas que se presentaron en ésta etapa del estudio, fue la elección de expresiones de regresión para los casos donde se observó la existencia de circuitos recurrentes, por ejemplo, García (1974) concluye que: "la turbidez influye directamente sobre la distribución de los organismos"; pero éstos, al formar parte del material en suspensión, a su vez contribuyen a la turbidez.

Debido a la gran variabilidad que presentan las condiciones ambientales y la influencia que ejercen sobre los parámetros hidrológicos en el área de estudio (Galindo y Flores, 1974), las gráficas de puntos de las correlaciones lineales empleando todos los datos disponibles, mostraban una gran dispersión, por lo que se consideró que efectuar las correlaciones mensualmente sería más representativo, aunque ello implicaba la reducción del número de observaciones para cada regresión ($8 \leq N \leq 19$).

La fuerte dependencia que presenta la transparencia con salinidad (X_5) y temperatura (X_6) (Tablas III a VII), es posiblemente sólo reflejo de una dependencia común, la profundidad máxima (X_7). En zonas donde la profundidad es grande y muy especialmente en latitudes altas, ^{en consecuencia de} gradientes de temperatura y salinidad pro-

voca corrientes de convección que acarrean sedimentos a la superficie; sin embargo, es poco factible que esto suceda en el Alto Golfo de California y en todo caso, sólo debería de presentarse la dependencia de transparencia con salinidad y temperatura a principios de Invierno hasta la primavera, en que los vientos del noroeste durante todos los cruceros, como reportan los coeficientes de correlación lineal. Por otra parte, si consideramos la profundidad solo como una frontera, es pertinente recordar que los sedimentos superficiales como limos y arcillas en el Alto Golfo se presentan en las zonas más someras (Thompson, 1969), donde a su vez la influencia de los vientos sobre el fondo es mayor, de tal forma que la más leve turbulencia provocada por ellos pone en suspensión los sedimentos. Es pues razonable atribuir un papel importante en la distribución de turbidez en el Alto Golfo de California a la profundidad máxima.

En general la relación entre transparencia (X_1) y biomasa (X_4) presenta una tendencia lineal, excepto durante los meses de Enero y Marzo (Tabla III y IV) en los que se presentan coeficientes de correlación lineal muy bajos y poco significativos. En Enero la causa probable de ello es que la biomasa (X_4) solamente expresa cantidad y no tipo de individuos que la componen; en la estación B₁₃ (Fig. 2) del mes de Enero, en donde la profundidad máxima era de 3 mts., se registraron 465.4 mg/m³ (valor máximo de biomasa en todos los cruceros) y 1.5 mts. de transparencia; el dato parecía ilógico a primera vista, pero considerando que los individuos que constituían esa cantidad de biomasa eran ctenóforos, los cuales son transparentes, la transparencia observada es factible. En Marzo el poco significativo coeficiente de correlación lineal obtenida creemos se debió a que las condiciones meteorológicas desfavorables

que prevalecieron durante el crucero y que causaron un fuerte oleaje y gran turbulencia, pusieron en suspensión una cantidad de sedimentos poco común, enmascarando o nulificando así la influencia de la distribución de la biomasa de plancton en la turbidez.

El pH (X_2) solo se tomó simultáneamente con los muestreos biológicos durante el crucero de Septiembre-October (Tabla VII); presenta una fuerte correlación lineal con el oxígeno disuelto (X_3); las variables que afectan a ambos son similares, solamente la relación lineal Oxígeno-Salinidad se encuentra por debajo del nivel de confianza establecido.

En los meses de Invierno (Tablas II y III), se nota una alta correlación con coeficientes negativo entre el oxígeno disuelto (X_3) y la temperatura (X_6); con oxígeno elevado donde la temperatura es baja y viceversa. Esto indica que, durante este período del año la temperatura es el factor que más fuertemente afecta la distribución del oxígeno. En primavera y verano dicha distribución, según lo indican los coeficientes de correlación lineal y sus signos, fue afectado más fuertemente por otros factores; en Marzo (Tabla IV) posiblemente el factor más importante fue el oleaje provocado por los vientos registrados, mismo que causó una gran aereación (Galindo y Flores, 1974); en Abril y meses de verano (Tablas V, VI y VII), posiblemente se deba a efectos de fotosíntesis y respiración, mucho más fuertes en estos meses que en el resto del año.

En los cruceros de Abril y Septiembre-October (Tablas V y VII) se obtuvieron coeficientes de correlación lineal de signo negativo entre el oxígeno disuelto (X_3) y la biomasa (X_4). Esto pudiera indicar que los procesos de respiración fueron muy fuertes durante estos meses, y concuerda con las circunstancias observadas; es

decir, el máximo valor medio mensual de biomasa correspondiente a Abril y la presencia de detritus en las muestras de Septiembre-Octubre.

En los meses de Diciembre y Enero (Tablas II y III), los valores de correlación lineal oxígeno disuelto-biomasa, tienen coeficientes positivos. Como antes se hizo notar, en los meses de Invierno las floraciones de diatomeas son muy profusas en el área de estudio y éstas consecuentemente atraen a otros individuos de la red trófica, de ahí el alto coeficiente de signo de la correlación. En el crucero de Agosto (Tabla VI), se presenta la misma situación entre estas dos variables, sin embargo, las muestras no detectaban la presencia de fitoplancton, posiblemente se trataba de individuos menores de 215 micras, y aún así, queda la interrogante del porqué floraciones de fitoplancton en el Alto Golfo en verano. En oceanografía, es muy arriesgado y en ocasiones carece de sentido, extraer el efecto de variables cuya influencia es directa al parámetro medido (Margaleff, 1967); en el caso de la dependencia oxígeno disuelto a biomasa de zooplancton, creemos que es una situación un tanto equívoca, lo más adecuado habría sido efectuar los cálculos en base a datos de producción primaria o nutrientes.

Aunque los coeficientes de correlación lineal entre la salinidad (X_5) y la temperatura (X_6) son altos en todos los meses (Tablas II al VII), dicha dependencia es sólo producto de dependencia a factores comunes, que se pueden intuir del cambio periódico de los signos de los coeficientes de correlación; en el caso del Alto Golfo de California, los factores que determinan la distribución de salinidad y temperatura son la profundidad y fenómenos atmosféricos. La influencia de estos factores se observa

por ejemplo, en el cambio de signo de los coeficientes de correlación de Abril y Septiembre-Octubre de la salinidad (X_5) con respecto a la temperatura (X_6) y de ésta con la profundidad máxima (X_7). Los elevados valores de salinidad y la constancia del signo negativo de los coeficientes de correlación encontrados entre salinidad y profundidad máxima, indican que la evaporación es considerable aún en Invierno, y es congruente a la situación anties-tuarina del Alto Golfo de California reportada por Galindo y Flores (1974).

Indiscutiblemente los rangos de temperatura y salinidad son determinantes en algunos procesos biológicos tales como la ya citada influencia de la temperatura en la verificación de la madurez sexual en los copépodos; considerando que la salinidad aunque alta se mantiene bastante uniforme durante todo el año (mínima superficial de 35.28 o/oo registrada en Octubre y máxima de 41 o/oo en Julio), podemos inferir que su influencia en la distribución del zooplancton es de poca importancia, de tal forma que los coeficientes de correlación lineal con signo positivo entre la biomasa (X_4) y la salinidad (X_5) se justifican. Por otra parte el rango de temperatura superficial considerable (mínima de 8.25 °C en Diciembre y máxima de 32.58 °C en Agosto), es factible que los individuos integrantes del zooplancton del Alto Golfo de California presenten alternancia de especies en enjambres durante el ciclo anual, causando así que los coeficientes de correlación lineal entre biomasa (X_4) y temperatura (X_6) sean negativos en Invierno, positivos en Abril e insignificantes en Marzo y meses de Verano.

Anraku (1962) al estudiar la distribución estacional en la Bahía de Buzzards de Acartia clausi y Acartia tonsa, (especies endé-

micas de la región) reporta que A. Clausi no se presenta a temperaturas mayores de 20 °C y abunda a temperaturas menores de 18 °C, mientras que A. tonsa no se encuentra en Invierno, aparece entre los 15-16 °C y se establece entre los 16-19 °C. Cuando existe una cierta variabilidad de especies que no puede ser analizada matemáticamente, la ecuación resultante no es capaz de predecir la distribución del plancton en función de los parámetros ambientales medidos, además cuando los cálculos numéricos se hacen en base a datos de estaciones individuales, aunque a primera vista parecen más exactos se introduce variación que puede ser debida al movimiento horizontal de la variable masa de agua (Wiley, 1947).

Los altos coeficientes de signo negativo entre biomasa (X_4) y profundidad máxima (X_7) sólo se explica en función de la presencia y acumulación de partículas detríticas que se encuentran en los sedimentos y en suspensión en las zonas someras y que al mismo tiempo que contribuyen a la alimentación de los individuos, afectan por sí mismos los valores de biomasa como previamente se hizo notar.

En base a lo antes expuesto, consideramos que las regresiones biomasa-salinidad-temperatura-profundidad máxima, son de naturaleza un tanto equívoca y de valor muy regional. Las razones por lo cual se usaron dichas variables para el cálculo de las regresiones fueron: la falta de datos de parámetros que tuvieran una influencia directa sobre la distribución de la biomasa, tales como nutrientes, producción primaria, materia orgánica en suspensión, etc.; la dificultad que representa el compaginar estadísticamente funciones vectoriales, como vientos, oleaje corrientes, etc. y funciones escalares como salinidad, temperatura, biomasa, etc. y, que si bien

las variables citadas son de carácter secundario, reflejan condiciones que sí influyen directamente sobre la distribución de los individuos.

Aunque muchas de las deducciones del análisis estadístico fueron hechas en base al conocimiento hidrológico del área o por explicaciones de tipo biológico y no sólo apoyadas en los datos estadísticos disponibles, consideramos que el desarrollo de modelos matemáticos y la colección de varios juegos de regresiones que prevean el paso de circunstancias asociadas, por ejemplo, el cambio de masas de agua, procesos de fertilización no ordinarios, variabilidad de las condiciones hidrológicas, etc., serían de utilidad en la interpretación, interpolación y predicción de las condiciones ambientales marinas y características del plancton, con sólo la medición de algunos parámetros sencillos de obtener.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio como todos los que tratan sobre biomasa de zooplancton, son valores subestimados de biomasa, ya que no existen métodos de colecta que aporten resultados exactos y precisos.

Las condiciones hidrológicas presentan características muy particulares y diferentes a las reinantes en áreas de mayor profundidad del Golfo de California.

Al grupo taxonómico de los copépodos, le corresponde la fracción más importante, tanto numérica, como en peso orgánico seco de la biomasa total.

(4) Los rangos de temperatura y la disponibilidad de alimento son los factores que más afectan los ciclos biológicos de los individuos

del Alto Golfo de California.

* Las proliferaciones de diatomeas en el Alto Golfo coinciden con las condiciones de convección provocadas por los vientos del noroeste.

IV. Los materiales orgánicos de naturaleza detritica son una fuente alimenticia de importancia para la red trófica del Alto Golfo, y representan un agente introductorio en los mecanismos biológicos de acumulación de pesticidas.

III - Las concentraciones mayores de biomasa se localizán en la Costa de Baja California y las menores en la Costa de Sonora.

IV. Existe un gradiente de biomasa de noroeste a sureste, atribuible a la circulación neta de giro contrario a las manecillas del reloj.

Debido a la gran variabilidad que presentan las condiciones ambientales y la influencia que ejercen sobre los parámetros hidrológicos en el área de estudio, la colección de varios juegos de regresiones que prevean el paso de circunstancias asociadas son indispensables para la interpolación, interpretación y predicción de las condiciones ambientales marinas y características del plancton en el Alto Golfo de California.

Las ecuaciones de regresión que se obtuvieron son regional.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, se recomienda: Efectuar un estudio de la composición de los elementos integrantes del zooplancton.

Realizar un estudio de la productividad organica primaria

y determinar la composición taxonómica del fitoplancton. Determinar el grado de contaminación por pesticidas organoclorados en el fitoplancton, zooplancton y detritos tratando de establecer el flujo de dichos pesticidas a través de la red alimenticia que afecta a las especies comerciales y ecológicamente importantes del Alto Golfo de California.

Continuar analizando parámetros y trabajarlos estadísticamente con el propósito de interpolación, interpretación y predicción. La diferencia entre la predicción y la observación y, aún más, el apartamiento de las nuevas correlaciones que regían en el área, nos permitirán descubrir áreas de tensión en las que el agua no ha alcanzado el equilibrio hidrográfico, o las poblaciones el equilibrio ecológico (Margaleff, 1967).

BIBLIOGRAFIA

- Allen, W. E. y J. Y. Gilbert (1941). The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E. W. SCRIPPS" in 1939 and 1940. Reimpreso (1964) Contribution No. 183. S. I. O.
- Alvariño, A. (1964) Chaetoganatos epiplanctónicos del Mar de Cortéz. Contribution, New Series. Vol. 34, Part. I. No. 1646 pp. 645-753. S. I. O.
- Anraku, M. (1962) The separation of copepod Populations in a Natural Environment: a Summary. Woods Hole Ocean. Inst. Collected Reprints. Contribution No. 1190 pp. 165-170.
- Baylor, E. R. y W. H. Sutcliffe (1963) Dissolved organic matter in sea water as a source of particulate food. Limnol. Oceanogr., 8: 369-371.
- Beers, J. (1973, no publicado) The determination of zooplankton biomass. En revisión para incluirse en: Methods in the study of marine zooplankton. Capítulo 2.
- Comita, G. W., S. M. Marshall y A. P. Orr (1966) On the biology of *Calanus finmarchicus*. XII.- Seasonal changes in weight, calorific value and organic matter. Jor. Mar. Bio. Ass. U. K. (46), 1-17
- Conover, R. J. (1964) Food relation and nutrition of zooplankton Proc. Symp. on Experimental Marine Ecol. Occas. Publ. No. 2 Grad. School Ocean., Univ. Rhode Island. pp. 81-91.
- Cushing, D. H., G. F. Humprey, K. Banse y T. L. Laevastu (1958). Report of the committes on terms and equivalents. Cons. Per. Int. Explor. Mer, Rapp. Process. Verb., 144:15

Félix, E. (1974), no publicado). Agrupaciones de fauna (macro-invertebrados). EN: Estudio químico sobre la contaminación por insecticidas en la desembocadura del Río Colorado. Tomo II. Sección IV. 3a. parte pp. 278-338.

Fisher y Yates (1963) Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. 6a. Edición Hafner Publ. Co. Inc. New York.

Galindo, L. B. y Flores, E. B., (1974) Hidrografía del Alto Golfo De California. Tesis Profesional, Unidad de Ciencias Marinas.

García, G. L. (1974) Elementos sobre la distribución de turbidez en el Alto Golfo de California. Tesis Profesional. Unidad de Ciencias Marinas.

Guardado, J. P. y Núñez, O. E. (1975) Concentración de DDT y sus metabolitos en especies filtroalimentadoras y Sedimentos en el Valle de Mexicali y Alto Golfo de California. Tesis Profesional. Unidad de Ciencias Marinas.

Guevara, S. E. (1974) Ecología de Peces del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Tesis Profesional. Unidad de Ciencias Marinas.

Hays, W. L. y R. Winkler (1970). Statistics, probability, inference and decision. Vol. II, Capítulo 1. Holt. Rinehart and Winston Inc. U. S. A. pp. 1-91.

Lovegrove, T. L. (1966). The determination of the dry weight of various factors on the values obtained. EN: Some contemporary studies in marine science. E. Barnes and Allen. Unwin. Ltd. London. pp. 429-467.

BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA
BIBLIOTECA CENTRAL ENSENADA

- Margaleff, R. (1967). Correlación entre parámetros oceanográficos del Caribe. *Inv. Pesq.* 31 (1) pp. 1-15.
- Margaleff, R. (1967). Ritmos, fluctuaciones y Sucesión EN: *Ecología Marina*. Monografía No. 14 1a. Edición pp. 454-492. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas.
- Marshall, S. M. y A. F. Orr. (1952). On the biology of Calanus finmarchicus. VII.- Factors affecting egg production. *Jour. of Mar. Biol. Ass. U. K.* Vol XII. Feb. 1952. pp. 527-547.
- Matthews, J. D. (1969). Tides in the Gulf of California. EN: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California. *Res. and Development Progress Rep.* (387): 41-50.
- Morris, R. J. (1972). The preservation of some oceanic animals for lipid analysis. *S. I. O. Ref.* 66-23, pp. 56.
- Nichols, M. M. (1966). A study of production and phosphate in a Sonoran Lagoon. *Pub. Inst. Mar. Sci., Univ. Texas*, 11: pp. 159-167.
- Norris, R. B. (1967). Micro-algae in enrichment cultures from México. *Southern Calif. Acad. Sci., Bull.*, 66 (I); 233-250.
- Osorio, T. B. F. (1943). El Mar de Cortéz y la productividad fitoplanctónica de sus aguas. *Inst. Politécnico Nac. de Ciencias Bio., Anales*, 3($\frac{1}{2}$); 73-118.
- Paine, R. (1964). Ash and caloric determinations of sponge and opisthobranch tissues. *Ecol.* 45: 382-387.
- Riley, G. A. (1947). Seasonal fluctuations of phytoplankton population in New England Coastal Waters. *Jour. of Mar. Res.* 6, No. 2 114-125.

- Round, F. E. (1967). The phytoplankton of the Gulf of California Part. I. Its composition, distribution and contribution to the sediments. Jour. Esp. Mar. Biol. and Ecol. I (1): 76-97.
- Russell-Hunter, W. R. (1970). Aquatic productivity: and introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology The MacMillan Co. New York. 2a. Ed. pp. 305.
- Sachs, K. N. Jr., R. Cefelli y V. T. Bowen (1964). Ignition to concentrate shelled organisms in plankton samples. Deep Sea Res. 11: 621-622.
- Sverdrup, H. U. (1941). The Gulf of California: preliminary discussion on the cruises of the "E. W. SCRIPPS" in February and March 1939. 6th. Pacific Sci. Cong., Proc., 3: 161-166.
- Thompson, D. A. y J. S. Carlson (1969). Productivity, plankton, benthic flora and invertebrates. EN: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California. Res. and Development Prog. Rep. (387).
- Thompson, R. W. (1969). Bathymetry and sedimentation. EN: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California. U. S. Dept. Int. Res. and Dev. Prog. Rep. (387).
- Thompson, R. W. (1969). Tidal currents and general circulations. EN: Environmental impact of brine effluents on Gulf of California. U. S. Dept. Int. Res. and Dev. Prog. Rep. (387).
- UNESCO (1968). Zooplankton sampling. Monographs of oceanographic methodology., 2, Impremeries Popularis. Geneva. p. 174.
- Vega, R. F. (1968). Distribución del zooplancton en el Golfo de

California. IV. Reunión Regional para el desarrollo pesquero del Golfo de California., Los Mochis, Sin. México. Enero 29-30, 1968. Memoria p. 9.

