

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

AREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA



ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO DE LA UNIDAD
DE RIEGO AGUAS NEGRAS, VALLE DE LA PAZ (EJIDO
CENTENARIO). ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

T E S I S

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS
PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A :

MARIA DEL CARMEN LUCERO PULIDO



**COMISION NACIONAL
DEL AGUA**

**ESTE TRABAJO SE IMPRIMO CON APOYO
DE LA COMISION NACIONAL DEL AGUA.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Apartado Postal: 19-B
Código Postal: 23080

Tels. 1-05-69 y 1-11-40
Ext. 123

La Paz, B.C. Sur

OFICIO NUM. DSE/250/93
Viernes 18 de junio de 1993

SECRETARÍA GENERAL
Dirección de Servicios Escolares

ING. RICARDO ESCOPPINICHI. (PRESIDENTE)
ING. LIBORIO FENECH LARROS. (VOCAL)
ING. FELIX ALFREDO BELTRAN MORALES. (SECRETARIO)
ING. SERGIO ZAMORA SALGADO. (SUPLENTE)
M.C. HECTOR JAVIER GARCIA MONARREZ. (SUPLENTE)
P R E S E N T E S.

Por este conducto y en virtud de que la C. LUCERO PULIDO, María del Carmen, Pasante de la carrera de INGENIERO AGRÓNOMO, ha cumplido con los requisitos que marca esta Dirección de Servicios Escolares la cual le ha fijado como fecha para presentar su Examen Profesional el día viernes 23 de Julio de 1993, a las 17:30 horas en el Auditorio de Ciencias Agropecuarias, con su Tesis titulada "ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO DE LA UNIDAD DE RIEGO AGUAS NEGRAS, VALLE DE LA PAZ, (EJIDO CENTENARIO), ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR"

Agradeciendo su amable asistencia, a dicho acto me despido con un cordial saludo.



DIRECCION DE SERVICIOS
ESCOLARES

ATENTAMENTE
"SABIDURIA COMO META, PATRIA COMO DESTINO"
DIRECTOR DE SERVICIOS ESCOLARES

M.C. VICENTE CARROZA LOPEZ.

- c.c.p. Ing. José Aguirre Vázquez. Rector.
- c.c.p. M.C. Jesús Druk González. Secretario General.
- c.c.p. M.C. Arturo Escobar Hernández. Coordinador del Area Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias.
- c.c.p. Ing. Sergio Zamora Salgado. Jefe del Departamento de Agronomía.
- c.c.p. Profr. Rodolfo Lucero Tamayo. Jefe del Departamento de Declaración de Equivalencias, Revalidación de Estudios y Exámenes Profesionales.
- c.c.p. Lic. Lázaro Reynoso Ramirez. Departamento de Editorial.
- c.c.p. ~~XXXXXXXXXX~~
- c.c.p. Minutario.

VCL/RLT/mary

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
AREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO
ZONA DE RIEGO AGUAS NEGRAS, EJIDO CENTENARIO
VALLE DE LA PAZ, B.C.S.

TESIS QUE PRESENTA:

MARIA DEL CARMEN LUCERO PULIDO

Se autoriza la impresión del presente trabajo:

Comisión Revisora:

Ing. M.C. Liborio Fenach Larios _____

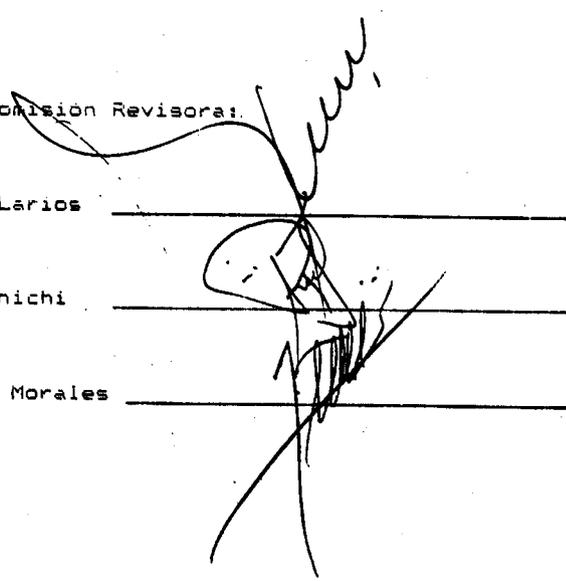
(Asesor)

Ing. Agr. Ricardo Escopinichi _____

(Asesor)

Ing. Agr. Alfredo Beltrán Morales _____

(Asesor)

A large, handwritten signature in black ink is written across the three signature lines. The signature is highly stylized and overlaps the lines, making it difficult to read. It appears to be a single name written in a cursive or shorthand style.

DEDICATORIAS

A Javier

Mi esposo, compañero y amigo, por su comprensión y cariño demostrado a través del tiempo que hemos compartido y a quien debo esta meta.

A mis padres Luis Manuel (QEPD) y Lupita

Por su confianza, esfuerzo y sacrificio que hicieron posible mi formación profesional, siendo la mejor herencia que pudieran entregarme.

A mi hija Diana Paola

Como muestra del empeño de una mujer, que gracias a la dedicación puede alcanzar cualquier meta por difícil que esta parezca.

A mis Hermanos Beatriz, Javier y Karely

A mis amigos: Linda, Graly, Víctor Cabazón, César Ibarra y Héctor García, por el afecto desinteresado que siempre han mostrado a mi persona.

A todos ellos... MUCHAS GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por darme la oportunidad y facilidades para obtener mi título, después de realizar en ella mis estudios profesionales.

A mis asesores:

Ing. Agr. M.C. Liborio Fenech Larios

Ing. Agr. Ricardo Escoppinichi

Ing. Agr. Alfredo Beltrán Morales

Por su dedicación y apoyo en la conducción del presente estudio, así como por la revisión del manuscrito original y sus acertados señalamientos de corrección.

Al Ing. Martín Benito Coronado López

Por las facilidades otorgadas para la preparación y realización de mi examen profesional.

A las laboratoristas Carmen Romero Geraldo y Ruth Angélica León Brust.

A todos mis compañeros de trabajo, que directa o indirectamente me ayudaron en la realización del presente estudio, así como me alentaron para que no desfalleciera mi ánimo de trabajo; a todos ellos muchas gracias.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
I.- INTRODUCCION	1
I:1.- Antecedentes	2
I:2.- Objetivos	5
II.- REVISION DE LITERATURA	6
II:1.- Generalidades	6
II:2.- Tipos de Estudios Agrológicos	7
II:2:1.- Estudio Agrológico de Reconocimiento	8
II:2:2.- Estudio Agrológico Semidetallado	9
II:2:3.- Estudio Agrológico Detallado	9
II:2:4.- Estudios Agrológicos Especiales	10
II:3.- Origen de las sales del suelo	13
II:4.- Estado en que se encuentran las sales en el suelo ..	14
II:5.- Formación de suelos con alto contenido de sales ..	15
II:5:1.- Natural	15
II:5:1.- a).- Insitu	15
II:5:1.- b).- En cuenca cerrada	15
II:5:1.- c).- Marina	16
II:5:2.- Inducida	16
II:6.- Proceso de salinización y factores que lo favorecen	17
II:6:a).- Factores que favorecen la salinización	17
II:6:b).- Mal drenaje o drenaje impedido	18
II:6:c).- Aguas freáticas superficiales	18

II:6:d).- El Clima	18
II:6:e).- La Topografía	18
II:7.- Clasificación de los suelos ensalitrados y sus características	20
II:7:a).- Suelos sin problemas de ensalitramiento	21
II:7:b).- Suelos salinos no sódicos	22
II:7:c).- Suelos salino sódicos	23
II:7:d).- Suelos sódicos no salinos	25
II:8.- Métodos de recuperación de los suelos ensalitrados	27
II:8:a).- Métodos Hidrotécnicos	28
II:8:b).- Métodos Químicos	32
II:8:b:1.- Tipos de Mejoradores de suelos	33
II:8:b:2.- Ácidos y formadores de ácidos	34
II:8:b:3.- Compuestos cálcicos de Baja Solubilidad	37
II:8:b:4.- Otros tipos de mejoradores	38
II:8:c).- Elección del Mejorador	38
II:8:d).- Cálculo de la cantidad de mejorador por aplicar	39
II:8:d:1.- Método analítico	40
II:8:d:2.- Método factorizado	40
III.- MATERIALES Y METODO DE TRABAJO	46
III:1.- Materiales	46
III:2.- Método de trabajo	46
III:2:a).- Consulta bibliográfica	46
III:2:b).- Reconocimiento general del área de estudio ...	47
III:2:c).- Localización de sitios	47
III:2:d).- Apertura, toma de fotos y descripción de perfiles	47

III:2:e).- Recolección de muestras de suelo y agua	48
III:3.- Determinaciones de laboratorio	49
III:4.- Localización del área	52
III:4:1.- Situación geográfica	52
III:4:2.- Situación política	53
III:4:3.- Superficie establecida y límites	53
III:4:4.- Vías de comunicación	53
III:5.- Aspectos socioeconómicos	55
III:5:1.- Población económicamente activa	55
III:5:2.- Tenencia de la tierra	55
III:5:3.- Servicios públicos	55
III:5:3:1.- Servicios Educativos	55
III:5:3:2.- Otros servicios	55
III:5:3:3.- Vivienda	56
III:6.- Aspectos fisiográficos	56
III:6:1.- Geología superficial	56
III:6:2.- Geomorfología	57
III:6:3.- Topografía	57
III:6:4.- Hidrología	58
III:6:5.- Vegetación	58
III:7.- Climatología	62
III:7:1.- Generalidades metereológicas	62
III:7:2.- Datos climatológicos	62
III:7:2:a).- Precipitación	62
III:7:2:b).- Temperaturas	62
III:7:2:c).- Heladas	62
III:7:2:d).- Vientos	62
III:7:2:e).- Evaporación	63

III:7:3.- Clasificación de clima	63
III:7:4.- Análisis del clima en relación a la agricultura	64
III:8.- Agricultura	67
III:8:1.- Cultivos actuales	67
III:8:2.- Comercialización	68
III:8:3.- Procesamiento de los cultivos	68
III:8:4.- Asistencia técnica	68
III:9.- Suelos	69
III:9:1.- Descripción general	69
III:9:2.- Uso del suelo	69
III:9:3.- Descripción de perfiles y su clasificación en series	70
III:9:a).- Serie Centenario	70
III:9:b).- Serie Centenario salino sódica	75
IV.- DISCUSION	81
V.- CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFIA	86

INDICE DE CUADROS

	Página
1.- Clasificación de Suelos Sódicos según su contenido de Sodio Intercambiable	19
2.- Clasificación de suelos con problemas de Sales y/o Porcentaje de Sodio Intercambiable	20
3.- Efecto de la Salinidad del Suelo sobre el rendimiento de los cultivos (Rivera 1989)	23
4.- Clasificación de Clima (1953-1984)	65
5.- Climograma (1953-1984)	66

INDICE DE FIGURAS

	Página
1.- Clasificación de los suelos con problemas de Salinidad, según Villareal, 1972	19
2.- Panorámica parcial del área de estudio	60
3.- Terrenos de cultivos en el área de estudio.....	61
4.- Vegetación predominante en el área de estudio,.....	61
5.- Perfil representativo de la serie Centenario	73
6.- Panorámica alrededor del pozo agrológico No. 1	74
7.- Levantamiento de datos, serie Centenario	74
8.- Perfil de suelo serie Centenario	75
9.- Panorámica representativa de la Serie Centenario salino sódico	78
10.- Perfil de la Serie Centenario Salino Sódico	79
11.- Perfil representativo de la serie Centenario salino sódico	79

INDICE DE ANEXOS

	Página
1.- Analisis físico-químico de los suelos (pozos agrológicos)	89
2.- Analisis físico-químico de los suelos (sondeos del área de estudio)	95
3.- Analisis físico-químico de Aguas Subterráneas (pozos del área en estudio).....	113
4.- Analisis físico-químico-bacteriológico de aguas residuales con que se riega el área en estudio	114
5.- Plano de Clasificación de los suelos para fines de riego	115
6.- Plano de uso actual del suelo	116
7.- Plano de series de suelos	117
8.- Clasificación de aguas para fines de riego, según L. Wilcot	118
9.- Factores y parámetros para la clasificación agrícola de suelos	119

10.- Tablas para el cálculo de PSI tomando en cuenta la Relación de Adsorción de Sodio	120
11.- Diagrama para la determinación de porosidad para aereación efectiva de Briggs y Shantz	123

ESTUDIO AGROLOGICO SEMIDETALLADO DE LA UNIDAD DE RIEGO AGUAS
NEGRAS, VALLE DE LA PAZ (EJIDO CENTENARIO).

I.- INTRODUCCION.

En los últimos años, la ciudad de La Paz ha tenido un mayor crecimiento poblacional y económico. En la actualidad cuenta con 140 000 habitantes que generan una demanda de agua para el consumo doméstico y agropecuario aunado a esto, se tiene un mayor volumen de desecho de aguas negras.

La zona se caracteriza por las bajas precipitaciones y la escasez de agua superficial, siendo la única fuente de abastecimiento el agua subterránea del manto acuífero, es por esto que se ha venido originando una sobreexplotación del mismo.

En estudios efectuados por la Comisión Nacional del Agua en el Valle de La Paz, se reporta que la extracción total anual es de 32'000,000 m³ a la recarga natural de 30'000,000, ocasionando el grave problema de la intrusión salina.

La zona de riego de aguas negras está compuesta por una planta de bombeo, que toma las aguas residuales de la ciudad de La Paz, conducidas a cuatro lagunas de oxidación, para pasar al cárcamo de bombeo, de ahí es conducida por medio de un sifón a la zona de riego utilizando para ello 2 motores eléctricos, su distribución se hace por gravedad mediante canales revestidos y de

Las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes: En base a los datos de campo y los resultados de los análisis físico-químicos practicados a los suelos, no presentan limitantes para fines de riego, ya que llevándolos a cabo las prácticas normales de laboreo, se pueden obtener cosechas de altos rendimientos en los cultivos adaptados a la zona.

Para 1983, se observó que el crecimiento de la población tenía un incremento acelerado, y con ello se generaba una demanda mayor de agua para el uso doméstico y agropecuario. Aunado a esto se tenía el incremento de agua de desecho que iba a dar a la bahía, contribuyendo a la contaminación y daño ecológico de la misma.

Con el fin de darle un uso productivo a las aguas residuales y evitar las descargas de estas aguas al mar para no dañar la ecología se diseñó la zona de riego de aguas negras Valle de La Paz para ubicarla en los Ejidos Centenario y Chametla. Para este fin se levantó un estudio agrológico semidetallado en una superficie de 32,378.00 ha. resultando lo siguiente:

clase	superficie ha.	%
1	15 695.50	48.47
2	7 395.00	22.84
3	3 232.00	9.98
4	3 727.00	11.52
6	2 329.00	7.19

Total 32 378.00 100.00

NOTA: De este estudio únicamente se encontró el plano agrológico.

1:2.- OBJETIVOS.

El presente estudio tiene como finalidad determinar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos para que sirvan como base para la elaboración de un plano agrológico de series y clases agrícolas de suelos, que puedan utilizarse para conocer la localización, distribución y superficie que corresponde a cada una y con ello determinar las zonas aptas para el desarrollo de cultivos, así como los cultivos a establecer.

Destinar el acuífero con fines de abastecimiento de agua potable, tratando de no sobreexplotarlo, además de evitar la descarga de aguas negras al mar y utilizarlas previo tratamiento para la agricultura.

CATEGORIA DEL ESTUDIO.

El presente estudio agrológico fué desarrollado con una categoría de semidetallado.

II.- REVISION DE LITERATURA

II:1.- Generalidades

Durante más de medio siglo, en nuestro país se ha realizado un gran esfuerzo por realizar una serie de proyectos de riego con el fin de eliminar la aleatoriedad de las precipitaciones pluviales o de suplir su ausencia en las áreas de producción agrícola. Cuando las condiciones fisiográficas de la región lo permiten, ejecutando obras de almacenamiento, derivación, de alumbramiento y de conducción de agua, que proporcionen cierta seguridad en la obtención de productos agrícolas.

Sin embargo, la disponibilidad del volumen de agua, es apenas una condición de los factores de la producción y que corresponde al personal que opera y administra las áreas de riego, encontrar las relaciones entre el riego, el suelo y las plantas, a través del conocimiento de la composición del agua, del método de riego adecuado, de los procesos de formación del suelo y la influencia de sus propiedades físicas y químicas sobre los cultivos que se establezcan (D.G.U.D. y R. 1978)

Para lograr lo anterior se establecen programas de trabajo denominados genéricamente "estudios" que buscan caracterizar cualitativa y cuantitativamente algunos de los factores que participan en la producción agrícola, utilizando tecnologías determinadas previamente mediante la investigación y adaptación al área de

estudio.

11.2.- Tipos de Estudios Agrológicos

Los estudios más comúnmente realizados en las áreas bajo riego son los agrológicos, con la finalidad de clasificar los suelos; y los de salinidad y drenaje cuando estos constituyen un impedimento serio para un buen desarrollo de los cultivos.

La realización de estudios agrológicos, se llevan a cabo de acuerdo a las necesidades en las siguientes categorías:

Reconocimiento

Semidetallado

Detallado

Especial

Estos estudios son básicos para los técnicos encargados de la planeación de los proyectos de grande y pequeña irrigación, así como para los que construyen y operan los sistemas de riego, ya que proporciona información sobre algunos aspectos importantes, tales como los siguientes:

- 1.- Clasificación de suelos en series, tipos y fases.
- 2.- Clasificación de suelos para uso agrícola bajo riego (clase 1-6).
- 3.- Programas de cultivos en base a la relación suelo-agua-planta-clima.
- 4.- Necesidades de nivelación de tierras.

II.2.2.- Estudio Agrológico Semidetallado

Este estudio se realiza en áreas previamente reconocidas como interesantes para un proyecto de riego. Su finalidad es la de obtener una información más precisa sobre la calidad, superficie y distribución de los suelos, con objeto de determinar si se justifica la realización del proyecto de irrigación.

Sirve de base para el anteproyecto de una obra de irrigación, ya que permite calcular las necesidades globales de agua de acuerdo a los cultivos que se pretenden establecer, tomando en cuenta la capacidad de uso de los suelos. Por otra parte determina el manejo que se debe dar a los suelos y la producción agrícola que se pretende obtener.

II.2.3.- Estudio Agrológico Detallado.

La finalidad de este estudio, es determinar con la mayor precisión posible las características generales, físicas, químicas, biológicas e hidrodinámicas de los suelos, de tal manera que se pueden planear con base en esta información una agricultura bajo riego debidamente tecnificada.

Sirve además, para determinar la capacidad de uso y manejo de suelos, lo cual es muy importante en las fases de construcción, operación y conservación de los sistemas de drenaje agrícola necesario.

II.2.4.- Estudios Agrológicos Especiales.

Durante la planeación de un proyecto o bien durante el desarrollo de un distrito de riego ya en operación, se puede presentar la necesidad de efectuar estudios agrológicos especiales para definir la solución más apropiada de un problema sepecifico de los suelos.

Un estudio para identificar las necesidades de recuperación o rehabilitación de suelos afectados por salinidad y drenaje consta de un reconocimiento preliminar, investigaciones detalladas de campo y posteriormente verificaciones por medio de análisisde laboratorio de los resultados obtenidos, así como de la evaluación de las prácticas correctivas utilizadas (Gavande, 1987).

De acuerdo con De La Peña (1982) en forma natural todos los suelos agrícolas contienen sales, condición que guardan también las aguas, las cuales son utilizadas por las plantas como nutrientes, aún cuando su uso sea selectivo y preferente. Sin embargo, estas sales pueden llegar a dañar plantas y animales cuando su contenido y forma en que se encuentran exceden de ciertos límites llegando a manifestarse estos daños tanto en el desarrollo como en los rendimientos.

Para planear las acciones de rehabilitación de suelos afectado por sales, es conveniente contar con la siguiente infor-

mación general:

- 1.- Descripción de las series agrológicas de suelos y su distribución.
- 2.- Condiciones actuales de ensalitramiento, su intensidad y composición.
- 3.- Planos de niveles freáticos (isobatas e isochipsas).
- 4.- Planos topográficos.

Lo que nos permitirá elaborar un diagnóstico que será la base para el establecimiento del proyecto de rehabilitación y explotación de suelos ensalitrados, tomando acciones encaminadas a combatir las causas del ensalitramiento y posteriormente los efectos que produce este. Ya que eliminar los primeros no significa suprimir los efectos ya causados (DGDYUR, 1978).

Deben seleccionarse además los cultivos a establecerse de acuerdo a su tolerancia a la salinidad, asegurándose de que se proporcionen buenas condiciones para su emergencia. Cuando sea necesario deberán aplicarse mejoradores químicos que remuevan eficientemente el sodio involucrado en el complejo de intercambio (Manual 60, 1954).

Sin embargo, es muy común que los problemas de desarrollo de los cultivos sean atribuidos en su gran mayoría a problemas de suelos, y específicamente a la acumulación de sales solubles en el perfil del suelo, es por ello que en los estudios preliminares debe tenerse extremo cuidado en el muestreo y análisis

de los mismos, para delimitar la causa del detrimento de los cultivos, de encontrarse altas concentraciones de sales solubles en el perfil, o en el agua de riego, es en ese momento que deberán continuarse los estudios con mayor detalle, ya que la inversión en tiempo y dinero en estos casos son muy elevados.

Es extremadamente importante que en los estudios se delimita correctamente el tipo de problema de ensalitramiento que se haya encontrado, de tal manera que no se confundan los términos ensalitramiento, salinidad o sodicidad, ya que en cada caso es totalmente diferente el tratamiento correctivo a emprender.

Lo anterior se enuncia en virtud de que es muy común que en los casos de suelos salinos (con problemas de sales solubles únicamente) en su tratamiento se aconseje el uso de mejoradores de suelos, siendo esto una práctica errónea, de igual manera en los casos de Suelos Salino-Sódicos hay ocasiones que se recomienda el lavado de suelos en forma inmediata, llegando en ciertas ocasiones a acrecentar el problema en lugar de corregirlo. El error está en ocasiones en la omisión sobre la tipificación exacta del problema de ensalitramiento, concretándose en muchos de los casos a describir el problema como ensalitramiento en general, sin especificar que tipo de ensalitramiento, es decir, si es Salino, Sódico o Salino-Sódico (Fenech, 1990).

II.3.- Origen de las Sales del Suelo

La fuente original de donde provienen las sales del suelo y del agua, son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas que constituyen la corteza terrestre.

La formación de las sales se realiza mediante el proceso de intemperización (hidrólisis-solución-oxidación y carbonatación y en ciertas ocasiones precipitación) de las rocas donde se liberan los minerales que a la postre constituyen los suelos (Manual 60, 1954).

En los climas húmedos generalmente estas sales son extraídas del suelo y llevadas al mar por las aguas subterráneas. En los climas áridos y semiáridos, se pueden acumular las sales en un horizonte inferior del suelo o transportarse a una área de drenaje, o que el agua se evapore y las sales se acumulen. Aproximadamente el 25% de la superficie de la tierra es suficientemente árida como para que sean comunes las acumulaciones de sales.

Algunas de las sales solubles encontradas en los climas secos pueden también haber tenido su origen en depósitos secundarios (lagos o mares antiguos en épocas geológicas remotas). Muchos de los depósitos de hoy contienen cantidades importantes de sales y estas contribuyen a la acumulación de sales en las extensiones locales (Thorne y Peterson, 1969).

II.4.- Estado en que se encuentran las sales en el Suelo

Las sales en el suelo se encuentran:

a).- Asociadas.- Formando compuestos, se presentan por combinación de los iones más comunes y abundantes, como son: NaCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄, etc.

b).- Disociadas.- Como iones, pudiendo ser iones positivos o negativos (cationes o aniones), pudiéndose encontrar en tres diferentes disposiciones, formando el medio iónico:

1.- Iones solubles.- En la solución del suelo

2.- Iones hidratados.- A presión en las arcillas

3.- Iones intercambiables.- Adsorbidos en el complejo de intercambio.

Los iones más comunes son:

<u>Aniones:</u>	<u>Cationes:</u>
Cloruros (Cl ⁻)	Calcio (Ca ⁺⁺)
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	Magnesio (Mg ⁺⁺)
Carbonatos (CO ₃ ⁼)	Sodio (Na ⁺)
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	Potasio (K ⁺)
Nitratos (NO ₃ ⁻)	Hierro (Fe ⁺⁺⁺)
Silicatos (SiO ₂ ⁼)	Boro (B ⁺⁺⁺)

Los cationes y aniones más abundantes son: Calcio, Magnesio, y Sodio; Cloruros y sulfatos y en menor cantidad carbonatos,

respectivamente.

Los iones de bicarbonatos se forman como consecuencia del anhídrido carbónico (CO_2) soluble en el agua, el cual puede ser de origen atmosférico o biológico; el agua que lo contiene es un agente químico intemperizante que libera cantidades apreciables de cationes en forma de bicarbonatos. Los iones carbonatos y bicarbonatos está relacionados entre si, y la cantidad que hay de cada uno es una función del pH de la solución, presentándose mayor cantidad de iones carbonato en valores de pH 8.5 a mayores de 8.5.

II.5.- Formación de suelos con alto contenido de sales

De acuerdo con Valenzuela (1972), citado por De la Peña, los suelos de altos contenidos de sales tiene dos orígenes fundamentales:

1.- Natural:

a.- IN-SITU.- los que se forman por descomposición de las rocas en el mismo lugar donde yacen. Aunque estas sean las principales fuentes de sales solubles, la salinización casi nunca se presenta in-situ.

b).- EN CUENCAS CERRADAS.- A estos lugares van las aguas de lluvia o arroyos que llevan las sales solubles, al evaporarse el agua, las sales quedan sobre la superficie del suelo y en su perfil, al repetirse el fenómeno, dicha acumulación puede

ser incrementada si los suelos de dicha cuenca no cuenta con drenaje natural o artificial.

c).- MARINAS.- De este origen se conocen cuatro variantes:

c:1.- Geológico.- En donde el material original está constituido por depósitos marinos.

c:2.- Costero.- En donde las aguas del mar con un alto contenido de sales solubles invaden o inundan las zonas de bajo nivel (marismas).

c:3.- De fenómenos meteorológicos.- Son los acarrees y depositaciones de aguas de mar por vientos, brisas, ciclones, etc.

c:4.- Por Intrusión.- Es en donde el avance de las aguas de mar se realiza a través de las capas del subsuelo, mezclándose con las aguas subterráneas de baja concentración salina.

2.- Inducida: El origen de estas sales obedece al inadecuado manejo que el hombre hace de los recursos suelo y agua en un afán de producir más, provocando como consecuencia el ensalitramiento de las zonas agrícolas bajo riego.

Aceves (1981), cita entre las causas del ensalitramiento en forma inducida:

Infiltraciones en canales de riego.

Uso excesivo de volúmenes de riego.

Intrusión de aguas salinas por abatimiento de niveles en los acuíferos, debido a excesos de bombeo.

Empleo de aguas de mala calidad.

Deficiente manejo del agua de riego, y

Dosis excesivas de fertilizantes.

II.6.- Proceso de salinización y factores que lo favorecen.

La acumulación de sales solubles en la zona radicular de las plantas puede ser producida por las aguas de riego o provenir de las aguas freáticas. Se presentan en donde las aportaciones por filtración en el canal, presas y aguas de sobre-riego tienden a elevar el manto freático acercándolo a la superficie, condición que permite que la evaporación al eliminar la humedad superficial eleve por capilaridad las aguas del manto freático, dejando depositadas las sales solubles en la superficie del suelo, las cuales tiende a aumentar de concentración al repetirse el fenómeno evaporación, concentración, ascenso capilar.

En ocasiones la deficiencia natural de drenaje interno, es la causa principal del ensalitramiento, máxime cuando se está aunado a un manejo deficiente de riegos. La baja permeabilidad de los suelos puede deberse a texturas o estructuras desfavorables o a la presencia de estratos endurecidos de suelos.

Los factores que favorecen la salinización son:

a).- Empleo de aguas de mala calidad:- El uso de

aguas de este tipo aceleran el proceso de acumulación de sales solubles en el perfil, especialmente en la superficie.

b).- Mal drenaje o drenaje impedido.- Si la permeabilidad es baja por causa de capas endurecidas o cementadas, favorecen la formación de mantos freáticos elevados.

c).- Aguas freáticas superficiales.- Cuando estas aguas son estáticas y con alto contenido salino, se favorece el proceso de salinización por el fenómeno de ascenso capilar y deposición o acumulación de sales solubles en el perfil del suelo.

d).- El clima.- La alta evaporación y las bajas precipitaciones evitan el lavado natural de las sales solubles y en consecuencia aumentan la concentración de las mismas en el suelo.

e).- La Topografía.- La topografía accidentada y las variaciones geológicas y edáficas, facilitan la formación de acuíferos y represamientos superficiales que incrementan el proceso de salinización.

Cuadro 1.- Clasificación de Suelos Sódicos según su contenido de Sodio Intercambiable (PSI).

Clase	PSI	Producción de los Cultivos en %
Ligeramente sódicos	7 - 15	80 - 60
Medianamente sódicos	15 - 20	60 - 40
Fuertemente sódicos	20 - 30	40 - 60
Extremadamente sódicos	> 30	< 20

Fuente: Aceves N. 1981

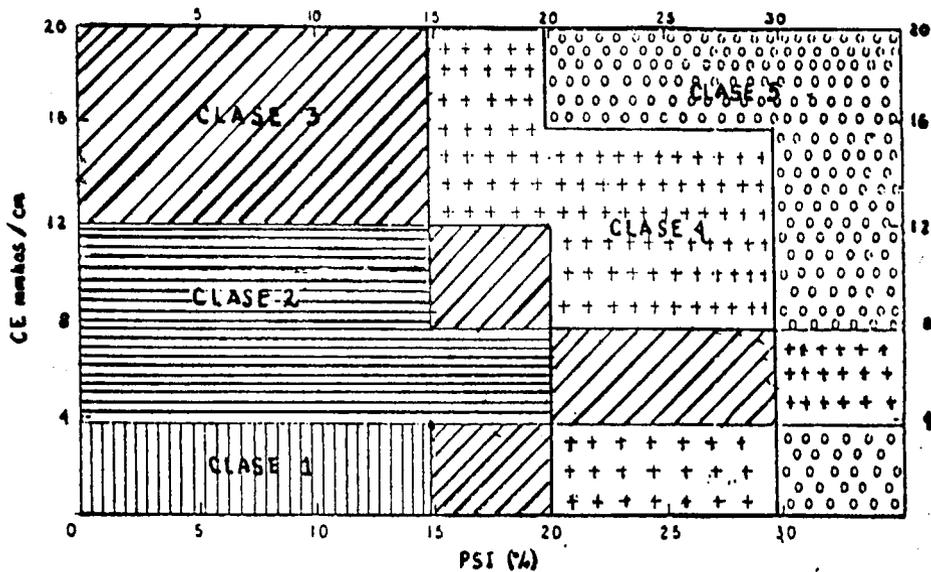


Figura 1.- Clasificación de los suelos con problemas de salinidad según Villarreal, 1972

Cuadro 2.- Clasificación de los suelos con problemas de sales y/o Porcentaje de Sodio Intercambiable

PSI 15	Suelos sódicos pH de 8.5 a 10	Suelos salino-sódicos pH < 8.5
	Suelos sin problemas de Sales pH 6.5 a 8.4	Suelos Salinos pH < 8.5
	4	
	CE x 10 ³ cm a 25°C	

II.7.- Clasificación de los Suelos Ensalitrados y sus características.

Díaz (1986), menciona que existen varias clasificaciones de suelos con problemas de sales, cada una con ventajas e inconvenientes, las tres clasificaciones más importantes son la rusa, francesa y americana.

La clasificación americana utiliza fundamentalmente dos parámetros para caracterizar a los suelos: La Conductividad Eléctrica del extracto de saturación (C.E.) y el Porcentaje de Sodio Intercambiable (P.S.I.). La Conductividad Eléctrica indica los

efectos de la salinidad sobre las plantas. El P.S.I., es un índice de los efectos del Sodio sobre las propiedades del suelo.

Con la combinación de ellos se forman cuatro grupos:

- a).- Suelos sin problemas de ensalitramiento.
- b).- Suelos Salinos no sódico.
- c).- Suelos Salino Sódicos.
- d).- Suelos Sódico no salino.

a).- Suelos sin problemas de Ensalitramiento (normales).- Llamados así aquellos suelos que no presentan problemas al desarrollo de las plantas por sus concentración de sales en el perfil. Se identifican por la que la Conductividad Eléctrica de su extracto de saturación es menor a los 4 milimhos/centímetro a 25°C y el Porcentaje de Sodio Intercambiable es menor a 15; aunque no es un regla estricta, estos suelos suelen tener un pH que oscila de 6.5 a 7.5, sin embargo, las variaciones del pH pueden deberse a diferentes causas independiente a la concentraciones de sales solubles en el perfil o a su Porcentaje de Sodio Intercambiable.

Se hace necesario hacer la observación que una práctica errónea muy común es el estimar el grado de ensalitramiento de un suelo por medio del valor del pH exclusivamente, es decir, esto no es posible ni debe de tomarse como una medida de ensalitramiento el valor del pH, ya que este valor depende de la concentración de iones Hidrógeno o Hidróxidos presente en la solución

del suelo y en ningún momento de la concentración de los otros iones en dicha solución.

b).- Suelos Salinos no Sódicos.- Llamados también salinos, son aquellos cuyo contenido de sales solubles en el perfil alteran negativamente el desarrollo de las plantas y/o su fisiología. Se categorizan por que la Conductividad Eléctrica del Extracto de Saturación presenta valores mayores a 4.0 milimhos sobre centímetro a 25°C y el Porcentaje de Sodio Intercambiable es menor a 15; el valor del pH oscila en 7.0 a 8.5, pero este valor no es paramétrico ni distintivo de los suelos con problemas de sales solubles.

Cuando el contenido de sales solubles es alto, estos suelos suelen presentar las siguientes características: Formación de una costra blanquesina sobre la superficie del suelo, a la que algunos autores llaman "Alcali blanco"; una excelente floculación, por lo que no tiene problemas de aereación, permeabilidad, penetrabilidad, etc. Los aniones más comunes son Cloruros y Sulfatos y en muy raras ocasiones bicarbonatos o carbonatos. Los cationes más comunes son el Calcio y el Magnesio y en menor grado el Sodio y el Potasio. En ocasiones se reporta la presencia de Yeso (Sulfato de Calcio).

El efecto negativo de que estos suelos provocan a las plantas cultivadas, es la competencia por el agua, es decir, que las sales solubles que se encuentran en el perfil del suelo, al

entrar en contacto con el agua se disuelven hasta la ionización, reteniendo de esta forma a las moléculas de agua con una fuerza superior a la fuerza de absorción que realizan las plantas, en consecuencia, las plantas muestran generalmente daños por sequía, dicha sequía se le denomina "sequía fisiológica" ya que el suelo contiene agua suficiente para que los cultivos desarrollen normalmente, pero las plantas muestran efectos de limitante de agua.

Cuadro 3.- Efecto de la salinidad del suelo sobre el rendimiento de los cultivos. Rivera (1989).

<u>Clase de Salinidad</u>	<u>C.E.*</u>	<u>Descripción</u>
Ligeramente salinos	2 - 4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles
Medianamente salinos	4 - 8	Rendimientos restringidos en la mayoría de los cultivos
Fuertemente Salinos	8 - 16	Rendimientos satisfactorios sólo en cultivos tolerantes
Extremadamente salinos	> 16	Muy pocos cultivos con rendimientos satisfactorios.

*.- C.E. en mmhos/cm a 25°C

Tomado de: Seminarios Técnicos CENID-RASPA, 1989

c).- Suelos Salino-Sódicos.- Estos suelos son el resultado de la conjunción de los procesos de salinización y acumulación

de Sodio en el perfil del suelo. Generalmente cuando presentan un exceso de sales solubles las propiedades físicas son similares a las de los suelos salinos, es decir, se mantienen floculados y en consecuencia no hay compactación, rara vez el valor del pH es superior a 8.5. Las características de estos suelos son: La Conductividad Eléctrica es mayor de 4.0 milimhos sobre centímetro a 25° C y el Porcentaje de Sodio Intercambiable mayor a 15; Estas dos características deben cumplirse para poder categorizar a un suelo de este tipo, ninguna de las dos es excluyente.

Morfológicamente son muy similares a los suelos salinos, aunque cuando existen valores muy superiores presentan manchados o moteados en la superficie, si el excedente es de sales, el manchado será blanquesino; si el excedente es de Sodio, los lunares tendrán aspecto de humedad o de superficie aceitosa contrastante, es decir, de apariencia oscura.

En estos suelos siempre existe una fuerte actividad química y física, ambas dependen de la concentración de los diversos iones presente en el suelo y de los regimenes hidricos estacionales que se presenten, de tal manera que la concentración salina disminuye debido a fuertes lluvias o a riegos frecuentes o de láminas "pesadas", provocando con ello una dispersión del suelo, dado que el Sodio existente en el complejo de intercambio tiende a hidrolizarse formando Hidróxido de Sodio, el cual reacciona con el Bióxido de carbono presente para formar Carbonato de Calcio, liberando iones hidroxilo que hacen elevar fuertemente el pH de ese suelo.

Si las condiciones de humedecimiento no son tan elevadas es posible que la presencia de Sulfato de calcio (Yeso) en el suelo permita liberar al Sodio del complejo de intercambio, formando Sulfato de Sodio el cual es precipitado hacia estratos inferiores, transformando al suelo salino-sódico en salino.

d).- Suelos Sódicos no salinos. - Estos suelos son el producto de la desalinización de los anteriores, es decir, son suelos cuyo Porcentaje de Sodio Intercambiable es superior al 15%, la conductividad eléctrica se encuentra por abajo de 4.0 milimhos sobre centímetro (bajo contenido de sales solubles), de tal manera que el porcentaje de sodio en el complejo de intercambio les imprime propiedades físicas características como son la dispersión de los coloides que a su vez trae como consecuencias una reducción severa en la porosidad, aireación, permeabilidad con aumento en compactación que impiden el correcto crecimiento de las plantas.

La reducción de la porosidad de los suelos sódicos se debe al efecto dispersante del ión sodio el cual tiende a hidratarse fuertemente y ejercer su efecto en la doble capa difusa, sumándose a ello la acción del ácido carbónico sobre los silicatos hidratados, que a su vez originan silicatos coloidales, lo que produce que los suelos se mantengan defloculados y no logren formar agregados porosos.

Una de las propiedades físicas distintivas de los sue-

los sódicos en su perfil es el arreglo de su estructura, la cual clásicamente sobre el horizonte A, el suelo se encuentra disperso formando una capa de "talco" que puede tener coloraciones muy claras o negruscas, en el horizonte A su estructura es laminar y en forma brusca se delimita con el horizonte B en donde la estructura es columnar, estas columnas son de paredes lisas lustrosas de puntas redondeadas y pueden alcanzar una longitud de 35 centímetros.

Una de las características químicas que se observa es la elevación del pH, el cual puede ser desde 8.2 hasta 10; debido a la ionización del hidróxido de sodio existente en la fase soluble del suelo, sin embargo, esta no es una propiedad distintiva de los suelos sódicos, ya que la elevación del pH puede darse también en suelos no sódicos, por lo que se considera una característica y no una propiedad distintiva.

Aceves (1981), propone una clasificación de los suelos sódicos, la cual agrupa a 4 tipos de suelos: Ligeramente sódicos, medianamente sódicos, fuertemente sódicos y extremadamente sódicos, misma que aparece en el cuadro 1. Cita de igual manera que los suelos con problemas de ensalitramiento se han clasificado en clases de acuerdo a su posible disminución en las cosechas, de manera que pueden tenerse 5 clases, en las cuales la clase 1 está constituida por suelos que no se ven afectados por sales en su rendimiento; la clase 2 está formada por suelos ligeramente afectados en salinidad en donde el rendimiento puede ver-

se disminuido hasta en un 20% y cuya recuperación con pequeñas inversiones pueden llevarse a la clase 1; la clase 3 está integrada por suelos cuya afectación en el rendimiento es de un 20% hasta un 50% y se requieren de inversiones importantes para llevarlos a la clase 2 ó 1; la clase 4 se integran los suelos que pueden considerarse que la afectación por ensalitramiento es tal que es incosteable su recuperación y la disminución en el rendimiento comparado con un suelo normal puede oscilar de un 50 a 75%; por último la clase 5 está formada por los suelos afectados por ensalitramiento que son improductivos y su recuperación no es recomendable por incosteable.

II:8.- METODOS DE RECUPERACION DE LOS SUELOS ENSALITRADOS

Introducción.- Existen muchas y diversas opiniones en cuanto a los métodos de recuperación de los suelos ensalitrados, mismas que en ocasiones son contradictorias unas con otras, sin embargo, en este apartado mencionaremos aquellas que tiene una mayor aceptación en nuestro país, no por ello debe considerarse que son las únicas o las más exactas, ya que por una parte la evolución de la ciencia es más rápida que la publicación de los resultados y por otra la adopción de técnicas mejoradas en el medio agronómico es de las tareas más difícil a que se enfrenta el investigador.

Cabe señalar que en muchas de las ocasiones para los suelos salinos no sódicos, se recomienda la aplicación de mejo-

radores de suelos (productos químicos a base de Calcio), siendo esta una práctica totalmente errónea, pues dichos productos sólo son efectivos en la remoción del Sodio y nunca en la de las sales solubles, de igual manera a los suelos sódicos se recomienda el lavado de los mismos siendo esta una práctica totalmente equivocada, pues lavarán las escasas sales solubles que el suelo contenga, complicando con ello la recuperación de ese suelo, ya que de inmediato se volverán en extremo compacto, impermeable e intrabajable. En consecuencia, se han separado las técnicas recuperativas en dos grandes ramas, a).- los métodos hidrotécnicos, y b).- los métodos químicos.

a).- Métodos Hidrotécnicos.- Dentro de este tema se puede discutir un gran número de conceptos relativos a la salinidad de los suelos, tales como: balance de sales, requerimiento de lavados, láminas de sobrieriego, láminas de lavado, sistemas de drenaje, sistemas colectores, flujos horizontales, flujos verticales, desplazamiento misible, solubilidad, predicciones de ensalitramiento, medidas de control, etc. de tal manera que se haría necesario la elaboración de un tratado que aborde la totalidad de los temas, situación que nos vemos limitados.

Sin embargo, con el objeto de fijar el concepto enunciaremos los principios fundamentales de los métodos hidrotécnicos, los cuales, tal como su nombre lo indican se basan en el empleo del agua para mejorar las condiciones del suelo para el desarrollo de las plantas.

En la mayoría de los casos el ensalitramiento de los suelos agrícolas viene acompañado del manejo del agua de riego, es decir, el agua es el vehículo fundamental del acarreo y deposición de las sales solubles en el perfil del suelo, y es lógico pensar que el agua también es el único medio que permite la desalinización de los suelos, es decir, también es el vehículo de salida de las sales, lo que implica que su utilización es de relevante importancia en la recuperación de los suelos ensalitrados.

Por lo expuesto, se han hecho muchos experimentos tendientes a obtener los mejores resultados en el óptimo manejo de las sales para eliminar las sales del suelo. En forma resumida se presenta las ecuaciones más comúnmente utilizadas por los Distritos de Riego de nuestro país, sin que por ello sean las únicas o las mejores.

La ecuación de Volouvyev es muy utilizada ya que considera como valor fijo la profundidad del suelo en 100 centímetros, ha dado buenos resultados, pero no considera la conductividad eléctrica del agua de lavado, sino el contenido de cloruros y la textura. La ecuación es la siguiente:

$$L = \alpha \log (S_i/S_o) \quad \text{ó bien} \quad L = \alpha \log (CE_i/CE_f)$$

De donde:

L.- Lámina de lavado en cm hasta 100 cm de profundidad.

- Si.- Contenido inicial de sales en el suelo en %
- So.- Contenido de sales del suelo de acuerdo a la tolerancia.
- α .- Coeficiente que depende del tipo de salinidad y la textura (valor de tabla).
- CEi.-Conductividad Eléctrica del suelo inicialmente.
- CEf.-Conductividad Eléctrica del suelo permisible.

Contenido de cloruros en % con respecto a aniones				
TEXTURA	60 a 40	40 a 20	20 a 10	< de 10
Pesada	122	132	142	178
Media	92	102	112	148
Ligera	62	72	82	118

A fin de ilustrar el uso de la ecuación de Volouvyev consideremos un ejemplo hipotético con los siguientes valores: Textura Arcillosa; Conductividad Eléctrica del Suelo problema 80 mmhos/cm; Conductividad Eléctrica a la que se desea llevar el suelo en el lavado 4 mmhos/cm; Cloruros = 42%.

$$L = \alpha \log(CEi/CEf);$$

$$L = (122) \log (80/4)$$

$$L = 122 (\log 20) = (122) (1.301) = 158.73 \text{ cm}$$

$$L = 158.73 \text{ cm.}$$

Otra ecuación que recientemente se viene utilizando es

la propuesta por el Dr. Aceves, el cual la obtuvo en sus trabajos de investigación en los suelos del exlago de Texcoco y se presenta de la siguiente manera:

$$L = 9.00 (P)^{0.75} (70 - CEr / CEi - CEr)^{0.5} \log (CEi / CEf)$$

De donde:

L.- Lámina de agua requerida en el lavado en cm.

P.- Profundidad del suelo por lavar.

CEr.- Conductividad Eléctrica del agua de lavado.

CEi.- Conductividad Eléctrica del suelo por lavar.

CEf.- Conductividad Eléctrica del suelo permisible.

Tomando los valores del ejemplo anterior, pero con una Conductividad Eléctrica del agua de lavado de 0.35 mmhos/cm los cálculos serían:

$$L = 9(100)^{0.75} (70 - 0.35/80 - 0.35)^{0.5} \log (80/4)$$

$$L = 9(31.62) (69.65/79.65)^{0.5} (\log 20)$$

$$L = (284.6) (0.9605) (1.30)$$

$$L = 355.372 \text{ cm}$$

En esta ecuación se desprecia el factor suelo, es decir, que la lámina de lavado supuestamente opera igual para un suelo arenoso que para un suelo limoso o arcilloso; situación que difícilmente es aceptable.

Como se menciona al principio, existen muchas otras ecuaciones

ciones que sería demasiado extenso exponer en esta revisión de literatura, por lo que se desprende que no existe una ecuación única que responda a todos los tipos de suelos, climas y aguas, por lo que se recomienda que se ensayen métodos empíricos en cada zona en estudio para determinar que tipo de ecuación se ajusta a los valores de campo.

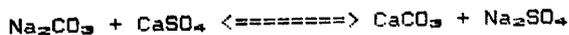
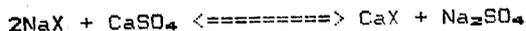
b).- Métodos Químicos.- Estos métodos se basa en la adición de sustancias y/o compuestos químicos al suelo llamados mejoradores, correctores, enmendantes, etc. y cuyo objetivo es proveer de Calcio en forma soluble a los suelos con problemas de Sodicidad, neutralizar su pH, reaccionar con el Na_2CO_3 libre en la solución del suelo y reemplazar al Sodio adsorbido en el coloide del suelo.

Este propósito puede lograrse mediante la adición de sales de Calcio o solubilizando con un ácido ó sustancia formadora de ácido, al Calcio existente en el suelo. Lo anterior es porque el Calcio tiene la propiedad de impartir las características y propiedades físicas deseables al suelo para el desarrollo adecuado de los cultivos, en contraposición a los impartidos por el Sodio.

El tipo y cantidad de mejorador que se va a aplicar a un suelo para sustituir al Sodio Intercambiable, dependerá de las características propias del suelo, de la velocidad de sustitución deseada y de las limitaciones económicas.

b:1.- Tipos de Mejoradores de Suelos

b:1:1).- Sales Cálcidas Solubles.- El prototipo de estos mejoradores es el Yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el cual es un mineral que en forma pura contiene el 23.2% de Calcio, 18.6% de Azufre y 20.9% de agua; es el más usado para el mejoramiento de suelos sódicos debido a su bajo costo. La aplicación de yeso a un suelo sódico presupone las siguientes reacciones:



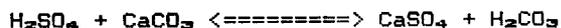
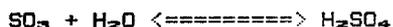
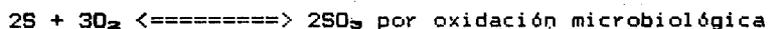
La única desventaja que presenta el yeso como mejorador de suelos consiste en que es una sal de baja solubilidad en agua y requiere de cantidades considerables de ella para alcanzar efectividad.

Cloruro de Calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).- Es una sal cálcica muy soluble y con una alta pureza (95%), es muy eficaz como mejorador, con el inconveniente de su elevado costo que impide en ocasiones su uso a nivel de campo.

Otras sales solubles de Calcio.- Pueden llegar a utilizarse otras sales solubles de Calcio como son: Oxido de Calcio o cal viva (CaO), Calhidra o cal apagada (Ca(OH)_2), Nitrato de Calcio $\text{Ca(NO}_3)_2$, con el fin de aportar calcio soluble al suelo sódico, sin embargo, se debe de tomar muy en cuenta su

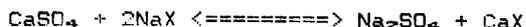
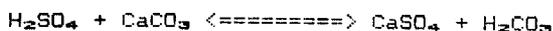
solubilidad.

b:1:2.- Acidos y Formadores de Acidos.- Al igual que el yeso, el Azufre (S) es el mejorador más utilizado dentro de este grupo por su bajo costo; usualmente se aplica en forma elemental, con una pureza que varía del 50 al 99%, generalmente insoluble en agua. Para aplicar Azufre como mejorador a los suelos es imprescindible que en este contenga cuando menos un 3% de Calcio en forma de CaCO_3 con el objeto de que se esperen las siguientes reacciones:

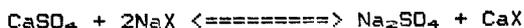
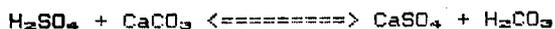
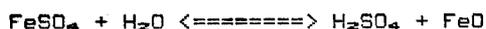


Acido Sulfúrico (H_2SO_4), es otro mejorador empleado con cierta regularidad en el mundo, aunque su precio aparentemente es elevado, en muchas partes ocupa el tercer lugar de costos, después del yeso y el Azufre; es un líquido con una pureza del 93%; altamente corrosivo, por lo que no se recomienda su aplicación en el agua de riego cuando estas son conducidas por tuberías metálicas o canales de concreto a menos que se encuentren revestidos de películas de plástico. Una vez aplicado al suelo reaccio

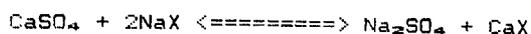
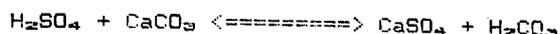
na violentamente con el Carbonato de Calcio formando Yeso, por lo que se presuponen estas reacciones:



Sulfato de Hierro y Aluminio ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). El Sulfato ferroso se obtiene como un sub-producto de la industria minera, es soluble en agua, sólido granular, con alto grado de pureza y su reacción se incrementa en suelos húmedos; contiene 12% de Azufre; cuando reacciona forma Yeso y Oxidos de Hierro. Estos óxidos actúan en el suelo como cementantes y fuente de Hierro soluble para las plantas. Las reacciones esperadas en el suelo en presencia de agua y Carbonato de Calcio son:

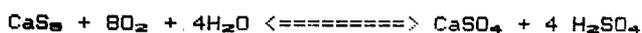


El Sulfato de Aluminio posee propiedades semejantes, con la única diferencia de que es más efectivo que el Sulfato de Hierro para reemplazar al Sodio adsorbido. Las reacciones presupuestas en el suelo en presencia de agua y Carbonato de Calcio son las siguientes:



Es posible que el aluminio en exceso pueda causar fitotoxicidad, por lo que se recomienda no abusar de este producto.

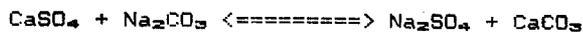
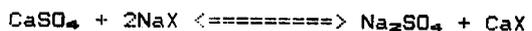
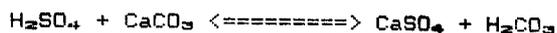
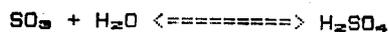
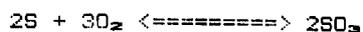
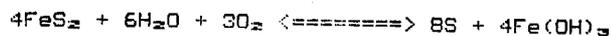
Polisulfuro de Calcio (CaS_8).- Es un líquido café de reacción fuertemente alcalina, de olor nauseabundo, contiene aproximadamente de 23 a 24% de Azufre y 6% de Calcio, dado que su composición es un poco indefinida, es difícil predecir su reacción en el suelo, sin embargo, se estima que el Azufre se precipita en forma elemental y posteriormente se oxida, pudiendo suceder las siguientes reacciones:



Esto implica que pueda usarse en suelos que contengan menos del 2% de CaCO_3 , pero no es muy recomendable en virtud de que el ácido sulfúrico liberado deberá reaccionar con el Calcio o el Magnesio existente en el suelo.

Pirita (FeS_2).- Es un compuesto azufrado que tiene el mismo fin que el de los mejoradores anteriores, formar ácido sulfúrico para que este reaccione con el Carbonato de Calcio del suelo, formar Yeso y por último intercambiar el Sodio por el Calcio

del coloide, las reacciones que se esperan son las siguientes:



b:1:3.- Compuestos Cálcicos de Baja Solubilidad.- Dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) y Caliza (CaCO_3); son compuestos muy semejantes y los más importantes de este grupo; la caliza es el más comunmente utilizado, se obtiene de depósitos naturales. Es de composición química muy variada; de muy baja solubilidad, por lo que su uso se restringe a que cuando el suelo tiene valores de pH inferiores a 7.0 y su contenido de CaCO_3 es menor al 1%. La Dolomita tiene las mismas características que la Caliza, sólo que contiene además de Calcio, Magnesio. Su uso está bajo las limitaciones de la caliza.

b:1:4.- Otro tipo de Mejoradores.- Se encuentran reportes de diversos productos que estan siendo investigados para usarse como mejoradores de suelos, sin, embargo aún no se encuentran disponibles en el mercado, tales productos entre otros:

CRD-186 y CRD-189, llamado también "krillium".- El primero es un Carboxilato de Calcio y el segundo es poliacrilonitrilo hidrolizado de sodio, los cuales al ser mezclados con el suelo, facilitan su agregación, aumentando su porosidad, velocidad de infiltración, aereación, penetrabilidad, etc.

Carbón activado.- Es carbón finamente molido al cual se le prepara para contener varios cationes sobre su superficie en rangos de 800 a 1000 meq/100 gramos de material. Una variante es la presaturación con Hidrógeno, con objeto de que en el intercambio con el Sodio libere Hidrógeno y neutralice el pH; otra variante es la presaturación con Calcio, con excelentes resultados experimentales.

Flotal.- Es una mezcla de Materia Orgánica acidificada y óxidos hidratados de hierro, con resultados promisorios.

c).- Elección del Mejorador.

Como se indicó en párrafos anteriores debe determinarse el tipo de mejorador en función del suelo, es decir, considerar su contenido de CaCO_3 y el valor del pH, así como los factores

tiempo y costo. Para valorar el factor suelo se han agrupado los mejoradores de la siguiente manera:

1.- Suelos que contengan más del 3% de Carbonatos alcalino-térreos y pH mayor de 7.5, aplicar ácidos y formadores de ácidos únicamente.

2.- Suelos sin carbonatos alcalino térreos y pH mayor a 7.5, aplicar sales cálcicas solubles, las cuales pueden ser aplicadas con un ácido o formador de ácido.

3.- Suelos que contienen menos del 3% y pH menor a 7.5, usar sales cálcicas de baja solubilidad.

En función de eficiencia se encontró que el Cloruro de Calcio actúa más rápido que el ácido sulfúrico, y éste, más rápido que el yeso, y posteriormente el Azufre.

En función de costos, dependerá de la zona problema, de la disponibilidad en el mercado, transporte, medios de aplicación, etc.

d).- Cálculo de la cantidad de mejorador por aplicar.

Para calcular la cantidad de mejorador a emplear, así como el tipo del mismo, es necesario conocer las propiedades físicas y químicas del suelos, tales como: CIC, PSI, Da, % de CaCO_3 .

pH y textura; de igual manera se requiere conocer el tipo de cultivo, especie, edad, y profundidad radicular activa; aunque la superficie por mejorar es un dato necesario, generalmente los cálculos se refieren a la dosis por hectárea. Para efecto de determinar la dosis se puede utilizar dos métodos: a).- Método analítico y b).- Método factorizado.

d:1.- Método analítico.- Como su nombre lo indica, se determina analíticamente cada operación paso a paso, siendo estos:

- 1.- Calcular los me de Sodio existente en el suelo y determinar los que serán removidos.
- 2.- Calcular el volúmen de suelo y su masa por ha.
- 3.- Calcular la cantidad de me de Sodio por remover en esa masa de suelo.
- 4.- Seleccionar el mejorador a emplear de acuerdo a las propiedades del químicas del suelo.
- 5.- Calcular los meq del mejorador seleccionado.
- 6.- Con el valor del me gramo del mejorador seleccionado, calcule la cantidad de mejorador a emplear, considerando la regla estequiométrica "un equivalente químico de un compuesto reaccionará con un equivalente químico de otro".
- 7.- Obtenido los gramos de mejorador a emplear, transforme los valores a toneladas por hectárea o a kilogramos por hectárea.

d:2.- Método factorizado.- El Dr. Aceves Navarro siguen

la misma metodología factorial. Los parámetros para permitir las operaciones en forma más rápida y en consecuencia la toma de decisiones. De esta factorización presenta la fórmula:

$$Y = (A) (N) (L)$$

- donde: Y.- Cantidad de mejorador a emplear en Ton/ha.
A.- Me. de Sodio por desplazar en 100 g de suelo.
N.- Valor de 1 me. del mejorador elegido.
L.- Coeficiente suelo (Da x Pr)
Da.- Densidad Aparente.
Pr.- Profundidad radicular o por mejorar.

Aunque los valores aplicados, así como el encontrado son adimensionales, el autor propone que el valor de "Y" (Cantidad de mejorador a emplear) sea expresado en Toneladas por hectárea, refiriendo el citado valor para aplicarse en una hectárea, por lo que se hace necesario recalcular en función de la superficie total para determinar la cantidad total de mejorador a emplear.

Con objeto de ilustrar los cálculos que se emplean para determinar la dosis de mejorador a emplear aplicaremos un ejemplo hipotético en donde asumiendo que el laboratorio de suelos nos entrega un reporte con la siguiente información:

CIC = 40 me/100 g suelo	pH = 8.6
PSI = 20	CaCO ₃ = 4.3%

Da = 1.2 g/cm³

Cultivo = Tomate

Textura = Franco Arcillosa

Edad = Por Establecer

C.E. = 3.2 mmhos/cm

Pr = 30 cm

De acuerdo a los valores establecidos por el USSIDA, este suelo es sódico. Como se observa en los datos reportados no se establece hasta que valor de PSI deberá bajarse la sodicidad, por lo que usando un criterio agronómico, se opta por llevarlo hasta un PSI de 10; enseguida se procede a realizar los cálculos siguiendo primero la metodología analítica antes descrita.

1.- Se calculan los miliequivalentes de Sodio existentes

Si la CIC es de 40 meq/100 g suelo, quiere decir que 40 serán el 100% de los cationes intercambiables, lo que implica que el 20% que está ocupado por sodio es igual a 8 miliequivalentes de sodio intercambiable.

Si se pretende dejar en el suelo un PSI de 10%, ello implica entonces que hay que desplazar 4 miliequivalentes de sodio por cada 100 gramos de suelo.

2.- Se calcula la masa de una hectárea de suelo de la siguiente forma:

Considerando que $Da = m/V$, en donde Da es la densidad aparente, m es la masa y V es el volúmen, despejando se tiene que $m = (Da) (V)$, que aplicado a los valores del suelo sólo falta determinar el volúmen del suelo, el cual se obtiene de multiplicar la superficie por la profundidad, o sea que si se refieren

Fórmula	Elemento	Peso Atómico	No. de Átomos	Total
H_2SO_4	H	1	2	2
	S	32	1	32
	O	16	4	64
				<u>64</u>
			Peso Molecular	98 gramos

Una vez obtenido el peso molecular, se determina el valor del equivalente químico por el principio de valencia, en nuestro caso: el ácido sulfúrico tiene dos valencias reaccionantes, por lo tanto $98 \text{ gramos} / 2 = 49 \text{ gramos}$; obtenido el equivalente químico, éste se divide entre mil para obtener el miliequivalente, con lo que se obtiene que el miliequivalente químico del ácido sulfúrico es 0.049 gramos.

6.- Como se calculó en el punto 3 la cantidad de miliequivalente de Sodio por remover, este valor es la misma cantidad de miliequivalente de mejorador a utilizar por principio estequiométrico, luego entonces:

Si se desean remover $144 (10)^6 \text{ meq de Na}$; se requieren $144 (10)^6$ miliequivalentes de mejorador; es decir que se requieren $144 (10)^6$ miliequivalentes de ácido sulfúrico, entonces:

$$144 (10)^6 \times 0.049 \text{ g de } H_2SO_4 = 7.056 (10)^6 \text{ g de } H_2SO_4$$

$$7.056 (10)^6 \text{ g de } H_2SO_4 = 7.056 \text{ Ton de } H_2SO_4$$

Como los cálculos se refirieron a una hectárea, entonces los valores serán para aplicarse en una hectárea.

Aplicando la factorización propuesta por el Dr. Aceves, los cálculos se reducen en función del tiempo y aparentemente se simplifican, para el caso del ejemplo anterior se tiene:

$$Y = ANL$$

$$A = \text{Miliequivalentes por remover en 100 g de suelo} = 4$$

$$N = \text{Miliequivalente del mejorador a emplear} = 0.049$$

$$L = \text{Factor suelo } (D_a \times P_r) = (1.2 \times 30) = 36$$

$$Y = (4) (0.049) (36) = 7.056$$

$$Y = 7.056 \text{ ton de H}_2\text{SO}_4 \text{ por hectárea}$$

III.- MATERIALES Y METODOS DE TRABAJO

III:1.- Materiales:

Para la apertura de pozos se usaron los siguientes materiales:

Planos topográficos de la zona.

Barrenas.

Picos.

Palas.

Estadal.

Flexómetro.

Cámara fotográfica.

Etiquetas.

Bolsas de polietileno.

Ligas.

Plumones.

Cepillo de alambre.

Espátula.

Instructivo para la descripción de perfiles.

Libreta de campo.

III:2.- Método de Trabajo:

El método de trabajo, comprendió las siguientes actividades:

a) Consulta bibliográfica. Se acudió a la consulta de libros técnicos, folletos, estudios agrológicos locales y foráneos, planos topográficos de la zona.

b) Reconocimiento general del área de estudio. Se hizo un recorrido en la zona, para conocer las vías de acceso además de determinar la ubicación y orientación adecuada de los pozos agrológicos, así como los tiempos de trabajo.

c) Localización de sitios apropiados para la apertura de pozos agrológicos. Con la finalidad de establecer un padrón para cada tipo de suelo localizado en la zona de estudio, se buscó que el sitio elegido fuera representativo y que reuniera las características requeridas, como no estar próximo a caminos, construcciones, drenes, o algo que altere sus propiedades químicas o físicas.

d) Apertura, toma de fotografías de los perfiles del suelo y descripción de perfiles de suelos para identificar series. Las dimensiones de los pozos agrológicos en las categorías de semidetallados fueron de 2 m. de largo por 1 m. de ancho y 1.5 m. de profundidad.

La orientación del perfil se definió de acuerdo a que el lado que se describiera recibiera buena iluminación, y se colocó el material extraído del pozo en las paredes que no se iban a describir.

Una vez terminada la apertura del pozo agrológico, se procedió a limpiar el perfil con el auxilio de un cepillo, se detectaron los horizontes señalando sus límites, sus medidas,

posteriormente se coloca el estadal y se procede a la toma de fotografías del perfil y del panorama.

Ya separados los horizontes se realiza la descripción del perfil con el auxilio del instructivo para la descripción de perfiles de suelo.

El muestreo se realiza posterior a la toma de datos, iniciando por los horizontes inferiores con el fin de no contaminar los superiores.

e) Recolección de muestras de suelo y agua para su análisis físicoquímico.

La muestra se colocó en una bolsa de polietileno, eliminando piedras, gravas y raíces. La cantidad de material por muestra fué de 2 kg. aproximadamente, y finalmente se le colocó una etiqueta que contenía la siguiente información:

- Nombre del estudio.
- Número de pozo.
- Ubicación.
- Profundidad del horizonte.
- Fecha.

Las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio de suelos y aguas de la UABCS para su manejo que implica los siguientes pasos: secado, molienda, tamizado y almacenaje,

para posteriormente hacer las determinaciones físicas, químicas y de fertilidad correspondientes. Los resultados se reportan en los análisis de laboratorio anexos.

III) Determinaciones físicas:

Color del suelo. Para fijar el color se hizo con referencia en la carta de colores Munsell, en seco y en húmedo.

Textura del suelo. Se hizo por el método del hidrómetro de Bouyoucos. Se determinó la clase textural del suelo con ayuda del triángulo de texturas (USDA).

Densidad real. Se usó el método del matraz volumétrico.

Por ciento de saturación. Se determinó con la cantidad de agua consumida al saturar el suelo en relación al peso de suelo seco, tomando como punto de saturación la formación de una fina película de agua sobre la superficie del suelo; para posteriormente por succión, obtener el extracto acuoso, mismo que sirvió para medir la concentración de sales y el pH del mismo extracto.

Porosidad de retención y porosidad de aireación. Para los pozos representativos de la Serie Centenario y Centenario Salino-sódico, se determinaron estas dos propiedades para entender la relación de humedad y de aireación en el suelo (según Briggs y Shantz).

La porosidad de retención o capilar se determinó con la fórmula : $PR = (0.03) (YA) + (0.35) (\%L) + (1.65) (\%R)$

En donde:

PR.- Porosidad de retención

A.- Arena en %

L.- Limo en %

R.- Arcilla en %

La porosidad de aireación efectiva se determinó con un diagrama triangular similar al utilizado para determinar la clase textural del suelo.

Punto de marchitamiento permanente. Se determina por el método de la olla de presión, equilibrada a una presión de 15 bar.

Capacidad de campo. Se usó el método de la olla de presión, usando platos de cerámica a 1/3 de bar, equilibrando la presión a 1/3 de bar.

Determinaciones químicas:

Reacción del suelo (PH). Se determinó con el potenciómetro a partir de una muestra del extracto de saturación.

Materia orgánica. Se utilizó el método de combustión húmeda de Walkley y Black.

Conductividad eléctrica. Se determinó con el conductímetro, a partir de una muestra del extracto de saturación.

Carbonatos. Se usó para la determinación el método de neutralización ácida, por titulación.

Nitrógeno. Se estimó a partir del contenido de materia orgánica, con la fórmula $\% N = \% M.O./20$.

Fósforo. Se utilizó el método de Olsen (azul de molibdeno).

Potasio. Se determinó con el método de Pech.

Calcio + magnesio. Se hizo por el método del versenato utilizando el extracto de saturación de una muestra. Primeramente se obtiene el valor de calcio para después estimarse el de magnesio.

Azufre. Para su determinación fué necesario oxidarlo a sulfato para determinarlo por el método turbidimétrico.

Sodio. - Se calculó indirectamente con la siguiente fórmula:

$$Na = (CE \times 10^6) - (Ca + Mg)$$

RAS (Relación de Adsorción de Sodio). - Se calculó indi-

rectamente por la relación Ca + Mg, con la siguiente ecuación:

$$\text{RAS} = \text{Na} / f((\text{Ca} + \text{Mg})/2)$$

PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable).- Se determinó por las tablas a partir del valor de RAS (se anexan tablas).

f).- Investigación de datos socioeconómicos.

La fuente principal de información fué INEGI, con los más recientes obtenidos en el último censo de población y vivienda de 1990. Además de información recabada en el Distrito de Desarrollo Rural en La Paz, UABCS y en la propia localidad de El Centenario.

g) Delimitación de las clases de suelo y elaboración del plano de clasificación agrícola de suelos.

En base a los resultados obtenidos en el laboratorio se clasificaron las clases de suelos y con ello se procedió a la elaboración de los planos.

h) Redacción y maquinado del informe.

III:4.- Localización del área.

III:4.1 Situación geográfica.

El área de estudio se localiza al norte de la ciudad de La Paz, entre los paralelos $24^{\circ} 06' 00''$ y $24^{\circ} 11' 00''$ de Latitud Norte y los meridianos $110^{\circ} 09' 00''$ y $110^{\circ} 25' 00''$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Se registra una altura sobre el nivel del mar de 9 m.

III:4.2.- Situación política.

El área de estudio pertenece al Estado de Baja California Sur, Municipio de La Paz, Subdelegación El Centenario.

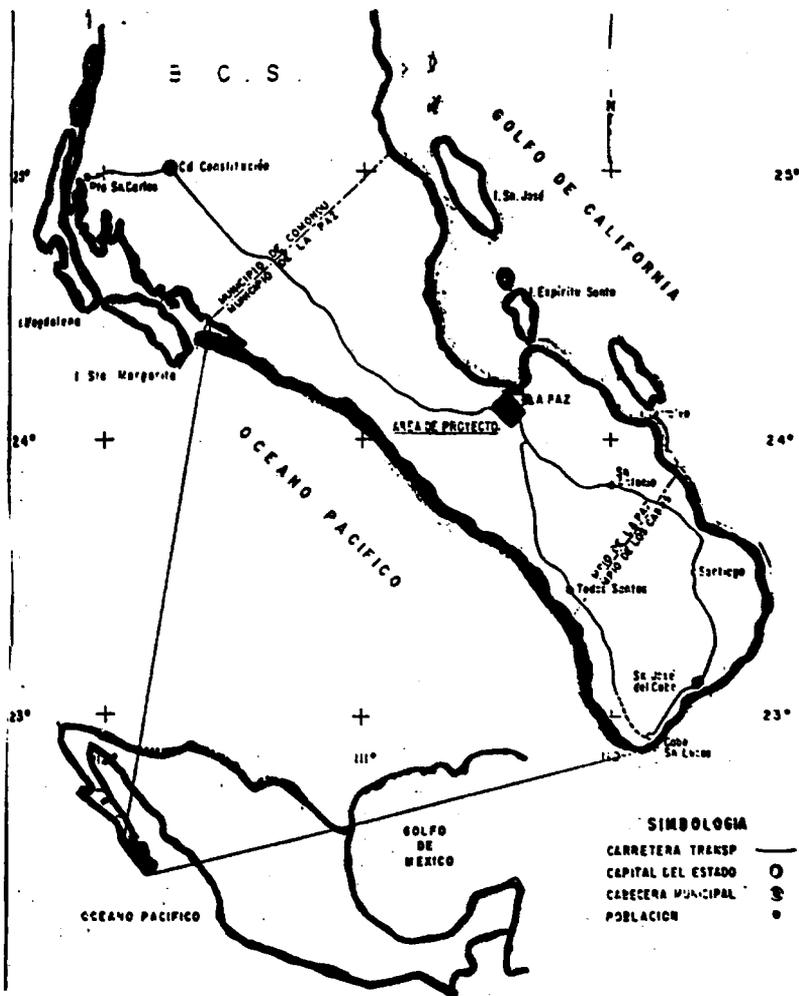
III:4.3 Superficie estudiada y límites.

El presente estudio comprende una superficie de 637.36 ha aproximadamente, circundadas por tierras del Ejido Chametla, terrenos nacionales

III.4 Vías de comunicación.

El sitio de estudio se encuentra comunicado por una brecha de 1 km. con la carretera transpeninsular y a 12 km. de la ciudad de La Paz.

Croquis de localización.



III.5.- Aspectos socioeconómicos.

El último censo de población y vivienda levantado en 1989, reportó que el ejido El Centenario cuenta con 2 085 habitantes, de éstos 1 072 son hombres y 1 013 mujeres.

III.5.1 Población económicamente activa en el Ejido El Centenario, 660 habitantes y población económicamente inactiva 1990.

<u>Sector</u>	<u>habitantes</u>	<u>%</u>
primario	140	22.08
secundario	192	30.28
terciario	302	47.64
Total	634	100.00

Fuente: INEGI, 1990

III.5.1.- Tenencia de la tierra.

El ejido El Centenario comprende una superficie de 860 ha distribuidas de la siguiente manera:

Régimen	superficie ha.	núm. de usuarios
Peq. prop.	201	5
Ejidos	659	43

(Fuente: Comisión Nacional del Agua, agosto 1992)

III:5.2 Servicios públicos.

III.5.2.1 Servicios educativos. En el ejido se cuenta con un Jardín de Niños, una Primaria y una Secundaria que resultan insuficientes para dar el servicio a la población, lo que origina que los estudiantes tengan que acudir a la ciudad de La Paz.

III.5.2.2 Sanitario-asistenciales. Únicamente se cuenta con un Centro de Salud que no tiene medios necesarios para cubrir casos graves, por lo que la mayor parte de la población se atiende en la ciudad de La Paz.

III.5.2.3 Otros servicios. En el ejido se prestan casi todos los servicios, excepto de drenaje, se cuenta con agua potable, teléfono (caseta), luz eléctrica, radio, tv., correo, telégrafo, etc. En transporte el sistema urbano municipal implementó una ruta que hace su recorrido cada hora, La Paz-Centenario-La Paz.

III.5.2.4 Vivienda. El tipo de vivienda que predomina es el de construcción a base de ladrillo o block, con techo de lámina.

III.6.- Aspectos fisiográficos.

III.6.1 Geología superficial. La zona de estudio se loca

liza en el Valle de La Paz; regionalmente este valle se caracteriza por la deposición de materiales aluviales, así como depósitos marinos formados por arenas acarreadas por el viento y oleaje, los cuales constituyen estos suelos.

Las rocas que mayor influencia han tenido en la formación de los suelos son los granitos, los cuales presentan diferentes grados de alteración y constituyen el material de los suelos.

Por último, los materiales depositados cerca de la costa forman suelos profundos y de color café claro.

III.6.2 Geomorfología. La zona de estudio se localiza en las geoformas denominadas valle y llanura costera. Estas geoformas se caracterizan por tener diferencias de relieve de unos cuantos metros y una ligera pendiente hacia el mar.

III.6.3 Topografía. La zona de estudio tiene una forma regular, orientada de Sur a Norte, cuyo relieve varía de plano a ligeramente ondulado. Las zona planas ocupan aproximadamente el 80 % del total de la superficie estudiada, presentando una pendiente menor al 1 % .

El resto de la superficie se puede considerar como ligeramente inclinado presentando una pendiente de 2.6 % .

III.6.4 Hidrología. El principal escurrimiento superficial de la zona en estudio es el arroyo Los Gatos, que desagua en el mar; debido a la escasa precipitación en la zona, la mayor parte del año no lleva agua y en el corto periodo en que escurren las lluvias registra los gastos máximos.

III.6.5 Vegetación. La vegetación natural de la zona de estudio ha sufrido cambios debido a que se ha desarrollado como zona agrícola, encontrándose parte desmontada para su incorporación a la agricultura y/o ganadería.

La vegetación nativa predominante es matorral sarcocaulé o subinerme caracterizado por la presencia de especies de tallos carnosos, gruesos y algunos con corteza papirácea.

Con asociaciones de Fourquiera diguetii (palo adán), Jatropha cuneata (lomboy) y Pachycereus pringlei (cardón).

Las especies vegetativas más importantes son las siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<u>Fourquiera diguetii</u>	Palo adán
<u>Pachycereus pringlei</u>	Cardón
<u>Jatropha cinerea</u>	Lomboy
<u>Bursera microphilla</u>	Torote
<u>Olneya tesota</u>	Uña de gato

Nombre científico

Cercidium floridum

Jatropha cuneata

Opuntia cholla

Larrea tridentata

Bursera hindsiana

Prosopis spp.

Cercidium preacox

Cyrtocarpa edulis

Mantenus phyllantoides

Lysoma divaricata

Atriplex spp.

Salicornia spp.

Distichlis spicata

Sporobolus cryptandrus

Cenchrus palmeri

Solanum hindsanum

Nombre común

Palo verde

Matacora

Cholla

Gobernadora

Copal

Mezquite

Palo brea

Ciruelo

Mangle dulce

Palo blanco

Chamizo

Salicornia

Zacate salado

Zacate alcalino

Huizapol

Mariola

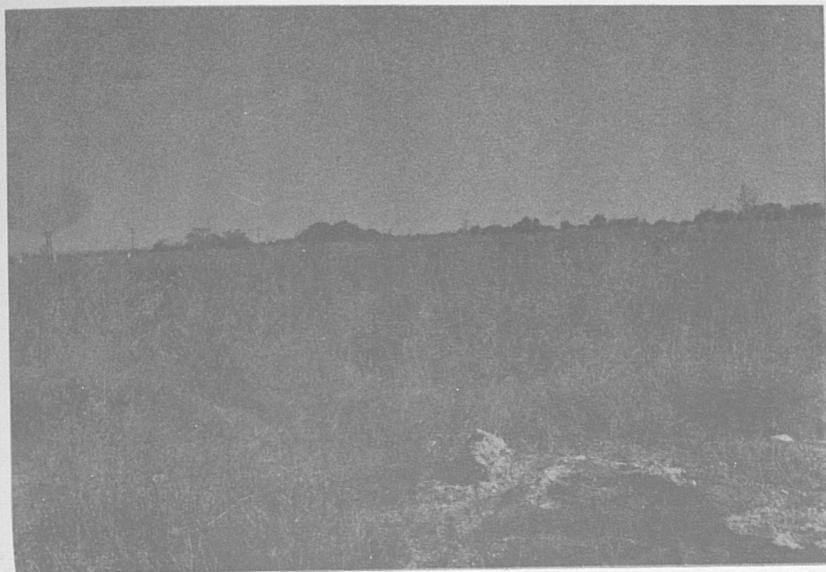


Foto 1.- Panorámica parcial del área en estudio. Puede apreciarse la pendiente poco profunda.



Foto 2.- Terrenos del área en estudio dedicados al cultivo de forrajes y praderas artificiales.



Fotos 3 y 4.- La vegetación predominante del área en estudio como se puede apreciar es vegetación de tipo arbustivo; predominando cactáceas, matorrales y pastos naturales.



III.7.- Climatología.

III.7.1.- Generalidades meteorológicas. Los datos meteorológicos que se tomaron para la determinación del clima fueron obtenidos de la Estación Meteorológica "Lagunillas" localizada cerca del área de estudios, a 23° 59' 30" Latitud Norte y 110° 20' 45" Longitud Oeste; tiene 36.0 m. sobre el nivel del mar.

III.7.2 Datos climatológicos.

a).- Precipitación: La precipitación media anual es de 164.6 mm., definiéndose un periodo de lluvias de 3 meses que comprende de julio a septiembre, con una precipitación de 147.81 equivalente al 89.8 % del total anual, así como un periodo seco en los meses restantes en donde se presentan 16.79 mm. que corresponden al 10.2 % restante.

b).- Temperaturas: La temperatura media anual es de 22.9°C, presentándose las más altas en los meses de julio, agosto y septiembre con una media de 29.3°C, y las más bajas en los meses de diciembre y enero.

c).- Heladas: En la zona de estudio no se presenta este fenómeno, ya que la temperatura mínima extrema es de 8° C.

d).- Vientos: Por lo general, los vientos dominantes provienen del sur y tienen una intensidad de débil a moderada con

velocidades de 2 m./seg. En los meses de septiembre a noviembre se originan vientos de mayor intensidad originados por los ciclones que pasan cerca de la zona.

e).- Evaporación: La evaporación media anual registrada es de 1 189.17 mm. sobrepasando en mucho a la precipitación media anual por lo que los suelos presentan deficiencia de humedad.

III.7.3 Clasificación del clima. De acuerdo al sistema de Thornthwaite, el clima de la zona es:

Clave Descripción

pi Árido

sa con pequeña o nula demasía de agua

ta cálido

va con el régimen normal de concentración de calor en el verano

Según Koeppen es desértico o muy árido con lluvias en verano (Bw).

Significado de los símbolos empleados en el cuadro de cálculo del clima (cuadro 4).

te - temperatura media anual en °C.

pr - precipitación mensual en cm.

icm - índice de calor mensual.

ev - evapotranspiración potencial mensual sin corregir en cm.

- fc - factor de corrección por latitud.
- ep - evapotranspiración potencial mensual corregida en cm.
- mh - movimiento de humedad en el suelo en cm.
- ha - humedad almacenada en el suelo en cm.
- de - deficiencia de agua en cm.
- da - demasía de agua en cm.
- er - evapotranspiración real en cm.
- es - escurrimiento en cm.
- rp - relación pluvial.
- epa - evapotranspiración potencial anual corregida en cm.
- eph - suma de las (ep) de los tres meses consecutivos con temperatura media más alta.
- dea - deficiencia anual de agua en cm.
- daa - demasía anual de agua en cm.
- ih - índice de humedad en % .
- ia - índice de aridez en % .
- ip - índice pluvial en % .
- ct - concentración térmica en el verano en % .

III.7.4.- Análisis del clima en relación a agricultura.

Con base a los datos climatológicos mencionados, se observa lo siguiente:

Dadas las altas temperaturas, la alta evaporación y las bajas precipitaciones, los suelos presentan deficiencias de humedad para el desarrollo adecuado de los cultivos agrícolas, por lo tanto, es necesario la aplicación de riegos.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION - DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
 SUBDIRECCION DE HIDROLOGIA
 REPRESENTACION EN EL EDO. DE BAJA CALIFORNIA SUR
 DIVISION HIDROMETRICA



CALCULO DEL CLIMA SEGUNDO SISTEMA DE THORNTONWAITE

NUM. CONCEPTO	M E S E S												VALORES MEDIOS U ANUALES			
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TEA	PRA	ICA	DEA
1 TE (GC)	19.12	19.69	21.53	22.85	24.55	26.50	28.95	28.67	27.98	25.71	22.63	20.13	24.03			
2 PR (CH)	1.53	.55	.20	.02	.20	.24	2.23	8.52	7.61	2.41	.94	1.45	25.40			
3 IC	7.62	7.97	9.12	9.98	11.12	12.49	14.28	14.27	13.56	11.93	9.83	8.24	136.21			
4 FV (CH)	5.08	5.55	7.26	8.69	11.76	13.57	17.71	17.26	15.98	12.39	8.44	5.53				
5 FC	.93	.89	1.03	1.06	1.14	1.13	1.16	1.12	1.02	.99	.91	.92				
6 EP (CH)	4.73	4.94	7.48	9.21	12.29	15.34	20.54	19.26	16.30	12.27	7.68	5.46	135.50			
7 PH (CH)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
8 PA (CH)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
9 DA (CH)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
10 DE (CH)	3.20	4.39	7.28	9.19	12.69	15.11	18.31	16.74	8.69	9.86	6.74	4.01	109.60			
11 EA (CH)	1.53	.55	.20	.02	.20	.24	2.23	8.52	7.61	2.41	.94	1.45				
12 FS (CH)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
13 PP	-1.68	-1.89	-1.97	-1.00	-0.98	-0.78	-0.89	-1.56	-1.53	-1.80	-1.88	-1.73				
14 IP =	0.00 0/0												16 IP =	-48.53 0/0		
15 IA =	80.89 0/0												17 IA =	46.69 0/0		

FORMULA DEL CLIMA
 CLAVE - DESCRIPTION

ESTACION LAGUNILLAS
 MUNICIPIO LA PAZ
 CATEGORIA - W - HUMEDAD
 REGION DE HUMEDAD SA CON PELLORNA U NOLA DE PASIA DE AGUA
 LONGITUD N. 110 201 45"
 CATEGORIA DE TEMPERATURA TA CALIDO
 ALTITUD 3100 1150.6 P
 EQUIP DE TEMPERATURA TA CON RECI PEN NERNAL DE CONCENTRACION DE CALOR EN EL VERANO
 PERIODO DE OBSERVACION 1953/1984

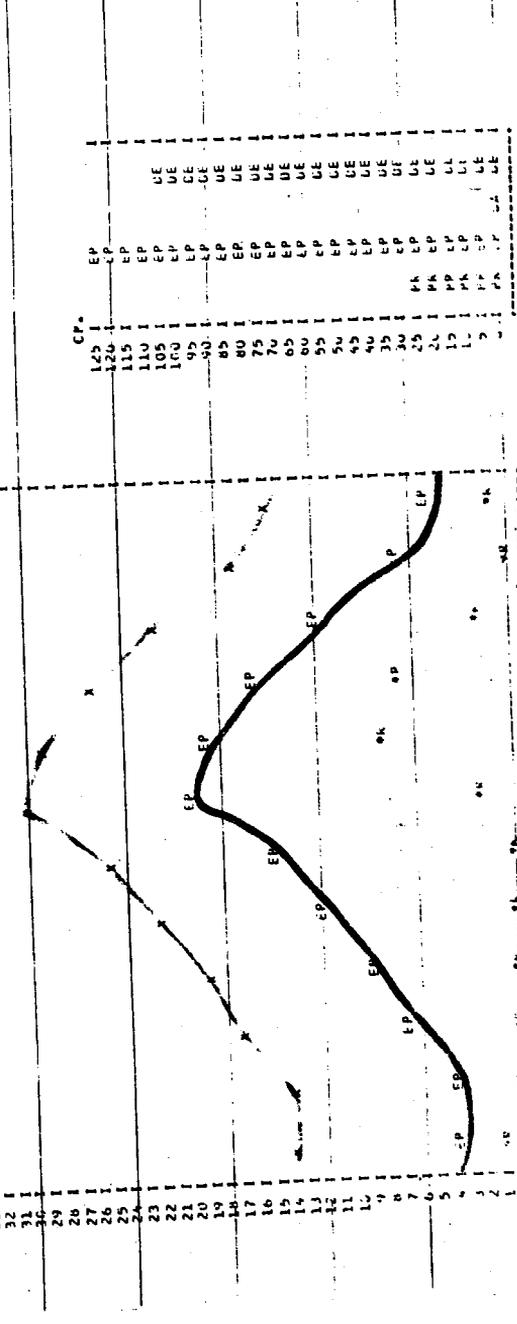
NOTA: ESTE PROGRAMA FUE CERCADO POR LA SUBDIRECCION DE AGROLOGIA
 CALCULO NO. 2

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDROAVIATICOS
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION Y DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
 SUBDIRECCION DE HIDROLOGIA
 REPRESENTACION EN EL EDO. DE BAJA CALIFORNIA SUR
 DIVISION HIDROMETRICA
 CLIMOGAMA SEGURCC SISTEMA DE THORNTWAITE



ESTACION: LAGUNILLAS ALTITUD 30.C 10.S.M.M
 MUNICIPIO: LA PAZ LONGITUD W. 110 20' 45" LATITUD N. 23 59' 30"

CP.	CLAVE
50	PR = PRECIPITACION
49	EP = EVAPOTRANSPIRACION
48	• = PRIMA IMA DEL MES ANTERIOR
47	X = EP > 10
46	DA = DEMASIAS DE HUREDAD
45	DE = DEFICIENCIAS DE HUREDAD
44	MA = HUREDAD ALPACENADA
43	AH = APROVECHAMIENTO DE MA
42	
41	
40	
39	
38	
37	
36	
35	
34	
33	
32	
31	
30	
29	
28	
27	
26	
25	
24	
23	
22	
21	
20	
19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	



CP. 125 | EP
 124 | EP
 115 | EP
 110 | EP
 105 | EP
 100 | EP
 95 | EP
 90 | EP
 85 | EP
 80 | EP
 75 | EP
 70 | EP
 65 | EP
 60 | EP
 55 | EP
 50 | EP
 45 | EP
 40 | EP
 35 | EP
 30 | EP
 25 | EP
 20 | EP
 15 | EP
 10 | EP
 5 | EP
 4 | EP
 3 | EP
 2 | EP
 1 | EP

PR = PRECIPITACION
 EP = EVAPOTRANSPIRACION
 • = PRIMA IMA DEL MES ANTERIOR
 X = EP > 10
 DA = DEMASIAS DE HUREDAD
 DE = DEFICIENCIAS DE HUREDAD
 MA = HUREDAD ALPACENADA
 AH = APROVECHAMIENTO DE MA

ESTACION: LAGUNILLAS ALTITUD 30.C 10.S.M.M
 MUNICIPIO: LA PAZ LONGITUD W. 110 20' 45" LATITUD N. 23 59' 30"

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDROAVIATICOS
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION Y DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
 SUBDIRECCION DE HIDROLOGIA
 REPRESENTACION EN EL EDO. DE BAJA CALIFORNIA SUR
 DIVISION HIDROMETRICA
 CLIMOGAMA SEGURCC SISTEMA DE THORNTWAITE

En los cuadros 4 y 5 se presentan las clasificaciones de clima, así como gráfica de precipitación y temperaturas (climograma), tomando en cuenta para su elaboración los años de 1953 a 1984.

III.8.- Agricultura.

Sistema de explotación: La agricultura es la actividad de mayor importancia dentro del ejido. Debido a la baja precipitación pluvial no se practica la agricultura de temporal, únicamente bajo la aplicación de riego.

Las técnicas de explotación agropecuarias se basan en la explotación en grupos o individualmente. Se llevan a cabo las labores mínimas de labranza con el uso de maquinaria agrícola, así como la aplicación de insumos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas y semilla mejorada.

III.8.1 Cultivos actuales: Los cultivos principales son los siguientes con sus rendimientos medios.

Cultivo	Rendimiento medio ton/ha	Rendimiento promedio a nivel nacional
Trigo	5.13	5.00
Forrajes	28.06	23.04
Maíz	2.39	3.00
Alfalfa	15.11	15.00
Sorgo	4.47	5.00
Hortalizas	15.45	No se encontró

III.8.2 Comercialización: Los granos como sorgo y trigo se comercializan en granjas avícolas de la localidad para alimentación de aves de engorda.

La producción de alfalfa se vende en el propio campo, debido a la escasez de alimento para el ganado en la mayor parte del año.

Las hortalizas son consumidas en la población de la ciudad de La Paz, y cuando se obtienen producciones importantes y la demanda lo requiere son distribuidas en el Estado.

III.8.3 Procesamiento de los cultivos. En cultivos forrajeros no se lleva a cabo ningún procesamiento vendiéndose en bruto. Las hortalizas únicamente se lavan en caso que así se requiera y se colocan en cajas de madera para su distribución.

III.8.4 Asistencia técnica. La asistencia técnica hasta 1992 fue proporcionada por técnicos de la SARH, a través del Distrito de Desarrollo en La Paz, contemplando aspectos tanto de manejo de cultivo, control de plagas y enfermedades así como el trazo para riego y la forma adecuada para aplicarlo. A partir de 1993, la asistencia técnica fué desincorporada de SARH por lo que cada usuario se hace responsable de la misma.

III.8.5 La actividad ha venido cobrando fuerza en los últimos años con el establecimiento de praderas artificiales con

zacates propios para la zona (entre ellos el Buffel).

Se practica en forma individual o en grupos, con hatos de ganado bovino, en su mayoría criollo, utilizando el sistema semiestabulado o libre pastoreo para la cría, engorda y ordeña de ganado.

III.9.- Suelos.

III.9.1 Descripción general. Según el mapa de unidades de suelos del sistema de clasificación Fao-Unesco, los suelos dominantes en la región son Yermosoles lúvicos, asociados con Regosoles eútricos, presentan pendientes a nivel y texturas que van desde ligeras a medias.

Fisiográficamente los suelos integran parte de una plan-ta costera aluvial, procedente de la desintegración de rocas graníticas y basálticas, depositadas y transportadas por las corrientes fluviales del área, concretando que por su medio de formación son suelos de origen aluvial y por su grado de desarrollo recientes (*solum crudum*).

III.9.2 Uso del suelo. La superficie se destina para uso agrícola y ganadero de pastoreo (Datos proporcionados por la CNA, 1991).

En lo que se refiere a uso agrícola la mayor parte se destina al cultivo de especies forrajeras como trigo, maíz, sorgo

y alfalfa. Por otra parte ha tenido gran auge el cultivo de hortalizas en pequeña escala como cilantro, rábano, cebolla, acelgas, nopales, betabel, calabacitas, melón, sandía y tomate (Datos proporcionados por la CNA, 1991).

En lo que respecta al uso ganadero, en los últimos años se han venido estableciendo praderas con pastizales de riegos (buffel) adaptados al tipo de suelo y a las condiciones generales climáticas que prevalecen en la zona.

III.9.3 Descripción de perfiles y su Clasificación en series.

III.9.3 a).- Serie Centenario. Estos suelos ocupan la mayor parte de la superficie en estudio, con un total de 581.60 hectáreas, que corresponden al 91.3 % del total.

En general los suelos son profundos de texturas AF a FA a través de todo el perfil, de relieve plano y drenaje eficiente.

La geoforma es Valle, con relieves ligeramente ondulados, pendiente plana a casi plana, no se presentan fragmentos rocosos en la superficie, presentan en su mayoría una tendencia a tener problemas de salinidad y/o sodicidad.

La vegetación primaria dominante es de tipo matorral arbustivo, predominando árboles pequeños, arbustos, cactáceas y algunos pastos nativos.

La vegetación secundaria está ocupada por cultivos como maíz, alfalfa, trigo, praderas y hortalizas en menor escala; en una pequeña superficie se tienen sembrados frutales como cítricos e higueras.

Se tomó como representativo de estos suelos al pozo agrológico número 1, que se encuentra localizado aproximadamente en el centro del área.

Hrznte. Prof. cm.

A1 0 15

Color (10 YR 4/2 en seco, 10 YR 4/3 en húmedo); textura: migajón arenoso; estructura prismática; consistencia ligeramente dura en seco y muy fiable en húmedo; adherente; con una porosidad de aeración de 22; y una porosidad de retención de 24; muy poca pedregosidad; con un contenido de carbonatos de 4.66 me/l; sin problemas de drenaje; raíces abundantes y límite gradual.

A2 15 35

Color (10 YR 6/2 en seco y 10 YR 4/3 en húmedo); textura: franca; estructura laminar; consistencia ligeramente dura en seco y firme en húmedo; ligeramente adherente; porosidad de

aereación de 27% y porosidad de retención de 20%; con un contenido de carbonatos de 27.5 me/l sin problemas de drenaje; muy pocas raíces y límite gradual.

A/B 35 90

Color (10YR 5/3 en seco y 10YR 4/4 en Húmedo); textura migajón arenoso; estructura prismática; consistencia suave en seco y friable en húmedo, ligeramente adherente; porosidad de retención de 20% y porosidad de aereación de 27%; contenido de carbonatos de 25 me/l; límite gradual, el horizonte se presenta seco.

B 90 140

Color (10 YR 6/4 en seco y 10 YR 4/3 en húmedo); textura migajón arenoso; estructura prismática; consistencia suave al tacto en seco y muy friable en húmedo; no adherente; con un contenido de carbonatos de 25.7 me/l; porosidad de retención de 26.5% y porosidad de aereación de 24%; sin problemas de drenaje; sin presencia de raíces y con límite difuso.

Color (10 YR 6/3 en seco y 10YR en húmedo); textura franca; estructura prismática; consistencia suave al tacto en seco y muy friable en húmedo; porosidad de aereación de 5% y porosidad de retención de 54.7%; sin problemas de drenaje; presencia de carbonatos en 5 me/l; sin presencia de raíces y limite gradual.

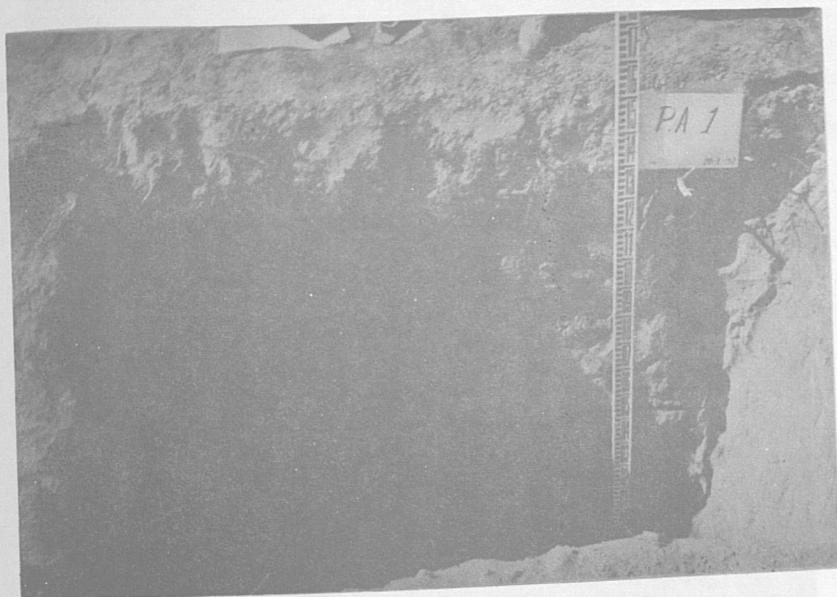


Foto 5.- Perfil representativo de la serie Centenario; observese la poca pedregosidad.



Foto 6.- Panorámica alrededor del pozo agrológico No. 1; predominando plantas arbustivas, agaves, cactáceas y pastos nativos

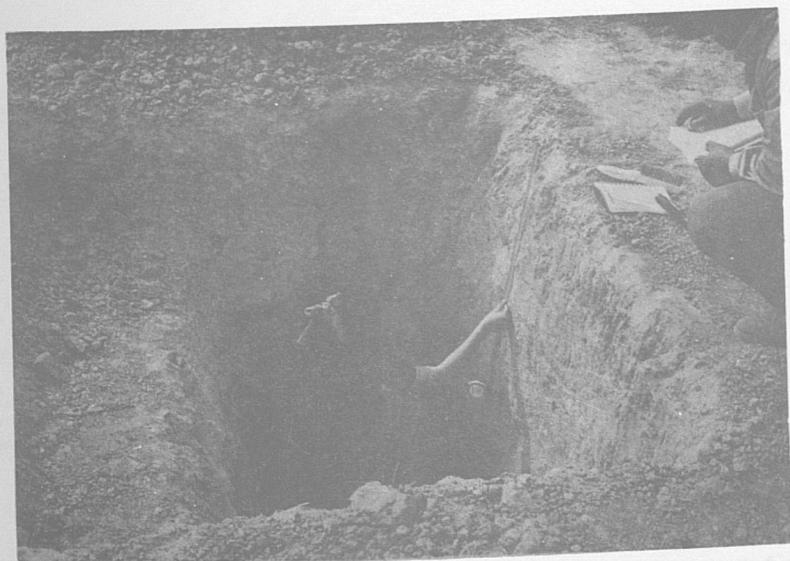


Foto 7.- Levantamiento de datos, Serie Centenario



Foto 6.- Panorámica alrededor del pozo agrológico No. 1; predominando plantas arbustivas, agaves, cactáceas y pastos nativos.

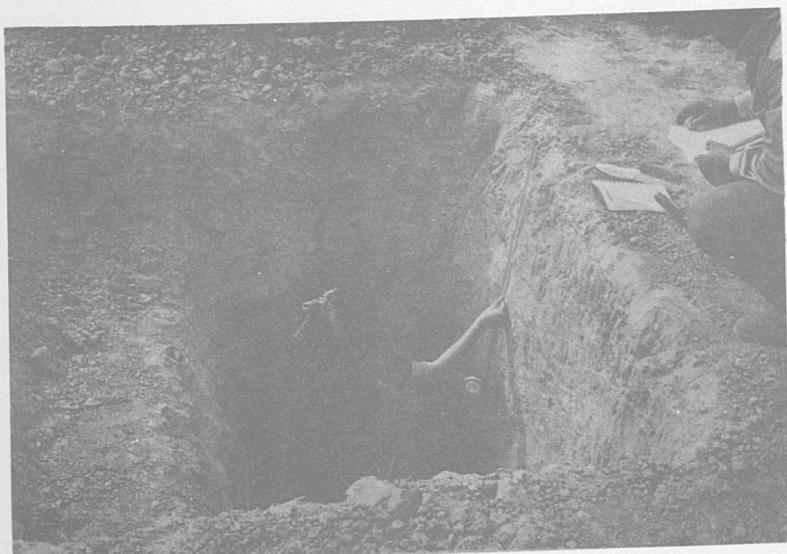


Foto 7.- Levantamiento de datos, Serie Centenario

Foto 8.- Perfil del suelo de la Serie Centenario, suelo de color claro con texturas arenosas.



III.9.3.b).- Serie Centenario salino-sódica. Esta serie ocupa una superficie de 55.69 hectáreas, que corresponde al 8.7 % del área en estudio. Los suelos son profundos; de texturas FRA y F a través de todo el perfil.

La geofroma es Valle, con relieve ligeramente ondulado; pendiente plana o casi plana; no presenta microrelieve; el drenaje es lento; sin presencia de fragmentos rocosos o gruesos en la superficie.

La característica principal de estos suelos son sus elevados valores de C.E. (36 a 62 mmhos/cm a 25°C, lo que dificultará el desarrollo de los cultivos que se pretendieran establecer.

La vegetación predominante es primaria, con matorral desértico, en su mayoría arbustos y cactáceas. En esta área se tiene poca o ninguna actividad agrícola.

Para caracterizar la serie Centenario salino-sódica, se eligió al pozo agrológico número 2.

Hrznte.	Prof.	cm.
A	0	13

Color (10 YR 5/3 en seco y 10 YR 4/4 en húmedo); presencia de pocas manchas blancas; indicando presencia de carbonatos de calcio; textura: migajón arcillo arenoso; estructura en bloques; Subagulares con un desarrollo moderado; consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y ligeramente adherente en saturado; mala permeabilidad; porosidad de retención de 49.13% y porosidad de aereación de 7%; con un contenido de carbonatos de 143 me/l que actúa como cementante; muy poca presencia de raíces finas con orientación horizontal; el horizonte se presenta ligeramente húmedo.

Hrznte. Prof. cm.

A1 13 34

Color (10YR 4/4 en seco y 10YR 4/3 en húmedo); presencia de muchas manchas grandes blancas originadas por carbonato de calcio; carbonato de calcio en 100 me/l; porosidad de retención de 44.14%; porosidad de aereación de 15%; textura franca; estructura en bloques subangulares de tamaño grande y fuerte desarrollo consistencia dura en seco y ligeramente adherente en saturado; nula presencia de raíces. El horizonte se presenta con apariencia húmeda.

B 34 114

Color (10 YR 6/3 en seco y 10 YR 4/4 en húmedo); presencia de manchas blancas; textura migajón arcillosa; estructura en bloques subagulares de tamaño grande y fuerte desarrollo; consistencia dura en seco y adherente en saturado, porosidad de retención de 62% y porosidad de aereación de 4%; contenido de carbonato de calcio de 74.4 me/l; nula presencia de raíces; el horizonte tiene una apariencia húmeda; el limite es difuso.

Horznte. Prof. cm.
A/C 114 170

Color (10 YR 6/3 en seco y 10 YR en húmedo); textura franca; estructura en bloques subagulares de tamaño medio y fuerte desarrollo; consistencia dura en seco y adherente en saturado; porosidad de retención de 56% y porosidad de aireación de 5%; contenido de carbonatos de 74 me/l; nula presencia de raíces.

Los factores considerados como limitantes en la clasificación de los suelos del presente estudio fueron: salinidad (A1) y sodicidad (A2).



Foto 9.- Panorámica representativa de la serie Salino-sódico; se puede apreciar la superficie del terreno muy clara, característica que da el exceso de sales.

Foto 10.- Perfil representa-
tivo de la serie Centenario
Salino-sódico. Se puede apre-
ciar, la pared con poros.



Foto 11.- Perfil representa-
tivo de la serie Centenario
Salino-sódico. Se aprecian
manchas blancas y la probable
presencia de carbonato de
Calcio.

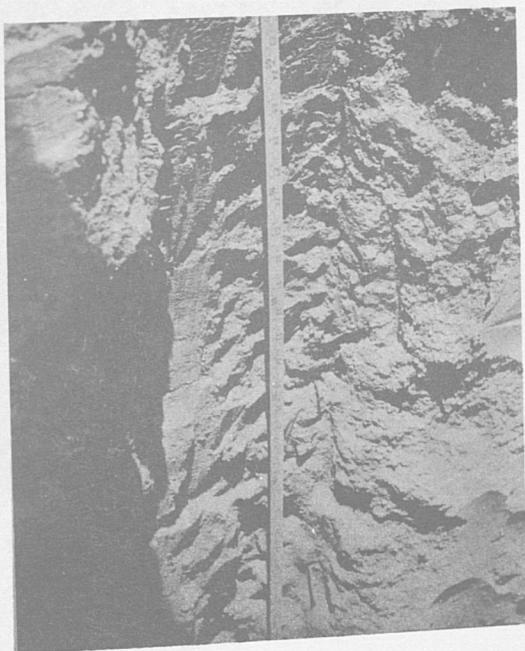
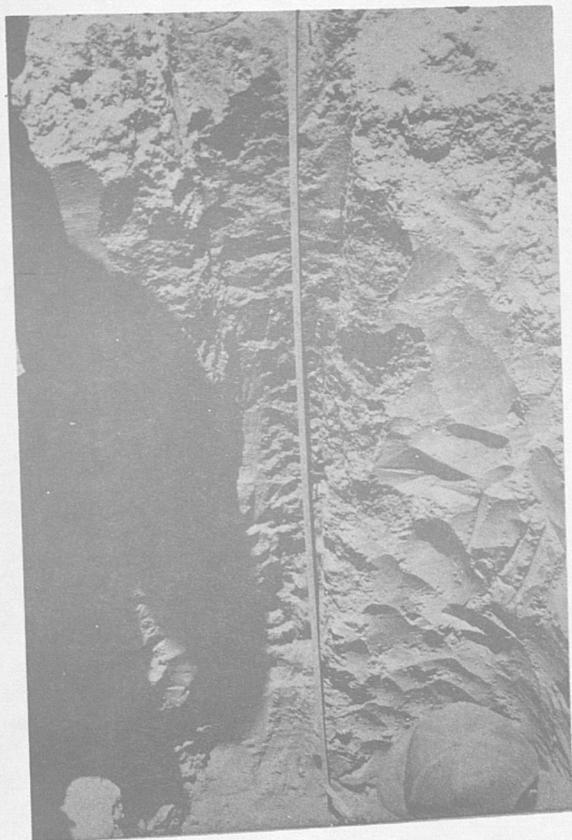


Foto 12.- Perfil representa-
tivo de la serie Centenario
Salino-sódico. Se aprecian
manchas blancas y la probable
presencia de carbonato de
Calcio.



IV.- DISCUSION

Lo escaso e irregular de las precipitaciones, no permiten que se practique la agricultura de temporal, por lo que tiene que aplicarse riego por bombeo y la otra modalidad que es con aguas negras (se anexa clasificación de las aguas por salinidad y sodicidad).

La calidad de las aguas de extracción muestra una C.E. de 2120 mmhos/cm a 25°C, y una cantidad de sólidos disueltos totales (S.D.T.) de 1359 ppm, lo que la clasifica como C3S1, es decir agua con salinidad de media a alta y bajo contenido de sodio. Apropriada para el riego de cultivos con cierta tolerancia a las sales (se anexan resultados de análisis físicos y químicos, febrero de 1992).

La calidad del agua residual que se usa para fines de riego, registra una conductividad eléctrica de 2937 mmhos/cm y una cantidad de sólidos disueltos totales de 1880 ppm, por lo que se clasifica como un agua de muy alta salinidad y muy alta en sodio C4S4 (se anexan resultados de análisis físicos, químicos y bacteriológicos de 1991).

La literatura indica que es agua altamente salina no apropiada para el riego bajo condiciones ordinarias, aunque puede usarse en ocasiones bajo circunstancias muy especiales. Los cultivos que se seleccionen deberán ser muy tolerantes a las sales.

En cuanto a sedio, su contenido es muy alto, por lo general no es apropiado para el riego, excepto en casos de baja salinidad en el suelo o el empleo de yeso u otros mejoradores hagan factible el uso de esta agua. Tomando como base lo anterior, se puede decir que el agua es de muy mala calidad para fines agrícolas.

La infraestructura con que se lleva a cabo el riego fué construída por la Comisión Nacional del Agua, a través de la residencia de infraestructura hidroagrícola, en el proyecto "Zona de Riego Aguas Negras, Ejido Centenario". El sistema de riego empleado es por gravedad, utilizando para dicha actividad canal de tierra y en menor escala canales revestidos.

Es importante señalar que la eficiencia de conducción que se considera en canal de tierra es del 60% y para canal revestido es de 70%.

V.- CONCLUSIONES

La superficie total estudiada fué de 637.36 hectáreas, distribuidas de la siguiente manera:

Clase	Superficie en Has.	%
1a	322.65	50.6
2 A1	60.5	9.5
2 A1A2	43.1	6.8
3 A2T2E	40.0	6.3
3 A1A2	115.40	18.1
6 A1A2	55.69	8.7
TOTAL	637.36	100.0

Sobre las posibilidades y conveniencias de realizar las obras de rehabilitación y ampliación de la unidad de riego, se pueden señalar las siguientes:

- Un 91.3% de los suelos del área estudiada son susceptibles de explotarse bajo condiciones de riego.

- Un 16.3% de la superficie se presenta afectada por salinidad y/o sodicidad, en tanto que un 24.4% está moderadamente afectada y en un porcentaje menor (8.7%) la superficie está fuertemente afectada.

- Las Aguas Negras que se emplean para riego en el ejido Centenario y Chamentla, presentan altas concentraciones de sales

y sodio, siendo factible que dichas sales lleguen a acumularse en los suelos, creando condiciones adversas al desarrollo de los cultivos, por lo que es riesgoso el empleo de estas aguas para fines de riego por los problemas que se presentan de salinidad y sodicidad.

-Para las clases 2A1 y 2A1A2, los cultivos recomendables a establecer son centeno, trigo, avena, mijo, sorgo, cebada, cebada forrajera, algodón, zacate bermuda, rye grass, alfalfa (con una disminución del 10% en el rendimiento), cola de zorra (25% de disminución en rendimiento), pasto salado, pasto agropiro, pasto rhodes, trebol dulce, pasto inglés y pasto handing.

-En lo que respecta a la clase 3A1A2 se deberán establecer cultivos con un cierto grado de tolerancia a la salinidad y a la sodicidad, en caso de no hacerlo en rendimiento disminuirá significativamente, afectando la reutilización del cultivo.

Dentro de los cultivos que pueden establecerse, así con su posible disminución porcentual en el rendimiento, están zacate bermuda con 10% de disminución en rendimiento, cebada con 10% de disminución, cebada forrajera con un 25%, zacate rye grass con 10%, centeno perenne con 10 a 25% de disminución, algodón de 10 a 25% de disminución, y pasto salado con 10% de disminución.

- La clase 6A1A2, se especifica como no irrigable, aunque

se podría trabajar con la recuperación de ese suelo mediante la aplicación de mejoradores y labores culturales, para obtener resultados a largo plazo.

- Es de vital importancia el establecimiento de parcelas demostrativas con el propósito fundamental de evaluar el desarrollo de los cultivos a establecer en la zona de estudio.

BIBLIOGRAFIA

Aceves N.E., 1979, "El Ensalitramiento de los Suelos Bajo Riego", Colegio de Graduados, Chapingo, México.

Aceves N.L., 1981, " Los Terrenos Ensalitrados y los Métodos para su Recuperación", Departamento de Suelos, PATUACH, Chapingo, México.

Boul S.W., F.D. Hole y R.J. Mckracken, 1981, "Genesis y Clasificación de Suelos", Editorial Trillas, S.A., México

De la Peña I., 1982, "Salinidad de los Suelos Agrícolas, Su Origen, Clasificación, Prevención y Recuperación", Boletín Técnico No. 10, SARH, Cd. Obregón, Sonora, México.

Díaz E. L., 1986, "Descripción de las Regularidades del Proceso del Lavado de los Suelos Salinos", Tesis de Maestría. Colegio de Post Graduados, Chapingo, México.

Dirección General de Unidades de Riego, 1958, "Instructivo para el Estudio de Salinidad", Publicación Especial, SARH, México.

Dirección General de Unidades de Riego, 1958, "Instructivo para el Rescate de los Suelos Salinos", Publicación Especial, SARH, México.

Fenech G.L., 1990, "Apuntes del Curso de Mejoradores y Fertilizantes", U.A.B.C., La Paz, B.C.S., México

Hernández D.J., R. Escoppinichi y León B.R., 1981 "Manual Operativo del Laboratorio de Suelos y Aguas", U.A.B.C.S., Serie Didáctica, Manual Universitario No.8, La Paz, B.C.S., México.

Personal del laboratorio de Salinidad de los los E.U.A., 1990, (Manual 60), "Diagnóstico y rehabilitación de los Suelos Salinos y Sódicos", Ed. LIMUSA, México.

Rivera G.M., 1989, "Métodos Químicos para la Recuperación de Suelos Sódicos y Salino Sódicos", Seminarios Técnicos, Edición Especial, CENID-RASPA INIFAP-SARH, México.

Sampat A.G., 1987, "Física de Suelos, Principios y Aplicaciones", Ed. LIMUSA, México.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1973, "Especificaciones Generales para Estudios Agrológicos", México D.F.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976, "Metodología para el Informe de un Estudio Agrológico Semidetallado", México D.F.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976, "Estudio Agrológico Detallado de la Primera Unidad del Proyecto Rio Tomatlan, Jal." México, D.F.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1978, "Instructivo para la Descripción de Perfiles de Suelos", México, D.F.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1982, "Estudio de Rehabilitación y Ampliación de las Unidades Ahualulco, Ameca y Magdalena del Distrito de Riego del Estado de Jalisco", Guadalajara, Jalisco, México.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1982, "Leyenda de Mapas de Suelos del Mundo, FAO/UNESCO, México.

Valenzuela R.T., 1972, "Salinidad de los Suelos, Su Origen, Clasificación y Trascendencia, Prevención y Rehabilitación",

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR.
AREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS AGRICOLAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.

LABORATORIO DE SUELO Y AGUA.

FECHA:

M	SAT %	C. E. micro/cm	ph	Z M.O.	Ca Co. ml/gm	F SO ₄ PPM	N %	E PPM	P	R K ⁺ ml/g	T Ca ⁺⁺ ml/g	Y Mg ⁺⁺ ml/g	I Na ⁺ ml/g	L R.A.S.	D P.I.S.	A CLASIF.
1	31.91	0.76	8.3	0.716	4	10.26	0.035	4.630	323.4	4.66	0.82	2.11	1.28	0.51		NORMAL
1	84.7	0.9	8.0	0.43	9	57.9	0.021	4.70	1187.2	26.5	2.8	66.17	16.17	18.55		SODICO
1	24.9	0.78	8.5	0.36	1	16.7	0.01	4.2	399.4	2.5	2.3	2.9	1.85	1.38		NORMAL
1	24.9	1.1	8.6	0.2	3	20.28	0.01	3.7	369.8	2.0	0.53	8.86	7.30	8.68		NORMAL
1	29.9	5.6	8.4	0.09	7	10.7	0.004	4.7	1088.6	11.9	2.7	41.3	15.23	17.46		SAL-SOD
1	47.3	9.5	7.9	0.5	7	25.65	0.025	4.7	271.1	25.7	5.1	68.13	16.32	18.55		SAL-SOD
1	52.3	11.2	7.6	0.16	5	45.80	0.008	4.3	286.9	35.0	8.4	71.82	16.02	18.46		SAL-SOD
2	51.3	4.7	7.6	0.8	5	32.90	0.04	4.4	295.8	143.5	11.7	384.8	36.50	34.46		SAL-SOD
2	46.3	6.2	7.8	0.28	1	77.0	-0.1	5.1	320.5	21.7	11.7	314.58	33.50	33.83		SAL-SOD
2	39.8	4.9	7.6	0.01	5	95.0	-0.009	2.3	298.7	163.7	29.4	343.27	41.66	37.54		SAL-SOD
2	49.3	47.9	7.6	0.09	5	559.0	-0.03	5.4	379.7	74.4	25.0	280.53	39.77	36.48		SAL-SOD
2	52.3	38	7.7	0.7	5	706.0	-0.006	4.7	393.5	60.5	40.3	359.06	50.54	42.29		SAL-SOD
2	55.8	46	7.6	0.1	9	1181.0	-0.007	4.8	391.5	74.1	44.8	241.62	31.24	30.92		SAL-SOD
2	51.8	36	7.3	0.1	6.8	1181.0	-0.007	4.8	391.5	74.1	44.8	241.62	31.24	30.92		NORMAL
3	43.3	1.8	8.8	1.2	3	178.2	0.01	4.3	1321.5	11.0	1.3	5.62	2.25	0.01		NORMAL
3	24.9	8.6	8.0	0.2	1	602.0	0.01	4.3	1439.9	57.4	26.8	1.72	0.76	0.01		NORMAL
3	23.4	6.7	7.6	0.3	1	417.5	0.01	1.2	1455.7	65.5	2.6	4.29	0.76	0.01		SALINO
3	24.9	5.7	7.7	0.2	1	353.0	0.007	2.4	284.9	48.8	12.6	10.79	2.01	1.66		SALINO
3	24.9	6.1	7.7	0.1	1	157.5	0.01	2.4	336.3	44.1	61.2	5.35	0.75	0.01		SALINO

EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO
ING. RICARDO ESCOPPINICHI.

EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ING. SERGIO ZAMORA SALGADO.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR.
AREA INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGRICOLAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.

LABORATORIO DE SUELO Y AGUA.

FECHA:

M	SAT %	C. E. mhos/cm	ph	% M.O.	Cs. Co. ml/gm	F SO4 PPM	N %	E PPM	P PPM	R N* MG/G	T Ca** MG/G	I Hg** MG/G	LI Na* MG/G	R.A.S.	P.I.S.	A CLASIF.	D
41	34.9	9.2	7.8	0.1	4.8	84.35	0.007	2.4	393.5	40.1	15.8	67.25	16.14	18.36		SAL-SOD.	
42	34.9	6.7	7.7	0.1	2.8	83.2	0.007	2.8	396.5	26.2	23.4	17.25	3.45	6.62		SALINO	
43	49.8	8.3	7.1	1.5	6.8	115.45	0.007	2.8	324.4	23.7	16.7	40.5	8.78	10.49		SALINO	
44	49.8	6.2	7.1	0.5	6.8	95.2	0.02	2.8	326.4	10.8	5.4	51.75	22.85	23.61		SALINO	
45	49.8	7.9	7.1	0.2	8.8	124.65	0.01	1.2	360.9	18.0	10.4	95.5	20.2	32.20		SAL-SOD	
46	69.8	14	7.2	0.7	10.4	253.90	0.03	1.8	396.6	46.3	42.6	5.70	5.70	6.02		SALINO	
47	69.8	16.5	7.1	0.3	8.4	471	0.01	0.9	386.6	91.6	32.3	41	2.82	2.79		SALINO	
48	58.3	14.3	7.1	0.4	7.8	480	0.02	0.002	1142.6	99.9	21.0	22	9.36	11.07		NORMAL	
49	54.8	4.2	8.1	0.8	4.8	76.3	0.04	2.9	1424.1	10.5	5.4	26.5	9.38	11.07		NORMAL	
50	54.8	1.7	8.3	1.2	4.8	36.0	0.06	3.2	283.0	2.9	1.2	13.6	8.7	10.37		NORMAL	
51	59.3	1.4	8.4	1.4	4.8	24.1	0.07	3.5	317.5	2.8	0.5	11.4	7.82	9.29		NORMAL	
52	48.8	1.3	8.7	0.7	2	26.8	0.03	3.6	336.3	2.5	0.8	10.2	8	9.53		NORMAL	
53	40.8	1.2	8.1	0.4	4.8	20.8	0.02	3.6	342.2	2.1	0.8	9.8	8	9.77		NORMAL	
54	41.3	1.2	8.2	0.1	2	26.3	0.009	2.8	299.4	2.6	0.3	9.9	8.22	26.74		NORMAL	
55	37.8	14.6	7.8	0.7	2	434.2	0.03	2.8	328.4	345.5	2.0	109.5	25.6	14.87		SAL-SOD	
56	39.3	5.5	7.9	0.06	2	23.3	0.003	2.4	377.7	15.4	2.0	37.5	12.67	14.87		SAL-SOD	
57	49.8	10.9	7.5	0.06	5.8	67.4	0.03	2.4	352.8	55.6	16.4	75	7.71	9.17		SALINO	
58	63.3	18	7.3	0.5	6.8	74.3	0.02	2.05	352.0	88.5	10.7	115.5	10.31	12.22		SAL-SOD	
59	66.8	21.0	7.2	1.1	6.8	88.1	0.05	2.9	343.9	83.6	10.7	196.9	16.80	19.04		SAL-SOD	
60	58.3	20.5	7.2	0.6	5.8	51.3	0.03	2.9	377.7	83.6	10.7	196.9	97.84	58.85		SAL-SOD	
61	49.8	17.8	7.5	0.006	5.8	397.2	0.003	2.7	389.5	31.9	4.5	141.5	33.12	32.23		SAL-SOD	

EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.
ING. SERGIO ZAHORA SALCADO.

EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO
ING. RICARDO ESCOPPINICHI.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUT.
 AREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS AGRICOLAS
 DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.

LABORATORIO DE SUELO Y AGUA.

FECHA:

M	SAT %	C. E. milios/cm	ph	% M.O.	Ca Co. ml/gm	F SO4 PPM	N %	E P PPM	R K* ml/g	T Ca** ml/g	I Mg** ml/g	Mg** ml/g	R.A.S.	D P.I.S.	A CLASIF.
21	37.8	12.3	7.6	0.3	4	383.0	0.01	4.3	281.10	88.2	15.6	19.12	2.65	2.52	SALINO
22	50.8	1.1	8.6	0.5	7	24.08	0.02	1.06	271.1	6.5	0.6	3.95	2.07	1.81	SALINO
23	37.8	2.8	8.3	0.7	6	31.44	0.03	1.7	314.5	9.7	2.5	7.88	2.48	2.36	NORMAL
24	29.9	1.8	8.3	0.4	1	29.6	0.02	1.8	328.4	13.6	1.8	6.26	2.52	2.37	NORMAL
25	27.9	3.6	8.1	0.2	1	29.6	0.01	2.9	328.4	3.4	0.9	20.52	7.37	8.80	SAL-SOD.
26	19.9	7.6	8.4	0.1	1	154.5	0.07	2.4	359.9	4.2	3.5	65.39	44.17	39.0	SAL-SOD.
27	45.8	12.4	8.4	0.4	5	279.2	0.21	2.0	354.0	1.59	0.8	116.16	58.66	46.02	SAL-SOD.
28	44.8	9.5	8.8	0.2	9	138.45	0.02	2.9	338.6	1.6	1.5	92.55	83.61	54.97	SAL-SOD.
29	37.8	8.5	8.7	0.4	6	146.5	0.02	2.9	382.6	169.9	114.4	81.81	64.82	48.34	SAL-SOD.
30	49.8	66	7.7	0.9	1	399.5	0.04	2.1	294.8	155.7	46.1	375.56	29.19	29.48	SAL-SOD.
31	67.8	55	7.8	1.1	5	618.2	0.63	2.6	318.5	175.9	46.4	348.12	34.64	33.24	SAL-SOD.
32	79.7	44	7.9	0.6	2	323.6	0.01	0.9	365.9	78.0	46.4	435.59	46.78	40.34	SAL-SOD.
33	35.9	56	8.0	0.2	3	1338.5	0.01	2.8	379.7	37.5	34.6	307.5	55.71	44.49	SAL-SOD.
34	33.4	38	8.0	0.2	3	613.5	0.01	2.8	363.9	10.3	9.9	329.8	51.07	42.54	SAL-SOD.
35	38.8	35	8.1	0.1	2	268.4	0.06	1.4	391.5	28.4	32.7	323.8	103.77	60.47	SAL-SOD.
36	50.3	38.5	7.9	0.2	4.8	268.4	0.07	2.9	331.1	43.1	11.7	48	58.5	45.96	SAL-SOD.
37	68.3	10.3	8.2	1.4	3.8	189.4	0.05	2.4	353.1	35.0	3.2	46.75	9.15	10.9	SALINO
38	67.8	8.2	8.2	1.07	4.8	136.15	0.05	2.4	346.1	34.5	18.2	16.25	10.69	12.69	SALINO
39	68.8	6.7	7.7	0.5	7.8	71.17	0.02	3.1	364.9	40.1	15.8	23.4	3.22	3.34	SALINO
40	49.8	7.9	7.7	0.2	4.8	71.17	0.01	2.6	364.9	40.1	15.8	23.4	4.43	4.97	SALINO

EL RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 ING. RICARDO ESCOFFICHI.

EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.
 ING. SERGIO ZAMORA SALGADO.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
AREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS AGRICOLAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE SUELO Y AGUA

POZO	MUESTRA	PROFUND cm	% ARENA			% ARCILLA			CLASE TEXTURAL	Dr gr/cm ³	C.C. %	P.M.P. %	C O L O R	
			ARENA	KLINO	% ARCILLA	SECO	HUMEDO							
6	41	190-130	70	16.2	13.7	M.A.	2.3	31.25	25.98	10 YR 5/3	10 YR 4/3			
6	42	130	85	5	10	A.M.	2.5	27.83	30.70	10 YR 6/4	10 YR 4/4			
7	43	0-10	40	35	25	F	2.7	29.71	29.58	10 YR 6/3	10 YR 4/4			
7	44	10-20	32.5	47.5	20	F	2.5	20.08	73.86	10 YR 6/4	10 YR 3/6			
7	45	20-52	32.5	37.5	40	M.R.	2.4	28.25	23.93	10 YR 6/4	10 YR 4/4			
7	46	52-83	22.5	37.5	40	M.R.	2.4	28.23	23.93	10 YR 5/4	10 YR 4/4			
7	47	83-115	22.5	22.5	37.5	M.R.	2.4	26.77	23.55	10 YR 5/4	10 YR 4/4			
7	48	115	28.7	40	31.2	M.R.	2.3	28.23	25.54	10 YR 5/3	10 YR 4/4			
8	49	0-13	50	28.7	21.2	M.R.A.	2.4	26.66	24.38	10 YR 6/3	10 YR 3/2			
8	50	13-25	62.5	17.5	20	M.R.A.	2.6	26.66	54.35	10 YR 6/3	10 YR 3/3			
8	51	25-40	32.5	40	27.5	F.	2.4	30.92	57.57	10 YR 6/3	10 YR 4/3			
8	52	40-80	32.5	40	27.5	F.	2.6	29.10	26.98	10 YR 5/3	10 YR 4/3			
8	53	80-115	35	37.5	27.5	M.L.	3.3	29.93	23.76	10 YR 5/3	10 YR 4/3			
9	54	115	25	60	15	F.	2.4	29.23	26.82	10 YR 5/3	10 YR 5/4			
9	55	0-20	35	47.5	17.5	M.A.	2.5	29.30	26.23	10 YR 6/3	10 YR 4/4			
9	56	20-47	75	15	10	F.	2.5	30.08	24.36	10 YR 6/3	10 YR 6/4			
9	57	47-75	47.5	32.5	20	M.L.	2.5	37.29	29.15	10 YR 6/3	10 YR 6/4			
9	58	75-100	21.2	48.7	32.5	M.R.L.	2.7	27.29	25.67	10 YR 5/3	10 YR 5/4			
9	59	100-135	16.2	48.7	32.5	M.R.	2.4	34.12	27.77	10 YR 5/3	10 YR 5/4			
9	60	135-160	27.5	40	32.5	M.R.A.	2.5	31.15	26.63	10 YR 6/3	10 YR 6/5			
9	61	160	50	17.5	32.5	M.R.A.	2.5	31.15	26.63	10 YR 6/3	10 YR 6/5			

El responsable del Laboratorio
ING. RICARDO ESCOPINICHI

El jefe del Departamento de Agronomía.
ING. SERGIO ZANORA SALCADO.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA S.C.
AREA INVESTIGACION DE CIENCIAS AGRICOLAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

LABORATORIO DE SUELO Y AGUA

FECHA _____

POZO	MUESTRA	PROFUND cm	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	Dr gr/cm ³	C.C. %	P.M.P. %	COLOR	
			% ARENA	% LIMO	% ARCILLA					SECO	MOJADO
3	21	110-175	75	15	10	A.M.	2.5	14.20	7.30	10 YR 6/2	10 YR 4/2
4	22	0-15	60	27.5	12.5	M.A.	2.5	17.00	9.60	10 YR 6/3	10 YR 4/2
4	23	15-35	73.7	3.7	22.5	MHA	2.5	12.7	7.0	10 YR 6/3	10 YR 6/3
4	24	35-50	90	7.5	2.5	A	2.7	5.4	4.0	10 YR 6/3	10 YR 6/3
4	25	50-87	90	5	5	A	2.5	6.3	4.28	10 YR 6/3	10 YR 4/3
4	26	87-110	92.5	5	2.5	A	2.5	8.3	5.24	10 YR 6/2	10 YR 4/2
4	27	110-143	67.5	22.5	10	M.A.	2.6	25.1	17.17	10 YR 7/2	10 YR 6/2
4	28	143-172	70	12.5	17.5	M.A.	2.5	33.1	17.50	10 YR 7/2	10 YR 5/3
4	29	172	72	2.5	15	M.A.	2.7	22.0	15.20	10 YR 7/3	10 YR 6/3
5	30	0-13	35	38.5	26.2	F	2.0	21.3	16.02	10 YR 5/3	10 YR 3/4
5	31	13-40	25	23	50	R	2.5	25.7	27.00	10 YR 5/3	10 YR 3/3
5	32	40-67	25	25	50	R	2.3	35.6	27.90	10 YR 5/2	10 YR 4/4
5	33	67-90	70	10	20	R.R.A.	2.5	46.8	44.92	10 YR 6/3	10 YR 4/4
5	34	90-108	70	15	15	M.A.	2.5	21.82	5.70	10 YR 5/3	10 YR 4/3
5	35	108-138	75	11.2	13.7	M.A.	2.5	16.3	8.22	10 YR 6/2	10 YR 4/3
5	36	138-175	60	17.5	22.5	M.R.A.	2.5	20.0	11.70	10 YR 6/2	10 YR 6/3
6	37	0-5	17.5	32.5	50	R	2.4	36.20	24.64	10 YR 6/4	10 YR 4/3
6	38	5-25	20	41.2	38.7	M.R.L.	2.3	36.60	25.44	10 YR 5/4	10 YR 5/4
6	39	25-48	15	52.5	32.5	M.R.L.	2.3	40.60	22.53	10 YR 5/4	10 YR 4/4
6	40	48-90	62.5	17.5	20	M.R.A.	2.4	18.0	16.70	10 YR 4/4	10 YR 4/4

El Responsable del Laboratorio
ING. RICARDO ESCOFFIGNI

El Jefe del Departamento de Agronomía.
ING. SERGIO ZANORA SALCADO.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
 AREA INVESTIGACIONES DE CIENCIAS AGRICOLAS
 DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

FECHA

POZO	MUESTRA	PROFUND CM	T E X T U R A		CLASE TEXTURAL	Dr gr/cm ³	C.C. %	P.M.P. %	C O L O R	
			X ARENA	X LIMO					SECO	HUMEDO
1	1	0-15	75	12.5	M.A.	2.58	9.0	6.70	10 YR 4/2	10 YR 3/4
1	2	15-35	40	35	FRANCO	2.61	10.0	6.80	10 YR 6/2	10 YR 4/3
1	3	37-70	77.5	15	N.A.	2.5	8.2	5.60	10 YR 6/4	10 YR 4/4
1	4	70-90	80	7.5	A.M.	2.65	13.0	4.10	10 YR 6/3	10 YR 5/3
1	5	90-110	67.5	10	M.A.	2.7	15.6	9.20	10 YR 6/3	10 YR 4/4
1	6	110-140	57.5	22.5	H.A.	2.5	25.8	16.20	10 YR 5/2	10 YR 4/3
1	7	140	40	35	F	2.5	28.62	20.10	10 YR 6/4	10 YR 4/3
2	8	0-7	67	5	HRA	2.5	26.02	19.42	10 YR 5/3	10 YR 4/4
2	9	7-13	61.2	11.3	HRA	2.5	28.54	18.54	10 YR 4/3	10 YR 3/3
2	10	13-16	42.5	40	F	2.5	23.0	16.0	10 YR 5/3	10 YR 4/4
2	11	16-34	62.5	5	HRA	2.4	27.40	19.10	10 YR 4/3	10 YR 4/4
2	12	34-54	65	2.5	HRA	2.5	27.05	28.10	10 YR 6/3	10 YR 4/4
2	13	58-114	45.5	22.5	HRA	2.4	32.0	22.80	10 YR 6/3	10 YR 4/4
2	14	114-170	41.2	32.5	F	2.4	33.0	21.8	10 YR 6/3	10 YR 4/4
3	15	0-10	65	22.5	N.A.	2.5	13.52	9.20	10 YR 3/2	10 YR 3/2
3	16	10-28	75	15	H.A.	2.5	11.70	9.30	10 YR 6/2	10 YR 4/2
3	17	28-50	63.70	10	H.A.	2.5	7.0	4.44	10 YR 7/3	10 YR 4/2
3	18	50-60	45.5	2.5	H.R.A.	2.5	5.22	3.50	10 YR 7/3	10 YR 4/2
3	19	60-90	80	11.2	A.H.	2.6	6.30	3.10	10 YR 7/2	10 YR 4/2
3	20	90-110	81.2	8.7	A.H.	2.6	7.42	4.0	10 YR 7/2	10 YR 5/2

El Responsable del Laboratorio
 ING. RICARDO ESCOFFICHI

El Jefe del Departamento de Agronomía,
 ING. SERGIO ZAMORA SALCANO

REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA

USUARIO EJIDO CENTENARIO COLOMIA CENTENARIO No. DE MUESTRA(S) 6 CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ FECHA DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA
Análisis Físicos

NÚMERO DE LABORATORIO	111	112	113	114	115	116
PROFUNDIDAD EN CENTÍMETROS	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
% ARENA	79.6	71.6	71.6	45.0	60.6	46.6
% LIMO	43.3	41.9	47.3	23.3	19.3	29.3
% ARCILLA	27.1	23.1	11.1	31.1	11.1	21.1
CLASIFICACION TEXTURA	Migajón Arcilloso	Francoso	Migajón Arenoso	Migajón Arcilloso	Migajón Arcilloso	Francoso
DENSIDAD APARENTE g/cm ³						
CAPACIDAD DE CAMPO %						
% DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE %	5-7	3-7	5-7	5-8	5-8	5-8

Análisis Químicos

No. DE LABORATORIO	PH	MATERIA ORGANICA %	MATERIA TOTAL %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	N %	Ca %	Mg %	S %	CLORO P.P.M.		NITROGENO P.P.M.		ALUMINIO P.P.M.		PIERRO P.P.M.		COPRE P.P.M.	
										0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
111	8.68	3.35	1.67	14.0	0.35														
114	8.87	4.69	2.35	28.0	7.00														

OBSERVACIONES _____

RECOMENDACIONES _____

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____
 GENARO MEJIA CUBRAS

NUMERO DE ORGANIZACION Y DESARROLLO RURAL _____
 ING. FELIPE RUIZ GONZALEZ

**REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA**

USUARIO EJIDO CENTENARIO COLONIA CENTENARIO No. DE MUESTRA(S) 6 CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ FECHA DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA
Análisis Físicos

NÚMERO DE LABORATORIO	111	112	113	114	115	116
PROFUNDIDAD EN CENTÍMETROS	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
% ARENA	29.6	35.6	71.6	52.6	69.6	49.6
% LIMO	43.3	41.9	17.3	23.3	14.3	29.3
% ARCILLA	27.1	23.1	11.1	24.1	16.1	21.1
CLASIFICACION TEXTORA	Migajón Arcilloso	Francoso	Migajón Arcinoso	Migajón Arcilloso	Migajón Arcinoso	Francoso
DEBIDIDAD APARENTE ρ / cm^3						
CAPACIDAD DE CAMPO θ						
% DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE h	5-7	5-7	5-7	5-8	5-8	5-8

h = % DE HUMEDAD EN BASE A PESO DE SUELO SECO

Análisis Químicos

No. DE LABORATORIO	111	112	113	114	115	116
PH	8.88	8.87	8.87	8.87	8.87	8.87
MAZUFCA %	3.35	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
TOTAL %	2.35	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
N %						
P %						
K %						
Ca %						
Mg %						
Al %						
Si %						
Fe %						
Mn %						
Zn %						
Cu %						
B %						
Cl %						
S %						
C %						
H %						
O %						

OBSERVACIONES _____

RECOMENDACIONES _____

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____
 RESPONSABLE DE ORGANIZACION Y DESARROLLO RURAL _____
 INE. FELIPE RUIZ GONZALEZ

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA**

USUARIO EJIDO CENTENARIO B.C.SUR COLONIA CENTENARIO No. DE MUESTRA(S) _____ CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ FECHA DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

**REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA
Análisis Físicos**

NOMBRE DE LABORATORIO	117	118	119	120	121	122
PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	0-30	30-60	60-90	45-30	30-60	60-90
% ARENA	41.6	27.3	25.8	49.3	53.3	59.3
% LIMO	23.3	39.6	45.1	29.0	21.6	23.6
% ARCILLA	35.1	33.1	29.1	21.7	15.1	17.1
CLASIFICACION TEXTURA	Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso Franco Migajón Arenoso Migajón Arcilloso					
DENSIDAD APARENTE g/cm ³						
CAPACIDAD DE CAMPO %						
% DE HINCHAMIENTO PERMANENTE %	5-9	5-9	5-9	5-10	5-10	5-10

* % DE HUMEDAD EN BASE A PESO DE SUELO SECO

Análisis Químicos

No. DE MUESTRA	P H	MATERIA ORGANICA %	TOTAL %	P2 O5 %	% O	N - NO3 %	N - NH4 %	MANGANESO P. P. M.	ALUMINO P. P. M.	FIERRO P. P. M.	C LORO P. P. M.	S ULFATO P. P. M.	S ORO P. P. M.	C OBRE P. P. M.
117	0-30	870	6.29	4.0	700									
120	0-30	8.58	0.67	6.2	700									

OBSERVACIONES _____
 RECOMENDACIONES _____

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____
 DESARROLLO RURAL COMONDU
 INGE. FELIPE RUIZ GONZALEZ

**REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA**

USUARIO EJIDO CENTENARIO B.C.S. COLONIA CENTENARIO No. DE MUESTRAS 127 CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ FECHA DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA
Análisis Físicos

RUBRO DE LABORATORIO	123	124	125	126	127	128
PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
% ARENA	37.6	69.6	89.6	45.6	25.6	47.6
% LIMO	29.3	19.3	3.3	31.3	47.3	29.3
% ARCILLA	33.1	5.1	7.1	23.1	27.1	23.1
CLASIFICACION TEXTURA	Migajón Arcilloso					
DENSIDAD APARENTE P / cm ³	Migajón Atenuoso					
CAPACIDAD DE CAMPO M	Franco					
% DE MADURAMIENTO PERMANENTE M	5-11	5-11	5-11	5-12	5-12	5-12

N % DE HUMEDAD EN BASE A PESO DE SUELO SECO

Análisis Químicos

No. DE LABORATORIO	PH	MATERIA ORGANICA %	TOTAL %	P ₂ O ₅ Mg./Mg.	K ₂ O Mg./Mg.	N - NOS Mg./Mg.	Mg. %	MANGANESO P. P. M.	ALUMINIO P. P. M.	PIERRO P. P. M.	CLORO P. P. M.	SULFATO P. P. M.	SODIO P. P. M.	COBRE P. P. M.
123	7.3	5.27	2.61	6.2	296									
126	8.74	0.86	0.040	24.5	700									

OBSERVACIONES _____

RECOMENDACIONES _____

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____

GERARDO MORA CUMBRAS

SUBJEFE DE ORGANIZACION Y DESARROLLO RURAL

ING. FELIPE RUIZ GONZALEZ

**REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA**

USUARIO EJIDO CENTENARIO B.C.S. COLONIA CENTENARIO No. DE MUESTRAS 133 CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ FECHA DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

**REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA
Análisis Físicos**

HUBERO DE LABORATORIO	129	130	131	132	133	134
PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
% ARENA	29.6	27.6	27.6	73.6	82.4	89.6
% LIMO	36.3	37.3	37.3	13.3	4.9	3.3
% ARCILLA	35.1	35.1	35.1	13.1	13.1	9.1
CLASIFICACION TEXTURA	Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso Migajón Arcilloso					
DENSIDAD APARENTE ρ / cm^3						
CAPACIDAD DE CAMPO θ						
% DE MANTENIMIENTO PERMANENTE θ_p						
% DE HUMEDAD EN BASE A PESO DE SUELO SECO	S-13			S-14		

Análisis Químicos

No. DE LABORATORIO	PROFUNDIDAD en cm.	P H	ORGANICA %	TOTAL %	P ₂ O ₅ Kg./Ha	K ₂ O Kg./Ha	N - NO ₃ kg./Ha	MS S kg./Ha	FIERRO		CLORO		SULFATOS		BORO		COBRE	
									P. P. M.									
129	0-30	8.93	6.29	3.15	5.1	700												
132	0-30	8.87	0.80	0.040	7.3	37.8												

OBSERVACIONES _____
 RECOMENDACIONES _____

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____ JEFE DE ORGANIZACION Y DESARROLLO RURAL _____
 SENARO MEJIA CUADRAS _____ JUZALEZ _____

REPRESENTACION EN EL ESTADO DE B. C. S.
DISTRITO DE DESARROLLO RURAL COMONDU No. 002
ASISTENCIA TECNICA

USUARIO EJIDO EL CENTENARIO COLONIA EL CENTENARIO No. DE MUESTRAS 1 CICLO AGRICOLA _____
 No. DE LOTE _____ No. DE ANALISIS _____ CULTIVO _____
 FECHA DE RECEPCION _____

REPORTE DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS PARA USO AGRICOLA

Análisis Físicos

NUMERO DE LABORATORIO	141	142	143	144	145	146
PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	0 - 30	30 - 60	60 - 90	0 - 30	30 - 60	60 - 90
% ARENA	69.6	41.0	76.0	80.0	86.0	72.0
% LIMO	15.3	29.3	10.9	6.9	2.2	9.9
% ARCILLA	15.1	29.1	13.1	13.1	11.1	17.1
CLASIFICACION TEXTURA	Migajón Arenoso					
DENDIDAD APARENTE W/cm ³	Migajón Arcilloso					
CAPACIDAD DE CAMPO %	Migajón Arcilloso					
% JE MANTENIMIENTO PERMANENTE %	SITIO 1/					
	5-17		5-17		5-18	
	5-17		5-17		5-18	

0 % DE HUMEDAD EN BASE A PESO DE SUELO MOJO

Análisis Químicos

No. DE LABORATORIO	P H	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO %	P O ₄ Mg /ha	% O Mg /ha	N - NOS Mg /ha	NO ₃ - N Mg /ha	ALUMBRIO		SULFATOS		SODIO		COBRE	
							P. P. M.							
151	0-30	15	0.050	0.040	1.1	590								
144	0-20	9.18	0.800	0.040	1.1	700								

RECOMENDACIONES

RESPONSABLE DE LABORATORIO _____
 SENAR MILVA CONTRAS
 ENCARGO DE ORGANIZACION Y DESARROLLO RURAL _____
 INB FELIPE PAUL CONTRAS

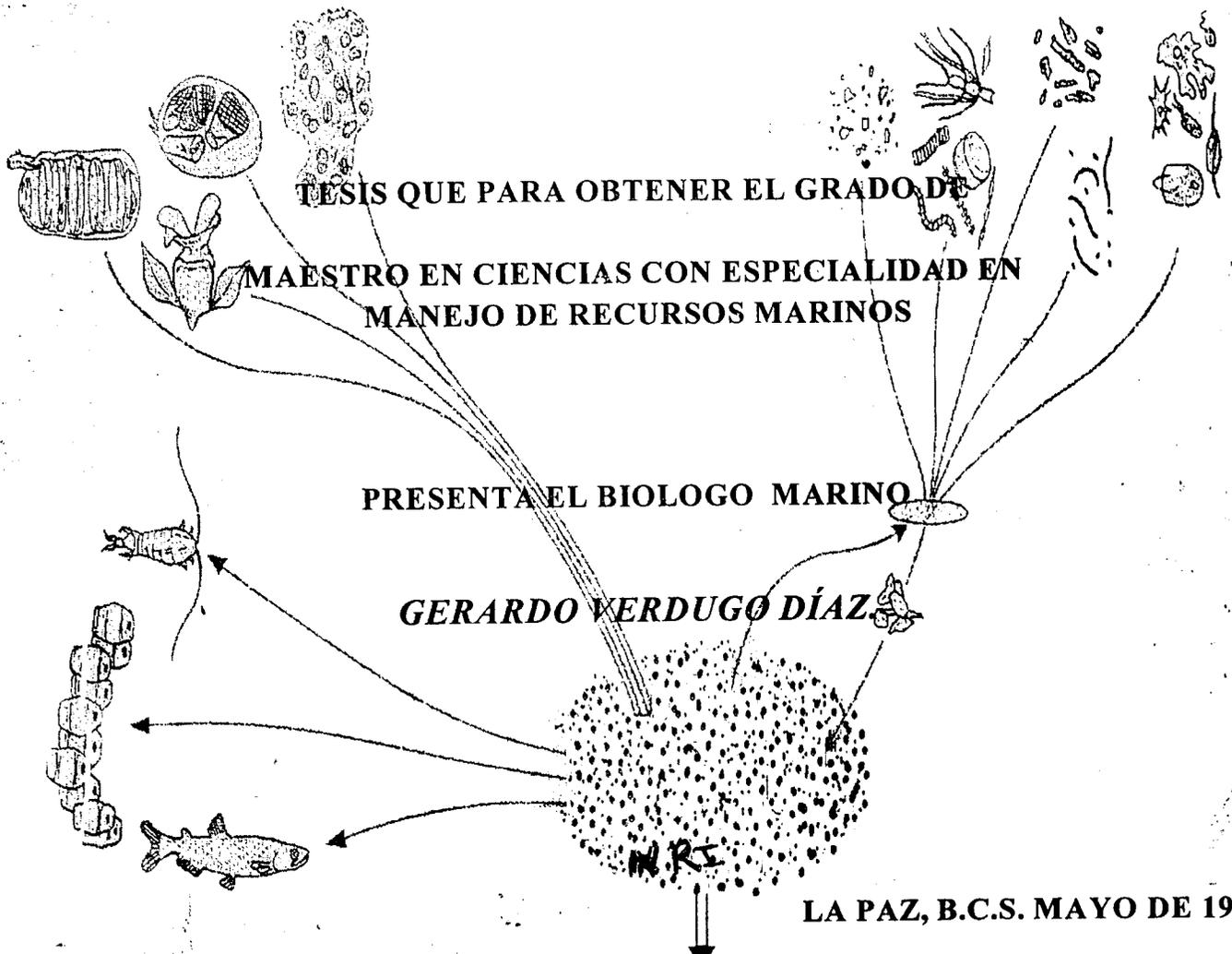


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS



DEPARTAMENTO DE PLANCTON Y ECOLOGÍA MARINA

**“CAMBIOS ESTACIONALES DEL FITOPLANCTON
Y DE LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DEL
MATERIAL ORGÁNICO PARTICULADO
EN BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S.”**



TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA EL BIÓLOGO MARINO

GERARDO VERDUGO DÍAZ

LA PAZ, B.C.S. MAYO DE 1997.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS.

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS.

***“CAMBIOS ESTACIONALES DEL
FITOPLANCTON Y DE LA COMPOSICIÓN
BIOQUÍMICA DEL MATERIAL ORGÁNICO
PARTICULADO EN BAHÍA CONCEPCIÓN,
B. C. S.”***

02.87

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS PRESENTA:

GERARDO VERDUGO DÍAZ.

LA PAZ, B.C.S. MAYO DE 1997.



SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

FORMA: DEPI-9

DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

B 9 3 0 6 7 8
Número de registro

En la ciudad de LA PAZ, BCS., siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de ABRIL de 1997, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de estudios de Posgrado e Investigación de C I C I M A R, para examinar la tesis de grado titulada:

"CAMBIOS ESTACIONALES DEL FITOPLANCTON Y DE LA COMPOSICION BIOQUIMICA DEL MATERIAL ORGANICO PARTICULADO EN BAHIA CONCEPCION, B.C.S."

presentada por el alumno: GERARDO VERDUGO DIAZ

aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron SU APROBACION DE LA TESIS, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

MC. AIDA MARTINEZ LOPEZ (Director de Tesis)

1o. VOCAL

MC. ISMAEL GARATE LIZARRAGA SECRETARIO

MC. DAVID ALFARO SIQUEIROS BELTRON 3o. VOCAL

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE PRESIDENTE

MC. J. RICARDO PALOMARES GARCIA 2o. VOCAL

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

MC. VICTOR MANUEL GOMEZ MUNOZ

I. P. N. CICIMAR DIRECCION



AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS (CICIMAR)**, por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo. De igual manera agradezco al **CONACyT** por el apoyo otorgado mediante la beca No. 85939.

Al C. M. en C. Martín E. Hernández Rivas, Subdirector Administrativo del **CICIMAR**, por el gran apoyo que siempre me ha brindado.

Esta investigación se realizó dentro del proyecto "**DINÁMICA DEL PLANCTON EN BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S**" desarrollado en el Departamento de Plancton y Ecología Marina, bajo la dirección del M. en C. José Ricardo Palomares García.

A la M. en C. Aída Martínez López, directora de esta tesis, por la dedicación e interés mostrado durante el desarrollo de la misma, así como por haberme proporcionado gran parte de los datos de los indicadores bioquímicos aquí utilizados.

Al M. en C. Ismael Gárate Lizárraga, codirector de la presente investigación, por sus acertados comentarios y recomendaciones, así como por facilitarme algunos datos de concentración de clorofila, abundancia y composición fitoplanctónica.

Al Dr. Rafael Cervantes Duarte y a los M. en C. David Alfaro Siqueiros Beltrones y José Ricardo Palomares García, por las atinadas críticas y observaciones realizadas al presente.

A todos los compañeros del Departamento de Plancton y Ecología Marina, en particular al M. en C. Sergio Hernández Trujillo, por la revisión y las valiosas críticas realizadas al anteproyecto de tesis. Al C. Cenobio Jiménez M. un gran amigo y ahora compadre.

Al M. en C. Rodolfo Ramírez Sevilla, por las acertadas asesorías para el manejo estadístico de la información aquí generada.

Al M. en C. Mario Martín Grajeda Muñoz, por la traducción al inglés del resumen aquí presentado, así como al Biól. Andrés Levi Pérez, por la revisión del mismo.

A la Ing. en Acuac. Sonia Futema Jiménez, por sus valiosos consejos y ayuda en el análisis estadístico de los datos, así como por haber sido parte fundamental para que este trabajo se concluyera, al ser el aliciente que me lleva a la superación.

A los integrantes del Centro de computo del **CICIMAR** en especial al Jefe del mismo, Lic. Manuel Alvaro Pacheco Hoyo, así como al Lic. José Guillermo Martínez Flores y a Susana Cárdenas Chávez por la valiosa orientación para el uso del software, lo cual facilitó en gran medida la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre:

Sr. Alfonso Verdugo Davis.

A la memoria de mi abuelo:

Ing. Sebastián Díaz Encinas.

A la memoria de un gran amigo, y el mejor maestro:

M. en C. Samuel Rueda Fernández.

Con cariño para mi madre Sra. María Jesús Díaz Perpuly, quien venciendo todas las adversidades, me ha dado lo mejor, entre ello la educación.

A Sonia Futema Jiménez, quien con su optimismo y maravillosa manera de ser, vino a transformar mi vida justo en el momento en que mas lo necesitaba, a ti Sonia, porque te amo entrañablemente, simplemente a ti que eres mi todo.

Con cariño para mis sobrinos:

Iris Minerva.

Jorge Miguel.

Daniel Alejandro.

Gilberto Alfonso.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVO GENERAL	7
a.- Objetivos específicos.....	7
ÁREA DE ESTUDIO.....	5
METODOLOGÍA.....	8
a.- Trabajo de campo.....	8
b.- Análisis de muestras.....	11
c.- Procesamiento de los datos y estadística preliminar.....	12
RESULTADOS.....	15
a.- Temperatura.....	15
b.- Composición específica del microfitoplancton.....	16
c.- Estructura de las asociaciones del microfitoplancton.....	19
d.- Similitud entre los muestreos.....	21
e.- Similitud entre las estaciones de muestreo.....	23
f.- Abundancia fitoplanctónica total.....	27
g.- Abundancia fitoplanctónica fraccionada.....	28
h.- Biomasa orgánica particulada.....	30
i.- Determinación del origen de la materia orgánica particulada.....	34
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	65

GLOSARIO

- ☞ **Advección.-** En oceanografía la advección se refiere al flujo horizontal o vertical del agua de mar a modo de corriente.
- ☞ **Antiestuarino.-** Cuerpo de agua marina, en el cual el aporte de agua dulce es nulo o insignificante y la evaporación es mayor que la precipitación pluvial.
- ☞ **Antropogénico.-** Cualquier efecto ocasionado o producido al ambiente, por la acción o intervención del hombre
- ☞ **Bahía.-** Entrada en la costa o una ensenada marina entre dos cabos o promontorios; no tan grande como un golfo, pero mayor que una caleta.
- ☞ **Capacidad portadora.-** Número máximo de organismos que pueden mantenerse en un área o hábitat determinados; por lo general se denota con una K ; asíntota superior de la ecuación logística.
- ☞ **Dendrograma.-** Diagrama de ramas en forma de árbol que se utiliza para representar grados de relación o semejanza.
- ☞ **Detritus.-** Materia orgánica fragmentada en partículas, proveniente de la descomposición de plantas y animales.
- ☞ **Estratificación.-** Estructuración vertical de una comunidad o hábitat en capas horizontales sobrepuestas.
- ☞ **Eutrófico.-** Relativo a las aguas ricas en los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Que posee una alta productividad primaria.
- ☞ **Florecimiento fitoplanctónico.-** Concentración enorme de fitoplancton en un área, causada por una multiplicación explosiva o gradual de los organismos, pudiendo algunas veces ser de una sola especie.
- ☞ **Mann Whitney, prueba U de.-** Método no paramétrico en donde las cuentas de muestra se encuentran jerarquizadas en una secuencia simple; se utiliza para probar si dos muestras independientes son iguales o provienen de una misma población.

- ☞ **Marea roja.**- Concentraciones masivas de fitoplancton que imprimen una discoloración al mar, única etapa visible, pero se consideran cuatro etapas secuenciales de desarrollo y generalmente dominados por dinoflagelados.

- ☞ **Microfitoplancton.**- Fracción fitoplanctónica que con base al tamaño, agrupa células mayores a las 20 μ .

- ☞ **Nanofitoplancton.**- Fracción fitoplanctónica que con base al tamaño, agrupa células entre la 5 y las 20 μ .

- ☞ **Nieve marina.**- Agregados microparticulados formados por detritus y organismos vivos, los cuales por su riqueza en comunidades microscópicas poseen una alta concentración de nutrientes.

- ☞ **Oligotrófico.**- Que posee baja productividad primaria; perteneciente a las aguas con bajos niveles de nutrientes minerales.

- ☞ **Proliferación.**- Dentro de los organismos fitoplanctónicos se conoce por este termino a la capacidad que tienen estos, de multiplicarse, reproducirse o crecer en número.

- ☞ **Seston.**- Total de partículas de materia suspendidas en el agua, tanto de origen biológico como no biológico.

- ☞ **Simbiosis.**- Forma de vida en que dos organismos de diferente especie se unen o asocian estrechamente con beneficio para uno o los dos.

- ☞ **Sucesión.**- Proceso gradual del cambio y sustitución progresivo de una comunidad, que conduce hacia una comunidad estable; proceso de colonización y extinción continuas de poblaciones de especies en un sitio particular.

- ☞ **Ticoplancton.**- Organismos que ocasionalmente son llevados hacia el plancton por factores aleatorios como la generación de turbulencia.

- ☞ **Toxina.**- Veneno biogénico, generalmente proteínico, que puede ser altamente tóxico.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.- Localización de área de estudio y de las estaciones de muestreo.....	10
Fig. 2.- Variación de los valores promedio mensuales de la temperatura superficial; con sus máximos y mínimos.....	15
Fig. 3.- Valores promedio de Diversidad (H'), Numero de especies (S) y Dominancia (I). a) Nivel superficial; b) Nivel 10 metros.....	20
Fig. 4.- Dendrograma del índice de Sokal y Sneath entre los diferentes muestreos de 1991 a 1993. a) Nivel superficial; b) Nivel 10 metros.....	22
Fig. 5.- División de la bahía de acuerdo a la composición específica y la abundancia fitoplanctónica (Cel/I)	26
Fig. 6.- Variación temporal de los valores promedio de la abundancia fitoplanctónica total (Cel/I), con sus máximos y mínimos para el nivel superficial.....	27
Fig. 7.- Variación temporal de los valores promedio de la abundancia fitoplanctónica (Cel/I) por fracción de tamaño, con sus máximos y mínimos; a) micro; b) nanofitoplancton.....	29
Fig. 8.- Variación de los valores promedio mensuales de los carbohidratos: a) superficie, b) 10 metros; las proteínas c) superficie, d) 10 metros y la clorofila e) superficie, f) 10 metros; con sus máximos y mínimos.....	33
Fig. 9.- Serie de tiempo de las anomalías térmicas registradas en la zona aledaña a Bahía Concepción (26°45' N, 111°45' W) B.C.S., de 1991 hasta 1993.....	39

LISTA DE TABLAS

Tabla I.- Número de muestras analizadas por crucero y nivel muestreado.....	8
Tabla II.- Valores porcentuales del Índice de Valor Biológico de Sanders para el nivel superficial.....	17

Tabla III.- Valores porcentuales del Índice de Valor Biológico de Sanders para el nivel de 10 metros.....	18
Tabla IV.- Valores críticos de la U de Mann-Whitney ($\alpha=0.01$), comparando la abundancia fitoplanctónica total y fraccionada para el nivel superficial y de 10 metros. Ut= U de tablas y Uc= U calculado.....	28
Tabla V.- Valores críticos de la U de Mann-Whitney ($\alpha=0.01$), comparando los carbohidratos, proteínas y clorofila a para el nivel superficial y de 10 metros. Ut= U de tablas y Uc= U calculado.....	32
Tabla VI.- Parámetros de la ecuación de la recta, coeficiente de determinación y % de materia orgánica particulada de origen fitoplanctónico obtenidos de las regresiones proteínas-clorofila y carbohidratos-clorofila.....	34
Tabla VII.- Parámetros de la recta obtenidos mediante las regresiones realizadas entre carbohidratos-proteínas.....	35
Tabla VIII.- Cocientes proteínas/clorofila y carbohidratos/clorofila para el nivel superficial y de 10 metros.....	36

ANEXOS

Anexo I.- Distribución horizontal de la temperatura superficial en la bahía por muestreo entre 1991-1993.....	65
Anexo II.- Lista de especies determinadas entre 1991-1993.....	71
Anexo III.- Dendrogramas de datos cuantitativos del microfitoplancton, por estación de muestreo, entre el nivel superficial y 10 metros.....	78
Anexo IV.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica total por estación y por muestreo entre 1991 y 1993.....	84
Anexo V.- Distribución superficial de la abundancia fitoplanctónica fraccionada por muestreo entre 1991-1993.....	86
Anexo VI.- Distribución de los carbohidratos, proteínas y clorofila por estación de muestreo para cada mes en superficie y 10 metros de profundidad.....	97

RESUMEN

CAMBIOS ESTACIONALES DEL FITOPLANCTON Y DE LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DEL MATERIAL ORGÁNICO PARTICULADO EN BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S.

Se determinaron los cambios estacionales en la distribución espacial de la materia orgánica particulada (MOP) en Bahía Concepción, B.C.S. durante 1991 a 1993, y se calculó la contribución de las partículas de origen fitoplanctónico y no fitoplanctónico a la materia orgánica total. Dentro de la fracción fitoplanctónica se determinó su abundancia y variación espacio-temporal por fracciones de tamaño (nano y microfitoplancton), así como la estructura de la comunidad del microfitoplancton usando los índices de importancia ecológica como la diversidad, dominancia, similitud e Índice de Valor Biológico. Se determinaron 230 taxa, las diatomeas fueron el grupo mejor representado en cuanto a número de especies (131), de ellas los géneros más importantes *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, y *Nitzschia*. El segundo grupo en importancia fueron los dinoflagelados (92 especies), representados principalmente por especies de los géneros *Protoperidinium*, *Ceratium* y *Prorocentrum*; mientras que dentro de los silicoflagelados (9 especies) como tercer grupo en importancia dominaron especies del género *Dictyocha*. Se observó una mayor afinidad de las diatomeas hacia los meses con temperaturas menores y una columna de agua homogénea, mientras que los dinoflagelados registraron su mayor presencia hacia la temporada cálida con una columna de agua estratificada. Se registraron alrededor de 10 especies de dinoflagelados las cuales han sido reportadas como tóxicas o potencialmente tóxicas. La abundancia fitoplanctónica total no mostró un comportamiento estacional definido, sin embargo, las variaciones interanuales fueron evidentes observándose un decremento de la misma hacia 1992 y 1993, años en los cuales las anomalías de temperatura fueron positivas; en cuanto a la abundancia fitoplanctónica fraccionada, el nanofitoplancton fue generalmente el dominante y se vio favorecido durante las anomalías positivas de temperatura. El microfitoplancton por el contrario, tendió a disminuir en su abundancia hacia 1992 y 1993. La concentración de carbohidratos no mostró una estacionalidad, sus cambios más importantes se dieron en la variación interanual, observándose que durante 1991 y 1993 sus concentraciones no tuvieron gran variación entre los diferentes meses, mientras que en 1992 se registró un notable incremento durante el verano. Las proteínas asociaron sus valores máximos con la temporada fría, mientras que sus mínimos se registraron principalmente en los meses cálidos, esto durante 1991 y 1993, ya que durante 1992 el comportamiento fue inverso. Por lo que respecta a la concentración de clorofila, sus valores máximos se relacionan con la temporada fría, aunque durante 1993 este patrón no se mantiene. Tanto las concentraciones de los carbohidratos como de las proteínas registraron una correlación no significativa con relación a la clorofila, lo cual sugiere la participación de una fuente alterna de carbohidratos y proteínas de un origen no fitoplanctónico. Mediante el cociente carbohidratos/proteínas se determinó que la temporada fría fue la que presentó una mayor calidad nutritiva del material orgánico particulado.

ABSTRACT

SEASONAL CHANGES OF PHYTOPLANKTON AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF PARTICULATE ORGANIC MATTER, IN BAHÍA CONCEPCIÓN, B.C.S.

Seasonal changes in the spatial distribution of particulate matter (POM) were measured in Bahía Concepción, B.C.S. from 1991 to 1993. The contribution by phytoplankton and non-phytoplankton to POM was also calculated. Microphytoplankton community structure was determined by means of diversity, dominance, and biological value index. A total 235 taxa were found; diatoms were best represented (131 species); *Chaetoceros*, *Rhizosolenia*, and *Nitzschia* were the dominating genera. The dinoflagellates were secondly important (92 species) with *Protoperdinium*, *Ceratium* and *Prorocentrum* dominating this group. A preference of diatoms for low temperatures and a homogeneous water column were observed. Dinoflagellates showed a preference for higher water temperatures and a well stratified water column. We found at least 10 toxic species of dinoflagellates. Total phytoplankton abundance did not show a well defined seasonal variation; yearly variation showed a decrease toward 1992-1993 (year with positive temperature anomalies). Nannophytoplankton generally dominated and preferred positive temperature anomalies. On the other hand, Microphytoplankton decreased towards 1992-1993. Carbohydrate concentration did not show a seasonal variation were observed. Significant yearly differences with a high value during warm season on 1992. Protein maximum values occurred during the cold season, while its minimum on 1991 and 1993 were during warm months. In 1992 the behaviour was the opposite. Chlorophyll concentration had maximum values related to cold season, although this was not true for 1993. Carbohydrates and proteins did not show a significant correlation to chlorophyll. This suggests an alternate source rather than phytoplankton. The carbohydrate/protein ratio indicated that the cold season had a better nutritional quality in terms at POM.

INTRODUCCIÓN.-

El estudio del balance alimenticio en el mar requiere de información acerca de la distribución y composición de la materia orgánica particulada, ya que sus proporciones varían según las condiciones ambientales (Varela *et al.*, 1988). La materia orgánica particulada (MOP), incluye partículas mayores de 0.5μ como fitoplancton, zooplancton, detritus y bacterias (Riley y Chester, 1989) y es un componente importante en la cadena alimenticia marina, ya que de esta se alimentan organismos de diferentes niveles tróficos.

En general, se puede observar una diferencia clara en la producción de MOP entre los ambientes oceánico y costero. De estos últimos, los ecosistemas lagunares y estuarinos se consideran entre los más productivos de cualquier ecosistema natural (Yañez-Arancibia, 1986). Esta alta productividad se le atribuye en primer instancia al plancton, sin embargo, también se reconoce la importancia de los detritus dentro de la cadena trófica marina, así como de los factores que determinan su calidad como fuente de alimento (Suschenya, 1968; en Varela *et al.*, 1988).

En las lagunas costeras, los procesos de degradación que sufre el material orgánico particulado, es de suma importancia ya que de esta manera se provee al sistema de una fuente de nutrientes que pueden ser aprovechados por las comunidades autotróficas, la cual además actúa como fuente energética para la producción heterotrófica (Mann, 1982).

La energía potencial de la materia orgánica particulada dentro de estos cuerpos costeros tiene varios destinos: 1) consumo por una biota local abundante; 2) pérdida de materia (y energía) por exportación hacia la zona costera adyacente, debido al intercambio mareal; y 3) una pérdida por retención de formas nutritivas y materia orgánica en los sedimentos (Contreras-Espinosa, 1988). Dentro de este esquema, Bahía Concepción presenta algunas características que permiten suponer que cumple con las premisas anteriores. En sus aguas existen poblaciones de organismos bentónicos que soportan pesquerías ribereñas a pequeña y gran escala, entre las más importantes se encuentran la almeja catarina (*Argopecten ventricosus*), la pata de mula (*Anadaren multicostaten*) y el callo de hacha (*Pinna rugosa*), entre otros (Ramírez-Rodríguez, 1988; Avilés-Quevedo, 1990; Villalejo-Fuerte, 1992).

En Bahía Concepción, las altas biomásas de los organismos antes mencionados deben estar sostenidas por una producción continua de otros componentes de la MOP, diferentes al fitoplancton, ya que por si mismo no podría sostener esta producción a través del año. Por esta razón, es necesario investigar la existencia de otras fuentes complementarias de partículas de alimento durante las temporadas más pobres en producción primaria.

Asimismo, es importante tratar de entender las fluctuaciones temporales de la MOP, ya que las poblaciones de bivalvos están estrechamente relacionadas con el material orgánico, dado que filtran las partículas del medio circundante. Esta forma de alimentación la presentan durante toda su vida, una vez agotadas sus reservas vitelinas (Winter, 1978; en Avilés-Quevedo, 1990). Esta etapa de primera alimentación resulta la más crítica para la supervivencia de las larvas, ya que dependen de la calidad y cantidad de las partículas en la columna de agua.

El propósito de esta investigación es identificar e interpretar los cambios estacionales en las proporciones del fitoplancton y las partículas de otro origen, así como determinar los cambios en la estructura y dinámica del fitoplancton.

ANTECEDENTES.-

En México es relevante el estudio de las lagunas costeras debido a que el país cuenta con más de 123 lagunas que abarcan el 33% de sus litorales y cubren una superficie aproximada de 12,600 Km². Estos ecosistemas representan un gran potencial, y el hombre los ha utilizado desde tiempos ancestrales para la construcción de puertos, como áreas de recreación, y también, para la explotación de recursos renovables y no renovables (González-Farías y Hernández-Garza, 1989).

Dentro del Golfo de California se localizan numerosas lagunas costeras. En el lado occidental se distinguen por su tamaño Bahía de La Paz y Bahía Concepción, las cuales tienen una gran importancia económica debido a su gran riqueza biológica susceptible a explotación comercial. Es por eso que últimamente se ha dedicado un mayor esfuerzo en la investigación básica de estas zonas. Dentro de estas investigaciones, es de suma importancia realizar estudios sobre la cantidad y calidad del material orgánico particulado, dado que son zonas de pesca, protección y crianza para diversas especies de

importancia comercial. Entre estas se encuentran organismos filtradores que dependen directamente de una fuente constante y de calidad de alimento particulado.

Los trabajos desarrollados sobre materia orgánica y fitoplancton en el Golfo de California son escasos. Algunas de las investigaciones sólo proporcionan resultados aislados, tanto de la materia orgánica, como de las descargas de ríos, el acarreo de materia por vía eólica, etcétera (Tovilla-Hernández, 1991). Dentro del Golfo de California se tienen algunas investigaciones de este tipo; Lara-Lara y Valdéz-Holguín (1988) determinaron el contenido de clorofila *a* por fracciones de tamaño, así como la concentración de nutrientes, encontrando que en esta zona los nutrientes se encuentran disponibles en concentraciones suficientes para no ser un factor limitante al crecimiento de comunidades fitoplanctónicas, las cuales se encuentran dominadas generalmente por el nanofitoplancton.

Lechuga-Deveze *et al.* (1989), realizaron estudios sobre proteínas, carbohidratos y clorofila *a* de la materia orgánica particulada para tres ambientes oceánicos, incluyendo el Golfo de California. Encontraron que el material orgánico es de una alta calidad alimenticia, por lo cual puede ser incorporado a la cadena trófica por diversos organismos filtradores. En un estudio similar, Bustillos-Guzmán (1990) analizó el material orgánico particulado, expresando la biomasa proteica, de carbohidratos y de clorofila *a*, haciendo la diferenciación de las micro y nanopartículas en la región de las grandes islas y parte central del Golfo de California. Así encontró una gran cantidad de material orgánico particulado de origen no fitoplanctónico, el cual se encuentra distribuido de manera diferencial en la columna de agua y compete tanto en calidad como en cantidad con el material fitoplanctónico. Por su parte, López-Cortés *et al.* (1991) determinaron las proteínas, carbohidratos y clorofila *a* de tres fracciones (nano, micro y mesoplancton) de la materia orgánica particulada y encontraron que la fracción de menor tamaño es la que más contribuye en cuanto a proteínas y carbohidratos; reportaron también que las estructuras hidrográficas asociadas a las agregaciones de biomasa pueden representar áreas adecuadas para la alimentación de diversos organismos marinos. Cervantes-Duarte *et al.* (1993) estudiaron la distribución vertical de la clorofila *a*, y la relacionaron con la clorofila de la zona eufótica. Estos autores encontraron que el Golfo de California durante invierno se considera como una región mesotrófica con un leve máximo subsuperficial de clorofila. Dadas las dificultades para hacer comparaciones de este tipo, los autores recomiendan generar más datos de campo de todo el Golfo de California que cubran todas las estaciones del año.

En particular, en Bahía Concepción, se han realizado algunas investigaciones que abordan diferentes aspectos del material orgánico particulado, tanto de origen fitoplanctónico como no fitoplanctónico. Dentro de las primeras investigaciones realizadas tenemos que Cupp y Allen (1938) hicieron un análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton, en una estación de muestreo localizada en la parte norte de la bahía, encontrando abundancias inferiores a las 40,000 Cel/l, las cuales son consideradas como altas a ser comparadas con la zona sur del Golfo de California..

Gilmartin y Revelante (1978) hicieron determinaciones de oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, clorofila *a*, y abundancia fitoplanctónica en una estación dentro de la bahía. Estos autores reportan densidades hasta de 3,400,000 células/l de nanofitoplancton, así como altas diversidades (3.45-3.76) en las cuales se presentaba una clara dominancia de las diatomeas sobre los demás grupos microfitoplanctónicos. Martínez-López y Gárate-Lizárraga (1994), estimaron la variación de la materia orgánica particulada (MOP) dentro de Bahía Concepción durante la época reproductiva de la almeja catarina, encontrando alta calidad alimenticia de la MOP presente. Posteriormente, encontraron que el invierno es la temporada más rica en cuanto a materia orgánica particulada (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, en revisión), concluyendo que durante invierno y primavera existe un aporte de partículas por las aguas del Golfo de California, mientras que durante el otoño la bahía es la que exporta material hacia las aguas adyacentes. Reyes-Salinas (1994) determinó la contribución de las diferentes fracciones de tamaño del material orgánico particulado, diferenciando el material de origen fitoplanctónico del seston en conjunto; de igual manera determinó algunos parámetros fisicoquímicos y su relación con la materia orgánica; encontrando una dominancia de la fracción nanoparticulada dentro del material orgánico particulado. Morquecho-Escamilla (1996) analizó el componente fitoplanctónico en Bahía Concepción durante 1993, de igual manera determinó la presencia de toxinas en la almeja catarina. De esta manera encontró que especies potencialmente tóxicas de dinoflagelados (*Dinophysis caudata*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans* y *P. compressum*), pudieron ser favorecidas por las condiciones de oligotrofia que se registraron durante la primavera de 1993 y proliferar de manera importante. Coincidiendo con estas abundancias máximas se registraron también en la zona las concentraciones mayores de toxinas, las cuales en ocasiones fueron superiores a las 400 UR (límite máximo permisible para el consumo de moluscos).

La presencia de dinoflagelados en la zona es de gran importancia, dada su capacidad de proliferar y formar mareas rojas. Dentro de esta bahía se han reportado

estos eventos con cierta periodicidad; Keifer y Lasker, (1975) reportaron una marea roja ocasionada por *Gymnodinium splendens* (= *G. sanguineum*), misma que registró densidades hasta de 100,000 cél/l. Gárate-Lizárraga (1991, 1995) registró los diferentes eventos de marea roja que se han presentado en Bahía Concepción, originados por *N. scintillans* durante otoño-invierno. Estos fenómenos parecen ser recurrentes en Bahía Concepción y pueden influir sobre las características del material orgánico particulado durante los meses fríos.

JUSTIFICACIÓN

La considerable productividad primaria de las lagunas costeras, significa en término de energía una sobretasa de productividad potencial. Este exceso de energía se aprovecha algunas veces y engendra una biomasa importante de organismos, principalmente filtradores. En suma, los sistemas lagunares permiten el establecimiento de poblaciones que si se les controla tienen grandes posibilidades de éxito, siempre y cuando se elijan las especies adecuadas a las condiciones fisico-químicas particulares (Contreras-Espinosa, 1988). De esta forma, pueden mencionarse dos enfoques principales que justifican la investigación propuesta: el ecológico y el acuacultural. En el sentido ecológico, los estudios básicos resultan necesarios, ya que Bahía Concepción está prácticamente en su estado natural y comienza a ser alterada por desarrollos turísticos y pequeños campos de pescadores ribereños. Por esta razón, es apremiante llevar a cabo esta clase de estudios previos al inminente impacto antropogénico con el fin de proporcionar las bases para hacer comparaciones con condiciones a futuro (Millán-Núñez *et al.*, 1981).

Desde un punto de vista acuacultural, la explotación de los recursos marinos en Baja California Sur constituye una de las principales fuentes económicas, siendo los moluscos una de sus pesquerías más importantes por su diversidad y abundancia (Avilés-Quevedo, 1990). Una de las especies sujetas a explotación es la almeja catarina, la cual se distribuye formando acumulaciones de altas densidades a profundidades relativamente bajas. En 1985 la producción promedio anual fue de 3,274 toneladas de peso fresco entero, la cual se incrementó en 1986 hasta 5,747 toneladas (Polanco *et al.*, 1987). Bahía Concepción ha sido considerada como una de las de mayor aporte a las pesquerías en la península debido al alto rendimiento y calidad del "callo" o músculo, que en la actualidad tiene una gran demanda, tanto a nivel nacional como internacional (León-

Carballo *et al.*, 1991). Los registros de captura de esta especie, posteriores a 1986, son evidencia de que su explotación ha ocasionado una disminución notable en sus poblaciones naturales dentro de la bahía. Esta misma tendencia en las capturas se ha observado en otras áreas como Bahía de La Paz, Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, Laguna San Ignacio y Bahía Santo Domingo (Avilés-Quevedo, 1990). Una estrategia para contrarrestar la sobreexplotación de los bancos naturales de organismos como éste, es el maricultivo. Por tal motivo, desde el comienzo de la década de los setentas, ha habido un interés creciente por el desarrollo de esta actividad en las lagunas costeras de la península.

Dada la importancia ecológica y pesquera de Bahía Concepción, es necesario conocer los intervalos espaciales y temporales de variables físicas y biológicas, así como los mecanismos responsables de su fertilidad. Investigaciones como ésta pueden brindar información aplicable en el desarrollo de un maricultivo y, pueden dar información importante para las poblaciones naturales de moluscos filtradores, dado que la materia orgánica particulada en la columna de agua es alimento potencial, tanto para las fases pelágicas como para los adultos de la almeja catarina, la cual se reproduce durante todo el año (Baqueiro *et al.*, 1992; en Villalejo-Fuerte, 1992).

Otro aspecto importante del conocimiento de las comunidades fitoplanctónicas es la proporción de especies reportadas como tóxicas o potencialmente tóxicas, debido a que pueden tener un gran impacto en la economía y salud humana, al desarrollarse las mareas rojas. Las toxinas pueden acumularse en los moluscos, y estos pueden ser transvectores hacia aves o mamíferos, incluyendo al hombre (Dawes, 1986). Los reportes de mareas rojas, tanto dentro de la bahía como en las aguas del Golfo de California han sido generalmente de especies no tóxicas, (Allen, 1937; Cortés-Altamirano, 1984, 1987; Millán-Núñez, 1988; Gárate-Lizárraga, 1991, 1995). Sin embargo, existe el riesgo de que se desarrollen eventos tóxicos, como el caso reportado por Mee *et al.* (1986), razón por la cual deben tomarse las precauciones necesarias en esta zona, ya que estos florecimientos implican un riesgo para las pesquerías y cultivos locales.

* **Objetivo General.-**

Identificar las fluctuaciones estacionales e interanuales del fitoplancton y de algunos indicadores bioquímicos del material orgánico particulado en Bahía Concepción entre 1991 y 1993.

⊕ **Objetivos específicos.**

a.- Describir los cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica entre 1991 y 1993 mediante los siguientes descriptores: 1) Abundancia fitoplanctónica clasificada por tamaños (fracción nano y microfitoplanctónica), 2) Diversidad específica, 3) Dominancia, 4) Similitud y 5) Índice de Valor Biológico.

b.- Determinar la contribución de las partículas de origen fitoplanctónico y no fitoplanctónico a la materia orgánica particulada durante el periodo de estudio.

ÁREA DE ESTUDIO

Bahía Concepción se localiza en la Costa Occidental del Golfo de California entre los 26° 33' y 26° 53' N y 111° 42' 112° 56' W (Fig. 1). Mide aproximadamente 45 Km de largo por 10 Km en su parte más ancha, y posee una extensión de 27,500 ha (Ramírez Guillén, 1983). El sedimento predominante es arenoso y fangoso-arenoso (Cruz-Orozco *et al.*, 1991). Es un cuerpo de agua somero, con un canal de 30 metros de profundidad en la porción noreste; su profundidad máxima es de 37 m, con una media de 22m. El terreno donde se enclava está formado de roca volcánica sumamente fracturada, con algunas fallas. Destaca en la margen oriental un desarrollo continuo de abanicos, playas arenosas, playas rocosas, campos de dunas y terrazas marinas. Sobre el margen occidental, en las localidades conocidas como playas Santispac y El Coyote se ubican manantiales hidrotermales con temperaturas que oscilan de 38 a 51°C (Cruz-Orozco, *et al.*, 1991).

La vegetación circundante está constituida principalmente por manglar (Contreras-Espinosa y Gutierrez-Mendieta, 1989), en tanto que la vegetación submarina por pastos marinos y macroalgas, de las cuales se han reportado volúmenes considerables. Mateo-Cid *et al.* (1993) reportan especies de *Sargassum*, como dominantes a lo largo de toda la

bahía, tanto en densidad como en biomasa, durante casi todo el año. Con base en sus condiciones hidrográficas, la bahía se define, como un sistema antiestuarino (Félix-Pico y Sánchez, 1976). La temperatura media superficial anual es de 24.9°C, con una media mínima de 17.5°C (enero) y una media máxima de 32.1°C (septiembre). La salinidad presenta medias anuales de 35.3 ‰, con una media anual mínima y máxima de 34.6 ‰ y 37.0 ‰. Las concentraciones de oxígeno disuelto encontradas varían desde 5.95 ml/l en el invierno, hasta 5.40 ml/l para la primavera (Félix-Pico y Sánchez, 1976). Sin embargo, se han encontrado condiciones de hipoxia cerca del fondo de la zona mas profunda (Gilmartin y Revelante, 1978; Reyes-Salinas, 1994).

METODOLOGÍA

a) Trabajo de Campo.- Las muestras fueron colectadas de febrero de 1991 a agosto de 1993, durante las campañas denominadas BACO (Bahía Concepción, Año-Mes) (Fig. 1, Tabla I), cubriendo una red de 15 estaciones como máximo. Para cada estación de muestreo se consideraron dos niveles; el superficial y uno a 10 m de profundidad. En ambos casos se tomó la muestra mediante una botella Van-Dorn de 2.5 litros de capacidad.

TABLA I.- Número de muestras analizadas por crucero y nivel muestreado.

MUESTREO	SUPERFICIE	10 mts
BACO-9102	6	6
BACO-9105	10	10
BACO-9110	15	15
BACO-9203	15	15
BACO-9206	15	14
BACO-9209	11	7
BACO-9212	12	12
BACO-9303	12	12
BACO-9306	15	13
BACO-9308	15	15

En cada estación se tomó una muestra de agua superficial, así como una a 10 m de profundidad, a las cuales se les determinó la temperatura mediante un termómetro de cubeta. En el caso de las muestras para análisis de fitoplancton, se tomaron 250 ml de agua y se fijaron con formol a una concentración final del 4 %, neutralizado con borato de sodio. Para la determinación de la clorofila *a* y de la biomasa orgánica particulada expresada como carbohidratos y proteínas, se filtraron de 300 a 500 ml de agua en filtros tipo Whatman GF/F, los cuales se congelaron a -20°C hasta su análisis en el laboratorio.

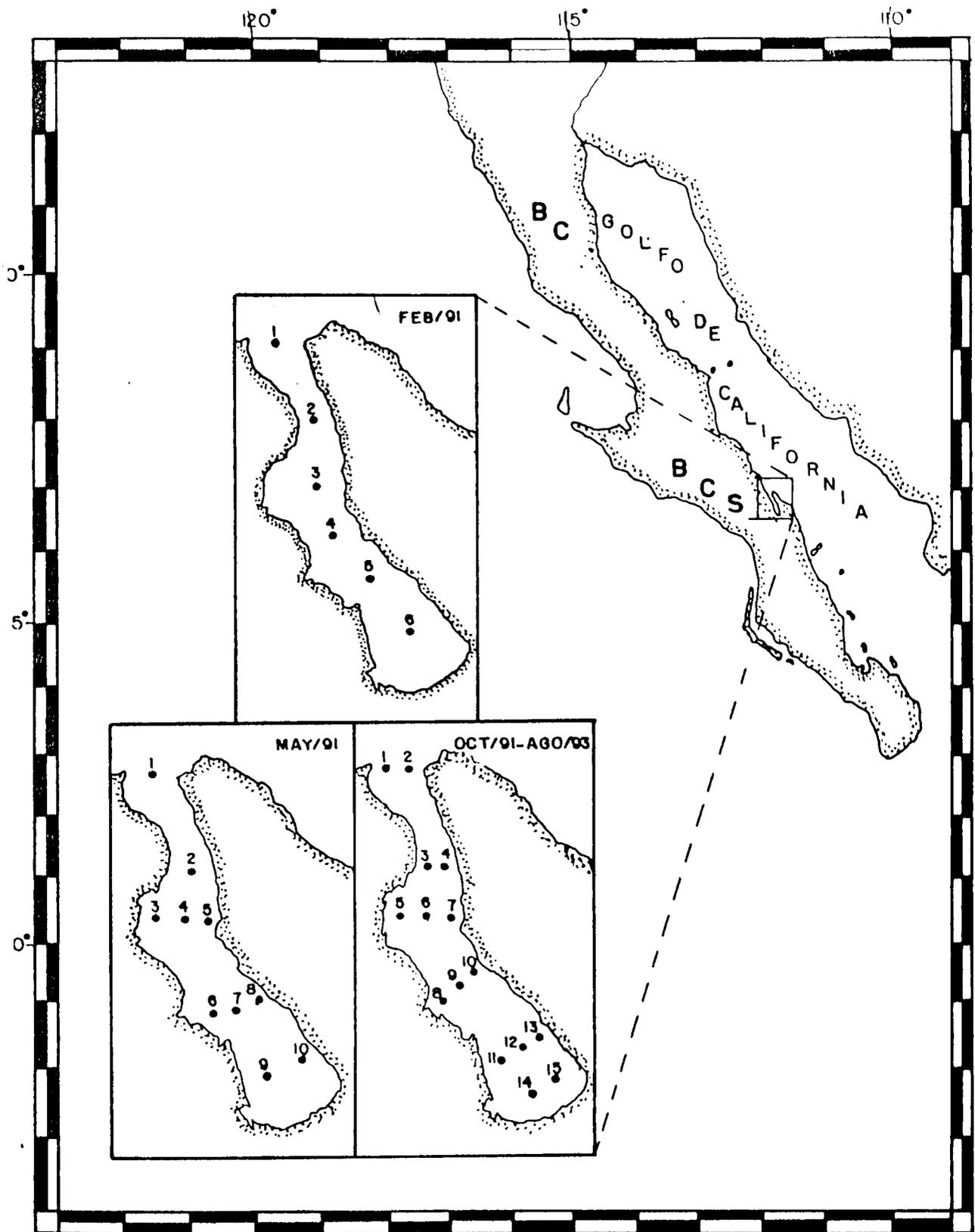


Fig. 1 Localización del área de estudio y de las estaciones de muestreo.

b) Análisis de las muestras.-

Abundancia fitoplanctónica.- Para el análisis cuantitativo y cualitativo del fitoplancton se siguió el método de Utermöhl (Hasle, 1978). Se utilizó un microscopio invertido con óptica planocromática. De manera simultánea se contaron todos los fitoplanctontes a 40x, haciendo la separación de las fracciones nano y microfítolantónica. De esta última, se determinó además de su abundancia su composición específica, utilizando diversas claves y trabajos taxonómicos. Hustedt (1930, 1959), Cupp (1943), Licéa Durán (1974) y Sundström (1986), para diatomeas; Schiller (1933), Taylor (1976), Pesantes (1978) y Balech (1988) para dinoflagelados; Murray y Schrader (1983) y Schrader *et al.* (1986), para silicoflagelados. Para la revisión y actualización en los casos de sinonimia entre especies, se consultaron los trabajos de Hasle y Syvertsen (1996) y de Steindiger y Tangen (1996).

Determinación de clorofila a .- Se basó en la técnica de Jeffrey y Humphery (1975), que mide la absorbancia monocromática de los diferentes pigmentos fotosintéticos diluidos en un solvente orgánico (acetona al 90%). La extracción se hizo durante 24 horas, evitando la exposición de los pigmentos a la luz, así como a altas temperaturas. La densidad óptica de los extractos pigmentarios se midió en un espectrofotómetro Spectronic 2000 Bausch and Lomb a: 750 y 665 nm. La densidad óptica se transformó a concentración (mg/m^3), utilizando las ecuaciones propuestas por los mismos autores.

Determinación de proteínas.- Se hicieron por el método de Lowry *et al.* (1951), el cual consiste en una extracción alcalina en presencia de cobre, que permite la formación de enlaces cromogénicos con la proteína. Con la presencia del reactivo de folín se obtuvo un color azul proporcional a la concentración de proteína; como paso siguiente, se leyó la densidad óptica a 750 nm. Las lecturas de la densidad óptica fueron convertidas a equivalentes de albúmina bovina mediante una curva estándar de concentraciones conocidas (0 a 200 μg). La concentración obtenida se relacionó al volumen de agua de mar filtrada y se expresó en mg/m^3 .

Determinación de carbohidratos.- Fueron medidos por el método descrito por Dubois *et al.* (1956), que se basa en la formación de furfurales en presencia de un ácido fuerte. En éste caso se utilizó ácido sulfúrico concentrado, que al combinarse con el fenol, se obtiene un color naranja proporcional a la concentración de carbohidrato. La densidad

óptica se midió en el espectrofotómetro a 490 y 600 nm. Al igual que en las proteínas, se utilizó una curva estándar de concentraciones conocidas de glucosa (0 a 100 µg) para convertir las densidades ópticas a sus equivalentes de glucosa, relacionados al volumen de la muestra y expresados en mg/m³.

c) Procesamiento de los datos y estadística preliminar.- Con la finalidad de tener información sobre las condiciones térmicas medioambientales de la zona a través de los diferentes años, se utilizó una serie de datos de temperatura entre 1989 y 1993, los cuales fueron generados por la NOAA en un punto cercano a la bahía (26°45' N, 115° 45' W) para calcular a partir de estos las anomalías estándar, utilizando la siguiente ecuación:

$$Z_{ij}=(X_{ij}-Y_j)/S_j$$

Donde:

Z_{ij} = Anomalía del j-ésimo mes en el i-ésimo año.

X_{ij} = Valor de la variable en el j-ésimo mes en el i-ésimo año.

Y_j = Valor promedio en el j-ésimo mes.

S_j = Desviación estándar en el j-ésimo mes.

Todos los datos generados en los muestreos, fueron sometidos a una prueba de homogeneidad de varianzas mediante una prueba de Bartlett. En todos los casos se observó una heterogeneidad de las mismas, por lo cual se asume una distribución no normal. Basándonos en los resultados de esa prueba y con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los valores de la abundancia fitoplanctónica, proteínas, carbohidratos y clorofilas entre superficie y 10 metros de profundidad, se aplicó la prueba de contraste de hipótesis para dos muestras de Mann-Whitney.

Determinación del material orgánico particulado fotosintético y no fotosintético.- El cálculo del porcentaje del material orgánico particulado de origen fitoplanctónico (MOPF) y no fitoplanctónico (MOPNF) se realizó de acuerdo con lo propuesto por Lancelot van Beveren (1980). Este se basa en el análisis de regresión de la concentración de la biomasa fitoplanctónica (clorofila a) contra biomasa total (carbohidratos o proteínas). Una vez obtenida la regresión, se calculó la contribución de la materia orgánica particulada de origen fitoplanctónico (MOPF) y no fitoplanctónico

(MOPNF), considerando los valores de pendiente y las medidas de las variables bioquímicas (carbohidratos, proteínas y clorofila a) mediante la siguiente expresión:

$$\text{MOPF} = b * \text{Clor}/p * 100$$

$$\text{MOPNF} = 100 - \text{CF}$$

donde: b= valor de la pendiente; p= valor medio del parámetro bioquímico (proteína o carbohidrato), clor= valor medio de la concentración de clorofila a.

Estructura de las asociaciones del microfitoplancton.- Se determinó la estructura de las asociaciones del microfitoplancton, mediante el cálculo de parámetros de importancia ecológica como la diversidad, la dominancia y el índice de valor biológico de Sanders:

Diversidad.- Se estimó por medio del índice de Shannon-Wiener (H') (Pielou, 1969). Esta función combina las dos componentes principales de la diversidad: el número de especies y la igualdad o desigualdad de la distribución de los individuos entre las diferentes especies (Lloyd y Ghelardi, 1964).

Dominancia.- Se estimó mediante el índice de Simpson (D). Este índice pondera la abundancia de las especies dominantes en una muestra y expresa la probabilidad de que dos organismos tomados al azar sean de la misma especie, y explica la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en una comunidad sean de la misma especie (Simpson, 1949; Brower y Zar, 1979).

Índice de Valor Biológico.- Para determinar las especies numéricamente dominantes en orden jerárquico se utilizó el índice de Sanders; debido a que combina frecuencia de ocurrencia y abundancia de las especies (Dobs, 1981). Cuando una especie es la dominante a través de todas las estaciones muestreadas en un determinado mes, su IVB expresado en porcentaje será de 100%.

Para calcular el índice de diversidad (H') y dominancia (D), se utilizó el programa ODI (Haro-Garay y Esquivel-Herrera, 1988); mientras que el cálculo del Índice de Valor Biológico se realizó mediante el programa ANACOM.

Análisis de agrupamientos.- Para conocer el grado de la asociación entre estaciones tanto en el plano horizontal como vertical de la bahía, con base en la composición específica y abundancia celular, se aplicó el índice de Morisita, (Wolda 1981; en Ludwig y Reynolds, 1988). A los datos obtenidos se les aplicó el método de clasificación de pares promediados (Sokal y Sneath, 1963). De esta manera, se generaron los dendrogramas correspondientes a los diferentes muestreos. Se realizó el corte de similitud al 75% dado que este nivel se consideró como el más apropiado para explicar las diferentes asociaciones existentes.

Con el propósito de conocer el grado de asociación en lo referente a la composición específica entre los diferentes meses considerados, se aplicó también el índice de Sokal y Sneath (1963). Este índice concede mayor significación a las coincidencia y ausencias conjuntas de los datos. Los valores de similitud de este índice oscilan entre 0 y 1, (máxima y mínima similitud). Igual que en el caso anterior se generaron los diagramas correspondientes a los diferentes grupos, haciendo el corte en esta ocasión al 81%.

RESULTADOS:

Temperatura.- Los valores promedio de temperatura a través del periodo de muestreo presentaron un intervalo de variación de 14°C entre el valor mayor y menor. El valor mínimo promedio en el nivel superficial se presentó durante febrero de 1991 con 18.1°C, mientras que para el nivel muestreado a 10 m de profundidad fue de 18.8°C en diciembre de 1992. Los valores más altos, se presentaron durante junio de 1992, tanto para el nivel superficial como para el de 10 m, siendo de 32.14 y 31.0°C, respectivamente.

La tendencia general de la temperatura en Bahía Concepción fue la de incrementar hacia los meses de verano y disminuir hacia invierno. De igual manera se puede observar que 1992 presentó valores superiores a los otros dos años. Comparando junio de 1992 con junio de 1993 existe una diferencia de aproximadamente 6°C, mientras que en los meses de finales de primavera e inicio de verano de 1991 y 1993 se observa esta misma diferencia al compararlos con 1992 (Fig. 2). Entre el nivel superficial y el de 10 m no se registró una diferencia notable en sus valores promedio y el patrón generalizado a través del tiempo fue similar, aunque se presentaron valores ligeramente inferiores en el nivel profundo.

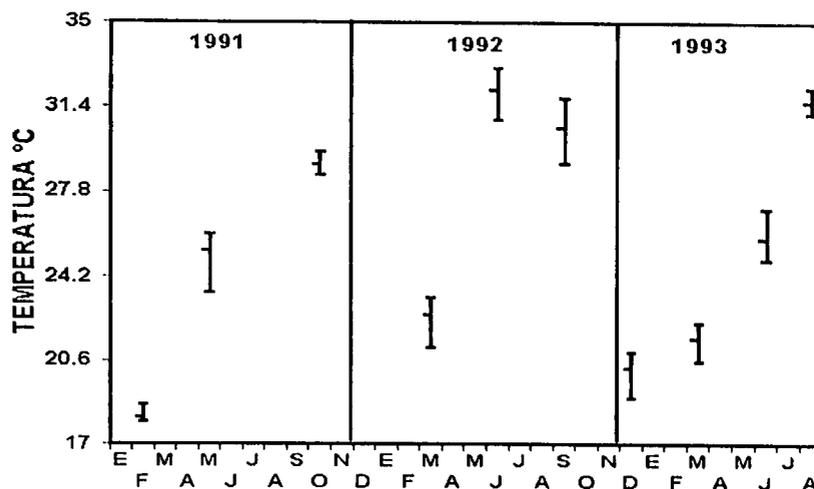


Fig. 2.- Variación de los valores promedio mensuales de la temperatura superficial, con sus máximos y mínimos.

En cuanto a la distribución espacial de la temperatura, se observó que en la mayoría de los meses muestreados las menores temperaturas se presentaron en la boca de la bahía lo que evidencia la entrada de agua de menor temperatura, proveniente del

Golfo de California. Marzo y junio presentaron isolíneas paralelas a la costa de la bahía, mostrando un gradiente de aumento hacia la costa occidental. En contraste, septiembre y diciembre presentaron isolíneas con tendencia transversal, presentando un incremento gradual de norte a sur. Los meses de mayo y octubre de 1991, así como agosto de 1993 presentaron una combinación de ambos comportamientos (Anexo I, Fig. 1, 2, 3, 4, 5).

Composición específica del microfitoplancton

Se determinaron 235 taxa (Anexo II); en la mayoría se llegó a nivel específico y en algunos casos a variedad. De éstos, 131 fueron diatomeas (54.7%), 92 dinoflagelados (40.0%), 9 silicoflagelados (3.9%), 2 cianofitas (0.8%) y 1 euglenofita (0.4%). Los géneros representados por un mayor número de especies dentro de las diatomeas fueron **Chaetoceros** con 28, **Rhizosolenia** con 13 y **Nitzschia** con 7. Los dinoflagelados, estuvieron representados principalmente por los géneros **Protoperdinium** con 26 especies, **Ceratium** con 14 y **Prorocentrum** con 7; mientras que el grupo de los silicoflagelados estuvo mayormente representado por el género **Dictyocha** con 6 especies.

El mayor número de especies se registró durante el mes de septiembre de 1992, siendo de 30 especies para el nivel superficial y de 34 para el nivel profundo, mientras que el número menor de especies se observó durante junio de 1992 en el nivel superficial (9 especies) y durante junio de 1993 (6 especies) para el nivel de fondo (Fig. 3a y 3b).

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del Índice de Valor biológico fueron transformados a su equivalente porcentual; de esta manera un valor mensual de 100% significa que esa especie dominó en el total de las estaciones de ese mes. Para tener las especies representativas para todo el periodo de estudio, se consideraron aquellas que significaron el 60% o más, por lo menos en uno de los meses considerados; luego fueron tabuladas y tomados sus valores para los meses en que no fueron tan importantes. De esta forma, tenemos que para el nivel superficial **Chaetoceros compressus**, **Proboscia alata** y **Guinardia flaccida** fueron las especies más importantes. Se puede observar de igual manera que de los dinoflagelados, la especie más importante a través del tiempo lo fue **Prorocentrum micans**. De igual manera, se detectó que este grupo se vio favorecido durante los meses cálidos, siendo durante junio de 1992 y junio y agosto de 1993 cuando

cobraron mayor importancia. La única especie que registró un 100% en su valor fue *Dactyliosolen fragilissimus* durante junio de 1992 (Tabla II).

Tabla II.- Valores porcentuales del Índice de Valor Biológico de Sanders para el nivel superficial.

SUPERFICIE	1991			1992			1993				
DIATOMAS	FEB	MAY	AGO	MAR	JUN	SEPT	DIC	ENE	ABR	AGO	NOV
<i>Chaetoceros compressus</i>	16.4	36.4	73.4	25.0	53.6	14.1	55.6	55.8	69.0	77.6	429.2
<i>Proboscia alata</i>	31.2	63.1	63.0	66.8	59.1	14.4	31.0	20.8	26.9	19.1	395.4
<i>Guinardia flaccida</i>	15.2	80.0	84.8	73.0	18.8	12.2	88.1	0	6.0	0	378.1
<i>Haslea wawriake</i>	0	81.5	57.5	52.8	0	75.1	0	73.1	27.9	0	367.9
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	0	31.7	44.7	13.0	0	77.8	0	57.4	96.1	0	320.7
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	60.2	62.6	11.7	34.2	14.5	0	76.9	52.6	312.7
<i>Cerataulina pelagica</i>	0	56.4	85.5	6	0	38.2	38.5	30.4	50.0	0	305
<i>Leptocylindrus danicus</i>	18.4	16.2	35.3	12.8	0	86.8	6.9	7.1	55.5	6.3	243.8
<i>Hemiaulus sinensis</i>	0	52.2	41.4	33.2	77.4	0	0	0	0	39.3	243.5
<i>Guinardia striata</i>	0	88.0	83.9	36.0	0	0	15.0	7.6	4.8	0	235.3
<i>Chaetoceros sp</i>	0	47.1	59.4	62	0	0	38.3	7.8	68.5	0	227.3
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	0	5.2	45.0	64.4	0	0	85.5	0	200.1
<i>Eucampia zodiacus</i>	50.0	0	99.7	11.7	0	0	14.3	0	11.7	0	187.4
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	7.3	0	16.5	100	21.2	14.9	0	10.7	0	170.6
<i>Nitzschia pacifica</i>	0	0	84.7	0	0	78.7	0	0	6.1	0	169.5
<i>Pleurosigma sp</i>	13.1	5.7	82.4	0	11.2	0	49.4	6.6	0	0	168.4
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0	0	0	66.4	29.0	0	32.3	13.4	22.4	0	163.5
<i>Rhizosolenia cleveii</i>	0	5.7	5.4	0	47.3	0	0	0	15.5	71.6	145.5
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	30.8	73.0	5.8	5.6	0	7.9	7.5	0	0	131
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>	0	26.2	13.0	0	0	69.6	0	0	22.2	0	121
<i>Navicula cancellata</i>	29.3	5.5	4.4	0	0	0	68.6	6.3	7.3	0	119.0
<i>Guinardia delicatula</i>	0	23.5	87.8	0	0	0	0	0	0	0	113.3
<i>Chaetoceros leave</i>	0	0	32.9	0	0	59.1	0	0	5.0	0	107
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	11.4	36.9	0	0	0	0	102.3
<i>Navicula c.f. fusiformis</i>	0	0	0	0	0	95.6	0	0	0	0	95.6
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	0	0	4.6	0	0	60.7	0	13.0	0	0	78.3
<i>Chaetoceros danicus</i>	0	0	0	5.4	0	0	0	12.0	0	6.7	77.1
DINOFLAGELADOS											
<i>Prorocentrum micans</i>	13.3	45.1	67.3	34.2	5.8	0	5.8	50.6	20.7	15.6	258.4
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0	0	10.4	84.5	5.9	84.3	0	21.0	25.4	21.4	252.9
<i>Prorocentrum gracile</i>	0	0	0	0	49.7	89.8	0	0	5.5	6.0	151
<i>Gyrodinium herbaceum</i>	0	0	28.1	22.6	0	0	20.6	0	0	75.6	147.9
<i>Prorocentrum compressum</i>	0	67.3	0	6.1	0	0	0	25.8	0	31.1	133.3
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	15.2	0	0	0	5.5	19.6	0	0	15.1	72.5	127.9
<i>Pyrophacus steinii</i>	0	49.1	0	0	0	0	0	0	0	77.3	126.4
CIANOFITA											
<i>Oscillatoria sp</i>	0	57.5	18.7	39.2	0	30.5	0	37.0	76.0	0	258.9
EUGLENOFITA											
<i>Eutreptia sp</i>	63.3	7.3	0	0	0	6.1	0	0	0	0	76.7
SILICOFLAGELADO											
<i>Dictyocha messanensis</i>	0	66.2	0	0	0	0	0	0	0	5.2	71.4

Con respecto a los resultados obtenidos para el nivel profundo, se observó que hubo una disminución en el número de especies con valores iguales o superiores al 60% para este índice; en este caso las principales especies fueron *G. flaccida*, *P. alata* y *Haslea wawrikan*. Al igual que en superficie, *D. fragilissimus* tuvo un valor de 100%. Aunque con menor evidencia que en superficie, se puede observar cierto incremento en los valores de los dinoflagelados hacia los meses de verano, principalmente durante agosto de 1993 (Tabla III).

Tabla III.- Valores porcentuales del Índice de Valor Biológico de Sanders para el nivel de 10 metros.

PROFUNDIDAD	>	1991	<	>	1992	<	>	1993	<		
DIATOMEAS											
<i>Guinardia flaccida</i>	59.6	85.6	91.8	68.4	52.2	38.1	71.2	0	0	0	466.9
<i>Proboscia alata</i>	73.2	67.4	63.5	76.0	47.7	12.7	29	14.1	6.0	23.0	412.6
<i>Haslea wawrikan</i>	0	79.2	55.5	64.4	30.1	50.5	13.8	73.8	0	0	367.3
<i>Chaetoceros compressus</i>	47.4	0	47.7	19.3	0	15.6	63.2	80.4	22.2	52.3	348.1
<i>Cerataulina pelagica</i>	55.0	72.5	81.0	22.4	0	30.0	55.1	21.9	6.8	0	344.7
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	14.5	61.8	64.1	30.7	14.3	0	7.4	28.7	36.9	258.4
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	82.1	41.6	0	61.6	28.9	22.2	14.9	6.6	257.9
<i>Eucampia zodiacus</i>	61.7	47.8	99.5	23.9	0	0	14.8	0	0	5.8	253.5
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	98.5	26.8	66.2	6.1	0	23.4	15.0	16.1	0	0	242.1
<i>Guinardia striata</i>	0	98.0	76.6	37.1	0	0	16.1	0	0	0	227.8
<i>Chaetoceros sp</i>	14.7	51.3	23.9	12.1	0	0	60.6	0	51.2	7.1	220.9
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0	0	0	4.5	97.4	34.3	0	0	34.4	0	220.6
<i>Hemiaulus sinensis</i>	27.4	15.2	40.5	16.6	81.2	8.1	0	0	0	32.0	191
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	64.7	82.2	2.4	6.3	23.0	7.0	0	0	0	188.6
<i>Pleurosigma sp</i>	0	0	82.2	0	3.5	5.0	56.0	19.2	13.9	0	182.4
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	0	87.2	8.7	29.5	0	33.6	0	0	0	6.9	166.9
<i>Nitzschia pacifica</i>	0	0	98.6	0	0	60.6	6.5	0	0	0	165.7
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	40.8	0	0	0	6.3	27.3	14.8	60.0	13.5	0	162.7
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	0	0	0	6.0	100	29.5	14.3	0	0	0	149.8
<i>Thalassiosira sp</i>	0	0	73.2	0	0	24.4	36.3	0	0	0	133.9
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	63.6	0	20.9	6.4	0	11.0	3.1	22.9	0	0	132.9
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0	0	0	92.8	0	6.5	23.7	0	0	0	129.2
<i>Navicula cancellata</i>	26.0	0	14.1	0	0	0	23.5	0	0	0	113.6
<i>Pleurosigma formosum</i>	68.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
<i>Lithodesmium undulatum</i>	60.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.9
<i>Navicula c.f. fusiformis</i>	0	0	0	0	0	61.0	0	0	0	0	61
DINOFLAGELADOS											
<i>Prorocentrum micans</i>	14.3	29.6	68.7	37.7	31.1	0	0	41.5	0	11.2	233.9
<i>Gyrodinium herbaceum</i>	0	0	26.8	10.3	0	0	0	0	34.2	73.9	145.2
<i>Pyrophacus steinii</i>	0	22.9	0	0	0	0	0	0	6.8	71.6	101.3
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	0	0	0	0	0	12.2	6.2	0	0	60.0	78.4
<i>Dinoflagelado N.I.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68.2	68.2
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha messanensis</i>	0	89.2	0	0	0	0	0	29.4	0	0	118.6
<i>Dictyocha fibula</i>	0	0	79.2	0	0	0	14.5	0	13.7	0	107.4

Estructura de las asociaciones del microfitoplancton

La diversidad presentó sus valores promedio con una mayor homogeneidad durante 1991. Tanto en superficie como en profundidad, estos fueron similares, exceptuando febrero, cuando el nivel superficial registró un valor inferior (2.08) ocasionado por el menor número de especies que se determinaron (8). En el nivel profundo se registraron en promedio 17 especies, ocasionando un notorio incremento en la diversidad (3.04). En 1992 se registró el mayor intervalo en la variación de los valores de diversidad, el valor mínimo se registró en junio (0.28) al presentarse un bajo número de especies y una alta dominancia (0.94) ocasionada por el florecimiento de *D. fragilissimus*. Por el contrario, el valor máximo de la diversidad se tuvo en septiembre (3.9) al coincidir el mayor número de especies (30) con una baja dominancia de las mismas (0.11). Durante 1993 el nivel superficial presentó valores similares en el número de especies registradas durante cada mes (13), sin embargo su distribución homogénea o heterogénea ocasionó que la diversidad presentara variaciones entre sus valores mensuales, los cuales oscilaron entre 2.4 y 3.2). En el nivel profundo, junio de 1992 presentó una disminución significativa en la diversidad (0.22) al registrarse un bajo número de especies (10) con una marcada dominancia (0.95). Fig. 3a, 3b.

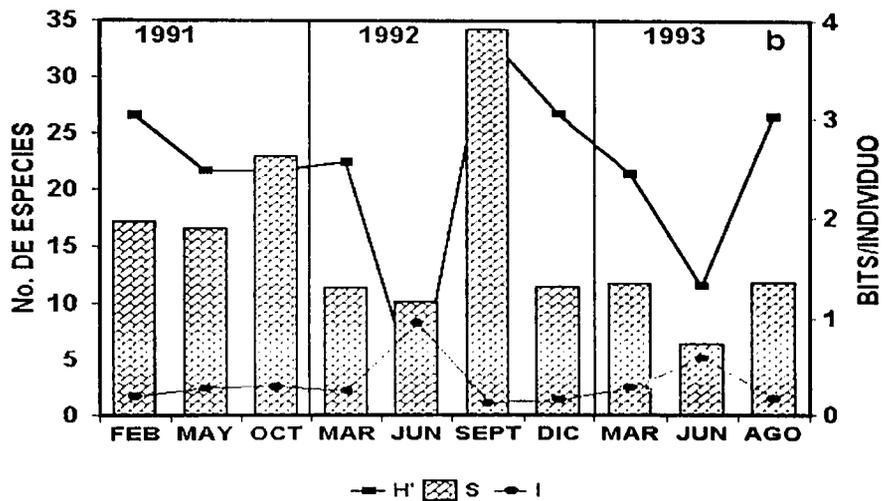
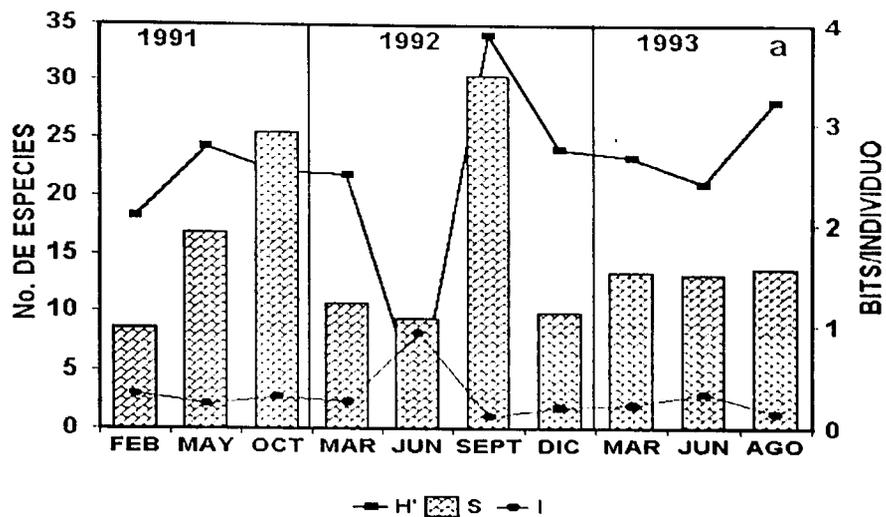


Fig. 3.- Valores promedio de la Diversidad (H'), Número de especies (S) y Dominancia (I); a) Nivel superficial, b) 10 metros.

Similitud entre los muestreos.- En general se obtuvieron valores altos de similitud en ambos niveles, por lo tanto al realizar la clasificación de grupos por el método de pares promediados se decidió hacer el corte de los dos dendrogramas al 81% ya que después del análisis de los mismos, se consideró que era el mejor nivel para explicar las asociaciones presentes.

Dado que los meses de febrero de 1991, junio y septiembre de 1992, presentaron una composición específica diferente en mayor medida a los demás meses considerado, estos se separan del resto de los meses y no forman ninguna asociación a este nivel.

El primer grupo que se forma asocia los meses de mayo y octubre de 1991 con marzo y diciembre de 1992 así como con junio de 1993. Con la excepción del último mes, éstos se caracterizan generalmente por presentar una columna de agua homogénea por acción de los vientos, lo cual favorece la remoción de nutrientes y el desarrollo de comunidades de diatomeas grandes como son especies del género *Bacteriastrum*, *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, las cuales son características de ambientes ricos en nutrientes.

El segundo grupo estuvo formado por marzo y agosto de 1993, el cual se debió a que comparten en mayor cantidad especies de dinoflagelados características de ambientes oligotróficos y relacionados a medios estratificados (*P. micans*, *S. trochoidea* y *P. compressum*). No obstante de que marzo de 1993 presenta cierta cantidad de especies de diatomeas afines a ambientes eutróficos (Fig. 4a).

El nivel de 10 metros de profundidad se comportó de manera similar al anterior; se aislaron los meses de febrero de 1991, así como septiembre de 1992, formándose una sola asociación entre todos los demás meses. En este nivel se están agrupando los meses que en el nivel anterior formaban dos grupos, de esta manera se presentan tanto especies de ambientes oligotróficos como de ambientes ricos en nutrientes (Fig. 4b). En ambos niveles, septiembre de 1992 presentó la menor similitud con todos los demás meses considerados, debido a la particular composición específica registrada en este periodo.

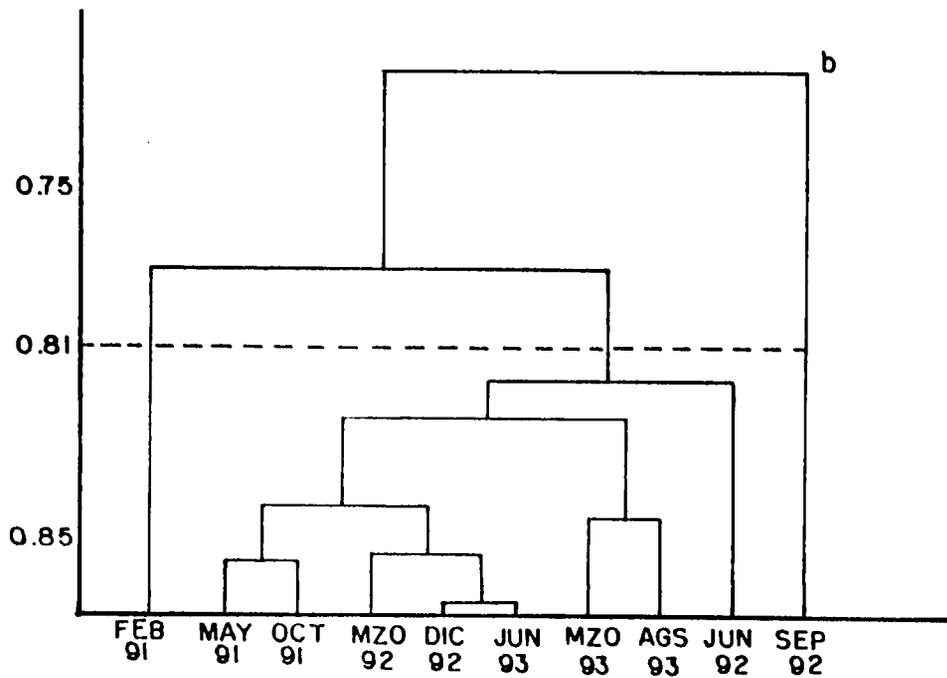
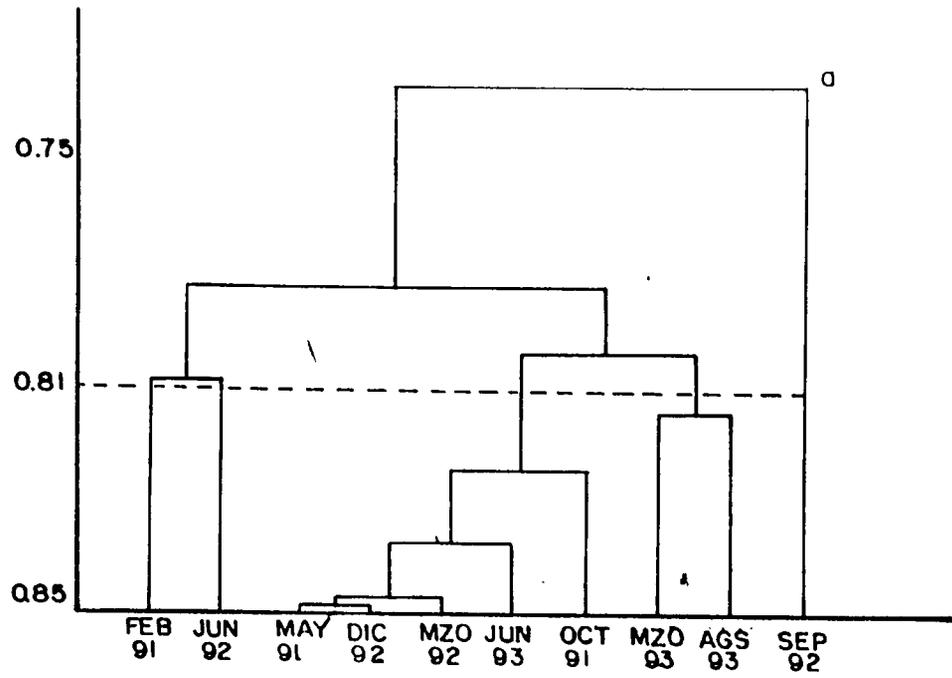


Fig. 4.- Dendrograma del índice de Sokal y Sneath entre los diferentes muestreos de 1991 a 1993. a) Nivel superficial; b) Nivel 10 metros.

Similitud entre las estaciones de muestreo.-

Los resultados obtenidos del análisis de agrupamiento se presentan en primer instancia mediante una simulación gráfica de lo que es el área de estudio, localizando de manera aproximada a la realidad cada una de las estaciones muestreadas y señalando con una "S" las correspondientes al nivel superficial, mientras que con una "P" aquellas que pertenecen al nivel profundo o de 10 metros.

Febrero de 1991 fue solamente muestreado en la parte central de la bahía, sin embargo, se observó la formación de tres grupos de estaciones, el primero caracterizó la parte norte, uniendo las estaciones 1 y 2 del nivel profundo con la 1 de superficie. Estas tres estaciones compartieron especies dominantes del genero *Chaetoceros*, entre las cuales podemos mencionar como de mayor importancia a *Ch. curvisetus*, *Ch. lorenzianus* y *Ch. Compressus*, las cuales significaron mas del 50% de la abundancia total del microfitoplancton. El segundo grupo quedó integrado con las estaciones 4 y 6 de profundidad, así como con la 3 de superficie, en este caso las especies responsables del agrupamiento fueron *Eucampia zodiacus* y *Ch. curvisetus*. Por último, el grupo III que se formó con una estación de superficie y otra del nivel profundo, presentó como especies dominantes a *Alexandrium catenella* en primera instancia y a *Navicula cancellata* en segundo término (Anexo III, Fig. 1a, 1b).

En mayo de 1991 se formó un solo grupo, en el cual se unieron la mayor parte de las estaciones de los dos niveles considerados, exceptuando la zona de la boca que presentó una composición específica y abundancia fitoplanctónica mas heterogénea. Con esta salvedad la mayor parte de la bahía estuvo dominada por *Guinardia striata* y *D. mediterraneus*, significando estos mas del 60% de la abundancia microfitoplanctónica (Anexo III, Fig. 1c, 1d).

Para octubre de 1991 se formaron también tres grupos. El I y II se localizaron en la parte de la boca de la bahía, siendo la especie dominante del primero *Nitzschia pacifica*; mientras que en el segundo fue *Pseudo-nitzschia delicatissima*. En ambos grupos se presentó como especie subdominante *E. zodiacus*. El grupo III se integró por casi todo el resto de las estaciones en sus dos niveles, siendo en este caso *E. zodiacus*, *N. pacifica* y *Leptocylindrus danicus* las especies responsables de la agrupación (Anexo III, Fig. 2a, 2b).

En marzo de 1992 se formaron 6 grupos de estaciones afines, sobresaliendo la separación del área de la boca de la bahía, en la cual se asociaron dos estaciones del nivel profundo. Estas compartieron como especie dominante a *Pseudo-nitzschia pungens* y *Ch. compressus*, que en conjunto significaron aproximadamente el 62% de la abundancia total del microfitoplancton. Se formaron también dos grupos, uno del lado occidental formado por tres estaciones superficiales y una de profundidad, en las cuales la especie dominante fue también *Ps. pungens* mientras que la subdominante fue *Oscillatoria* sp., del lado oriental de la bahía se agruparon nueve estaciones que compartieron especies como *Ps. pungens*, aunque en esta zona se presentó un mayor número de especies codominantes como *Guinardia flaccida*, *Cylindrotheca closterium* y *Ps. delicatissima*. El último grupo sobresaliente que se consideró fue el formado en la parte sur de la zona en donde dos estaciones compartieron a *C. closterium* y *G. flaccida* (Anexo III, Figs. 2c y 2d).

En junio de 1992 se presentó una proliferación generalizada de *D. fragilissimus*, que por si sola significó más del 96% de la abundancia total. Ello ocasionó que el análisis de agrupamiento diera como resultado un solo grupo a lo largo de toda la zona muestreada. Dada la magnitud de este florecimiento se procedió a eliminar esta especie y repetir el ejercicio, con la finalidad de observar el patrón de agrupamiento al no tener una especie tan abundante sobre las demás. De esta manera se detectaron tres conjuntos, el primero agrupó tres estaciones del nivel profundo localizadas en la boca de la bahía, además de siete estaciones de la parte sur, todas ellas compartieron como especie dominante a *Hemiaulus hauckii*. Un segundo grupo de estaciones se formó del lado oriental y parte media de la bahía con cinco estaciones superficiales en las cuales *Hemiaulus sinensis* fue la especie más importante. El tercer conjunto se integró por cuatro estaciones de la parte sur-occidental y una de la boca, mismas en que dominaron *H. hauckii* y *H. sinensis* (Anexo III, Figs. 3a y 3b).

En septiembre de 1992, se puede observar la formación de un grupo en la parte central de la bahía, el cual comprende cuatro estaciones tanto del nivel superficial como del profundo. Se presentó una codominancia de especies como *Navicula cf fusiformis*, *Nitzschia pacifica* y *Chaetoceros breve*. Hacia la parte sur de la bahía se formaron también tres pequeños grupos de estaciones afines; las estaciones de la boca de la bahía no formó ningún grupo por lo que a este nivel se pueden considerar como estaciones diferentes entre si así como diferentes a los grupos asociados (Anexo III, Figs. 3c y 3d).

Diciembre de 1992 presentó un comportamiento similar a septiembre, en el cual se formó un grupo de estaciones en la parte central del área, solo que las cinco estaciones agrupadas corresponden únicamente al nivel superficial, y presentan especies dominantes y comunes entre si como *Chaetoceros compressus* y *G. flaccida* (Anexo III, Figs. 4a y 4b).

Durante marzo de 1993 la zona muestreada se separó notablemente en dos áreas, una en la parte norte en la cual dominó *Licmophora abbreviata*, y otra conformada por las estaciones de la parte sur de la bahía que la cual presentó una mayor heterogeneidad en la distribución de las especies, sobresaliendo por su abundancia especies como *Ps. delicatissima* y *H. wawrikan*. La parte central del área se caracterizó por la formación de pequeños grupos de estaciones (Anexo III, Figs. 4c y 4d).

En el mes de junio de 1993 se observó un grupo de estaciones en la boca de la bahía, el cual se continua hacia el interior de la misma, en dicha agrupación se comparten especies como *H. hauckii* y *Oscillatoria* sp; la parte central de la bahía conformó un solo grupo de estaciones de ambos niveles afines en las cuales las especies más importantes fueron *H. hauckii* y *Ps. delicatissima* (Anexo III, Figs. 5a y 5b).

Agosto de 1993 se caracterizó por la formación de un mayor número de grupos, aunque de solo dos estaciones cada uno, sin embargo, se mantiene la alta similitud entre las estaciones de la boca de la bahía, compartiendo en esta ocasión a *C. closterium* y *Chaetoceros compressus* como especies de mayor importancia, de igual manera se observó el grupo de la parte central en el cual dominaron especies como *Gyrodinium herbaceum*, *Actinoptychus senarius*, *Pyrophacus steinii* y *Nitzschia* sp, entre otras; por último se observó el grupo de la parte sur en el cual se compartieron especies como *Rhizosolenia cleveii* var. *comunis*, *H. sinensis*, y *G. sanguineum*. Este mes además de caracterizarse por la presencia de un mayor número de especies con abundancias significativas, se distinguió también por una mayor presencia del grupo de los dinoflagelados (Anexo III, Figs. 5c y 5d).

La agrupación de estaciones de manera horizontal muestra patrones que definen subáreas, las cuales se identifican con sus características fisicoquímicas y de circulación, mismas que les dan una identidad propia. Mediante la interpretación de los resultados obtenidos en la presente investigación se pueden identificar 5 subáreas a lo largo de la zona las cuales mantienen cierta constancia a través del tiempo (Fig. 6). La subárea I, se

relaciona con la boca de la bahía y se caracteriza por bajas temperaturas, abundancias celulares generalmente menores, así como por comunidades fitoplanctónicas dominadas principalmente por diatomeas grandes y formadoras de cadenas las cuales posiblemente provienen del intercambio que se tiene con el Golfo de California.

Las subáreas II y III se localizan en la parte occidental y oriental de la bahía, son zonas someras con una gran energía por la circulación, sin embargo estas zonas se diferencian entre si, debido quizás a que en la zona occidental se puede dar una acumulación de partículas, entre ellas fitoplancton debido a que la topografía misma de la bahía causa una zona de giros en esta subárea.

La subárea IV o central está influenciada tanto por la I como por las zonas II y III debido al patrón de circulación de la bahía, de tal forma que es la subárea que mantiene en menor grado su identidad propia. Por último la subárea V se localiza en la parte sur de la bahía, es la zona con menores profundidades y mayor turbulencia por la circulación; por lo tanto se tiene una remoción de sedimentos que pueden aportar nuevas especies fitoplanctónicas del microfítobentos a la columna de agua (Fig. 5).

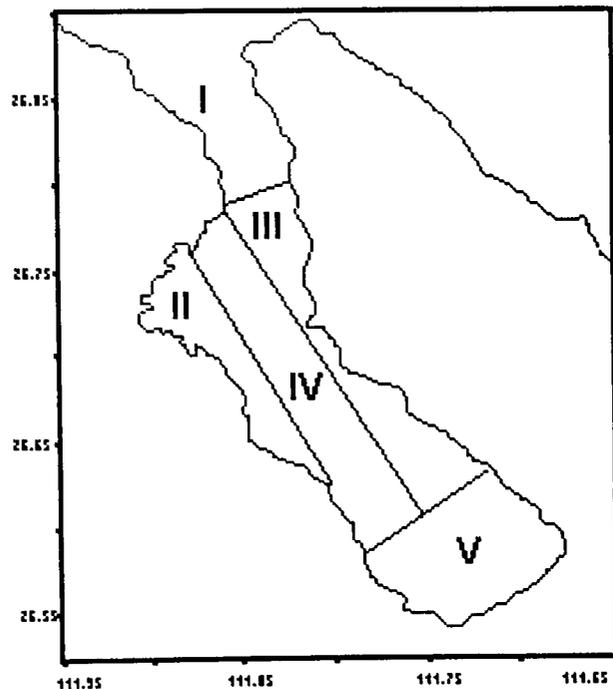


Fig. 5.- División de la bahía de acuerdo a la composición específica y abundancia fitoplanctónica (cel/l).

Abundancia fitoplanctónica total

El valor promedio máximo se presentó durante octubre de 1991 (339,253 cél/l), coincidiendo también con la máxima dispersión de los datos; mientras que el promedio y dispersión mínimos fueron registrados en marzo de 1993 (94,116 cél/l) ambos en el nivel superficial. En general, no se observó una diferencia marcada entre las abundancias fitoplanctónicas registradas en superficie y a 10 metros de profundidad (Anexo IV). Sin embargo, para corroborar esta observación, se aplicó un análisis para comparación de dos muestras entre los valores de la abundancia fitoplanctónica total de ambos niveles, resultando que con un $\alpha=0.01$ no existe diferencia significativa entre los niveles considerados (Tabla IV), razón por la cual se presentan en este trabajo solo los valores del nivel superficial (Fig. 6).

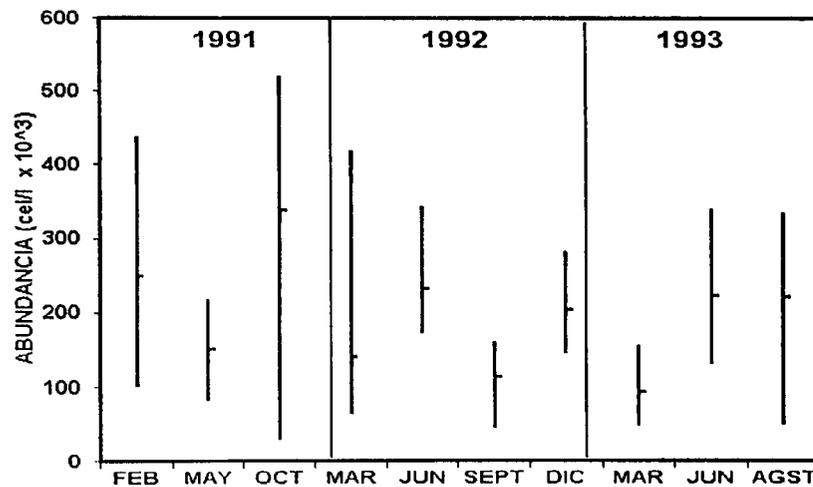


Fig. 6.- Variación temporal de los valores promedio de la abundancia fitoplanctónica total (cél/l), con sus máximos y mínimos para el nivel superficial.

En lo que respecta a la distribución espacial de la abundancia fitoplanctónica total dentro de la bahía no se observaron zonas caracterizadas por ser las más ricas o las más pobres en cuanto a la abundancia fitoplanctónica. (Anexo IV).

Abundancia fitoplanctónica fraccionada

De igual manera que a la abundancia fitoplanctónica total se aplicó un análisis de comparación para dos muestras, a las dos fracciones fitoplanctónicas consideradas, obteniendo con un $\alpha=0.01$ (Tabla IV) que solo durante el mes de junio de 1993 la fracción microfitoplanctónica presentó diferencia significativa entre los niveles considerados (Fig. 7a, 7b).

Tabla IV.- Valores críticos de la U de Mann-Whitney ($\alpha=0.01$), comparando la abundancia fitoplanctónica total y fraccionada, para el nivel superficial y profundo. Ut= U de tablas y Uc= U calculado.

	> MICRO <>		NANO <>		TOTAL <	
MUESTREO	Uc	Ut	Uc	Ut	Uc	Ut
FEB/91	11	33	18	33	17	33
MAY/91	27	81	68	81	43	81
OCT/91	118	149	167	149	121	149
MAR/92	103.5	169	106.5	169	106	169
JUN/92	42	159	156	159	49	159
SET/92	30	65	36	65	32	65
DIC/92	68	113	76.5	113	79	113
MAR/93	77.5	113	60	113	62	113
JUN/93	170	148	108	148	134	148
AGO/93	9	149	116	149	111	149

Diferencia significativa

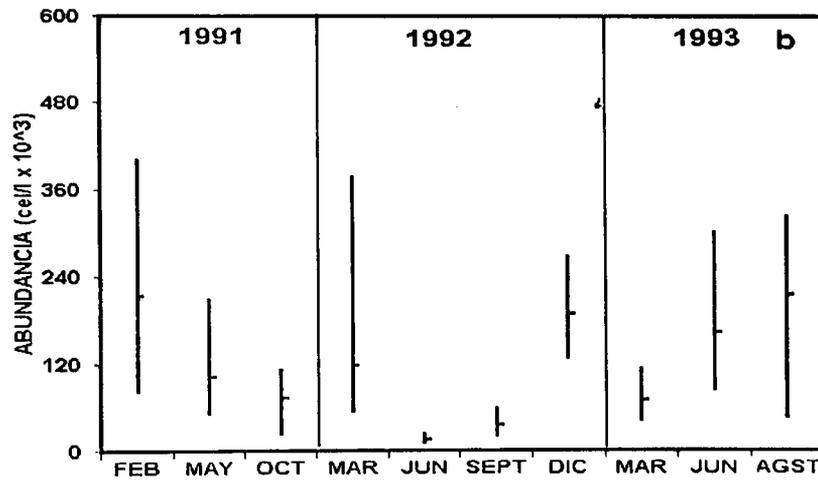
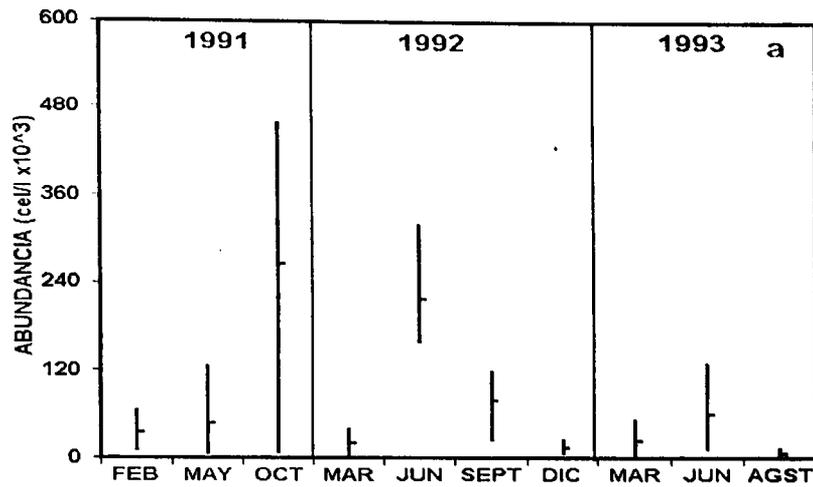


Fig. 7.- Variación temporal de los valores promedio de la abundancia fitoplanctónica por fracción de tamaño, con sus máximos y mínimos; a) microfitoplancton, b) nanofitoplancton.

La fracción nanofitoplanctónica fue la dominante a través de todos los meses muestreados y en ambos niveles con excepción de octubre de 1991, junio y septiembre de 1992. En estos dominó la fracción de mayor tamaño debido en el primer mes a las altas abundancias registradas de diatomeas como *E. zodiacus*, *Ps. delicatissima*, *N. pacifica* y *G. delicatula*, mientras que en junio de 1992 se debió a la proliferación en toda la bahía de *D. fragilissimus*; en septiembre las causantes fueron *N. pacifica* y *Navicula cf fusiformes* en el nivel superficial, mientras que *N. fusiformes* y el dinoflagelado *Gymnodinium* sp.1 proliferaron en el nivel profundo.

De manera contraria a lo observado en la abundancia fitoplanctónica total, las fracciones consideradas dentro del fitoplancton, mostraron una clara tendencia en su distribución horizontal dentro de la zona estudiada. De esta forma, la boca de la bahía generalmente presentó los valores menores de abundancia en relación al resto del área; esto para ambas fracciones, lo cual se relaciona con la incursión de agua del Golfo de California caracterizada de igual manera por temperaturas menores (Anexo V).

De igual forma, las mayores concentraciones de ambas fracciones fitoplanctónicas se registraron en la zona sur de la bahía así como en los márgenes oriental y occidental, los cuales se caracterizan por ser zonas someras (Anexo V).

Biomasa orgánica particulada.-

Carbohidratos.-

Mediante la prueba de contrastación de hipótesis de Mann Whitney se determinó que no existe diferencia significativa ($\alpha=0.01$) entre la concentración de los carbohidratos del nivel superficial y a 10 m de profundidad (Tabla V); de igual manera los valores promedio mensuales fueron semejantes en ambos niveles. En general se observó una tendencia a disminuir a través del tiempo; los valores mayores se registraron durante 1991 y los más bajos hacia 1993; con la particularidad de que en junio de 1992 se dio el pico máximo en la concentración de estos metabolitos (300.6 y 284.3 mg/m³ en superficie y profundidad). Al observar los valores mínimos y máximos para cada nivel, tenemos que en profundidad existió una mayor variabilidad de ellos con respecto a la media, particularmente en mayo de 1991 y junio de 1992. (Figs. 8a y 8b). La concentración de los carbohidratos a lo largo de la bahía no siguió un patrón definido, sin embargo,

existieron altas concentraciones localizadas de manera puntual en diferentes zonas de la bahía. Excepto durante agosto de 1993 cuando no se observó gran diferencia entre los valores, ya que, además de ser de los más bajos, se presentaron de manera homogénea en ambos niveles (Anexo VI, Fig 1).

Proteínas

Las concentraciones de proteínas tampoco mostraron diferencias significativas entre los niveles, con la excepción de junio de 1993 (Tabla V, anexo VI, Fig. 2). De manera general se tuvo un patrón de comportamiento en el cual el ciclo presentó a su inicio los valores máximos ($> 300 \text{ mg/m}^3$). Se observaron claras diferencias entre los años considerados, ya que durante 1991 y 1993 la curva tendió a presentar los valores máximos durante los meses fríos, disminuyendo sus concentraciones hacia los meses cálidos; mientras que durante 1992 se presentó un comportamiento inverso en el registro de las concentraciones de esta variable, volviendo a incrementarse hacia finales de 1992 y principios de 1993. La distribución de este metabolito a través de la zona de estudio, aunque registró estaciones con concentraciones máximas, estas no fueron consistentes durante el periodo. Se pudo observar que de manera similar a lo observado en las concentraciones de carbohidratos, el nivel profundo presentó una mayor variabilidad en el registro de los valores mensuales. (Figs. 8c y 8d).

Clorofila a.-

En lo que respecta a los valores promedio registrados de clorofila *a* no se observó un patrón definido a través del tiempo, aunque durante 1992 se registraron valores ligeramente inferiores, (Fig. 8e y 8f), sin embargo, en diciembre de este mismo año se dio para ambos niveles la concentración mas alta de clorofila que fue de 1.87 y 3.4 mg/m^3 para el nivel superficial y de 10 metros respectivamente. La curva fue similar para los dos niveles y no existió diferencia significativa con $\alpha=0.01$ (Tabla V). La distribución espacial de la clorofila en la bahía presentó también una gran heterogeneidad, sin existir áreas consistentes con valores máximos o mínimos, sin embargo, a pesar de existir cierta diferencia en la localización de los valores máximos entre los niveles considerados, se puede observar que existe una tendencia a presentarse en la boca o en las zonas de menor profundidad del área muestreada (Anexo VI, Fig 3).

Los valores mayores de las clorofilas se localizaron principalmente en zonas someras de la bahía. Aunque en general las concentraciones fueron menores a 3 mg/m^3 , se distinguen los meses de diciembre de 1992 y junio de 1993 en los cuales se registraron concentraciones en su mayoría superiores a los 4 mg/m^3 , alcanzando en un caso excepcional los 14.08 mg/m^3 en el nivel profundo de diciembre de 1992 en la boca de la bahía.

Tabla V.- Valores críticos de la U de Mann-Whitney ($\alpha=0.01$), comparando los carbohidratos, proteínas y clorofila a para el nivel superficial y profundo. Ut= U de tablas y Uc= U calculado.

> CHO <> PROT <> CL a <

MUESTREO	Uc	Ut	Uc	Ut	Uc	Ut
FEB/91	15	28	19	33	22.5	28
MAY/91	59	74	53	81	32.5	159
OCT/91	123.5	169	101.5	169	132	159
MAR/92	118	159	103	139	58	104
JUN/92	116	149	92	149	88	149
SET/92	49	61	49	81	48	94
DIC/92	53	88	50	113	60.5	113
MAR/93	99	149	66.5	149	134.5	149
JUN/93	128	148	161	149	93.5	159
AGO/93	95	148	94	159	123	159

Diferencia significativa

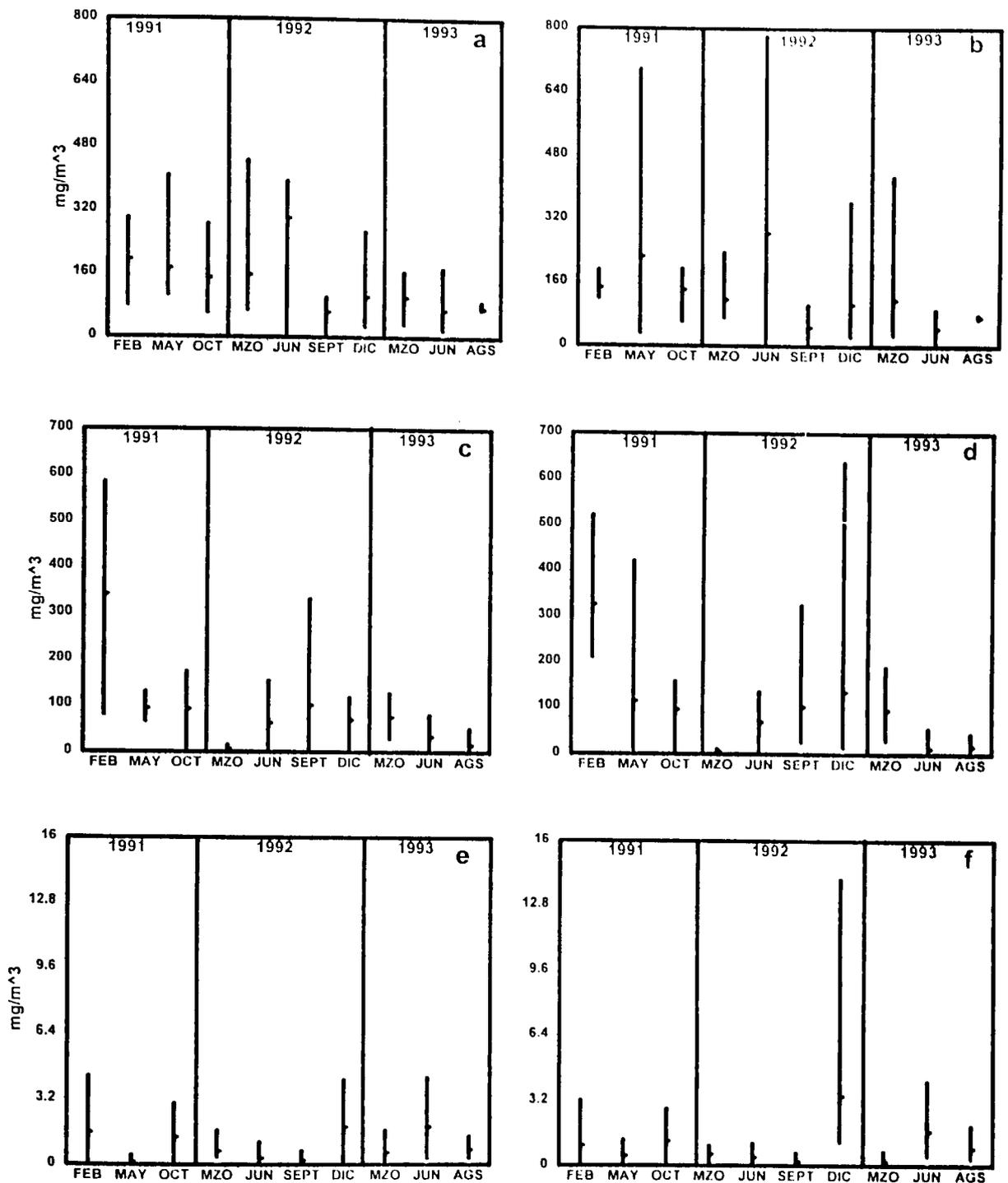


Fig. 8.- Variación de los valores promedio mensuales de los carbohidratos a) superficie, b) 10 metros; las proteínas c) superficie, d) 10 metros; y la clorofila e) superficie, f) 10 metros.

Determinación del origen de la Materia Orgánica Particulada.-

Para efectos de la determinación del origen del material orgánico particulado, solo fueron tomados en cuenta los meses en los cuales las correlaciones entre las variables consideradas (proteínas/clorofila o carbohidratos/clorofila) fueron significativas, de esta manera, se encontró que en superficie solamente se pudieron hacer los cálculos respectivos con los carbohidratos durante marzo y diciembre de 1992, obteniendo que el material de origen fitoplanctónico fue el dominante con un 83.14 y 72.52% respectivamente.

En lo que respecta al nivel profundo, septiembre y diciembre de 1992 mostraron una correlación aceptable tanto en las regresiones de proteínas como de carbohidratos, mediante los primeros metabolitos mencionados se obtuvo que la dominancia fue de material de origen fitoplanctónico, siendo de 83.68% en el primer mes y de 91.30 en el segundo. Los cálculos realizados mediante los carbohidratos evidencian la dominancia del material de origen no fitoplanctónico durante septiembre (54.83), mientras que durante diciembre la dominante fue la fracción fitoplanctónica con un 64.25% (Tabla VI).

Tabla VI.- Parámetros de la ecuación de la recta, r^2 y % de M.O.P. de origen fitoplanctónico obtenidos entre proteína-clorofila y carbohidratos-clorofila.

SUP	b _{PROT}	a _{PROT}	r ² _{PROT}	%MOPF	b _{CHO}	a _{CHO}	r ² _{CHO}	%MOPF
FEB/91	83.29	87.92	0.51	NS	24.43	107.40	0.20	NS
MAY/91	1.85	92.36	0.001	NS	-99.72	197.89	0.11	NS
OCT/91	20.79	59.83	0.22	NS	6.88	138.20	0.01	NS
MAR/92	7.042	2.080	0.174	NS	247.32	-24.049	0.832	83.14
JUN/92	7.371	59.054	0.003	NS	-19.16	306.99	0.005	NS
SET/92	200.13	52.228	0.240	NS	58.619	50.224	0.210	NS
DIC/92	18.44	33.634	0.335	NS	-42.365	175.85	0.673	72.52
MAR/93	11.319	68.075	0.065	NS	-28.197	122.30	0.200	NS
JUN/93	4.240	26.967	0.034	NS	21.346	29.011	0.064	NS
AGO/93	7.484	10.884	0.023	NS	0.196	73.266	0.0001	NS
FONDO								
FEB/91	6.26	319.26	0.0004	NS	14.22	131.31	0.32	NS
MAY/91	42.96	91.86	0.03	NS	-53.69	251.18	0.02	NS
OCT/91	6.92	86.46	0.02	NS	-6.90	151.10	0.03	NS
MAR/92	-4.421	3.734	0.089	NS	31.292	107.35	0.034	NS
JUN/92	38.120	52.240	0.076	NS	293.63	160.44	0.261	NS
SET/92	475.59	20.395	0.977	83.68	82.731	23.093	0.586	45.17
DIC/92	45.416	11.616	0.929	91.30	21.087	37.712	0.689	64.25
MAR/93	-9.952	95.950	0.006	NS	-96.091	138.63	0.094	NS
JUN/93	8.389	-1.462	0.267	NS	5.331	36.930	0.044	NS
AGO/93	6.985	11.613	0.040	NS	0.131	73.350	0.0003	NS

NS= Correlación no significativa entre las dos variables consideradas.

Se realizó una regresión lineal entre los carbohidratos y las proteínas para cada mes. La proporción de estos componentes de la materia orgánica particulada puede utilizarse para inferir sobre las posibles condiciones del medio en que se desarrollaron las comunidades fitoplanctónicas, es decir cuando las proteínas o compuestos nitrogenados se incrementan en mayor proporción que los carbohidratos es un indicador de condiciones propicias para el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica. Por otro lado, al incrementarse la proporción de carbohidratos, se puede inferir sobre una posible remoción y reciclamiento del material orgánico del fondo (Tabla VII).

Tabla VII.- Parámetros de la recta obtenidos mediante las regresiones realizadas entre carbohidratos/proteínas.

SUPERFICIE	a	b	r ²	SIGNIFICANCIA
FEB/91	-36.69	1.96	0.91	S
MAY/91	80.00	0.07	0.14	NS
OCT/91	31.50	0.40	0.32	NS
MAR/92	1.804	0.031	0.397	NS
JUN/92	-13.534	0.249	0.229	NS
SET/92	44.971	0.599	0.035	NS
DIC/92	89.724	-0.272	0.208	NS
MAR/93	66.351	0.079	0.016	NS
JUN/93	21.976	0.164	0.085	NS
AGO/93	-126.79	1.933	0.358	NS
FONDO				
FEB/91	328.33	-0.02	0.00005	NS
MAY/91	-12.77	0.56	0.78	S
OCT/91	66.86	0.19	0.02	NS
MAR/92	7.142	-0.013	0.024	NS
JUN/92	33.421	0.122	0.262	NS
SET/92	71.672	0.669	0.061	NS
DIC/92	-17.465	1.438	0.601	S
MAR/93	110.564	-0.161	0.172	NS
JUN/93	7.906	0.110	0.026	NS
AGO/93	5.603	0.135	0.0007	NS

NS= Correlación no significativa entre las dos variables consideradas.

Dado que en la mayoría de los meses no se detectó una correlación alta entre las dos variables, no es recomendable realizar inferencias sobre la comunidad fitoplanctónica o del medio en que estas se desarrollan utilizando los resultados obtenidos mediante estos análisis de regresión. Al obtener coeficientes de determinación tan bajos (< 0.40 generalmente) estamos observando que la relación proteínas-carbohidratos no es lineal y que por lo tanto la fuente productora de uno y otro de estos metabolitos es diferente entre sí. Para tener un parámetro comparable con otros estudios y que a la vez nos pueda dar indicios sobre las condiciones de las comunidades fitoplanctónicas, sin estar influenciado por un mal ajuste a una ecuación lineal, se determinaron los cocientes proteína/clorofila, carbohidrato/clorofila y carbohidrato/proteína, tomando los valores promedio mensuales de cada parámetro (Tabla VIII).

Tabla VIII.- Cocientes proteínas/clorofila, carbohidratos/clorofila y carbohidratos/proteínas para el nivel superficial y de 10 metros de profundidad.

SUPERFICIE	CLa	PROT	GHOS	PROT/CLa	GHOS/CLa	GHOS/PROT
FEB/91	1.63	341.5	193.75	209.50	118.86	0.567
MAY/91	0.147	92.79	171.74	631.29	1168.33	1.850
OCT/91	1.38	91.27	148.61	65.87	107.25	1.628
MAR/92	0.673	6.824	142.558	10.131	211.625	20.90
JUN/92	0.332	61.507	300.613	184.787	903.129	4.88
SET/92	0.235	99.350	63.706	421.952	276.985	0.64
DIC/92	1.87	68.132	101.929	36.434	58.412	1.49
MAR/93	0.646	75.988	105.366	116.55	175.402	1.38
JUN/93	1.860	34.858	68.730	18.734	36.937	1.97
AGO/93	0.740	16.428	73.412	22.179	99.110	4.47
FONDO						
FEB/91	1.04	325.83	146.5	313.29	140.86	0.44
MAY/91	0.49	113.21	224.49	227.80	451.7	1.98
OCT/91	1.24	95.05	142.53	76.61	114.87	1.49
MAR/92	0.496	6.541	124.310	13.189	229.432	19.00
JUN/92	0.422	68.333	284.398	161.872	673.702	4.16
SET/92	0.22	125.026	42.121	568.302	183.135	0.33
DIC/92	3.195	133.487	105.498	41.780	32.818	0.79
MAR/93	0.216	93.796	117.833	433.382	544.444	1.25
JUN/93	1.687	12.693	45.408	7.523	28.558	3.57
AGO/93	0.888	17.821	73.456	20.056	91.033	4.12

El cociente proteínas/clorofila registró su máximo en mayo de 1991 para el nivel superficial (631.29), mientras que en septiembre de 1992 para el nivel profundo (568.30). Por lo que respecta a los valores menores de esta razón, se registraron durante marzo de 1992 en el nivel superficial (10.131) y durante junio de 1993 para el nivel profundo (7.52).

En lo que respecta al máximo valor del cociente carbohidratos/clorofila para el nivel superficial, coincidió en el mes en el cual se registró el valor máximo del primer cociente mencionado, siendo en este caso de 1168.33; junio de 1993 registró el valor mínimo (36.937). En el caso de este cociente, el nivel profundo presentó su máximo durante junio de 1992 (673.702) el valor mas bajo se registró en junio de 1993 (28.55).

En relación al cociente carbohidratos/proteínas, este mostró cierta tendencia a incrementar sus valores hacia los meses cálidos, con la salvedad de marzo de 1992 que fue el mes que presentó el valor mas alto para este cociente (20.9 y 19.0 para superficie y 10 metros, respectivamente). De manera general, este cociente fue mayor durante 1992 y 1993 al compararlo con 1991.

DISCUSIÓN

Temperatura. Durante el periodo de estudio es posible distinguir el patrón anual de temperatura del agua a pesar de las diferencias interanuales. En este patrón se presentan los valores mas bajos de diciembre a marzo, mientras que los valores mas altos fueron registrados de mayo a octubre. Este comportamiento coincide con el reporte de Félix-Pico y Sánchez, (1976) quien encontró en Bahía Concepción las temperaturas mínimas durante diciembre y las máximas en septiembre. De igual forma, existe coincidencia con las observaciones realizadas por diversos investigadores como Molina-Cruz, (1986) y Thunell *et al.* (1994), quienes mencionan la importancia que tienen los vientos en la circulación del Golfo de California, ya que afectan claramente el ciclo anual de temperatura; puesto que los vientos dominantes del norte, presentes de finales de otoño hasta primavera, causan un importante transporte de agua hacia la parte sur del golfo. Los vientos contrarios durante verano y otoño, provocan una circulación de sur a norte, incursionando aguas cálidas del Pacífico Tropical hasta la parte central del golfo.

Esta dinámica que se presenta en la parte central del Golfo de California, influye de manera directa sobre las condiciones medioambientales que se registran en la bahía, ya que estas áreas son generalmente zonas someras con una importante comunicación con el océano adyacente. De esta forma, la entrada de agua de menor temperatura, proveniente de la parte central del Golfo de California hacia Bahía Concepción, queda de manifiesto en la distribución de las isotermas. Este hecho es común en cuerpos de agua similares y ha sido reportado con anterioridad (Gilmartin y Revelante, 1978; Villalejo-Fuerte, 1992; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994). Las temperaturas más altas se registraron en las áreas de menor influencia e intercambio con el golfo (Obeso-Nieblas *et al.*, 1996), de igual forma estas zonas presentan las profundidades menores y por lo tanto el calentamiento por irradiación solar tiene un mayor efecto.

Por otra parte, la distribución vertical de la temperatura no muestra cambios drásticos entre los primeros diez metros de profundidad, lo cual puede estar relacionado con la circulación misma de la bahía, que permite mantener cierta homogeneidad en esta primera capa de agua. De acuerdo con Reyes-Salinas (1994) y Morquecho-Escamilla (1996) existe estratificación por debajo de los 10 metros de profundidad durante los meses de verano y principios de otoño, mientras que durante invierno-primavera se presenta una columna de agua homogénea.

Utilizando las anomalías estándar de la temperatura superficial del mar como un indicador de cambios oceanográficos que se alejan de las condiciones promedio para la región central del golfo, es posible observar que el año de 1991 presentó un predominio de anomalías negativas (año frío), a diferencia de 1992 que se comportó como año cálido, con anomalías positivas. En tanto que 1993 puede considerarse como un periodo de transición entre condiciones cálidas y las normales para esta zona (Fig. 9).

Esto coincide o está de acuerdo con lo reportado por Castillo y Osorio (1993) en latitudes bajas, en las cuales se detectó un evento El Niño durante 1992. En el Golfo de California se encontraron evidencias oceanográficas y biológicas durante 1992 de la presencia de este fenómeno. Estas evidencias señalan la advección de agua tropical superficial, relativamente caliente hacia el interior del golfo, principalmente durante el verano (Fernández-Barajas *et al.*, 1994; Sancetta, 1995).

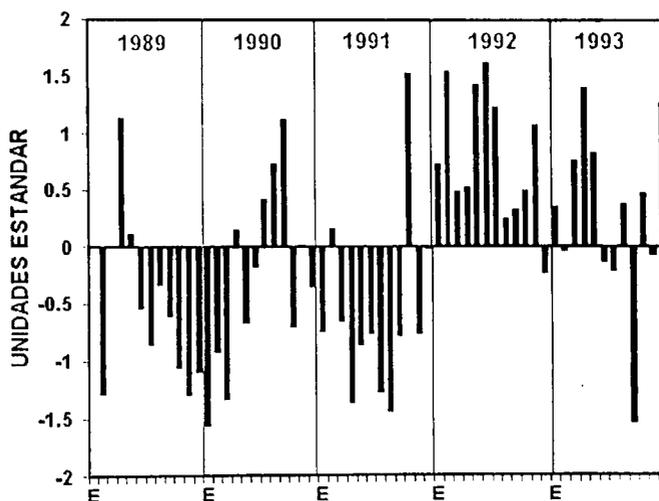


Fig. 9.- Serie de tiempo de las anomalías térmicas registradas en la zona aledaña a Bahía Concepción, B.C.S. ($26^{\circ}45' N$, $111^{\circ}45' W$) desde 1991 hasta 1993.

Abundancia fitoplanctónica.- Los estudios sobre abundancia fitoplanctónica, son escasos en esta bahía y los que existen generalmente son aislados y con un reducido número de estaciones de muestreo, lo cual viene a dificultar su uso para contrastar y discutir estos resultados. En cuanto a la zona contigua del Golfo de California, se tienen diversos reportes de la abundancia fitoplanctónica total, siendo generalmente inferiores a los reportados en la presente investigación, (Atilano-Silva, 1987; Gárate-Lizárraga *et al.*,

1990) lo cual puede estar relacionado con el registro de menores concentraciones en la boca de la bahía lo que a su vez deja ver que las condiciones interiores de este cuerpo de agua favorecen el desarrollo e incremento en la abundancia de las comunidades fitoplanctónicas.

De diciembre a febrero que representan la primera parte de la temporada de homogeneidad en la columna de agua se registraron valores relativamente altos de la abundancia fitoplanctónica total, los cuales pueden ser producto de la resuspensión de nutrientes del fondo de la bahía ya que durante este periodo la zona está influenciada por los vientos dominantes del norte (Thunell *et al.*, 1994) y la columna de agua se encuentra homogénea (Reyes-Salinas, 1994). Durante los meses de verano se presentaron los picos máximos de abundancia, así como el florecimiento monoespecífico de mayor importancia; estos pueden ser ocasionados por el aporte de agua eutrófica, propia de las surgencias de verano que se producen en la zona aledaña a esta bahía como resultado de los vientos dominantes del sur (Roden y Groves, 1959; Badan-Dangón *et al.*, 1985; Cortés-Lara, 1985; Molina-Cruz, 1986; Alvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Esta agua enriquecida puede penetrar a la bahía por el intercambio existente debido a las corrientes de marea y favorecer el florecimiento de las especies microfitoplanctónicas presentes en la zona.

De manera similar, las diferentes condiciones del medio que provocan los cambios en la abundancia fitoplanctónica, influyeron sobre las diferentes especies que se registraron. De esta forma, la composición específica del fitoplancton estuvo conformada principalmente por diatomeas y dinoflagelados, mientras que los demás grupos fitoplanctónicos estuvieron escasamente representados, tanto en abundancia como en número de especies. Esto concuerda con lo reportado por otros autores que señalan que en las lagunas del Golfo de California, así como en la parte media y sur del mismo se presenta una dominancia marcada de las diatomeas (Allen, 1938, Gilbert y Allen 1943; Round 1967; Martínez-López y Gárate-Lizárraga 1994).

Dentro de la composición específica del microfitoplancton, los géneros determinados como dominantes o de mayor importancia en el área de estudio, tanto para diatomeas como para dinoflagelados, coinciden con lo reportado con anterioridad tanto para esta zona como para las aguas adyacentes del Golfo de California (Cupp y Allen 1938; Keifer y Lasker, 1975; Gárate-Lizárraga *et al.*, 1990; Gárate-Lizárraga, 1991; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994; Sancetta, 1995; Morquecho-Escamilla, 1996).

En ambientes de latitudes medias la sucesión de especies como respuesta a los cambios medioambientales es más evidente en periodos estacionales (Raymont, 1980). En este estudio, los cambios temporales en la abundancia y composición específica del microfitoplancton ponen de manifiesto que los florecimientos o proliferaciones son una respuesta a las variaciones en los parámetros fisicoquímicos del medio. Sin embargo, en estas latitudes existen especies estables que pueden permanecer dominando la comunidad durante periodos prolongados (García-Pamanes, 1987), como fue el caso de *Ch. compressus* y *P. alata* las cuales se mantienen con representación importante a lo largo del periodo de estudio.

Las especies responsables de la dinámica de la comunidad son semejantes a través del año, pero es notorio el predominio de especies de diatomeas grandes propias de ambientes eutróficos como *G. flaccida* y *E. zodiacus* durante los meses más fríos del año; mientras que durante los cálidos las especies que los caracterizaron fueron tanto diatomeas como *D. Fragilissimus*, *Ps. delicatissima* y *H. hauckii*; así como los dinoflagelados *S. trochoidea*, *P. gracile* y *G. herbaceum*. Estas especies se asocian a aguas cálidas y condiciones de oligotrofia. El que existan especies semejantes a través de todo el año, permite observar cambios en la estructura de la comunidad en una escala menor de tiempo. De esta forma, las características propias de la bahía pueden provocar condiciones de riqueza en los nutrientes durante un periodo considerado como oligotrófico, al transportar sales nutritivas provenientes de la remineralización que se da hacia el interior de la misma o de las aguas de surgencia adyacentes del Golfo de California; la evidencia biológica ante estas condiciones puede ser instantánea al ser las diatomeas especies que en general responden proliferando rápidamente bajo condiciones favorables en el medio, ya que se trata de un grupo oportunista, adaptado a aprovechar un incremento en los nutrientes (Thunell *et al.*, 1996).

La distribución horizontal de la abundancia fitoplanctónica total dentro de la bahía no mostró un patrón definido a través del tiempo, sin embargo, al analizar la distribución de la abundancia por fracción de tamaño, podemos observar que las mayores concentraciones de ambas, están relacionadas generalmente con las zonas menos profundas, en las cuales la posibilidad de que exista un aporte de nutrientes proveniente del material orgánico remineralizado en el fondo de la misma, se ve incrementada ya que debido a la batimetría propia de la bahía así como a su poca profundidad, estos pueden ser puestos en suspensión por acción de las corrientes y mareas. De igual manera se registraron altas concentraciones en la parte media de la bahía en su lado occidental en

donde el factor principal puede ser que debido a las corrientes y forma de esta zona se presenta un área de acumulación de partículas incluyendo al fitoplancton (Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994).

Esta característica de la abundancia fitoplanctónica fraccionada de presentar mayores concentraciones en ciertas zonas, no se refleja en la distribución de la abundancia total, dado que aunque existe la coincidencia en el espacio, esta no se da en el mismo tiempo para las dos fracciones. Las especies microfitoplanctónicas mostraron cierta afinidad a desarrollarse en ciertos puntos de la bahía, como son la parte de la boca, la cual está influenciada por agua del golfo, la parte sur con profundidades menores y temperaturas más elevadas, la costa oriental y occidental y la parte central o de mayor profundidad. La afinidad de las especies microfitoplanctónicas a ciertas áreas de la bahía se da como respuesta a los cambios en el medio, ya que cuando existe un aporte de nutrientes, las primeras en responder ante esta nueva condición son generalmente las diatomeas que forman parches de altas concentraciones (Thunell *et al.*, 1996). Utilizando este comportamiento y apoyándonos en los resultados de las variables físicas, fue posible caracterizar la bahía en cinco zonas con características particulares.

Aparte de la zonificación horizontal, se observaron también diferencias en la abundancia de los dos niveles muestreados. Aunque estas fueron mínimas y se consideran como no significativas, lo cual da evidencia de la homogeneidad existente entre los primeros 10 metros de la columna de agua como lo menciona Reyes-Salinas (1994). Solo durante octubre de 1991 y junio de 1993 se registraron diferencias significativas entre el nivel superficial y el de 10 metros. En el primer caso para la fracción nanofitoplanctónica y en el segundo para el microfitoplancton. Dado que en ambos casos se trató de la fracción menos abundante, no influyó sobre la abundancia total que se comportó de manera homogénea en ambos niveles. La diferencia en cuanto a la abundancia microfitoplanctónica, está relacionada directamente con la distribución en parches que presenta el fitoplancton, ya que la variación en la abundancia de las diferentes especies que los conforman puede variar tanto horizontal como verticalmente; es este caso las diferencias significativas fueron ocasionadas por las mayores abundancias de *Ps. delicatissima* y *H. hauckii* en el nivel superficial.

Al existir homogeneidad en los primeros metros, se tiene una composición específica específica similar, lo cual ocasionó que la asociación de especies a través

de la bahía se diera en mayor parte entre los dos niveles a lo largo de casi todo el año. Ya que en casos particulares como diciembre de 1992 se agruparon estaciones de un solo nivel, lo cual pone en evidencia la distribución en parches del fitoplancton. De hecho al reducir el nivel de similitud, la agrupación se va haciendo mas grande, incluyendo estaciones que pueden formar parte de la periferia del parche.

En cuanto a la variación interanual de la abundancia fitoplanctónica total, es posible observar una ligera disminución durante 1992 y 1993 con respecto a los valores registrados durante 1991. Dentro de esta abundancia, el mayor constituyente fue la fracción de menor tamaño exceptuando octubre de 1991, así como junio y septiembre de 1992, en los cuales dominó el microfitoplancton. La dominancia del nanofitoplancton es común en el golfo central y ya ha sido reportada con anterioridad en la parte norte de esta bahía (Gilmartin y Revelante, 1978). El comportamiento de las dos fracciones de tamaño fue distinto a través de los años considerados. Mientras que la fracción microfitoplanctónica tendió a disminuir durante 1992, para mostrar un ligero incremento en los meses de 1993, el nanofitoplancton tendió a incrementar sus valores a partir de junio de 1992. Esto puede estar relacionado con el efecto de El Niño, que presentó su mayor influencia durante este periodo, lo cual está documentado tanto para el Golfo de California (Millán-Núñez, 1986) como para la Corriente de California y la costa de Perú (Barber y Chavez, 1983; Putt y Prezelin, 1985; Torres-Moye, 1985; Alvarez-Borrego, 1985 en Millán-Núñez y Gaxiola-Castro, 1989; Martínez-López, 1993). Esta consideración cobra fuerza al ver que el incremento registrado durante 1993 en la abundancia del microfitoplancton está relacionada con la aparición en cantidades importantes de los dinoflagelados que son característicos de aguas mas cálidas (Lee, 1989).

Aunado a la dominancia de la fracción nanofitoplanctónica y al incremento del grupo de los dinoflagelados durante la temporada cálida, se puede considerar como una evidencia mas de la posible tropicalización del sistema el registro de *Oscillatoria* sp, que se asocia con aguas cálidas y oligotróficas (Lee, 1989). De igual manera, durante los muestreos de junio de 1992 y 1993, se registró como dominante o codominantes a *H. sinensis* y *H. hauckii*, observándose que generalmente se encontraba en simbiosis con la cianofita *Richelia intercellularis*, la cual es capaz de fijar nitrógeno atmosférico y así proporcionar a la diatomea una fuente alternativa de este elemento, que de otra manera estaría inaccesible para ella. De acuerdo con Villareal (1994) la simbiosis en este género se ha presentado en proporciones superiores al 90% siendo incluso mayor a la observada en *Rh. cleveii*. Estas asociaciones sugieren condiciones de pobreza de

nutrientes en el medio, ya que han sido observadas comúnmente en aguas oligotróficas (Guillard y Kilham, 1977; Taylor, 1982).

Cuando se encontró en esta investigación la simbiosis anteriormente mencionada (junio de 1992 y 1993) se registraron de igual manera las menores concentraciones de proteínas, lo cual puede indicar una menor concentración de nitrógeno en la columna de agua. Por otro lado, esto se dio durante la temporada en la que se reporta la presencia de masas de agua de origen tropical, las cuales son normalmente oligotróficas. Al respecto, Atilano-Silva, (1987) registró a *H. Sinensis* como una de las especies mas abundantes para su estudio, asociándola con la incursión de agua tropical superficial hacia el golfo central.

Las evidencias registradas en esta investigación, sobre una posible tropicalización del sistema como producto de la influencia de El Niño, durante 1992 y principios de 1993, coinciden con las observaciones de Thunell *et al.* (1996) quienes registraron un notorio incremento del grupo de los coccolitoforidos y en particular una importante proliferación de *Emiliana huxleyi*, durante el verano de 1992, esto de igual manera, sugiere que durante este periodo, la parte central del Golfo de California presentó bajas concentraciones de nutrientes y un ambiente altamente estable.

Al comparar los diferentes meses en base a su composición específica aplicando un índice de presencia-ausencia (Sokal y Sneath, 1963), se encontró que la mayor parte de estos forman una sola asociación o grupo. Esto evidencia la estabilidad en la bahía, que permite que en meses con diferentes condiciones se mantengan comunidades semejantes; de igual forma el efecto de calentamiento que se presentó durante 1992 como respuesta al evento de El Niño, permitió que los meses fríos de este año presentaran una composición de especies característica de agua tropical, semejante a la que se presenta durante los meses cálidos de un año en el cual no se tiene la influencia de este fenómeno. De esta forma pudo presentarse la asociación entre meses como marzo y diciembre de 1992 con mayo de 1991, los cuales bajo condiciones normales presentarían una composición específica por demás diferente.

Para el nivel superficial, febrero de 1991, junio y septiembre de 1992 no se asociaron con el resto de los meses considerados; en el primer caso se debió a que en febrero se presentó una composición específica diversa en la cual dominaron especies del género *Chaetoceros*; el cual según Sancetta, (1995) es característico en el Golfo de

California durante el inicio de la primavera. Junio se caracterizó por la proliferación generalizada de *D. fragilissimus*, lo cual ocasionó que durante este mes se hallan registrado los valores mayores de dominancia y los menores de diversidad. El caso opuesto fue el que se presentó durante septiembre donde se registraron los valores mayores de diversidad, así como de número de especies, provocando por consiguiente la disminución en los valores de dominancia

En el nivel profundo solo se separaron los meses de febrero de 1991 y septiembre de 1992. El caso particular del septiembre de 1992 para ambos niveles en donde este mes se separa por completo, está ocasionado por la gran diversidad de especies que se registraron. Durante este mes se determinaron aproximadamente 30 especies las cuales no se presentaron en ninguno de los otros meses, entre ellas existe una gran proporción de dinoflagelados (39 y 50 % para el nivel superficial y de 10 metros, respectivamente); de igual manera se registran especies características de ambientes bentónicos o ticoplanctónicos como *Navicula* cf *fusiformis*, la cual fue la mas abundante, todo esto además de dar una evidencia de condiciones propicias para el desarrollo de comunidades de ambientes cálidos nos pueden dar indicios que durante este mes pudo existir alguna perturbación ambiental del tipo de ciclones o huracanes que vinieron a homogeneizar la columna de agua y dar la posibilidad de proliferar a especies que comúnmente se encuentran en el ambiente bentónico.

Otra manera de analizar los cambios ocurridos en la sucesión de especies a través de los años considerados fue mediante el IVB que nos da información mas completa al considerar tanto la abundancia de las especies como su persistencia a lo largo de la zona muestreada. De esta manera se pudo corroborar que las especies con mayores puntuaciones fueron del grupo de las diatomeas y que entre los dos niveles muestreados existió una gran semejanza. De igual manera, se pudo corroborar la mayor importancia de las especies de este grupo en la temporada fría (columna de agua homogénea) y el incremento de los dinoflagelados hacia el periodo cálido o estratificado, principalmente durante 1992 y 1993. Esto se dio como una respuesta a la incursión de agua de mayor temperatura y pobre en nutrientes, producto de la influencia de la incursión de agua proveniente del sur.

Algo de suma importancia al observar el incremento de los dinoflagelados en su abundancia y número de especies, es el registro de *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *P. gracile*, *G. herbaceum*, *P. steinii*, *G. sanguineum* *G. sanguineum*, *P.*

micans, *G. catenatum* y *A. catenella* que han sido reportadas con anterioridad en la zona, además de que algunas pueden ser tóxicas o potencialmente tóxicas (Gárate-Lizárraga, 1995). Es evidente por estos resultados que en Bahía Concepción existen especies fitoplanctónicas capaces de producir toxinas, las cuales son incorporadas y acumuladas por los organismos filtradores, los cuales pueden poner en peligro la salud humana en el caso de que sean consumidos bajo estas condiciones. Esto cobra importancia si consideramos que además de explotarse las poblaciones naturales de moluscos en esta zona, se tienen cultivos de especies como la almeja catarina. Se debe poner especial interés en el peligro potencial existente debido a la producción de toxinas en esta área y debe ser tratado y considerado con particular atención ya que se han reportado concentraciones de toxinas que exceden en más de cuatro órdenes de magnitud la norma de 400 UR (límite máximo permisible para el consumo de moluscos) durante marzo y junio de 1993 (Morquecho-Escamilla, 1996). Aunque no se determinaron las especies responsables de esta producción tóxica, se relacionan con los dinoflagelados *D. caudata*, *C. furca*, *P. compressus* y *P. micans*, los cuales al parecer, proliferaron debido a la condición de oligotrofia existente en el medio.

Indicadores bioquímicos de la materia orgánica particulada

Los valores promedio de proteínas, carbohidratos y clorofila son generalmente superiores a los registrados en el Golfo de California (Lechuga-Deveze *et al.*, 1989 y Bustillos-Guzmán, 1989) y la costa occidental de Baja California Sur (López-Cortés *et al.*, 1990; Lechuga-Deveze *et al.*, 1989 y Hernández-Alfonso, 1993). Sin embargo son similares a las determinaciones realizadas por Ayala-Rocha, (1987) en la Bahía de La Paz, lo cual confirma la importancia de estos cuerpos de agua como productores de material orgánico particulado.

En el medio ambiente natural, la variabilidad de las proteínas y carbohidratos además de estar asociada al efecto de las variables ambientales sobre los organismos fitoplanctónicos, se ve influenciada por la presencia de partículas no fotosintéticas como bacterias, detritus y zooplancton, cuya biomasa y proporción registra importantes cambios espacio temporales, haciendo más difícil la interpretación de las alteraciones bioquímicas (Lechuga-Deveze, *et al.*, 1989). Así, las concentraciones de carbohidratos no describen un patrón anual definido y sus valores máximos o mínimos no se asocian de manera directa a las condiciones prevalecientes en el medio. Las concentraciones de proteínas

tienden a describir una variación estacional, definiéndose de la siguiente manera: las máximas concentraciones se relacionan con los meses con temperaturas menores y una columna de agua homogénea, esto sugiere cierta asociación de estos metabolitos con el material detritico, dado que en general no se detectó correlación significativa con las clorofilas.

Al ser el material detritico una fuente de proteínas, este debió presentarse en asociación con bacterias o protozoarios que son grandes aportadores de estos compuestos, al igual que el microzooplancton (Rios y Fraqa, 1987). Por otra parte, las menores concentraciones de estos metabolitos se registraron durante la temporada cálida cuando se presenta una estratificación de la columna de agua por debajo de los 10 metros, limitando esto el registro de proteínas asociados a material resuspendido, de igual forma las poblaciones fitoplanctónicas que son de menor importancia, presentan en general un contenido proteico pobre, lo cual puede ser ocasionado por una posible deficiencia de nitratos en el medio (Sverre, 1974), ya que la mayor parte de esta temporada se tiene influencia de agua oligotrófica en la zona.

La concentración de clorofila, presenta sus picos máximos durante el periodo frío (homogeneidad en la columna de agua), lo cual concuerda con lo reportado por Thunell *et al.* (1994) para la parte central del Golfo de California, quienes encontraron las máximas concentraciones de noviembre a marzo al promediar datos desde 1979 a 1986. De igual forma existe coincidencia con los resultados obtenidos por Reyes-Salinas (1994) que reporta para la parte central de esta bahía, las menores concentraciones de clorofila durante el verano (0.38-0.77 mg/m³); mientras que los máximos (0.83-1.63 mg/m³) se registraron durante meses típicamente fríos.

En 1993 esta tendencia se ve invertida, incrementando sus valores hacia el verano. Existen también reportes puntuales para la parte norte de la bahía registrados durante la temporada cálida, siendo estos relativamente bajos al oscilar en un intervalo de 0.2-0.6 mg/m³ (Gilmartin y Revelante, 1978).

Para esta misma zona de estudio, se tienen los datos de 1993 reportados por Reyes-Salinas, (1994) en el caso de las proteínas y carbohidratos los valores encontrados en esta investigación, son notoriamente menores que los mismos meses y año que se reportan en el estudio antes mencionado (marzo y junio); una razón que seguramente influyó para encontrar estas diferencias es que el trabajo de Reyes-Salinas, (1994)

proviene del estudio realizado en la parte central de la bahía, la cual presenta las mayores profundidades, mientras que las concentraciones aquí reportadas son igualmente promedios pero producto de toda la zona de estudio en la cual se presentan diferencias marcadas entre zonas profundas y someras. A pesar de la diferencia en las concentraciones reportadas se encontró coincidencia al registrar las mayores concentraciones de carbohidratos y proteínas durante marzo de este año

En cuanto a los cambios interanuales de estos indicadores bioquímicos, los carbohidratos son los que dan una evidencia de las condiciones de calentamiento del sistema durante 1992, dado que la concentración mayor de estos metabolitos se presentó durante junio de este año y se puede asociar con la presencia de material detrítico envejecido proveniente de la defoliación de manglar y desprendimiento de algunas macroalgas, ya que estos procesos se ven acelerados y acrecentados bajo condiciones de temperaturas altas. Por otro lado, es poco probable que se trate de un incremento en la concentración de carbohidratos como producto de la resuspensión del material detrítico proveniente del fondo de la bahía, ya que este mes se caracteriza por presentar una columna de agua estratificada. De igual manera, es poco factible que se trate de una comunidad fitoplanctónica en decadencia, al ser durante este mes cuando se presentó la máxima proliferación monoespecífica de una diatomea, lo cual puede estar relacionado con la hipótesis de una posible entrada de nutrientes producto de aguas de surgencias locales provenientes de la zona aledaña del Golfo de California, lo cual habría favorecido la proliferación de *D. fragilissimus*.

Durante septiembre de 1992 se observó la mayor riqueza específica del fitoplancton, siendo una clara evidencia de condiciones medioambientales favorables, que pudieron ser producto de una resuspensión de nutrientes del fondo, ya que a pesar de que se trata de un mes en el cual los vientos dominantes del norte no se han instalado, existe la posibilidad de que algún fenómeno meteorológico del tipo de los huracanes pueda poner en resuspensión la sales nutritivas que se han acumulado en el fondo de la bahía. Esto coincide con un notorio incremento de las proteínas, sugiriendo una mayor estabilidad del medio. Al existir una suficiencia nutritiva y considerando que las especies fitoplanctónicas y en particular las diatomeas son limitadas al crecimiento por diferentes nutrientes, puede darse el desarrollo generalizado de un mayor número de especies sin que exista una relación de competencia inhibitoria entre ellas (Darley, 1991).

Mediante las regresiones proteínas-clorofila solo se pudo determinar el origen de la materia orgánica en el nivel profundo durante septiembre y diciembre de 1992, siendo el constituyente mayoritario el material de origen fitoplanctónico. Para los demás meses no se hicieron las determinaciones respectivas dado que la correlación entre las variables era muy baja. De esta manera se puede inferir que el constituyente de origen no fitoplanctónico cobra mayor importancia, puesto que el complemento de r^2 era mayor que la r^2 misma. En otras palabras, esto significa que es mayor la varianza no explicada que la que se pueda explicar mediante la relación lineal considerada. Por tal razón, se concluye que las proteínas registradas en su mayoría provienen o están asociadas a una fuente no fitoplanctónica.

Aunque los carbohidratos mostraron una mayor asociación que las proteínas con la fracción fitoplanctónica, es evidente que la principal fuente de estos metabolitos está relacionada con el material orgánico de origen no fitoplanctónico; de esta forma, los únicos meses en los cuales el fitoplancton fue el que dominó dentro del material orgánico particulado (marzo y diciembre) se caracterizan por condiciones ambientales normales por ser parte de la temporada de homogeneidad y eutrofia del agua, lo cual se manifestaría en una mayor contribución protéica por parte de la comunidad fitoplanctónica. Sin embargo, debido al posible efecto de El Niño al aumentar la limitación de nutrientes, las tendencias generales del fitoplancton son: una disminución del contenido de clorofila y proteínas por célula, un incremento en el contenido de carbohidratos, así como una disminución en la tasa de respiración y un incremento en la capacidad para absorber el nutriente limitante (Darley, 1991).

En cuanto a las concentraciones promedio de clorofila *a* registradas durante 1991 a 1993, éstas presentaron cierta similitud con la curva de abundancia fitoplanctónica total. Sin embargo, no se registró una coincidencia consistente con los meses que registraron los valores máximos de estas variables, esto sugiere que puede existir un aporte de clorofila correspondiente a grupos fitoplanctónicos de un tamaño tan pequeño que no se refleja en un incremento de la abundancia fitoplanctónica, al no ser considerados mediante el método utilizado para la cuantificación de la abundancia, ya que en esta investigación solo se están incluyendo las fracciones superiores a las 5 μ . Esto coincide con las observaciones de Lechuga-Deveze (1994) quien reporta la presencia de proclorofitas en Bahía Concepción como importantes productores primarios, las cuales presentan tamaños celulares que oscilan entre las 0.6 y 16 μ . El haber utilizado filtros GF/F, los cuales son reportados como los más adecuados para filtrar volúmenes

pequeños de agua y retener partículas del picoplancton e incluso para muestreos de aguas oligotróficas (Taguchi *et al.*, 1988), nos da la posibilidad de retener células de estos grupos y que su aporte a las concentraciones de clorofila puedan ocasionar estas variantes. Otro factor importante que afecta la relación directa entre la concentración de clorofila *a* y la abundancia celular, es la capacidad que tiene el fitoplancton para variar el contenido de clorofila por célula, como una respuesta a cambios en la intensidad luminosa en que se desarrolla la comunidad (Lancelot-Van Beveren, 1980), esto ocasiona la independencia observada entre la abundancia fitoplanctónica total y la concentración de clorofila, incluso si consideramos las fracciones de menor tamaño.

El que no exista un ajuste significativo entre la clorofila y las proteínas o carbohidratos es algo común, mas aún si consideramos que en esta investigación no se realizó ninguna separación de las fracciones de tamaño que constituyen la materia orgánica particulada, en la cual podemos encontrar una gama de componentes que van desde fitoplancton, zooplancton, bacterioplancton, detritus, aporte terrigenos, hasta los aportes antropogénicos (Lenz, 1977). De igual forma las variaciones que pueda presentar la concentración de clorofila como respuesta a cambios en la intensidad luminosa, no afectan la composición bioquímica celular expresada por otros metabolitos (Lancelot- Van Beveren, 1980).

En el caso de Bahía Concepción, el aporte terrigeno de material orgánico acarreado durante los tiempos de lluvia pasa a un segundo término ya que en esta zona la precipitación pluvial es muy baja; entre 1991 y 1993 se registraron valores totales anuales entre los 165 y 293 mm, siendo invierno y verano las temporadas de lluvia de mayor importancia según la Comisión Nacional del Agua. De esta manera, la posible asociación de los dos metabolitos con una fuente externa o terrigena carece de evidencias, cobrando mayor importancia la contribución del micro y macrozooplancton como posibles aportadores de carbohidratos y proteínas al sistema. Asimismo los agregados de micro partículas que se forman en la columna de agua por la presencia o asociación de microorganismos como bacterias, protozoarios y hongos en la materia orgánica particulada, vienen a enriquecer el contenido protéico del material particulado, incrementando de esta manera el valor nutricional de la partícula (Blum *et al.*, 1988). El que la comunidad fitoplanctónica no sea el principal constituyente del material orgánico particulado no afecta ni limita la capacidad portadora de este sistema, ya que las lagunas costeras poseen una alta productividad debido a la variedad de materiales primarios que en ellas se presentan, y al aporte de energía en forma de materia orgánica de áreas

adyacentes (González-Farías y Hernández-Garza, 1989). Entre ellas se tiene a los manglares que son uno de los principales aportadores de materia orgánica, tanto para las lagunas como para las aguas costeras adyacentes (Odum y Heald 1975, Pool *et al.*, 1975, Lugo y Snedaker 1979, Carter *et al.*, 1982, Brown y Lugo 1982, Odum *et al.*, 1982; en Flores-Verdugo, 1987). De igual forma, los detritus orgánicos tienen gran importancia como recurso alimenticio en sistemas acuáticos someros, en los cuales, la mayor contribución detrítica está dada por plantas viejas que sufren defoliación, pastos, algas y desechos fecales animales (Eckman, 1947; en Tenore *et al.*, 1982).

Dado que los datos obtenidos en el presente trabajo no muestran una relación directamente proporcional entre las variables (carbohidratos y proteínas) correlacionadas, se consideró esto como una limitante importante del método para determinar el origen de la materia orgánica particulada. Al respecto, Banse (1974, 1977) señaló las dificultades que se tienen al realizar los cálculos mediante las pendientes obtenidas de una regresión, debido a la variación independiente de la variable utilizada con respecto al fitoplancton. Existe también la posición contraria, en la cual aún con el incumplimiento de los supuestos mencionados han reportado en diversas investigaciones el origen del material particulado realizando los cálculos mediante esta metodología (McAllister *et al.*, 1960; Banse, 1977; Ayala-Rocha, 1987; Lechuga-Deveze *et al.*, 1989; Bustillos-Guzmán, 1990; Hernández-Alfonso, 1993; Martínez-López y Gárate-Lizárraga, 1994).

Una situación similar se presentó al realizar las regresiones lineales entre las concentraciones de carbohidratos y proteínas, por lo tanto, se decidió no utilizar los valores de las pendientes obtenidas para inferir sobre las condiciones del medio en que se desarrollaron las comunidades fitoplanctónicas y calcular para este fin el cociente carbohidratos/proteínas a partir de los valores promedio registrados en cada mes. Ello permite inferir con mayor certeza sobre las condiciones medioambientales prevalecientes durante el periodo de estudio. Así, los valores mayores de este cociente se registraron en junio de 1992 (4.88) y agosto de 1993 (4.47) en el nivel superficial, mientras que en el nivel profundo fueron de 4.16 y 4.12, durante los mismos meses que en el nivel superficial. Este reporte coincide con la temporada cálida o de baja abundancia fitoplanctónica y puede estar relacionada con el envejecimiento del material detrítico orgánico proveniente de los pastos marinos y mantos de macroalgas ya deteriorados, los cuales se desprenden durante el verano (Casas-Valdez *et al.*, 1993) y se integran a la columna de agua.

Los valores del cociente CHO/PROT más bajos (inferiores a 1.5) se registraron generalmente durante las temporadas de invierno y primavera, indicándonos el predominio del material recién sintetizado por el fitoplancton así como la importante participación del microzooplancton o de poblaciones de bacterias colonizadoras del detritus (Pocklington y Leonard, 1979, en Navarro y Jaramillo, 1994). Aunque es evidente la tendencia de este cociente de presentar sus valores inferiores durante los meses fríos, así como sus máximos durante el verano; marzo de 1992 es la excepción a la regla, ya que presentó el valor máximo para esta relación (20.90 y 19.0 mg/m³ para superficie y profundidad respectivamente) ocasionado por la drástica disminución de las proteínas (6.8 mg/m³ en superficie y 6.5 mg/m³ en profundidad); ya que los valores de carbohidratos fueron intermedios (142.5 mg/m³ en superficie y 124.3 mg/m³ en profundidad). El decremento de proteínas durante este mes debe estar asociada la disminución de material detrítico rico en este metabolito, pudiendo ser que el aporte del microzooplancton no haya sido de gran magnitud, o que el material orgánico particulado no está en proceso de degradación y no presenta una asociación bacteriana que aumente su contenido protéico.

Este cociente sugiere sobre la calidad del alimento que sustenta a niveles tróficos superiores (Goldman *et al.*, 1979). De esta forma los valores bajos indican una buena calidad en el alimento disponible, lo cual favorece a los organismos filtradores, como la almeja catarina, que presenta poblaciones comercialmente importantes en esta bahía. Los valores mínimos de este cociente se registraron durante el principal periodo de desove de la almeja. Así, se incrementa la posibilidad de supervivencia de sus larvas, ya que durante su primera alimentación encontrarán las condiciones propicias de calidad y cantidad de partículas alimenticias. El estadio larval de esta almeja es uno de los más críticos dentro de su ciclo de vida (Avilés-Quevedo, 1990). En su etapa adulta también es indispensable la buena calidad y cantidad de material orgánico presente en la columna de agua, ya que en general la tasa de filtración de estos bivalvos aumenta conforme crece el organismo.

La tasa de filtración de la almeja catarina está influenciada por la concentración de partículas en el medio y del tamaño de las mismas (Winter, 1978; en Avilés-Quevedo, 1990). De esta manera, la dominancia de la fracción de menor tamaño del material orgánico particulado es de gran importancia ecológica, dado que es un alimento potencial viable para una gran cantidad de organismos, los cuales son selectivos en cuanto al tamaño de la partícula a ingerir. Al respecto, Davis y Loosanoff (1953)

mencionan que existe además de la selectividad mecánica cuantitativa una selectividad química cuantitativa, principalmente durante los estadios larvales de los moluscos.

El hecho de haber registrado los valores mayores del cociente carbohidratos/proteínas durante el verano, implica que el alimento disponible es de menor calidad pero no es un factor limitante para el desarrollo de este tipo de poblaciones, dado que, la almeja catarina se está reproduciendo en esta temporada aunque en menor magnitud. De esta forma, la gran productividad de esta bahía le confiere una alta capacidad portadora que le permite mantener altas densidades de poblaciones de organismos, tanto pelágicos como bentónicos. Por otro lado es de suma importancia también el papel de este cuerpo de agua como exportador de material orgánico hacia el Golfo de California, tal y como ha sido reportado para zonas similares a esta por Contreras-Espinosa y Castillo (1992).

En estudios anteriores se subestimaba la importancia de los detritus como fuente de alimento (Jorgensen, 1962, en Riley y Chester, 1989), sin embargo, el material no clorofiliano como fibras, celulosa y bacterias puede ser una fuente importante para la nutrición de bivalvos y están ampliamente disponibles y son consumidos por los animales acuáticos (Langdon, 1990). En Bahía Concepción el MOPNF y el MOPF son un alimento potencial de buena calidad que se encuentra disponible durante todo el año. Sin embargo, cuando se presentan las condiciones de baja abundancia fitoplanctónica el material detrítico o agregados microparticulados con asociación de bacterias, también llamado "nieve marina" (Brown, *et al.*, 1989) es una fuente alterna para la alimentación de un gran número de organismos, ya que dada su naturaleza, posee una alta calidad nutritiva (Riley, 1963).

La información generada mediante la presente investigación confirma la potencialidad teórica existente en estos cuerpos de agua para sostener importantes poblaciones de organismos, la cual en esta zona está sustentada en conjunto por el aporte mayoritario de una fracción detrítica; así como por la contribución de una fracción fitoplanctónica importante también aunque de menor magnitud. Estos resultados son de gran importancia para el desarrollo de proyectos acuaculturales, ya que dan la pauta a seguir para investigaciones futuras con la finalidad de evaluar la capacidad real de este sistema de soportar costeablemente el desarrollo de un proyecto de este tipo.

CONCLUSIONES

- ❶ Se pudo determinar un periodo frío (noviembre-marzo), influenciado por agua de menor temperatura proveniente de la parte norte del Golfo de California y un periodo cálido (junio-octubre) caracterizado por la incursión de agua proveniente de la parte sur.
- ❷ Se determinó que existe una capa superficial homogénea en esta bahía en los primeros 10 metros de profundidad, la cual se mantiene a través de todo el año.
- ❸ Se registró una dominancia total de las diatomeas sobre los demás grupos fitoplanctónicos, mismas que se vieron favorecidas durante la temporada fría, por su parte los dinoflagelados se incrementaron tanto en abundancia como en número de especies durante los meses más cálidos, principalmente durante 1993.
- ❹ La abundancia fitoplanctónica total no presentó cambios estacionales definidos; sus variaciones más importantes se registraron de manera interanual. El nanofitoplancton incrementó su abundancia durante la influencia del evento de El Niño mientras que la abundancia del microfitoplancton disminuyó como respuesta a este fenómeno.
- ❺ Tanto la clorofila *a* como las proteínas, registraron generalmente sus picos máximos durante la temporada fría; mientras que sus valores mínimos en los meses cálidos. Ninguno de estos dos metabolitos mostraron evidencia de haber sido afectados en sus concentraciones por el evento El Niño. Los carbohidratos registraron sus máximas concentraciones durante el efecto de este fenómeno.
- ❻ Existe una fuente de clorofila que por su pequeño tamaño ($< 5 \mu$) no fue cuantificada al determinar la abundancia fitoplanctónica.
- ❼ Durante la principal época de desove de la almeja catarina (meses fríos) se registraron los menores cocientes de carbohidratos/proteínas, lo cual indica una buena calidad alimenticia del material particulado.
- ❽ El MOPNF es una fuente alterna de alimento de buena calidad durante la temporada con abundancia fitoplanctónicas bajas, de esta forma durante todo el año existe MOP en cantidad y calidad adecuada para que esta zona mantenga su alta capacidad portadora.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Borrego, S. y R. Lara-Lara., 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En: Simoneit, B.R.T. and Drophin, J.P. (Eds). The gulf and peninsular province of the californias. *Am. Assoc. Petr. Geol. Memoir.*, 555-567 pp.
- Allen, W.E., 1937. A large catch of *Noctiluca*. *Sci.*, 86:197-198.
- Allen, W.E., 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Expedition of 1936. *Univ. South. Calif.*, 3(4):47-59.
- Atilano-Silva, H.E., 1987. Composición y estructura de la comunidad del fitoplancton silíceo en el Golfo de California, en marzo de 1983. Tesis profesional. U.A.B.C. 161 pp.
- Avilés-Quevedo, A., 1990. Crecimiento de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en función del alimento, con énfasis sobre biología y desarrollo. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México, 120 pp.
- Ayala-Rocha., B., 1987. Proteínas y carbohidratos del fitoplancton y su significado ecológico en la Ensenada de La Paz, B.C.S. Tesis profesional. U.A.B.C.S. 61 pp.
- Badan-Dangon, A., C.K. Koblinski y Baumgartner, T., 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta*, 8(1):13-22.
- Balech, E., 1977. Introducción al fitoplancton marino. Ed. Univ. de Buenos Aires, Argentina. 103-114.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Pub. Especial Inst. Español de Oceanogr.*, No. 1, 88. 310 pp.
- Banase, K., 1974. On the interpretation of data for the carbon-to-nitrogen ratio of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 19(4):695-699.
- Banase, K., 1977. Determining the carbon-to-chlorophyll ratio of natural phytoplankton. *Mar. Biol. Ecol.*, 41:199-212.
- Barlow, R.G., 1982. Phytoplankton ecology in the southern Benguela current. I. Biochemical composition. *J. Exp. Mar., Biol. Ecol.* 63:209-227 pp.
- Blum, L.K., L. Mills, C. Zieman y R.T. Zieman., 1988. Abundance of bacteria and fungi in seagrass and mangrove detritus. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 42:73-79 pp.

- ☞ Brower, J.E. y J.H. Zar., 1979. Field y laboratory methods for the general ecology. Wm. C. Brown Co. Pub. Dubuque, Iowa. 194 pp.
- ☞ Brown, J., A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery y J. Wright., 1989. Ocean chemistry and deep-sea sediments. The open University. 134 pp.
- ☞ Bustillos-Guzmán. J.J., 1990. Biomasa protéica, de carbohidratos y clorofila de las fracciones de nanopartículas y micropartículas de la región de las grandes islas y central del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 96 pp.
- ☞ Casas-Valdez, M.M., I. Sánchez-Rodríguez y G. Hernández-Carmona., 1993. Evaluación de *Sargassum* spp en la costa oeste de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 8(2)61-69.
- ☞ Castillo, F. y D. Osorio., 1993. Relación climatológica de la temperatura superficial del Pacífico Colombiano sobre el fitoplancton marino durante El Niño 1991-92. *Bol. Cient. del Centro de Invest. Oceanogr. e Hidrogr.* 14:131-144 pp.
- ☞ Cervantes-Duarte, R., G. Gaxiola-Castro y J.E. Valdéz-Holguín., 1993. Relación entre la clorofila superficial y clorofila en la zona eufótica del Golfo de California: posible aplicación para estimar la producción primaria con datos obtenidos por sensores remotos. *Cien. Mar.* 19(4) 473-490 pp.
- ☞ Contreras-Espinosa, F., 1988. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. 263 pp.
- ☞ Conteras-Espinosa, F. y F. Gutierrez-Mendieta., 1989. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en las lagunas costeras. En Rosa-Vélez, J. y F. González-Farías (eds) Temas de oceanografía biológica en México. U. A. B. C. Ensenada. 337 pp.
- ☞ Contreras-Espinosa, F. y J.R. Casillas., 1992. Importancia del intercambio mareal en lagunas costeras. *Universidad y Ciencia*, 9(18).
- ☞ Cortés-Altamirano, R., 1984. Mareas rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohoman) en el área litoral de Mazatlán, Sinaloa, México. *Biótica* 9:259-270.
- ☞ Cortés-Altamirano, R., 1987. Observaciones de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Cienc. Mar.*, 13(4)1-19.
- ☞ Cortés-Lara, M.C., 1985. Contribución al conocimiento del fitoplancton del Golfo de California (mayo de 1982), Expedición Cortés Y, B/O El Punia. Tesis Profesional. 100 pp.

- ☞ Cruz-Orozco, R., L. Godínez-Orta, E. Nava-Sánchez y S. Solís Núñez., 1991. Algunos aspectos geológicos de Bahía Concepción, B.C.S. *Oceanotas* No. 2. U.A.B.C.S. Dpto. de Geología Marina.
- ☞ Cupp, E.E. y W.E. Allen., 1938. Plankton diatoms of the Gulf of California obtained by the G. Allan Hancock Pacific Expedition of 1937. *Univ. Southern Calif.*, 3:91-99.
- ☞ Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the West Coast of North-América. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 5:1-238.
- ☞ Darley, M. D., 1991. Biología de las algas. Enfoque fisiológico. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 236 pp.
- ☞ Davis, H.C. y Loosanof., 1953. Utilization of different food by clam larvae. *Anat. Rec.*, 117-646.
- ☞ Dawes, C.J., 1986. Botánica marina. Primera edición. editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F. 673 pp.
- ☞ Dobs, F.C., 1981. Community ecology of a shallow subtidal sand flat, with emphasis on sediment reworking by *Clymenella torquata* (Polychaeta: Maldenidae). M.S. Tesis. University of Connecticut. Storrs. Connecticut. 100 pp.
- ☞ Dubois, M.K., A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers, U.F. Smith., 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, 28:359-356.
- ☞ Félix-Pico, E.F y R. S. Sánchez., 1976. Tercer informe final del programa de orientación técnica para el aprovechamiento de los recursos naturales, existentes y prácticas de maricultivos en Bahía Concepción y Ensenada de La Paz. *Secret. Rec. Hidr.*, 20 pp.
- ☞ Fernández-Barajas, M.E., M.A. Monreal-Gómez y A. Molina-Cruz., 1994. Estructura termohalina y flujo geostrofico, en el Golfo de California, durante 1992. *Cienc. Mar.* 20(2):267-286.
- ☞ Flores-Verdugo, F.J., J.W. Day, y R. Briseño-Dueñas., 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 35:83-90.
- ☞ Gárate-Lizárraga, I., D.A. Siqueiros-Beltones y C.H. Lechuga-Deveze., 1990. Estructura de las asociaciones microfitoplanctónicas de la Región Central del Golfo de California y su distribución espacial en el otoño de 1986. *Cienc. Mar.*, 16(3):131-153.

- ☞ Gárate-Lizárraga, I., 1991. Análisis de una marea roja causada por *Noctiluca scintillians* (Macrtrney) Ehr. en Bahía Concepción, Baja California Sur en febrero de 1989. *Rev. Inv. Cient.*, 2(1):35-43.
- ☞ Gárate-Lizárraga, I., 1995. Mareas rojas en Bahía Concepción, B.C.S.. México. *Rev. Invest. Mar.*, Boletín No. 40. CICIMAR-IPN.
- ☞ García-Pamanes, J., 1987. El fitoplancton de la Ensenada de La Paz, B.C.S., composición específica, variación estacional y distribución. *Mem. V Simp. Biol. Mar. U.A. B.C.S.* 17-29.
- ☞ Gilbert, J.Y. y W.E. Allen., 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E.W. Scripps in 1939 and 1940. *J. Mar. Res.*, 5:89-110.
- ☞ Gilmartin, M. y N. Revelante., 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier Island Lagoons of the Gulf of California. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 7:29-47.
- ☞ Goldman, C.J., J.J. Macarthy y D.G. Peavy., 1979. Growth-rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279(5710): 210-215.
- ☞ González-Farías, F. y M. Hernández-Garza., 1989. Aspectos ecológicos de la materia orgánica en Lagunas Costeras de México, En: de la Rosa-Velez y González-Farías (eds). *Temas de Oceanografía Biológica en México*. U.A.B.C. Ensenada. 79-106 pp.
- ☞ Guillard, R.R.L. y P. Kilham., 1977. The ecology of marine planktonic diatoms. En: D. Werner, (ed) *The biology the diatoms*. Univ. Calif. Press. 372-469 pp.
- ☞ Haro-Garay, M y A. Esquivel-Herrera., 1988. Programa ODI.BAS. Documento interno del Departamento de plancton, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S.
- ☞ Hasle, G.R., 1978. Using the inverted microscope. En: Sournia A. (ed.). *Phytoplankton manual*. UNESCO. Paris. 191-196. pp.
- ☞ Hasle, G.R. y E.E. Syvertsen., 1996. Marine diatoms. En: Tomas, C.R. (ed). *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, Inc. 5-385 pp.
- ☞ Hernández-Alfonso, J.R., 1993. Características bioquímicas del material orgánico particulado en una zona de agregados de langostilla, *Pleuoncode planipes* (Crustacea: Galatheidae) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis profesional. Departamento de Biología Marina. U.A.B.C.S. 73 pp.

- Hustedt, F., 1930. Bacillariophyta. En: Pasher, A. Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Pub. W. Germany 466 pp.
- Hustedt, F., 1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und Schweiz. En: L. Raberhorst (ed.), Kryptogamen-Flora. Band VII, P. I-II. Johnson Rep. Co., N.Y., 845 pp.
- Jeffrey, S.W., y G.F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equation for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*1 y *c*2 in algal phytoplankton and higher plants. *Biochem. Physiol. Pflanz. B.P.P.*, 1967:191-194.
- Kiefer, D. y R. Lasker., 1975. Two blooms of *Gymnodinium splendens*, an unarmored dinoflagellate. *Fish. Bull.*, 73(1): 675-678 pp.
- Langdon, CH.J. y R.I.E. Newell., 1990. Utilization of detritus and bacteria as food sources by two bivalve suspension-feeders, the oyster *Crassostrea virginica* and the mussel *Geukensia demissa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58:299-310.
- Lara-Lara, R. y J.E. Valdéz-Holguín., 1988. Size fraction biomass and primary productivity in the Gulf of California during spring 1984. *Cienc. Mar.*, 14(1):1-14.
- Lancelot Van Beveren, C., 1980. A statical method to estimate the chemical composition of phytoplankton in the southern bight of the north sea. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 10:467-478.
- Lechuga-Deveze, C.H., B. Ayala-Rocha e I. Gárate-Lizárraga., 1989. Proteínas, carbohidratos y clorofila *a* de la materia orgánica particulada, en tres diferentes ambientes oceánicos: Mar de Portugal, Golfo de California y NW de Baja California Sur. *AN. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, U.N.A.M. 16(1):147:156.
- Lechuga-Deveze, C., 1994. Shift of acetone-extracted pigments due to unknown natural phytoplankton populations from Conception Bay, Gulf of California. *Bull. Mar. Sci.*, 55(1): 248-255.
- Lee, R.E., 1989. Phycology. Cambridge University Press. Segunda Edición. 645 pp.
- Lenz, J., 1977. Seston and its main components. Microbial Ecology of Brackish water Environment. Edited by G. Rheinheimer. Springer-Verlag, Berlin.
- León-Carballo, G., M. Reinecke-Reyes, y N. Ceseña-Espinoza., 1991. Abundancia y estructura poblacional de los bancos de almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1853) durante abril de 1988, en Bahía Concepción, B.C.S. *Cienc. Pesq. Inst. Nal. de la pesca. Sria de pesca. México* (8):35-40.

- ☐ Licea-Durán, S., 1974. Sistemática y distribución de diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son./Sin., México. *An. Centro Cienc. del Mar. y Limnol.*, U.N.A.M. 1:99-157.
- ☐ Lloyd, M. y R.S. Ghelardi., 1964. A table for calculation the "equitability" component of the species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33:217-225.
- ☐ López-Cortés. D.J., C.H. Lechuga-Deveze y J.J. Bustillos-Guzmán., 1990. Influencia hidrográfica en la distribución de la materia orgánica particulada en la zona central del Golfo de California (otoño, 1987). *Rev. Lat-amer. Microbiol.*, 33:305-312.
- ☐ Lowry, O.H., N.J. Rosenbrough, A.L. Farr y R.J. Randall., 1951. Protein measurement with folin reagent. *J. Biol. Chem.*, 193:265-275.
- ☐ Ludwing, A. J. y James F. Reynolds., 1988. *Statistical Ecology*. "A Wiley-Interscience publication". U.S.A. 337 pp.
- ☐ Mann, K.H., 1982. *Ecology of coastal waters. A system approach*. University of California Press. Los Angeles. 313 pp.
- ☐ Mateo-Cid, L.E., I. Sánchez-Rodríguez; E. Rodríguez-Montesinos y M.M. Casas-Valdéz., 1993. Estudio florístico de las algas marinas bentónicas de Bahía Concepción, B.C.S., México. *Cienc. Mar.*, 19(1):41-60.
- ☐ Martínez-López, A., 1993. Efectos del evento El Niño 1982-1983 en la estructura del fitoplancton en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 95 pp.
- ☐ Martínez-López, A. e I. Gárate-Lizárraga., 1994. Cantidad y calidad de la materia orgánica particulada en Bahía Concepción en la temporada de reproducción de la almeja catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835). *Cienc. Mar.*, Vol. 20 No. 3
- ☐ Martínez-López, A. e I. Gárate-Lizárraga., 1997. Variación nictimeral de la materia orgánica particulada en una laguna costera del Golfo de California. (En prensa).
- ☐ Mcallister, C.D., T.R. Parson y J.D.H. Strickland., 1960. Primary productivity and fertility at station "P" in the Northeast Pacific Ocean. *J. Cons. Internat. Explor. Mar.* 25:240-259 pp.
- ☐ Mee, L.D., G. Díaz-González y M. Espinoza Dmian., 1986. Marea roja en el sur de Sinaloa. *En. Ayala-Castañares, A; F.B. Phleger; R.C. Shcwitzlose y J. Vargas (eds.) The Gulf of California*. U.N.A.M.

- Millán-Núñez, E., F. Ortiz-Cortéz, y S. Alvarez-Borrego., 1981. Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera, a finales de verano. *Cienc. Mar.* 7(1):103-128.
- Millán-Núñez, E., 1988. Marea roja en Bahía de Los Angeles. *Cienc. Mar.*, 14:51-55.
- Millán-Núñez, E., 1986. Distribución y composición del fitoplancton en el Golfo de California, durante 1982-1984. Tesis de Maestría. CICESE 65 pp.
- Millán-Núñez, E. y G. Gaxiola-Castro., 1989. Spatial variability of phytoplankton in the Gulf of California during the El Niño 1983. *Nova Hedwigia.*, 49:113-119.
- Molina-Cruz, A., 1986. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. *An. Inst. Cienc. del mar y Limnol.*, U.N.A.M. 13(2):95-120 pp.
- Morquecho-Escamilla, L. 1996. Fitoplancton tóxico y actividad de ficotoxinas en la almejas catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 74 pp.
- Murray, D. y H. Schrader., 1983. Distribution of silicoflagellates in plankton and core type samples from the Gulf of California. *Mar. Micropaleont.*, 7:517-539.
- Navarro, J.M. y R. Jaramillo., 1994. Evaluación de la oferta alimentaria natural disponible a organismos filtradores de la Bahía de Yaldad (43°08', 73°44'), Sur de Chile. *Rev. Biol. Mar., Valparaiso.*, 29(1):57:75.
- Núñez-López, R.A., 1993. Biomasa estacional específica de *Sargassum* (SARGASSACEAE, PHAEOPHYTA) en tres zonas de Bahía Concepción B.C.S. Tesis Profesional, U.A.M. México, D.F.
- Obeso-Nieblas, M, M.A. Alatorre-Mendieta y A.R. Jiménez-Illescas., 1996. Modelación de la marea en Bahía Concepción, B.C.S., México. *Oceánides*, 11(1)1-8.
- Pesantes, F., 1978. Dinoflagelados del Golfo de Guayaquil. *Bol. Inst. Oceanogr. de la Armada.* Pub. INOCAR 2(2): 1-98.
- Pielou, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York. 286 pp.

- Polanco, J.E., 1987. Pesquerías Mexicanas. Estrategias para su administración. Esquema de regulación propuesto para la administración de la almeja catarina. *Dir. Gral. Admon. Pesq. Sria. de Pesca. México*, primera edición: 1061 pp.
- Ramírez-Granados, R., 1963. Mareas rojas. Datos para su conocimiento y pronóstico. Sec. de Ind. y Com. Dir. Gral. de Pesca e Ind. Conexas. Dpto. de Est. Biól. Pesq. México. Trabajos de Divulgación. 4:1-9.
- Ramírez-Guillén, P.A., 1983. Sistemática, ecología y biogeografía de los crustáceos anomuros de Bahía Concepción, B. C. S., Tesis profesional, U.A.N.L. 78 pp.
- Ramírez-Rodríguez, M., 1988. La pesca en Baja California Sur: Capturas de 1952 a 1985. VII Symposium Int. Biol. Mar. 1-15 junio de 1988.
- Raymont, J.E.F., 1980. Plankton and productivity in the oceans. Segunda Edición. Vol. 1. Phytoplankton. Pergamon Press. 489 pp.
- Reyes-Salinas, A., 1994. Relación entre estructura hidrográfica y la abundancia, distribución y origen de diferentes expresiones de biomasa del seston orgánico en Bahía Concepción, Golfo de California. Tesis de licenciatura, U.N.A.M. Campus Ixtacala, 53 p.
- Riley, G.A., 1963. Organic aggregates in sea water and dynamics of their formation and utilization. *Limnol. Oceanog.* 4:373-381.
- Riley, J.P. y R. Chester., 1989. Introducción a la química marina. AGT Editor, S.A. Primera edición. México, D.F. 459 pp.
- Ríos, A.F. y F. Fraga., 1987. Composición química del plancton marino. *Inv. Pesq.* 51(14) 619-632 pp.
- Roden, G.I. y G.W. Groves., 1959. Recent Oceanographic Investigation in the Gulf of California: sears foundation. *Jour. Mar. Res.*, 18(1):10-35.
- Round, F.E., 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. Part. 1. Its composition and contribution the sediments. *Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1:76-97.
- Sancetta, C., 1995. Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanog.*, 10(1) 67-84 pp.
- Schiller, J., 1933. Dinoflagellates (Peridineae) in monogrphischer Behandlung teil 2. En: Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, Leipzig, 10:1-598.

- ☞ Schrader, H., N. Pias, y G. Cheng., 1986. Seasonal variation of silicoflagellates in phytoplankton and varved sediments in the Gulf of California. *Mar. Micropaleontol.* 10:207-233.
- ☞ Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148):688.
- ☞ Sokal, R.R. y F.J. Rohlf., 1969. Biometry. The principles and practice of Statistics in Biological Research. W.H. Freeman and Company. 859 pp.
- ☞ Sokal, R.R. y P.H.A. Sneath., 1963. Principles of numerical taxonomy. W.H. Freeman y Co., San Francisco. 259 pp.
- ☞ Steidinger, K.A. y K. Tangen., 1996. Dinoflagellates. En: Tomas, C.R. (ed). Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. 387-598 pp.
- ☞ Sundström, B.G., 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Ph.D. Tesis Lund Univ., Sweden, 245 pp.
- ☞ Sverre, M., 1974. Production de carbohydrates by marine planktonic diatoms. I. Comparison of nine different species in culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 15:261-274 pp.
- ☞ Taguchi, S. y E.A. Laws., 1988. On the microparticles which pass through glass fiber filter type GF/F in coastal and open waters. *Jour. of Plank. Res.* 10: 5 999-1008 pp.
- ☞ Taylor, F.J.R., 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. VF. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bib. Bot.* 132:1-134, pl 1-46.
- ☞ Taylor, F.J.R., 1982. Symbioses in marine microplankton. *Ann. Inst. Oceanogr.* , Paris 58 S:61-90.
- ☞ Tenore, K.R., L. Carmen, S.E.G. Findlay y N. Phillips., 1982. Perspectives of research on detritus: do factors controlling the availability of detritus to macroconsumers depend on its source?. *Jour. of Mar. Res.* 40(2) 473-490 pp.
- ☞ Thunell, C; R., C.J. Pride, E. Tappa y F.E. Muller-Karger., 1994. Biogenic silica fluxes and acumulation rates in the Gulf of California. *Geology.*, 22: 303-306 pp.
- ☞ Thunell, C.R., C. Pride, P. Ziveri, F. Muller-Karger, C. Sancetta y D. Murray., 1996. Plankton response to physical forcing in the Gulf of California. *Jour. Plank, Res.* 18(11) 2017-2026 pp.

- III Tovilla-Hernández, C., 1991. Oceanografía química. En: De la Lanza-Espino, G (ed) Oceanografía de los mares mexicanos. AGT Editor, S.A. 515-558 pp.
- III Varela, M., Alvarez-Osorio, M., Valdés, L., Ana-Miranda, R., de Santiago, G. y Costas, E., 1988. Partición de la materia orgánica particulada en el área de afloramiento de la plataforma de Galicia (NO España) durante la campaña Breogán 684. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 5(1):97-108.
- III Villalejo-Fuerte, M.T., 1992. Aspectos reproductivos de la almeja catrina (*Argopecten circularis* Sowerby, 1835) en Bahía Concepción B.C.S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 96 pp.
- III Villareal, T.A., 1994. Widespread occurrence of the Hemialus-cyanobacterial symbiosis in the southwest north atlantic ocean. *Bull. of Mar. Sci.*, 54(1): 1-7.
- III Yáñez-Arancibia, A., 1986. Ecología de la zona costera: Análisis de siete tópicos. AGT Editor, S.A. México, D.F., 190 p.

ANEXO I

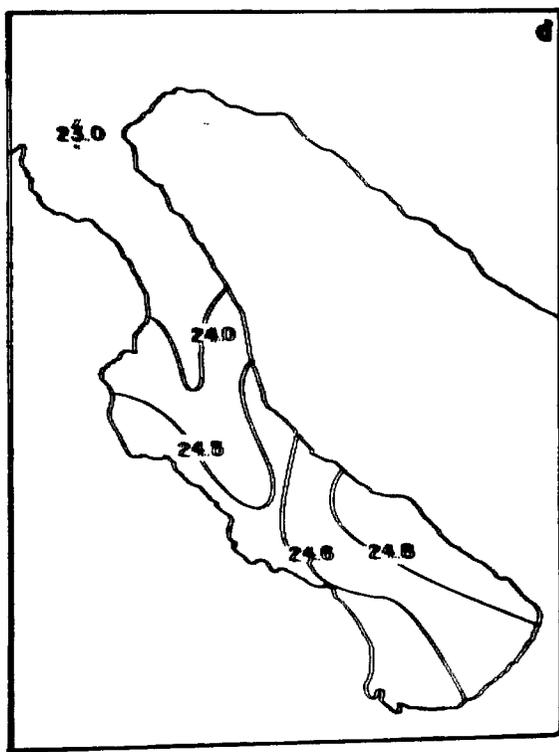
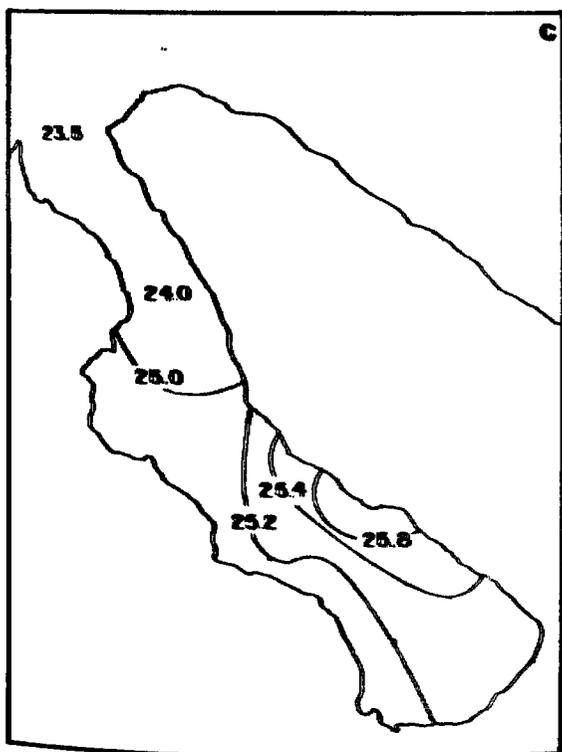
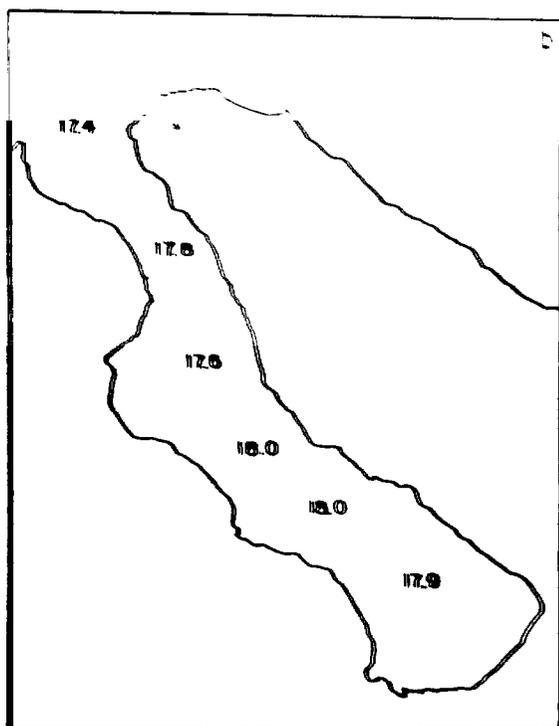
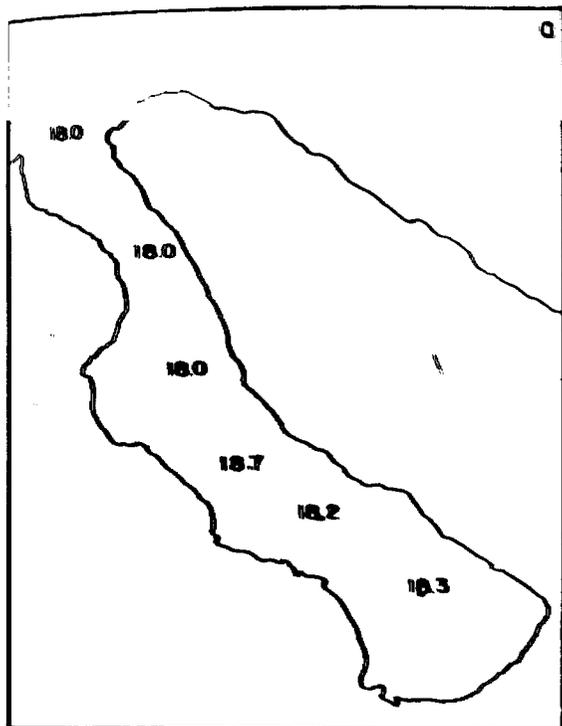


Fig. 1.- Distribución horizontal de la temperatura en la Bahía: a) febrero de 1991, nivel superficial; b) febrero de 1991, nivel 10 metros; c) mayo de 1991, nivel superficial, d) mayo de 1991, nivel 10 metros.

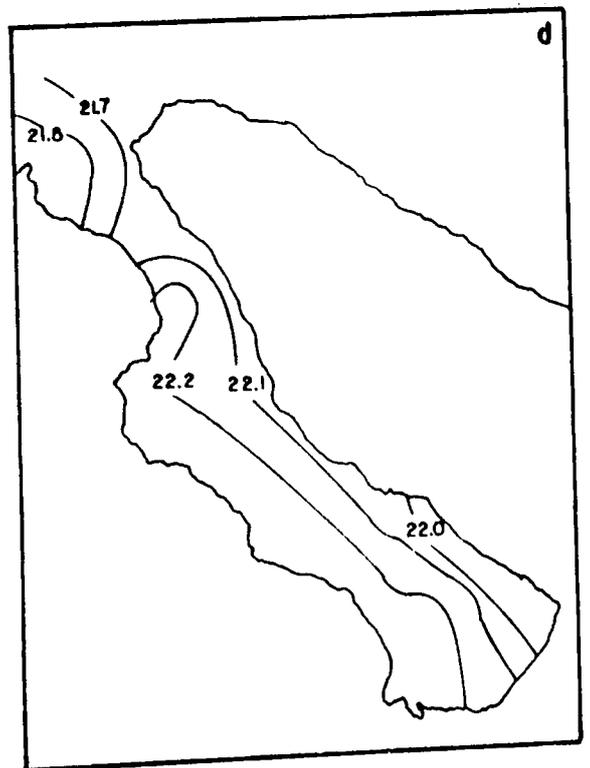
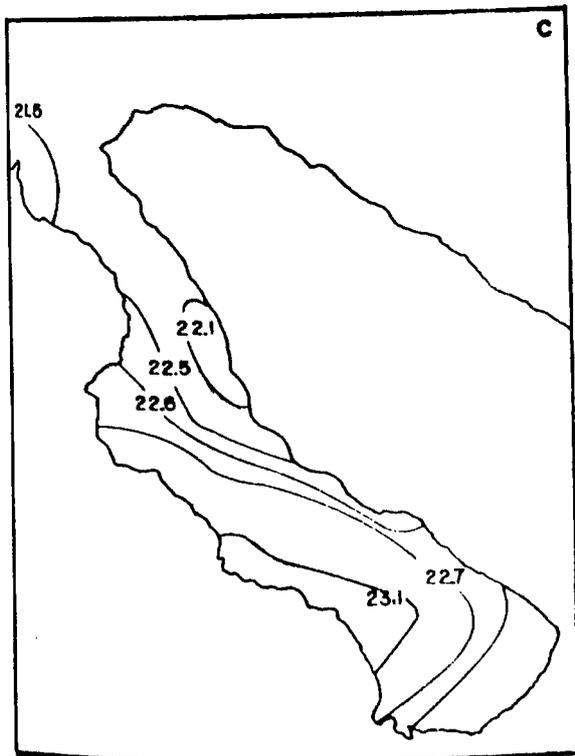
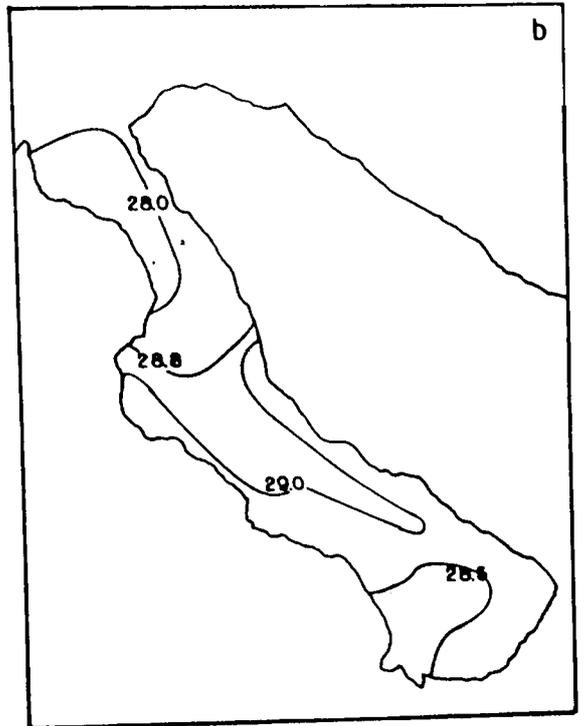
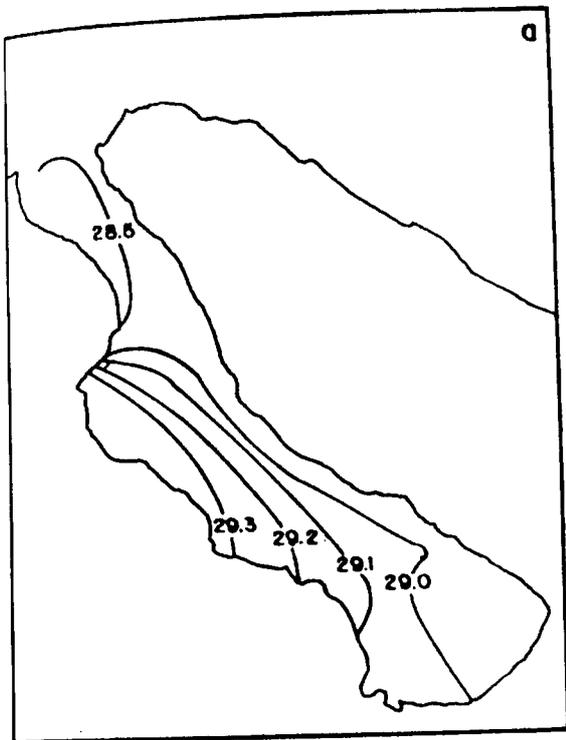


Fig. 2.- Distribución horizontal de la temperatura en la Bahía: a) octubre de 1991, nivel superficial; b) octubre de 1991, nivel 10 metros; c) marzo de 1992, nivel superficial; d) marzo de 1992, nivel 10 metros.

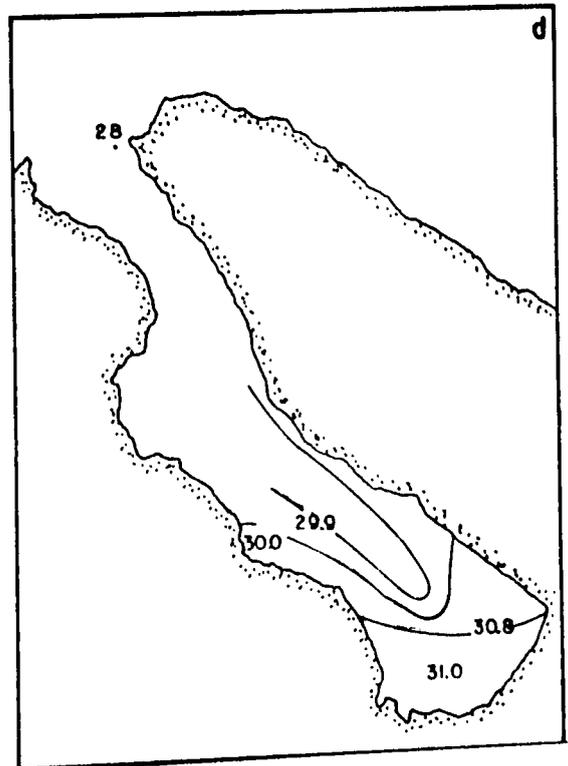
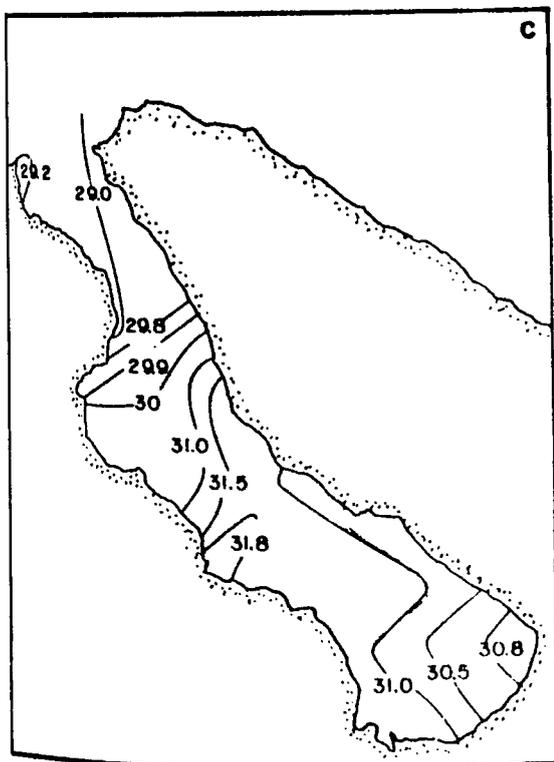
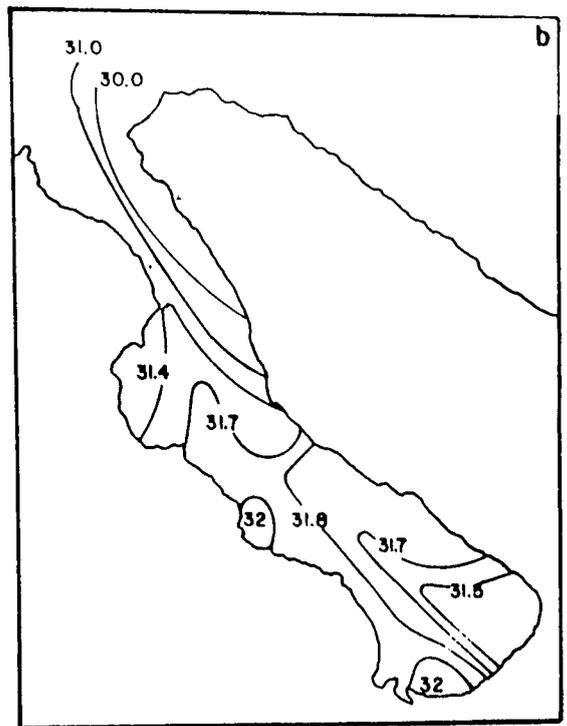
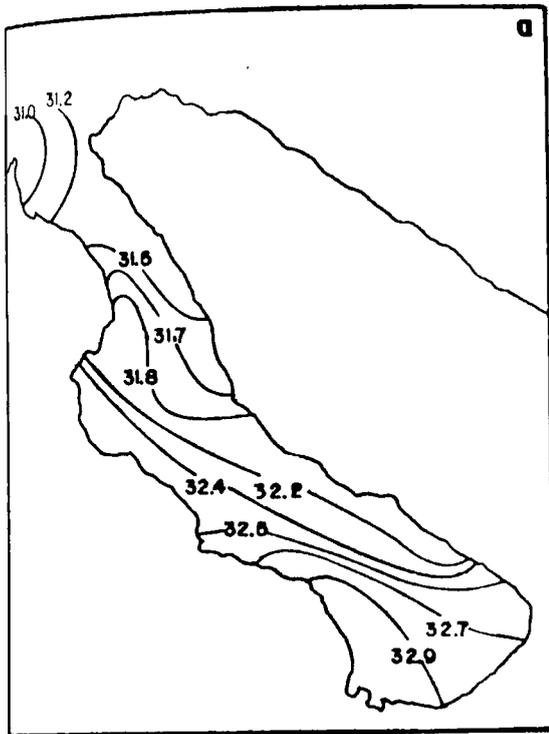


Fig. 3.- Distribución horizontal de la temperatura en la Bahía: a) junio de 1992, nivel superficial; b) junio de 1992, nivel 10 metros; c) septiembre de 1992, nivel superficial; d) septiembre de 1992, nivel 10 metros.

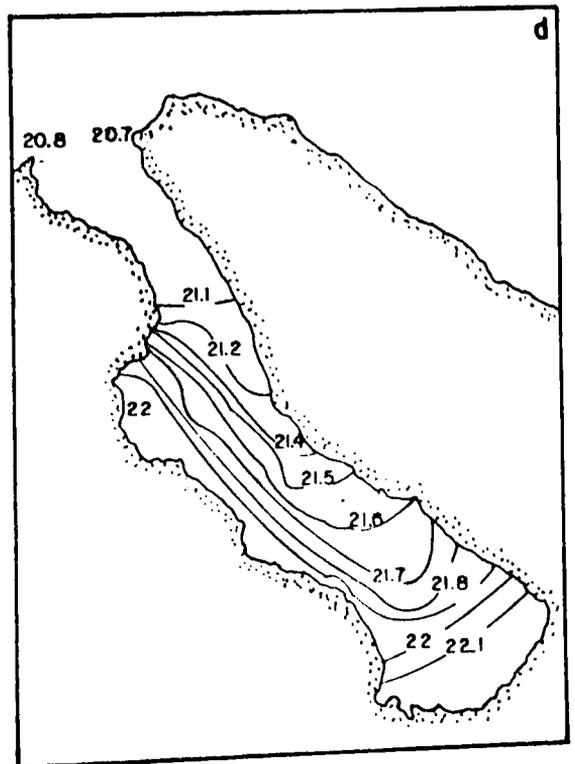
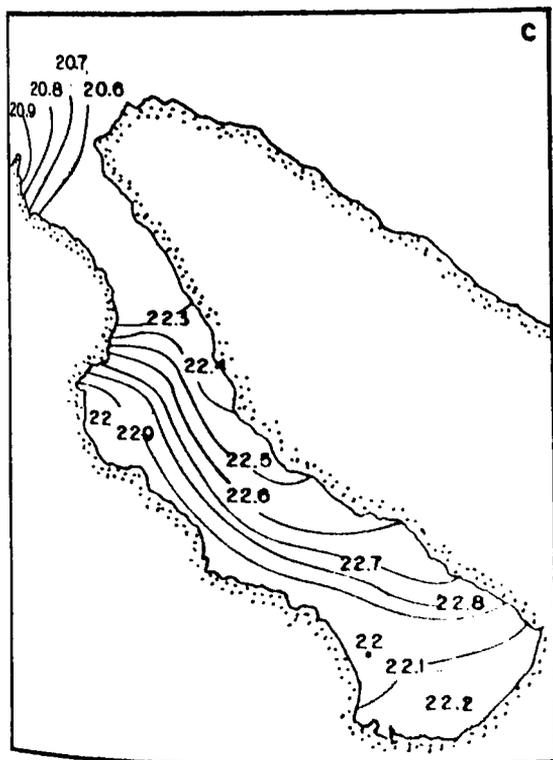
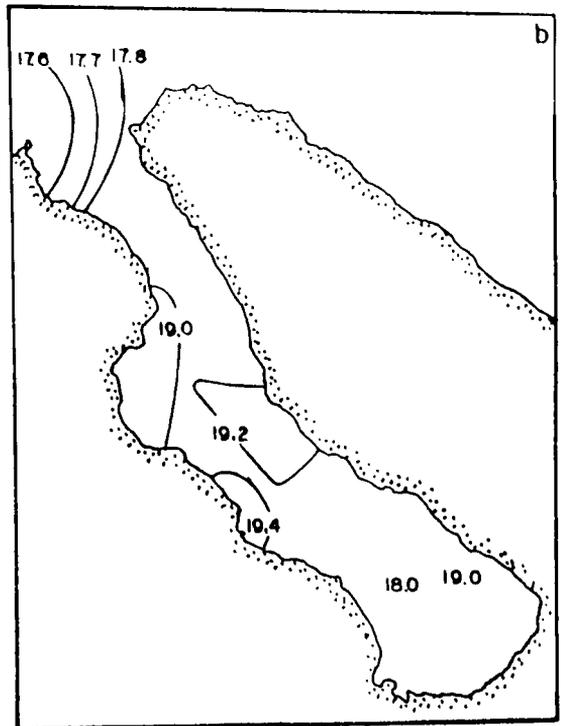
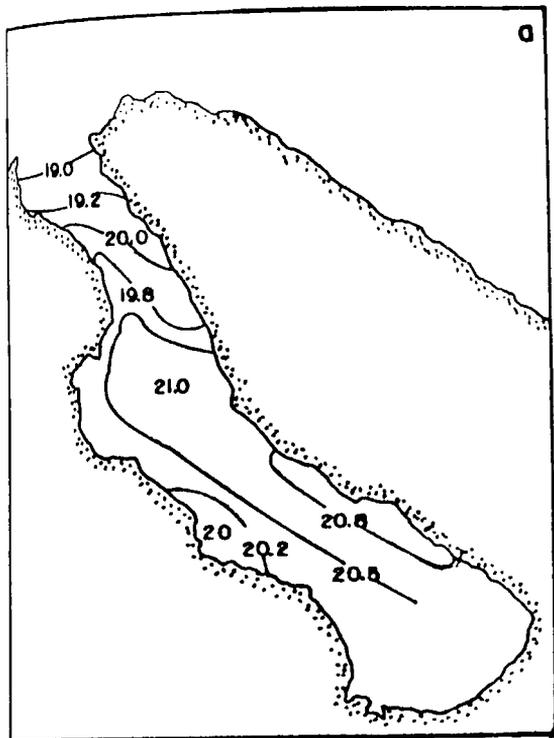


Fig. 4.- Distribución horizontal de la temperatura en la Bahía: a) diciembre de 1992, nivel superficial; b) diciembre de 1992, nivel 10 metros; c) marzo de 1993, nivel superficial; d) marzo de 1993, nivel 10 metros.

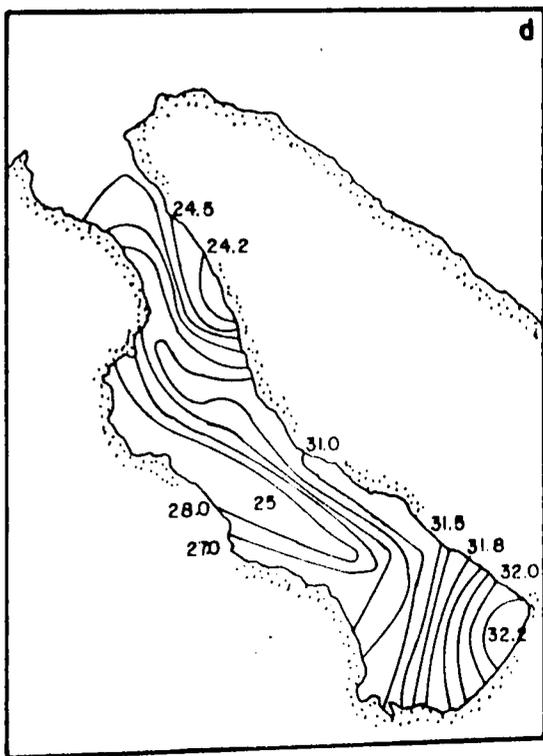
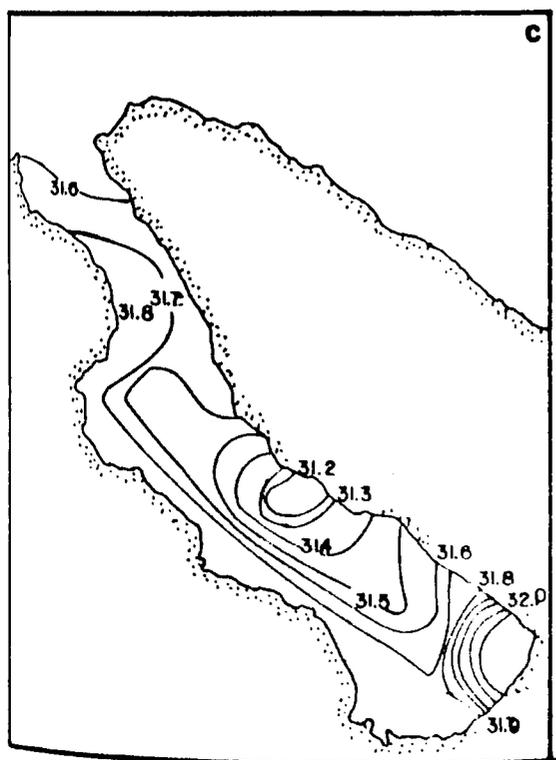
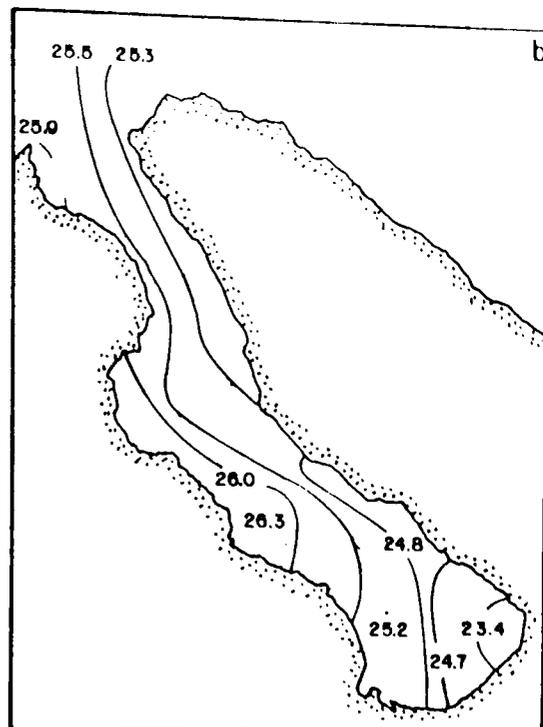
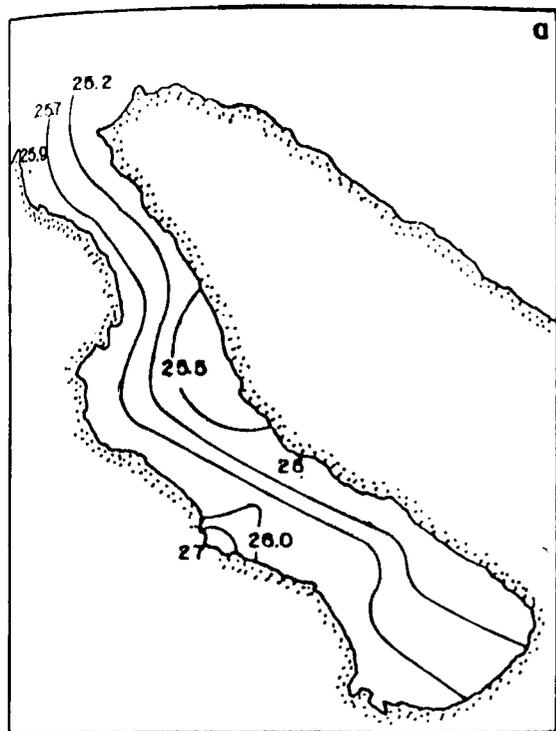


Fig. 5.- Distribución horizontal de la temperatura en la Bahía: a) junio de 1993, nivel superficial; b) junio de 1993, nivel 10 metros; c) agosto de 1993, nivel superficial; d) agosto de 1993, nivel 10 metros.

Lista de especies determinadas durante el periodo de estudio S= registrada en superficie; P= registrada en el nivel de 10 metros y SP= registrada en ambos niveles.

ESPECIES	1991				1992			1993		
	FEB	MAY	OCT	MA	JUN	SET	DIC	MAR	JUN	AGO
<i>Actinoptychus heptactis</i>					SP		P	S		
<i>Actinoptychus splendens</i>							P			
<i>Amphora sp</i>	SP		SP				S	SP		SP
<i>Asterionellopsis kariana</i>						P				
<i>Asteromphalus heptactis</i>		SP	SP			S				SP
<i>Asteromphalus sp</i>			P							
<i>Asteromphalus flabellatus</i>			S			P				
<i>Azpeitia nodulifera</i>							P			
<i>Bacillaria paxillifera</i>	SP									
<i>Bacteriastrium comosum</i>		P				SP				
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>		SP	SP	P	P	SP	P		SP	
<i>Bacteriastrium elongatum</i>			S							
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>			S	SP			P	P	S	
<i>Bacteriastrium sp</i>									SP	
<i>Cerataulina pelagica</i>	P	SP	SP	SP		SP	SP	SP	SP	
<i>Chaetoceros affinis</i>	P		S	SP	S	SP	S	SP	S	
<i>Chaetoceros anastomosans</i>						SP				
<i>Chaetoceros atlanticus</i>			P			SP				
<i>Chaetoceros brevis</i>	P		P	S	S	SP			SP	
<i>Chaetoceros cinctus</i>	SP									
<i>Chaetoceros coarctatus</i>			SP							
<i>Chaetoceros compressus</i>	SP	S	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
<i>Chaetoceros costatus</i>	P							SP		
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	SP	SP	SP	S		SP	SP	SP		
<i>Chaetoceros danicus</i>				SP				SP		S
<i>Chaetoceros debilis</i>	P					S				
<i>Chaetoceros decipiens</i>		S	S		S	SP		SP	S	
<i>Chaetoceros densus</i>	P									
<i>Chaetoceros didymus</i>	P	P	P			SP		SP	SP	S
<i>Chaetoceros diversus</i>					SP	SP				
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	P	P								
<i>Chaetoceros laevis</i>			SP			SP			SP	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	SP		SP	SP		SP	P	SP	S	
<i>Chaetoceros messanensis</i>						SP				
<i>Chaetoceros pelagicus</i>					S					
<i>Chaetoceros pendulus</i>			S							
<i>Chaetoceros peruvianus</i>			P	SP				S		

<i>Chaetoceros radicans</i>	P								S	
<i>Chaetoceros sp</i>	P	SP	SP	SP			SP	S	SP	P
<i>Chaetoceros teres</i>	P									
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	P						P			
<i>Chaetoceros vanheurckii</i>	P									
<i>Chaetoceros vistulae</i>						SP				
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>					SP				S	
<i>Cocconeis sp</i>	P									
<i>Corethron criophilum</i>						SP			S	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>		S								
<i>Coscinodiscus centralis</i>	S									
<i>Coscinodiscus cf. marginatus</i>							S			
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	S				S					
<i>Coscinodiscus perforatus</i>			SP							
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	P	SP	P							
<i>Coscinodiscus sp</i>	SP	P					P			
<i>Cylindrotheca closterium</i>		P	SP			SP	SP	P	SP	SP
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>		S		SP	SP	SP	SP		S	
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>				P						
<i>Detonula pumila</i>				S		SP	P			
<i>Diploneis ovalis</i>								S		
<i>Diploneis sp</i>			P		S	P			P	
<i>Diplopsalis asymmetrica</i>					P					
<i>Diplopsalis lenticula</i>					P					
<i>Ditylum sol</i>	P						S			
<i>Eucampia cornuta</i>	SP	P	SP	P			P			
<i>Eucampia zodiacus</i>				SP			SP		S	P
<i>Eunotia luna</i>	S									
<i>Fragilaria islandica</i>	S									
<i>Fragilariopsis doliolus</i>				SP		S	SP			
<i>Grammatofora cf. angulosa</i>									P	
<i>Guinardia delicatula</i>		SP	SP							
<i>Guinardia flaccida</i>	SP		S							
<i>Guinardia striata</i>		SP	S	SP			SP	S	S	
<i>Gyrosigma fasciola</i>					S					
<i>Haslea gigantea</i>									P	
<i>Haslea wawriake</i>		SP	SP	SP	P	SP	P	SP	S	
<i>Hemiaulus hauckii</i>				SP	SP	SP			SP	
<i>Hemiaulus membranaceus</i>				SP	SP		S			S
<i>Hemiaulus sinensis</i>	P	SP	SP	SP	S	P				SP
<i>Leptocylindrus danicus</i>	S	S	SP	SP		S	SP	SP	SP	SP
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>		SP	SP	SP		SP	S		S	SP
<i>Lioloma delicatulum</i>									P	

<i>Lioloma pacificum</i>			S			S		S		
<i>Lithodesmium undulatum</i>	SP									
<i>Mastogloia exigua</i>	P									
<i>Navicula cancellata</i>	SP	S	SP				S	S	S	
<i>Navicula cf. fusiformis</i>						SP				
<i>Navicula directa</i>	SP									
<i>Navicula membranacea</i>						SP				
<i>Navicula sp1</i>		SP	SP			SP	P	S	P	
<i>Navicula sp2</i>										
<i>Nitzschia longissima</i>	P		P		S	SP				
<i>Nitzschia angularis</i>	S									
<i>Nitzschia lanceolata</i>	S									
<i>Nitzschia pacifica</i>			S			SP			S	
<i>Nitzschia sigma</i>			S	S				P	P	SP
<i>Nitzschia sp</i>		SP	SP				SP		SP	SP
<i>Odontella aurita</i>	S									
<i>Paralia sulcata</i>	S								P	SP
<i>Planktoniella sol</i>	P	P	P							
<i>Pleurosigma cf. naviculacea</i>					S					
<i>Pleurosigma formosum</i>	SP									
<i>Pleurosigma sp</i>	S	P	SP		SP		SP	SP	P	
<i>Proboscia alata</i>	SP									
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>		SP	S	SP		SP	SP	SP	SP	
<i>Pseudo-nitzschia pungens v atlantica</i>		SP		SP	S			S	SP	
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	SP							S		
<i>Pseudosolenia calcar avis</i>	S	SP	S	SP	SP	SP	SP	S	S	
<i>Rabdonema adriaticum</i>	P									
<i>Rhizosolenia acuminata</i>			S							
<i>Rhizosolenia bergonii</i>						S				
<i>Rhizosolenia castracanei</i>							S			
<i>Rhizosolenia cleveii var communis</i>	P	SP	S		S	SP			S	SP
<i>Rhizosolenia formosa</i>					SP					
<i>Rhizosolenia hebetata</i>			S							
<i>Rhizosolenia hyalina</i>				SP						
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		P	SP	SP				SP		SP
<i>Rhizosolenia robusta</i>										
<i>Rhizosolenia setigera</i>	P		SP	SP	SP			SP		S
<i>Rhizosolenia sp1</i>							S			
<i>Rhizosolenia sp2</i>		S								
<i>Rhizosolenia styliformis</i>			P		P					
<i>Skeletonema costatum</i>						SP	S		S	
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	P	P					SP			
<i>Suirella eximia</i>	S									

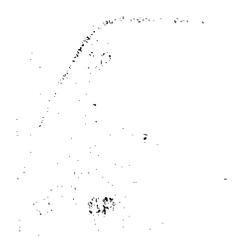
<i>Surirella</i> sp	S									
<i>Thalasiothrix longissima</i>									S	
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	P		S		SP	SP	SP	SP	SP	SP
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		SP	SP	SP	SP	P	SP	S		
<i>Thalassiosira eccentricus</i>	P									
<i>Thalassiosira rotula</i>						SP	SP		S	
<i>Thalassiosira</i> sp			SP			SP	SP	S	S	P
<i>Triceratium favus</i>	P									
DINOFLAGELADOS										
<i>Alexandrium catenella</i>	SP	SP		P	SP	S	S		P	
<i>Alexandrium cf. tamarense</i>						S				
<i>Amphidinium crassum</i>								SP		
<i>Amphidinium</i> sp						SP				SP
<i>Ceratium belone</i>		P								
<i>Ceratium falcatum</i>			S							
<i>Ceratium furca</i>		SP	SP	SP	SP	SP		SP	SP	
<i>Ceratium fusus</i>	P	P	SP	SP	SP	P		SP	SP	SP
<i>Ceratium inflatum</i>		SP	S			P				
<i>Ceratium kofoidii</i>			S		P					
<i>Ceratium lineatus</i>				SP	S					
<i>Ceratium macroceros</i>		SP		S				SP		
<i>Ceratium massiliense</i>			SP							
<i>Ceratium</i> sp			P							
<i>Ceratium strictum</i>			P							
<i>Ceratium teres</i>					P					
<i>Ceratium trichoceros</i>	P				P			SP		SP
<i>Ceratium tripos</i>					S					
<i>Corythodinium tessellatum</i>				SP						
<i>Dinophysis caudata</i>		SP	SP		SP	S				SP
<i>Dinophysis caudata</i> var <i>pedunculata</i>					SP					
<i>Dinophysis cf. rudgei</i>						S				
<i>Dissodinium elegans</i>			S							
<i>Dissodinium</i> sp			S							
<i>Gonyaulax monocantha</i>			S							
<i>Gonyaulax polygramma</i>					P	S				
<i>Gonyaulax</i> sp	P	P	S			SP				
<i>Gymnodinium catenatum</i>							S	SP		SP
<i>Gymnodinium</i> sp				S		SP	P	SP	SP	SP
<i>Gymnodinium</i> sp1	P	SP	SP			SP				
<i>Gymnodinium</i> sp2						SP				
<i>Gymnodinium splendens</i>	S				S	SP	P	SP	S	SP
<i>Gyrodinium herbaceum</i>			SP	SP			S		P	SP

<i>Gyrodinium cf. herbaceum</i>		P					SP		SP		
<i>Heterodinium sp</i>							P				
<i>Kofoidinium lebourae</i>								S	P		
<i>Kofoidinium pavillardii</i>				SP							SP
<i>Noctiluca scintillians</i>	SP								SP	S	SP
<i>Ornithocercus sp</i>						P					
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>						P					
<i>Oxytoxum millneri</i>							P				
<i>Oxytoxum nipponnicum</i>				S							
<i>Oxytoxum scolapax</i>		SP		SP	P						SP
<i>Oxytoxum sp</i>	P	P									
<i>Peridinium cf. tuba</i>							SP				
<i>Phalacroma cf. argus</i>							S				
<i>Podolampas bipes</i>							P			P	S
<i>Podolampas elegans</i>							P				
<i>Podolampas palmipes</i>			SP	S					SP		SP
<i>Podolampas reticulata</i>							P				
<i>Prorocentrum compressum</i>		SP	S	SP	P				SP	P	SP
<i>Prorocentrum gracile</i>						SP	SP			S	SP
<i>Prorocentrum micans</i>	SP	SP	SP	SP	SP			S	SP	S	SP
<i>Prorocentrum ovun</i>											
<i>Prorocentrum sp1</i>						S	SP				S
<i>Prorocentrum sp2</i>							SP				
<i>Prorocentrum triestinum</i>											S
<i>Protogonyaulax sp</i>		P		S							
<i>Protoberidinium breve</i>			S								
<i>Protoberidinium brochii</i>						SP					
<i>Protoberidinium cerasus</i>		S	S					S			
<i>Protoberidinium cf. cerasus</i>							S			S	
<i>Protoberidinium cf. crassipes</i>							S				
<i>Protoberidinium cf. grande</i>							S				
<i>Protoberidinium cf. subpyriforme</i>							S				
<i>Protoberidinium claudicans</i>						SP	SP				
<i>Protoberidinium conicum</i>			S				S				
<i>Protoberidinium depressum</i>					P						
<i>Protoberidinium divergens</i>	P										
<i>Protoberidinium hirobis</i>						SP					
<i>Protoberidinium inflatum</i>	P										
<i>Protoberidinium nipponnicum</i>					P				SP	P	P
<i>Protoberidinium oceanicum</i>							SP				
<i>Protoberidinium ovum</i>						P					
<i>Protoberidinium pellucidum</i>						S					
<i>Protoberidinium pyriforme</i>											

<i>Protoperidinium quinquecorne</i>	S										
<i>Protoperidinium rectum</i>						P					
<i>Protoperidinium sp1</i>		S	S	SP	P	SP	SP	P	P	SP	
<i>Protoperidinium sp2</i>						S					
<i>Protoperidinium steinii</i>	S		SP								
<i>Protoperidinium tenuissimum</i>			S								
<i>Protoperidinium tripos</i>	SP										
<i>Protoperidinium tuba</i>					S		S		S		
<i>Pselodinium jaubanii</i>	P										
<i>Pyrocystis hamulus</i>				P				SP		S	
<i>Pyrocystis lunula</i>			P								
<i>Pyrophacus horologium</i>					S						
<i>Pyrophacus sp</i>					p				S		
<i>Pyrophacus steinii</i>		SP								SP	
<i>Pyrophacus vancampoae</i>						P					
<i>Scrippsiella trochoidea</i>			S	S	SP	SP		SP	SP	SP	
CIANOFITAS											
<i>Anabaena sp</i>				SP		P					
<i>Oscillatoria sp</i>		SP	SP	SP		SP		SP			
									P		
SILICOFLAGELADOS											
<i>Dictyocha epiodon</i>						P					
<i>Dictyocha fibula var. robusta</i>						P					
<i>Dictyocha calida</i>					P						
<i>Dictyocha messanensis</i>		SP									
<i>Dictyocha fibula</i>			SP				P		S		
<i>Dictyocha speculum</i>		SP				S	SP		P		
<i>Distephanus pulchra</i>	S	P		P		SP	S				
<i>Distephanus sp</i>		P						S			
<i>Mesocena polymorpha</i>											
EUGLENOFITAS											
<i>Eutreptia sp</i>	SP	S	P								



Faint text or labels associated with the first diagram, possibly including a title or description.



Faint text or labels associated with the fourth diagram, possibly including a title or description.

Faint text or labels at the bottom of the left column, possibly including a title or description.

ANEXO III

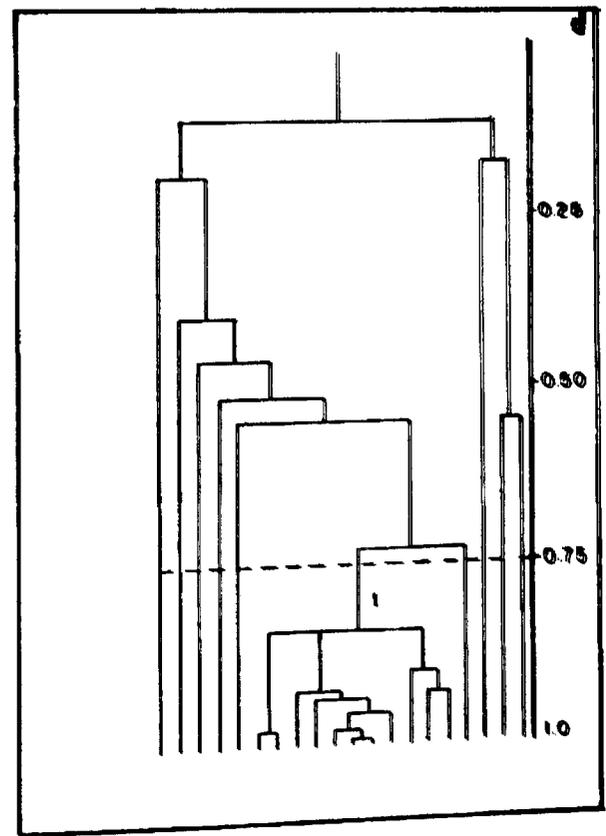
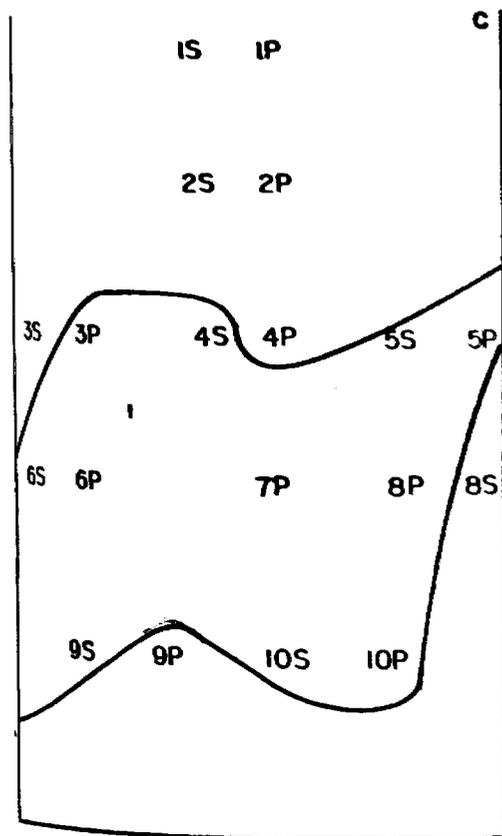
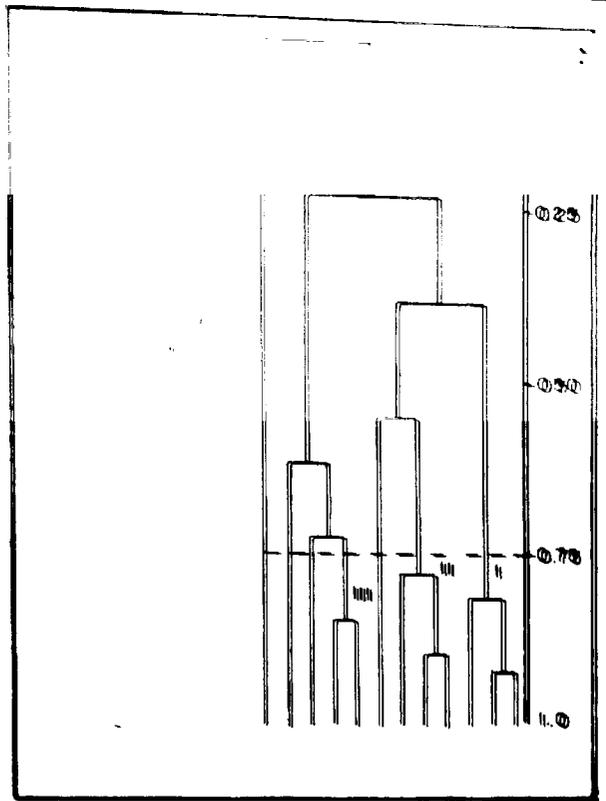
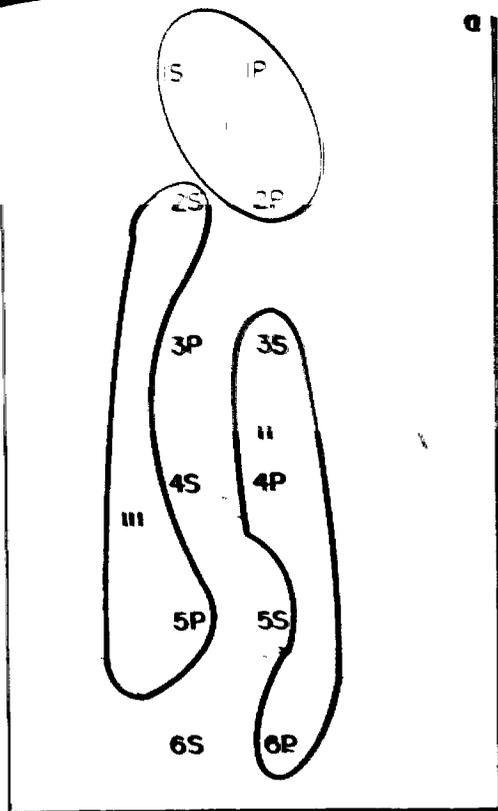


Fig. 1.- Dendrograma de datos cuantitativos de fitoplancton por estación de muestreo entre el nivel superficial y el de 10 metros para los meses: a y b) febrero; c y d) mayo de 1991.

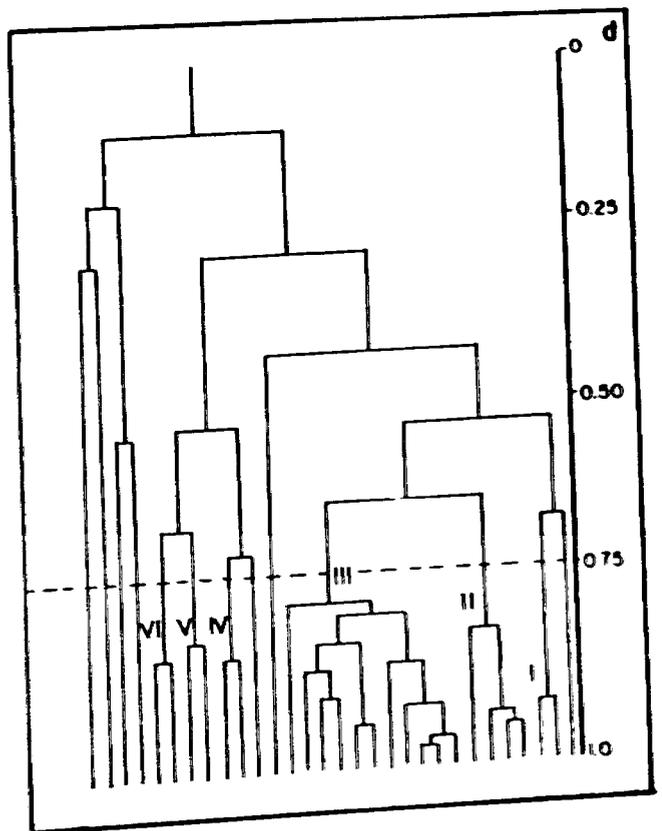
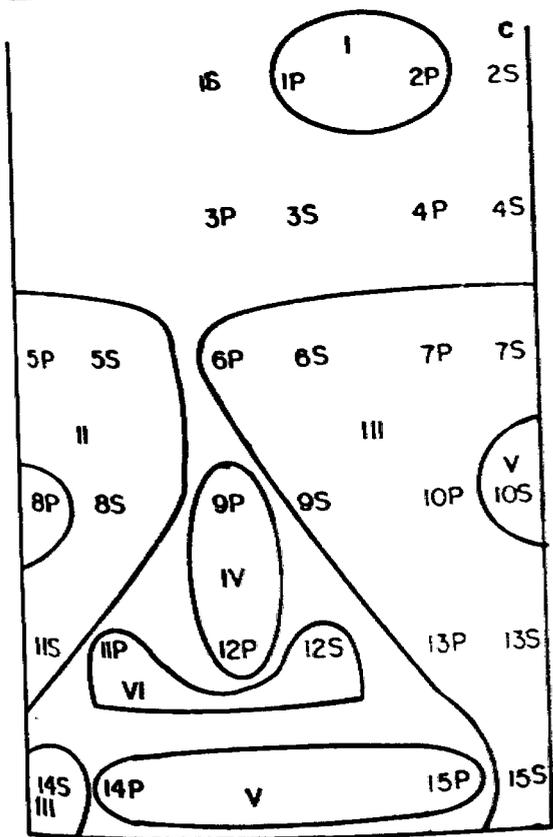
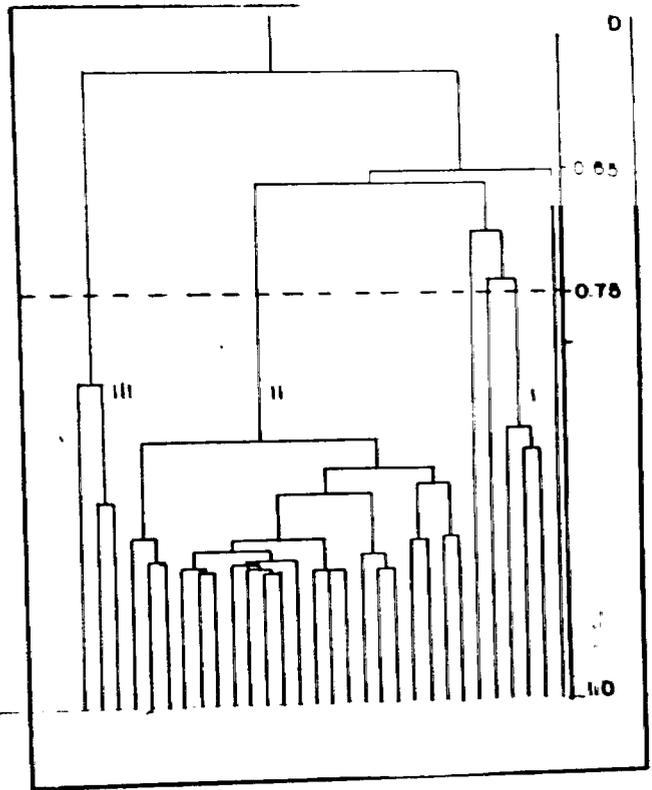
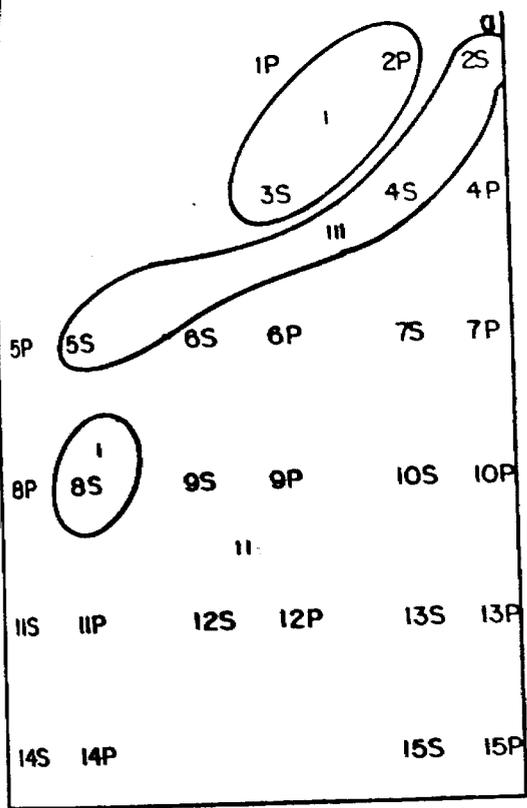


Fig. 2.- Dendrograma de datos cuantitativos de fitoplancton por estación de muestreo entre el nivel superficial y el de 10 metros para los meses: a y b) octubre de 1991; c y d) marzo de 1992.

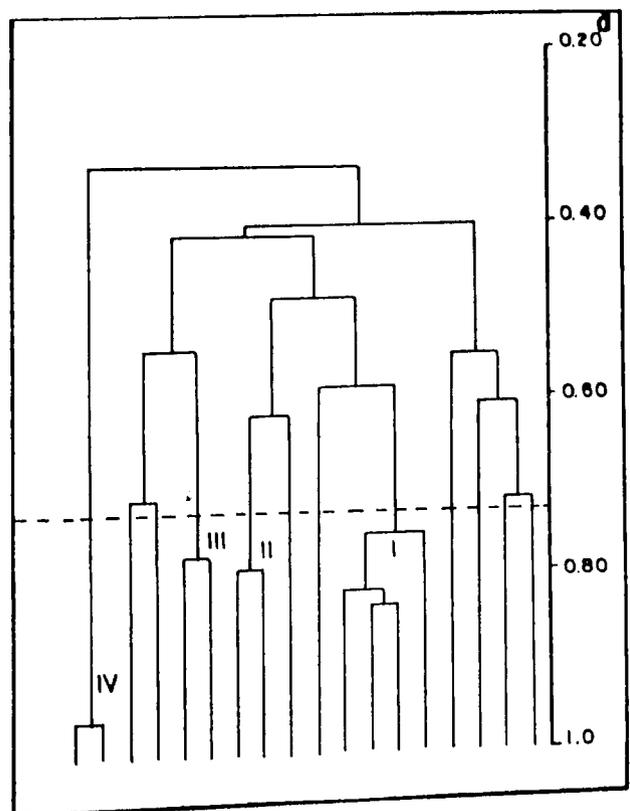
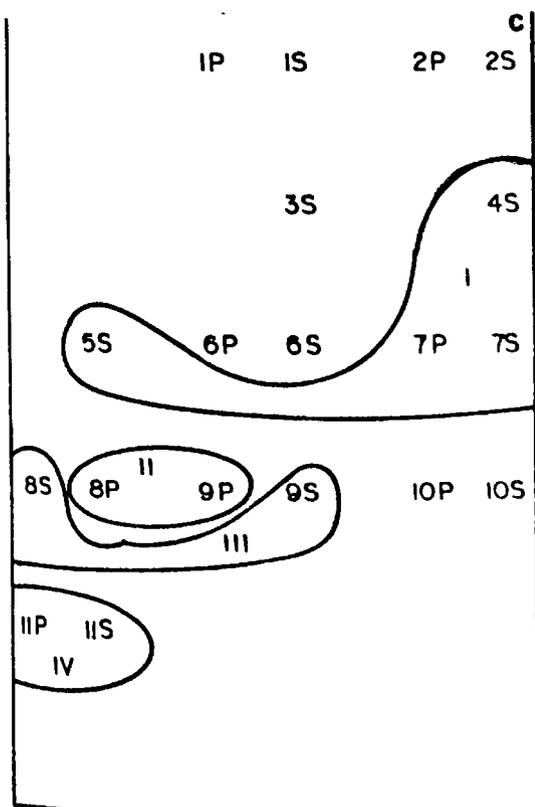
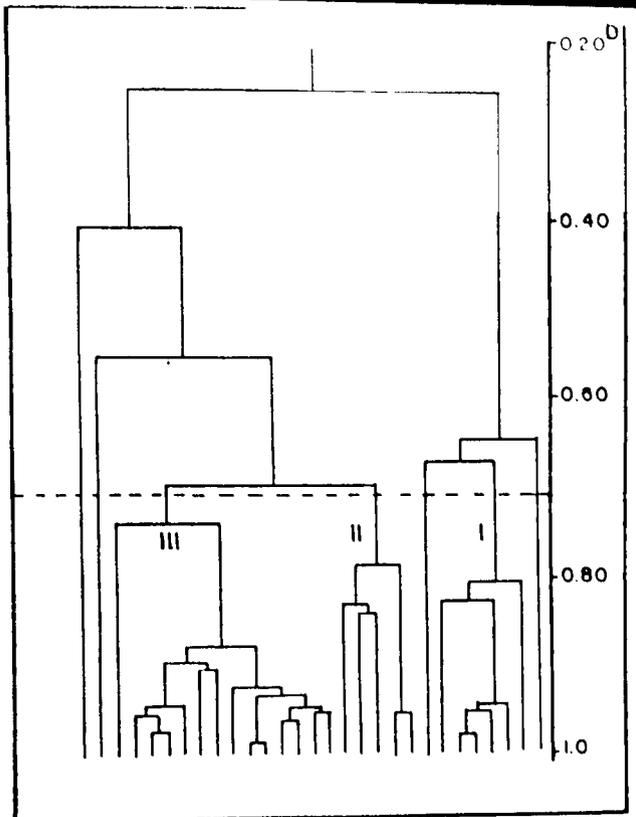
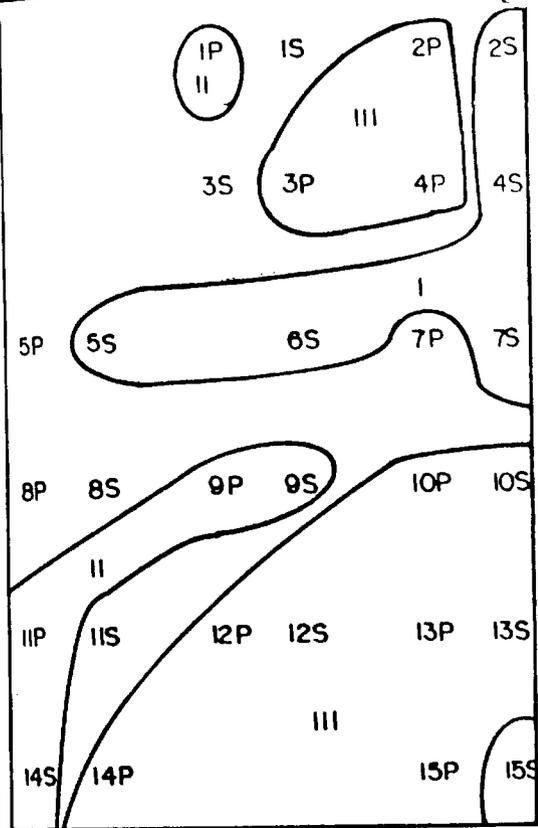


Fig. 3.- Dendrograma de datos cuantitativos de fitoplancton por estación de muestreo entre el nivel superficial y el de 10 metros para los meses: a y b) junio; c y d) septiembre de 1992.

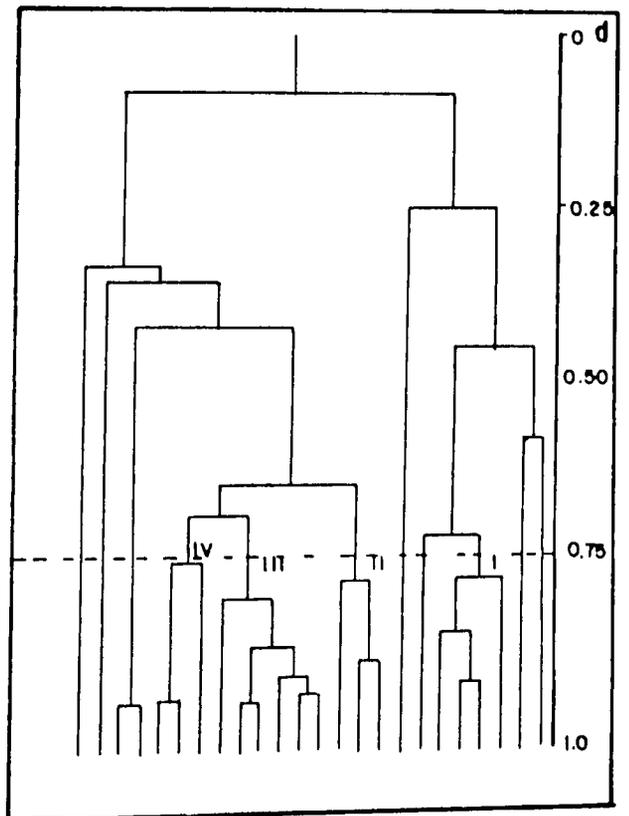
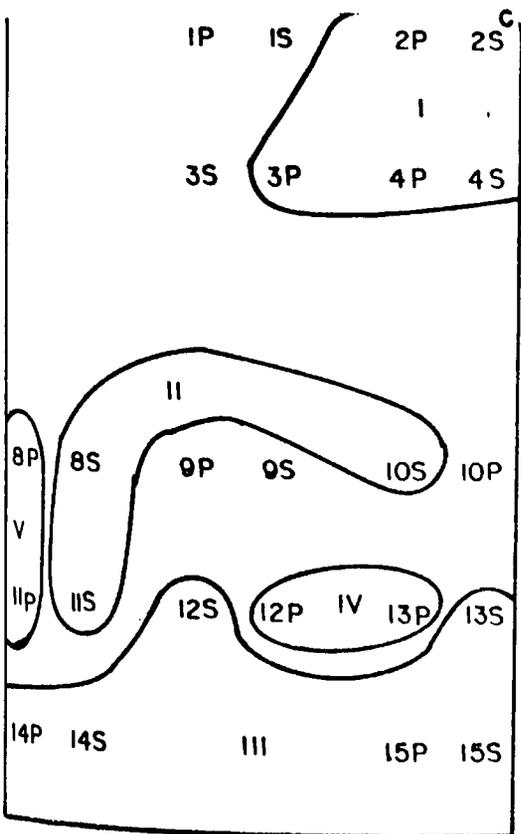
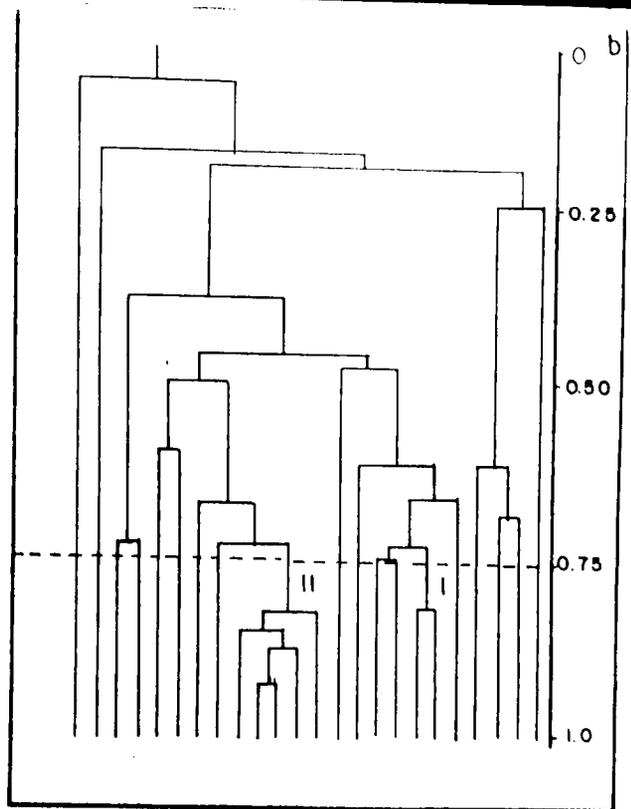
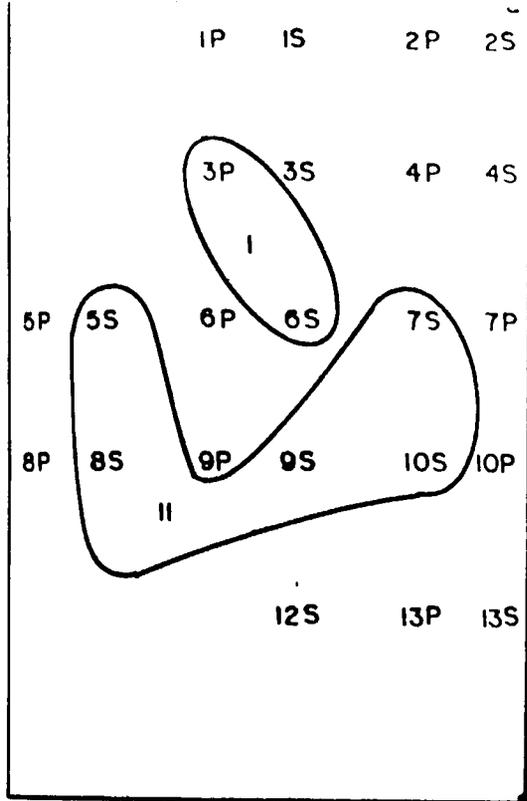


Fig. 4.- Dendrograma de datos cuantitativos de fitoplancton por estación de muestreo entre el nivel superficial y el de 10 metros para los meses: a y b) diciembre de 1992; c y d) marzo de 1993.

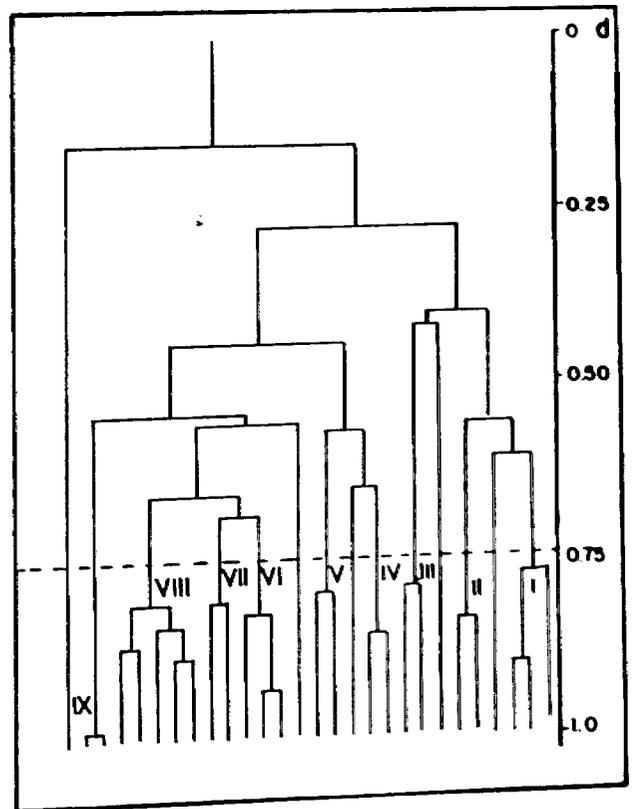
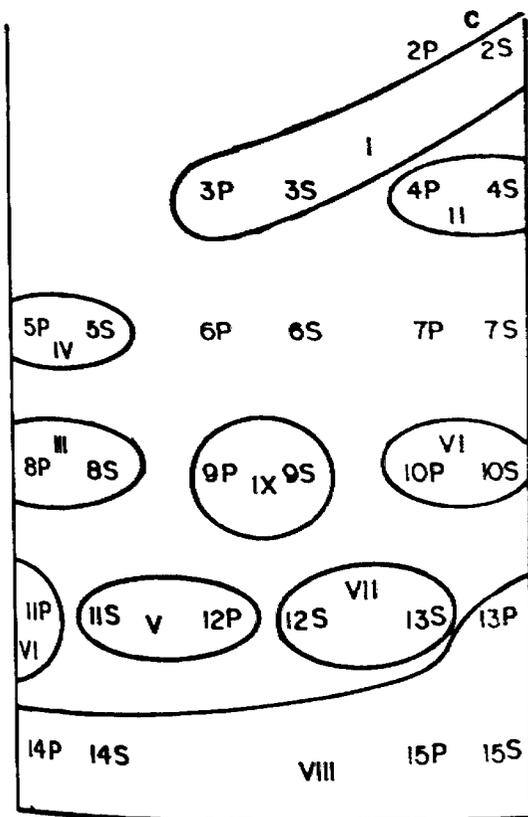
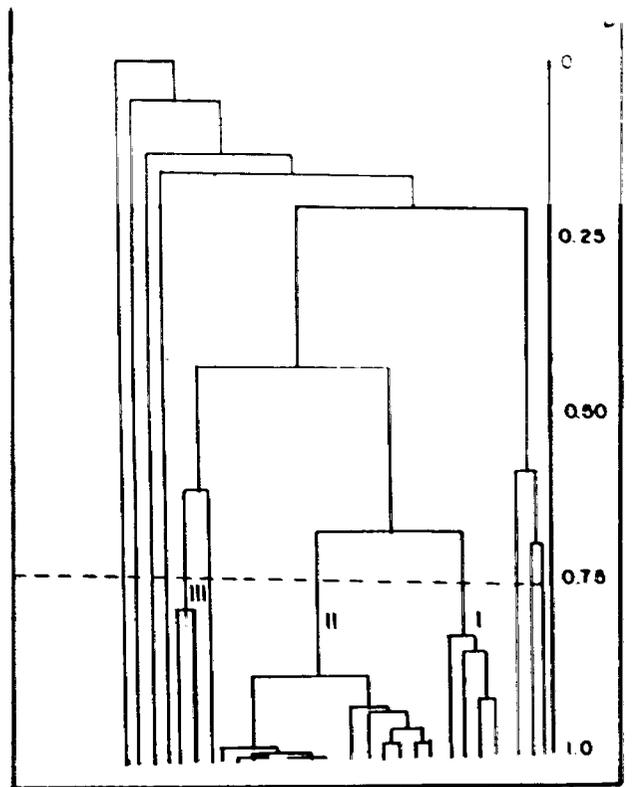
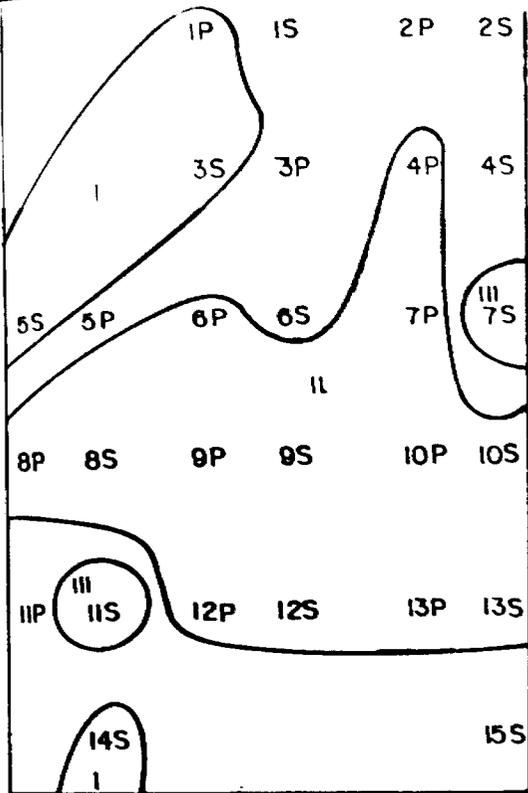


Fig. 5- Dendrograma de datos cuantitativos de fitoplancton por estación de muestreo entre el nivel superficial y el de 10 metros para los meses: a y b) junio; c y d) agosto de 1992

Faint, illegible text in the upper left quadrant of the page.

Faint, illegible text in the middle left quadrant of the page.

Faint, illegible text in the lower left quadrant of the page.

ANEXO IV

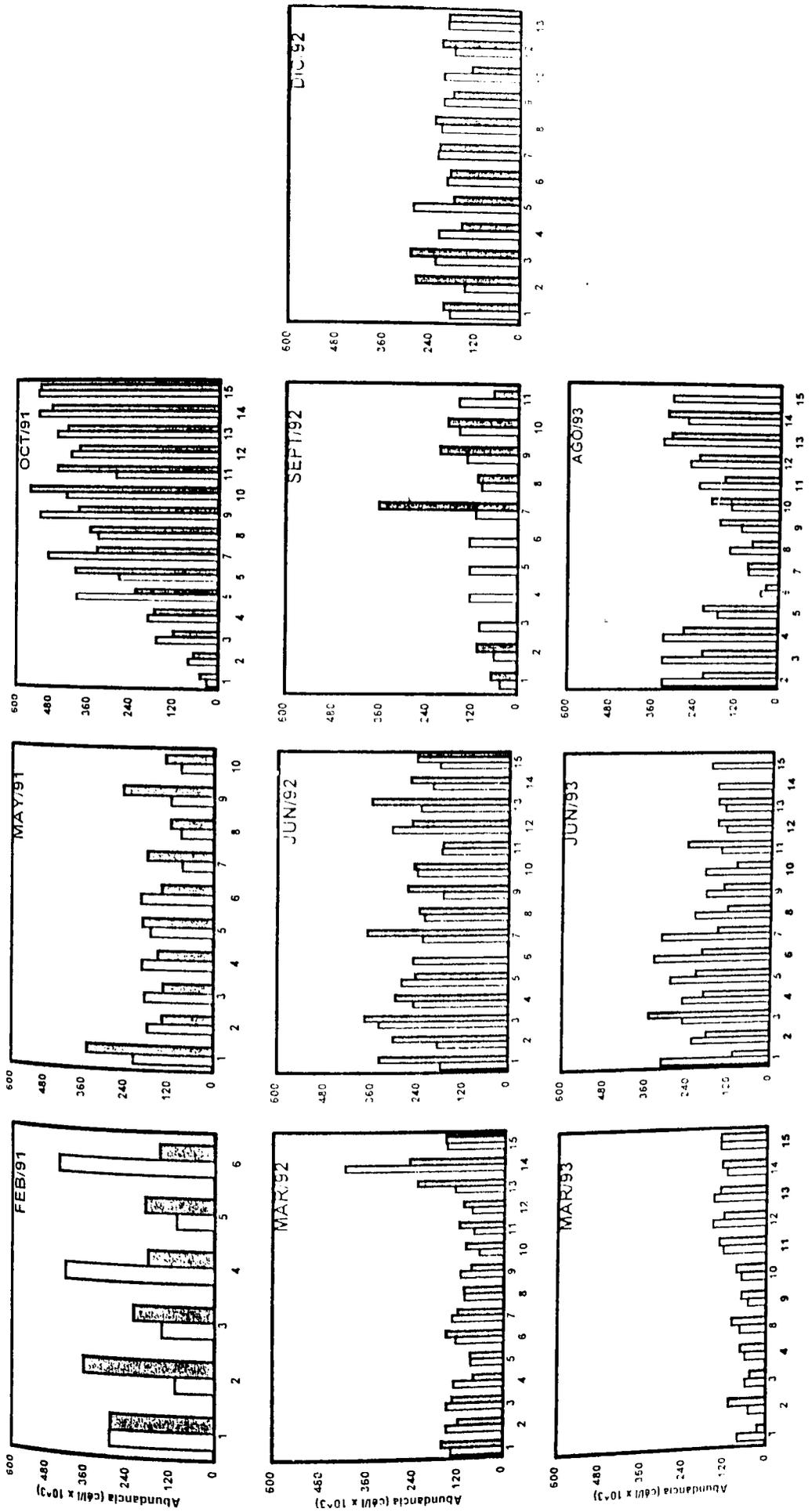


Fig. 1.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica total por estación y por muestreo entre 1991-1993..

ANEXO V

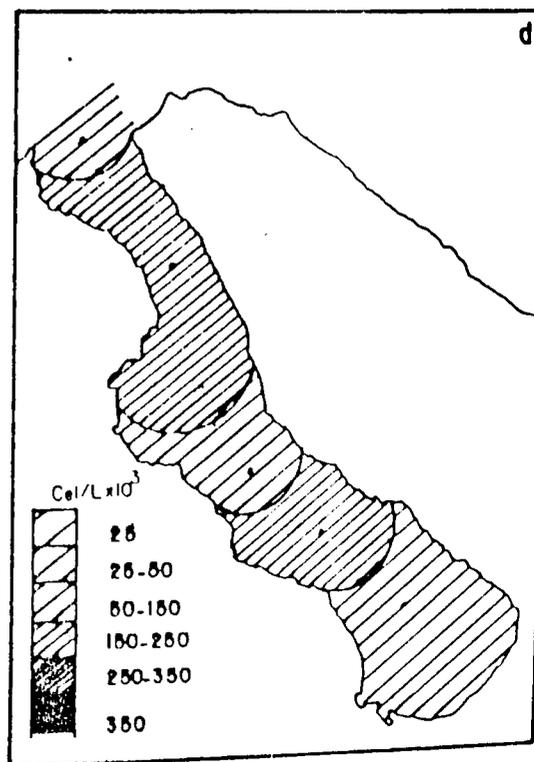
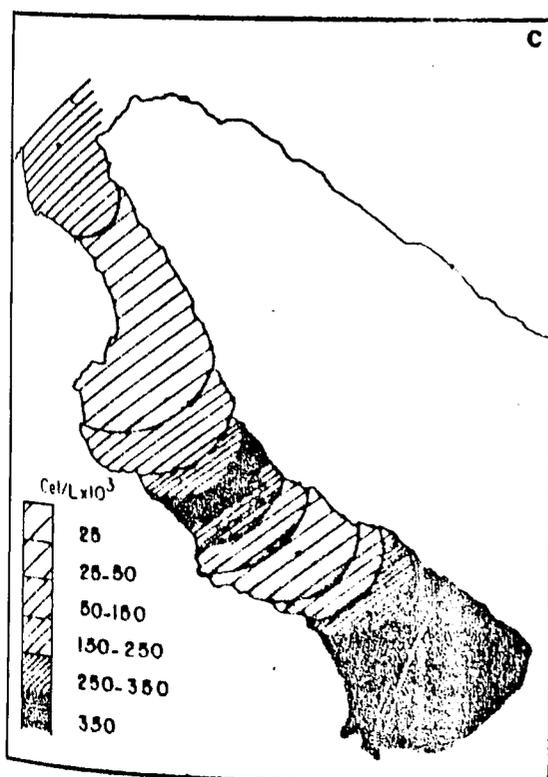
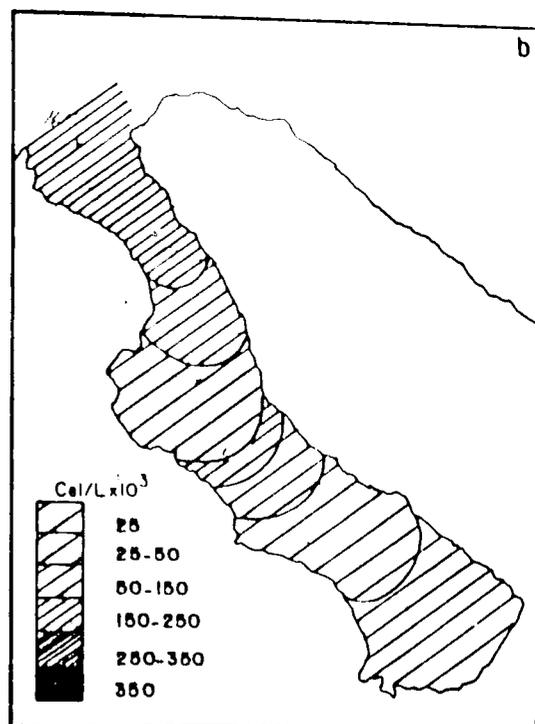
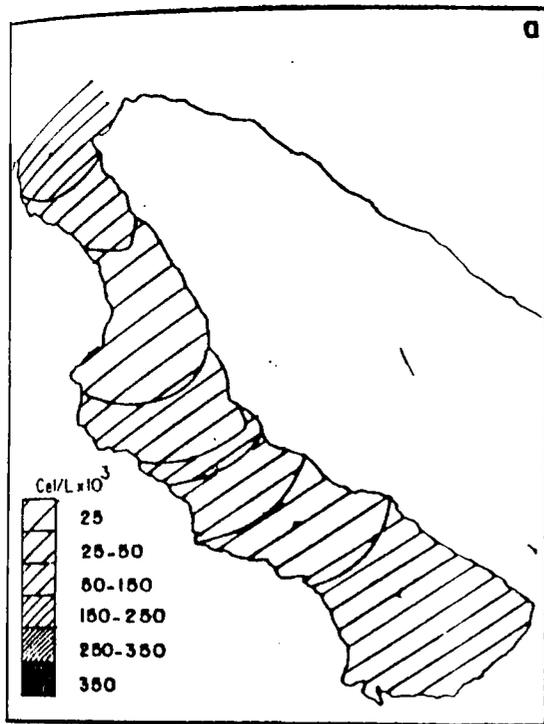


Fig. 1.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante febrero de 1991: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

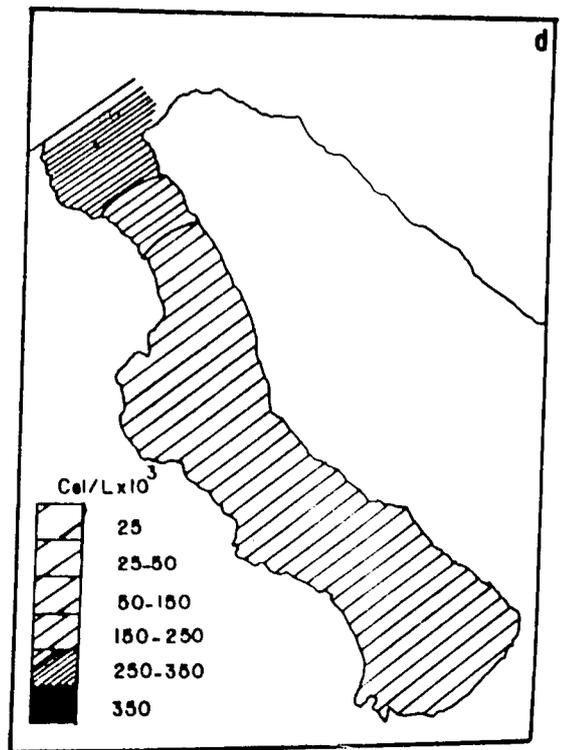
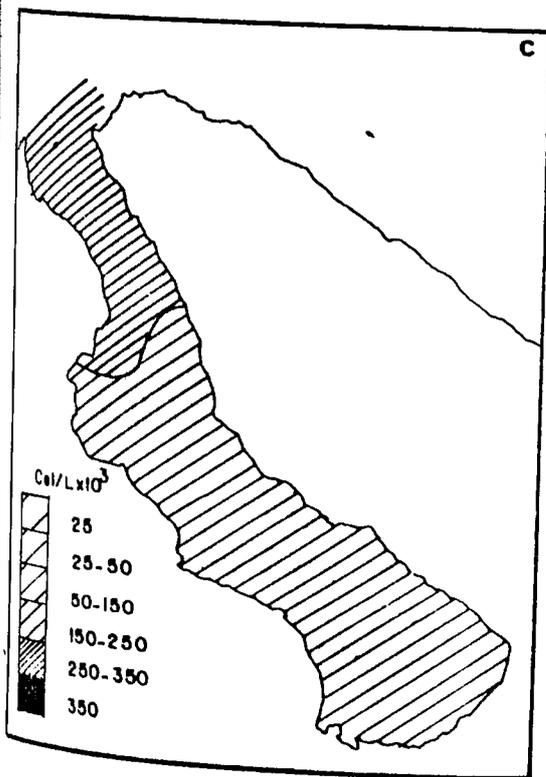
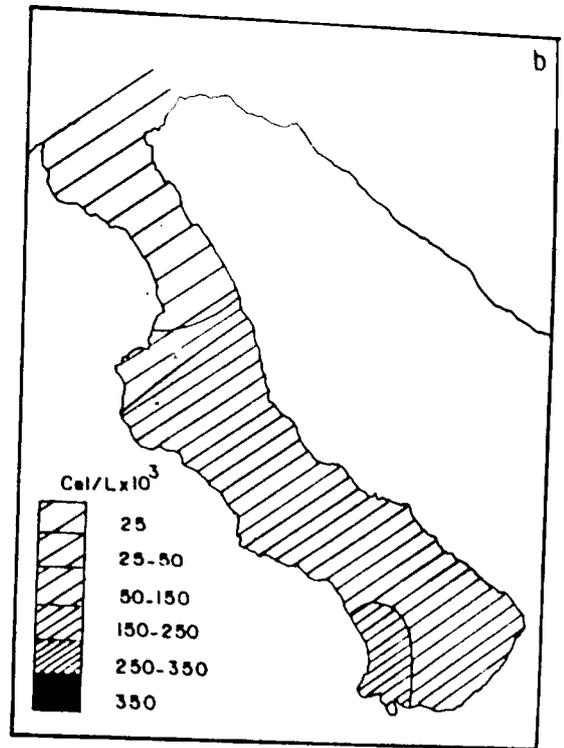
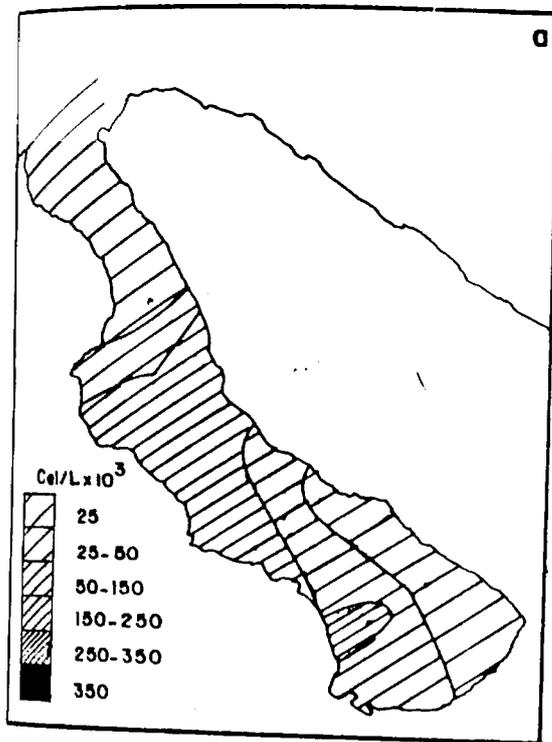


Fig. 2.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante mayo de 1991: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

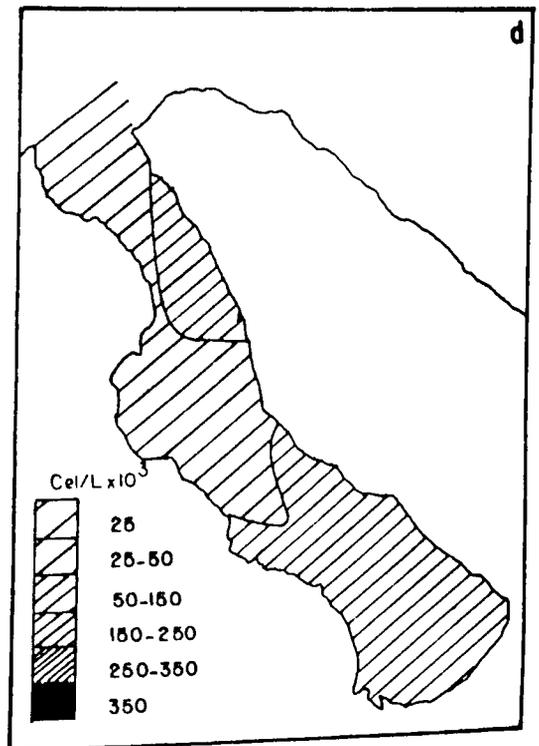
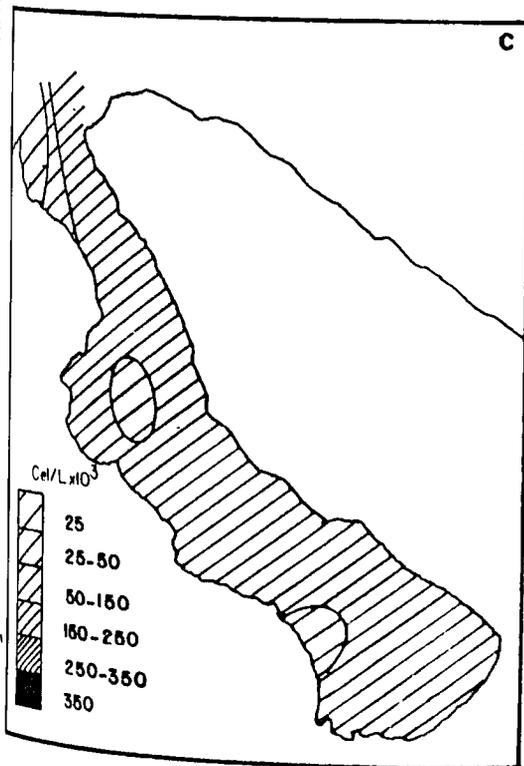
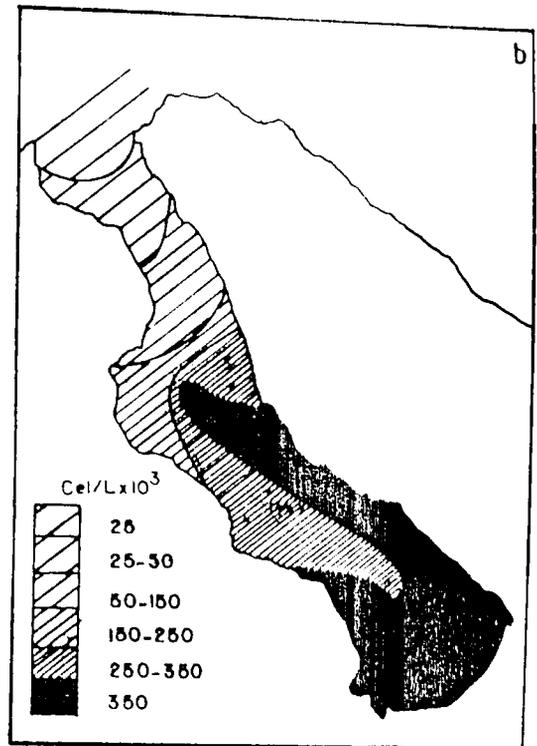
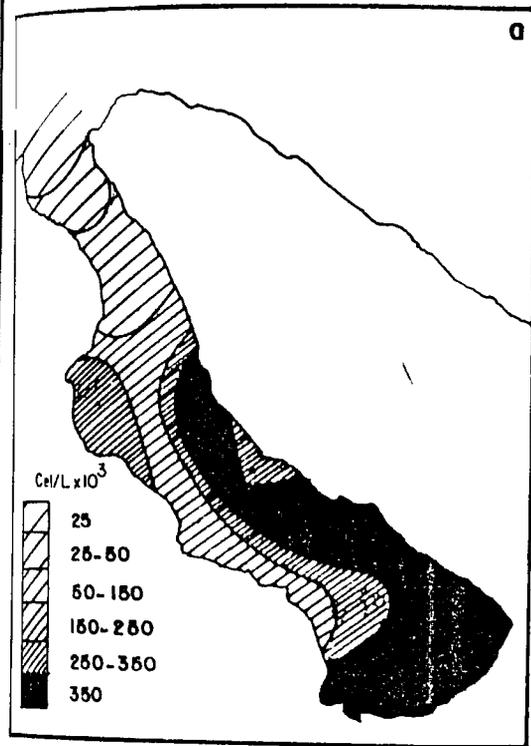


Fig. 3.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante octubre de 1991: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

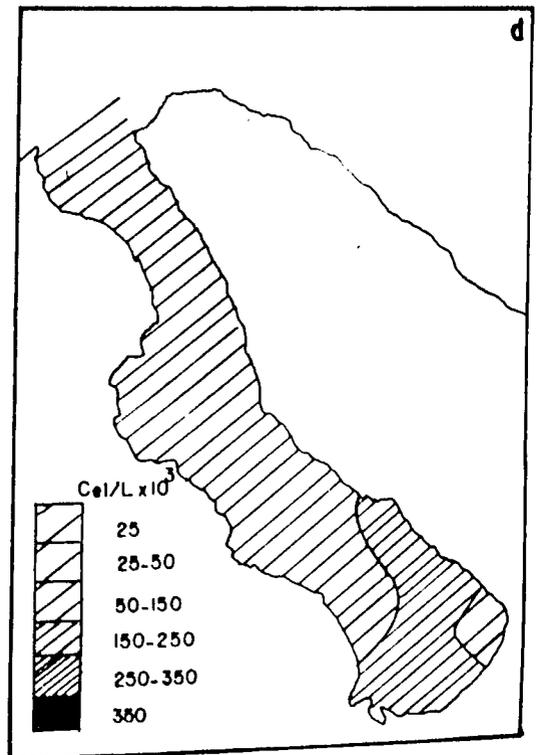
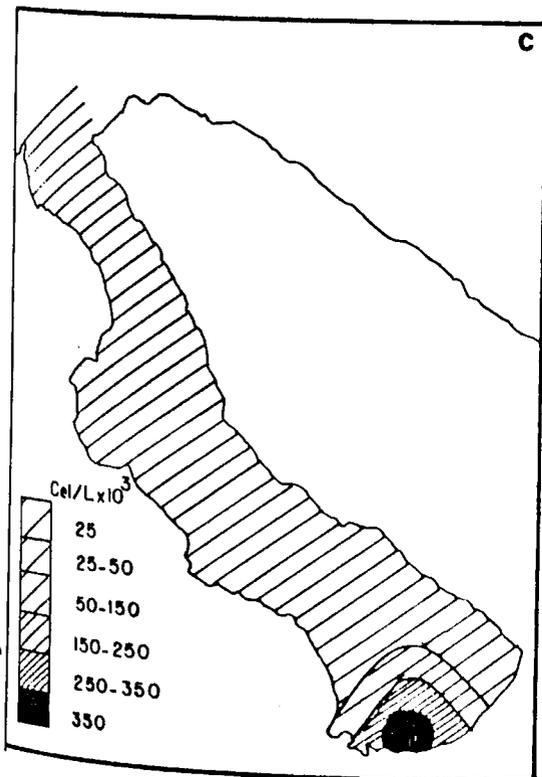
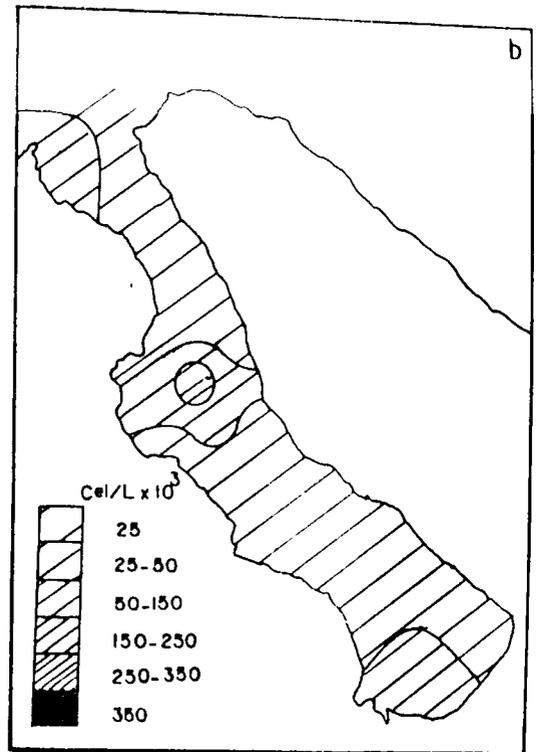
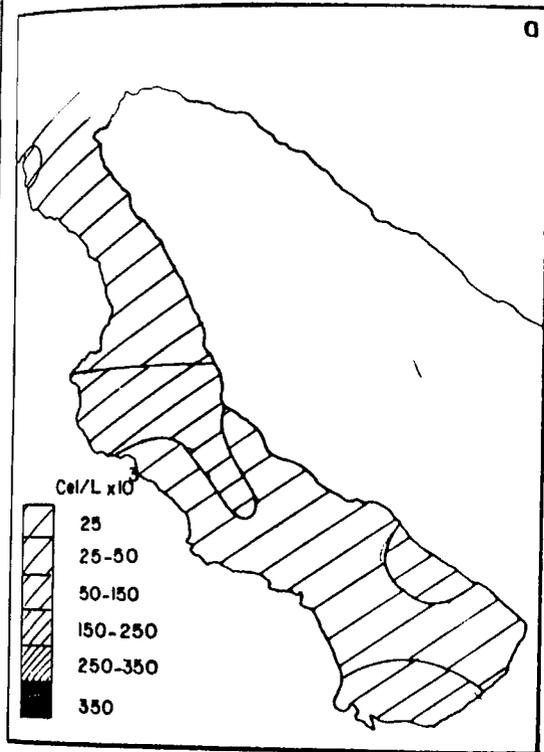


Fig. 4.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante marzo de 1992: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

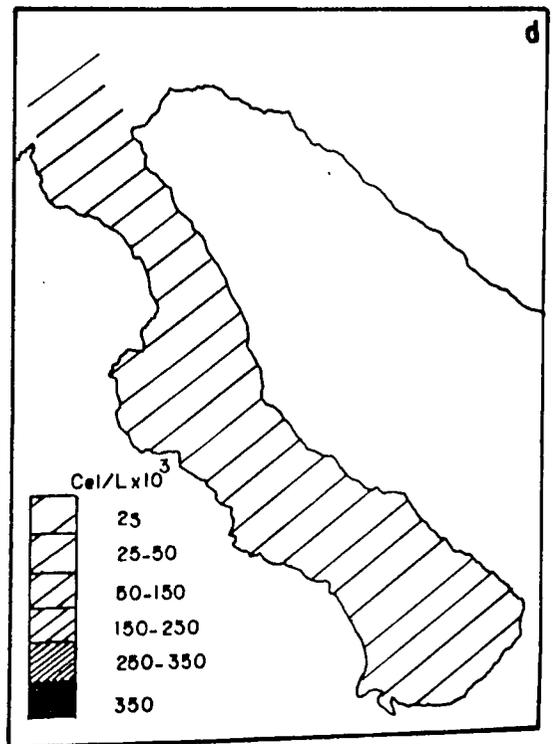
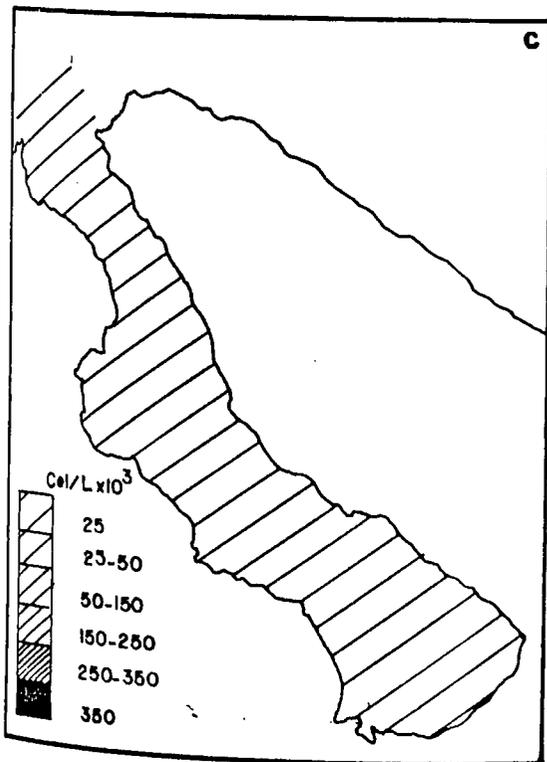
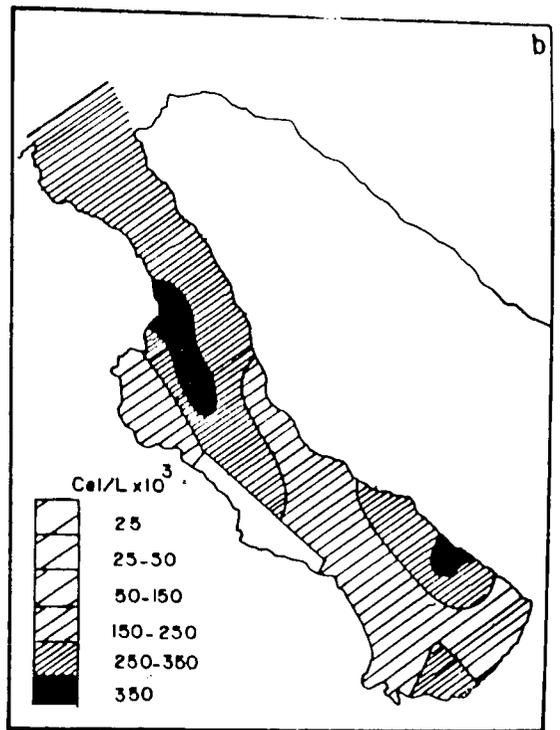
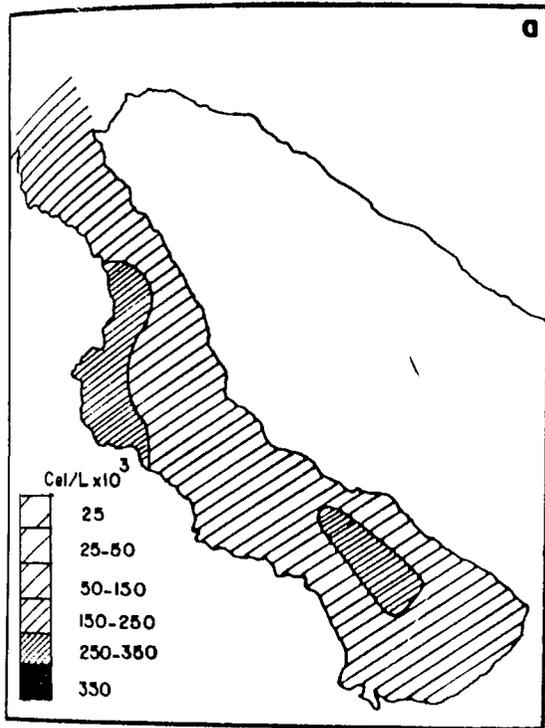


Fig. 5.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante junio de 1992: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

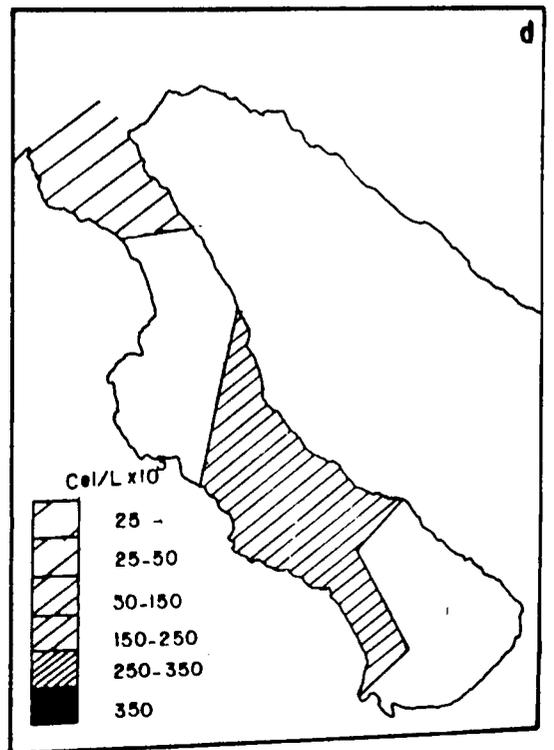
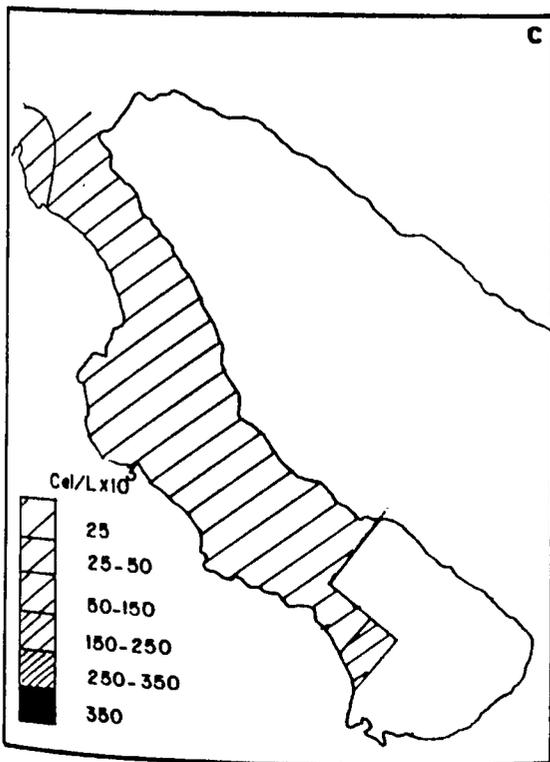
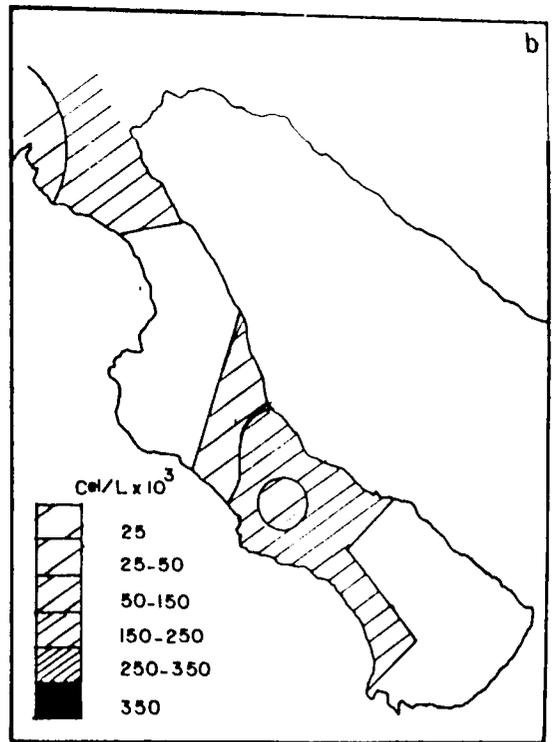
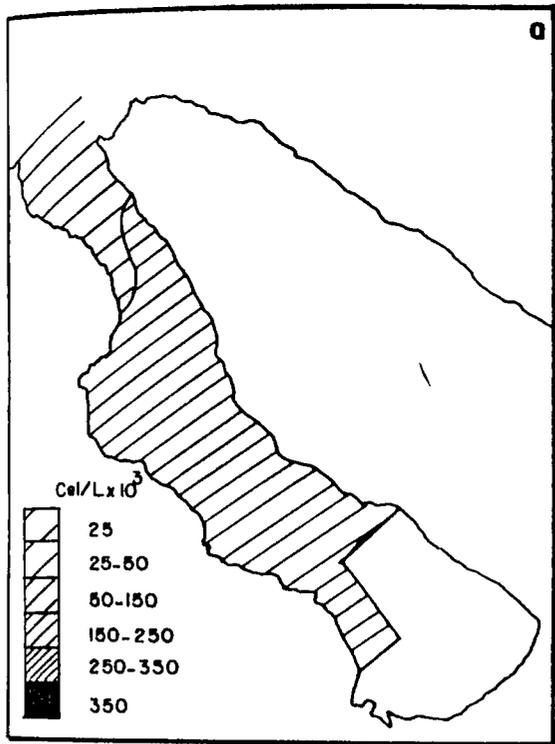


Fig. 6.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante septiembre de 1992: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

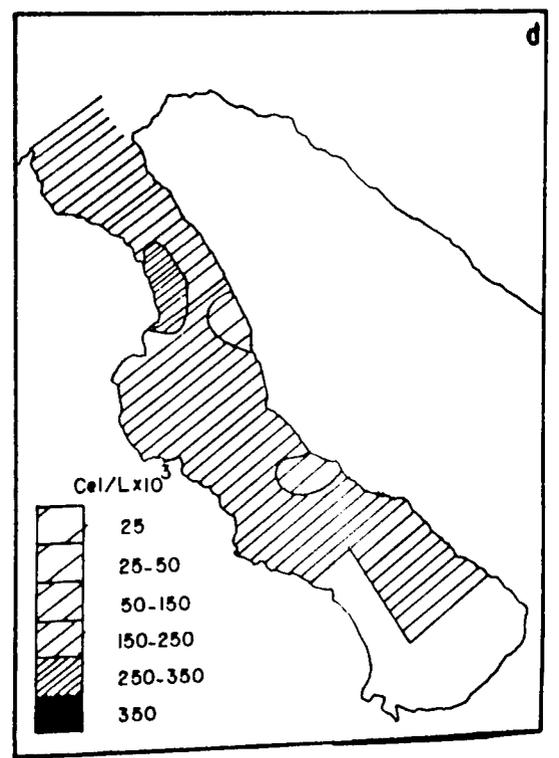
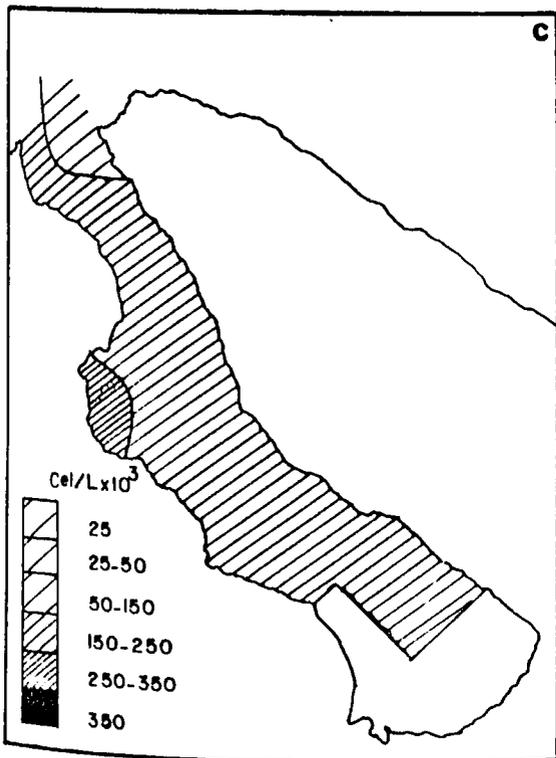
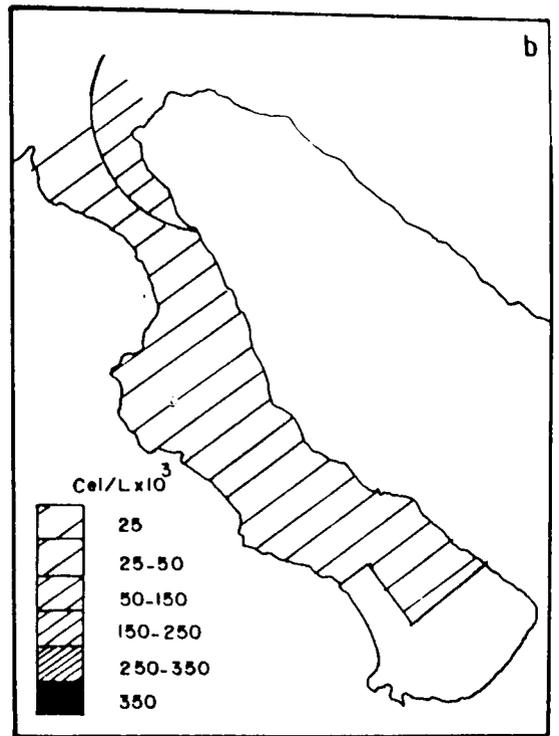
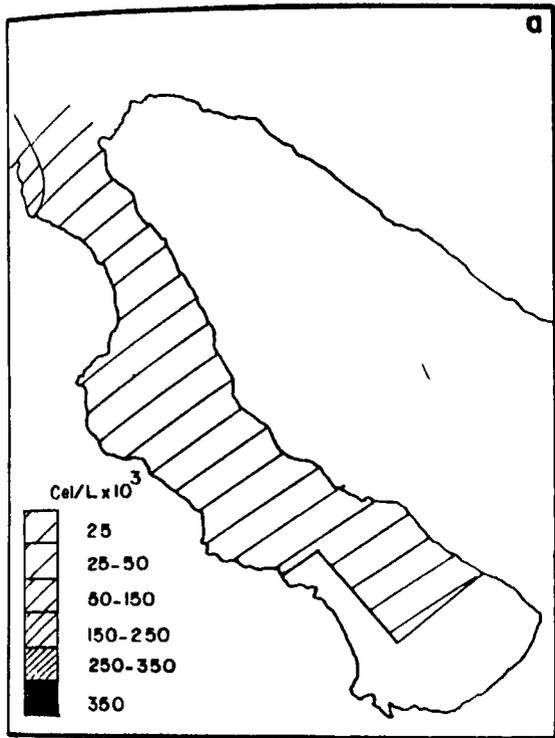


Fig. 7.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante diciembre de 1992: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

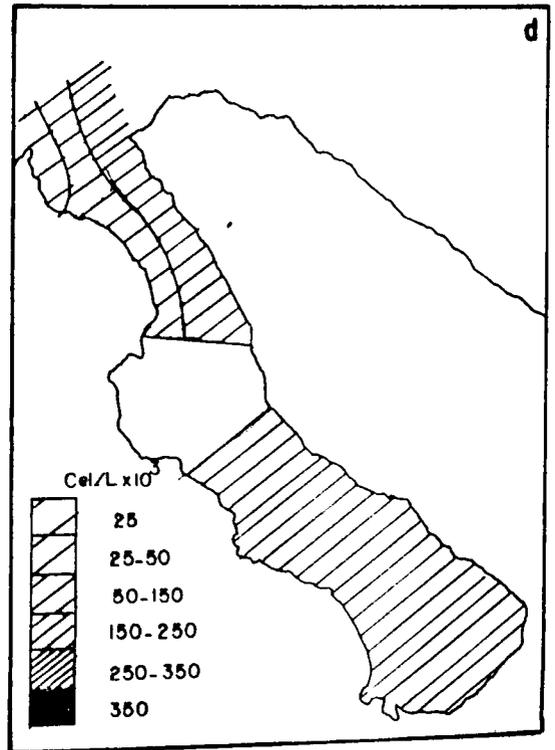
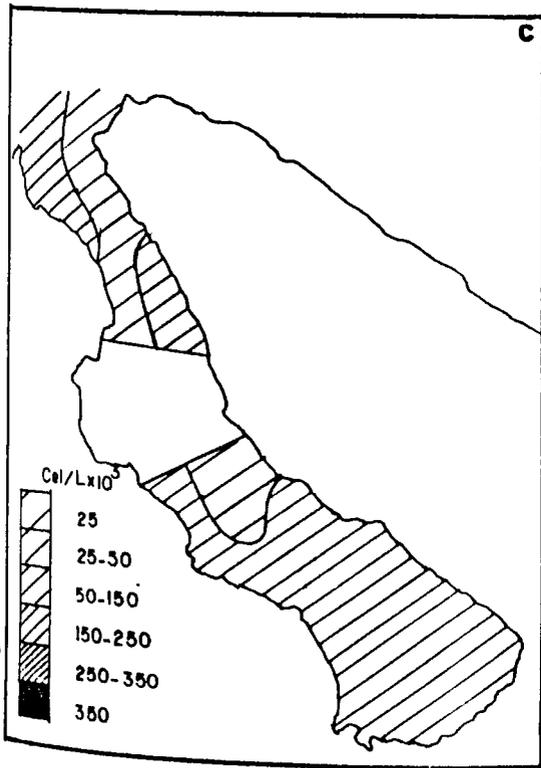
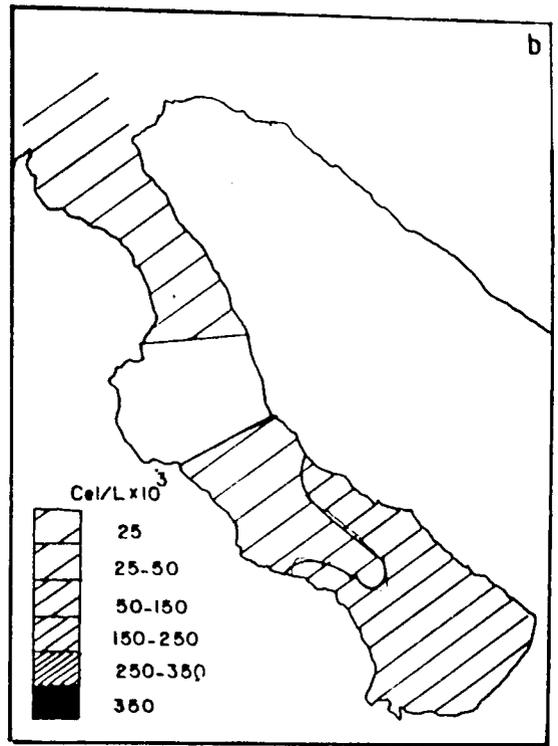
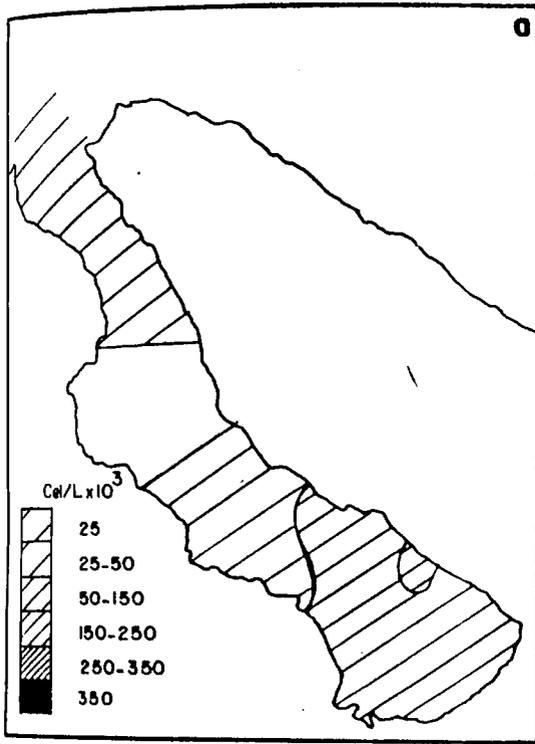


Fig. 8.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante marzo de 1993: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

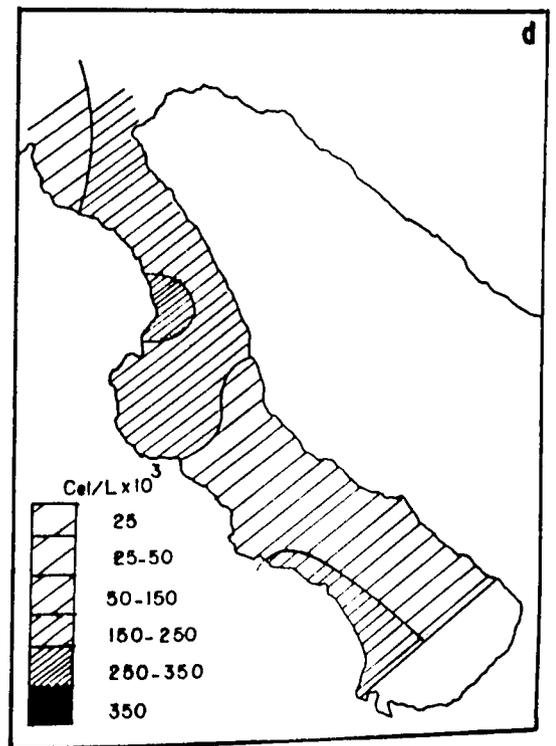
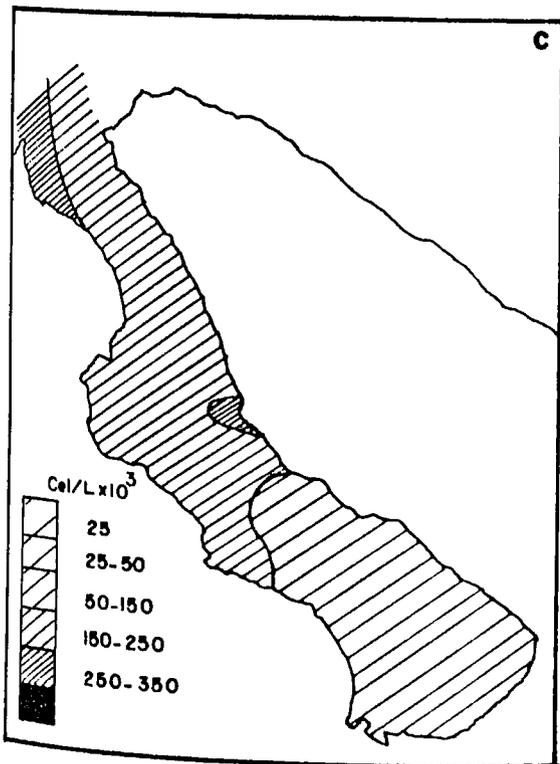
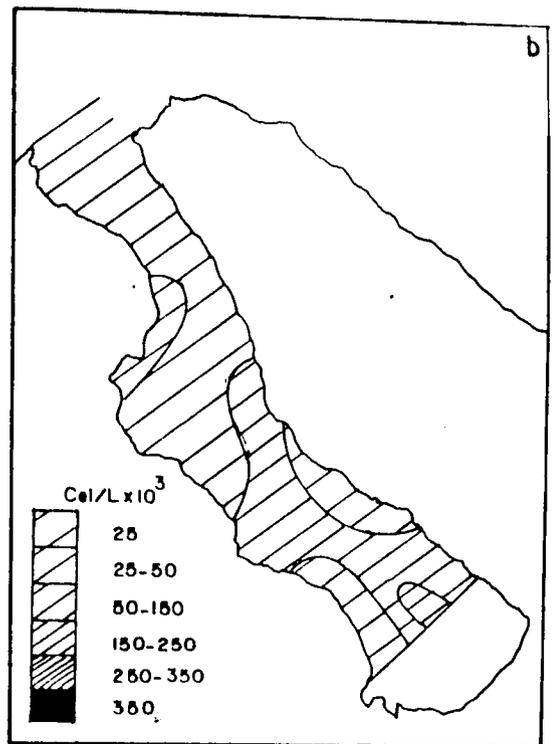
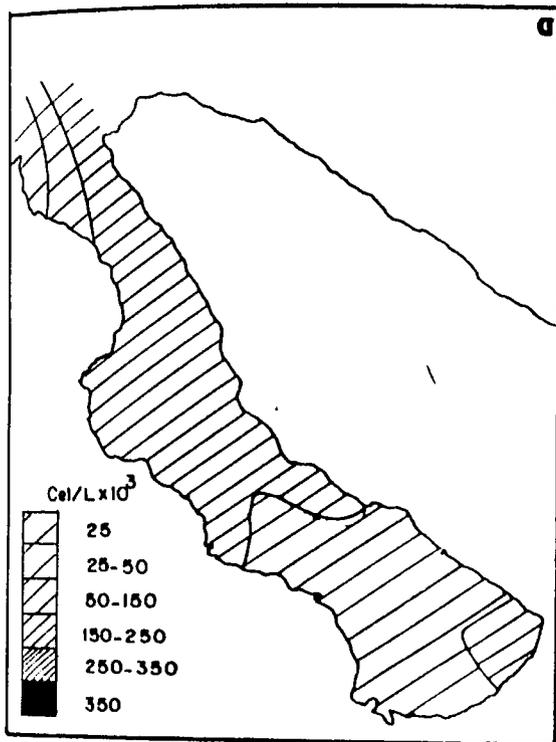


Fig. 9.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante junio de 1993: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

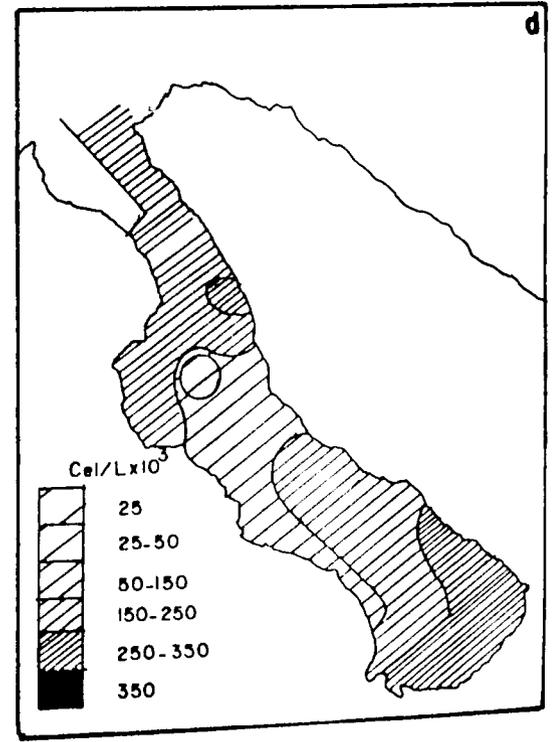
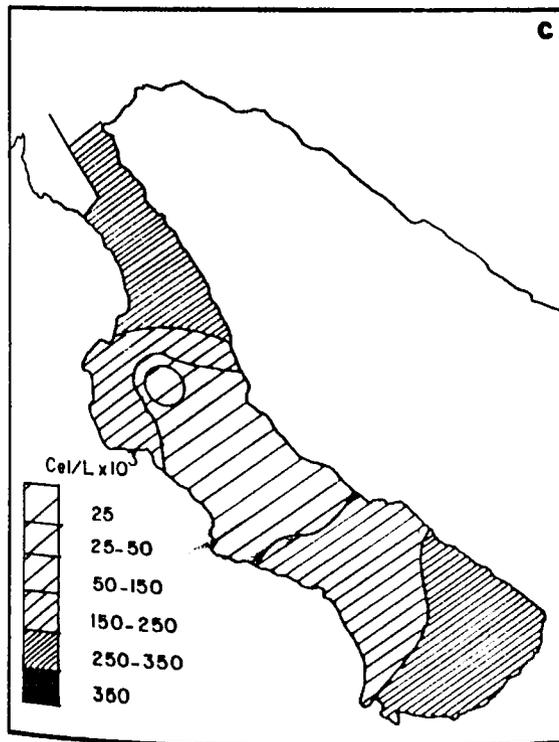
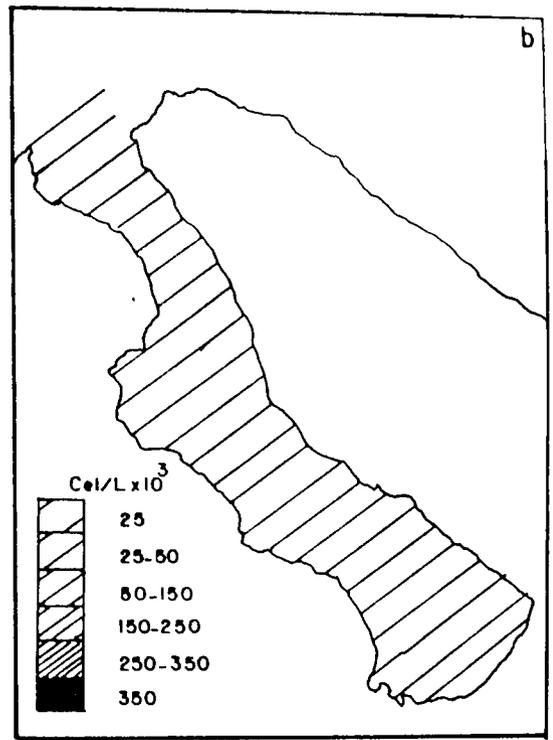
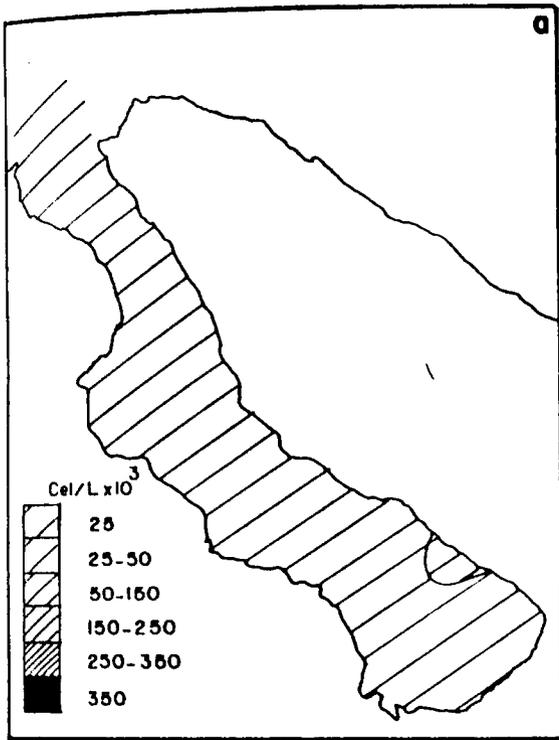


Fig. 10.- Distribución de la abundancia fitoplanctónica fraccionada durante agosto de 1993: a) microfitoplancton superficial, b) nanofitoplancton superficial, c) microfitoplancton nivel 10 metros, d) nanofitoplancton nivel 10 metros.

ANEXO VI

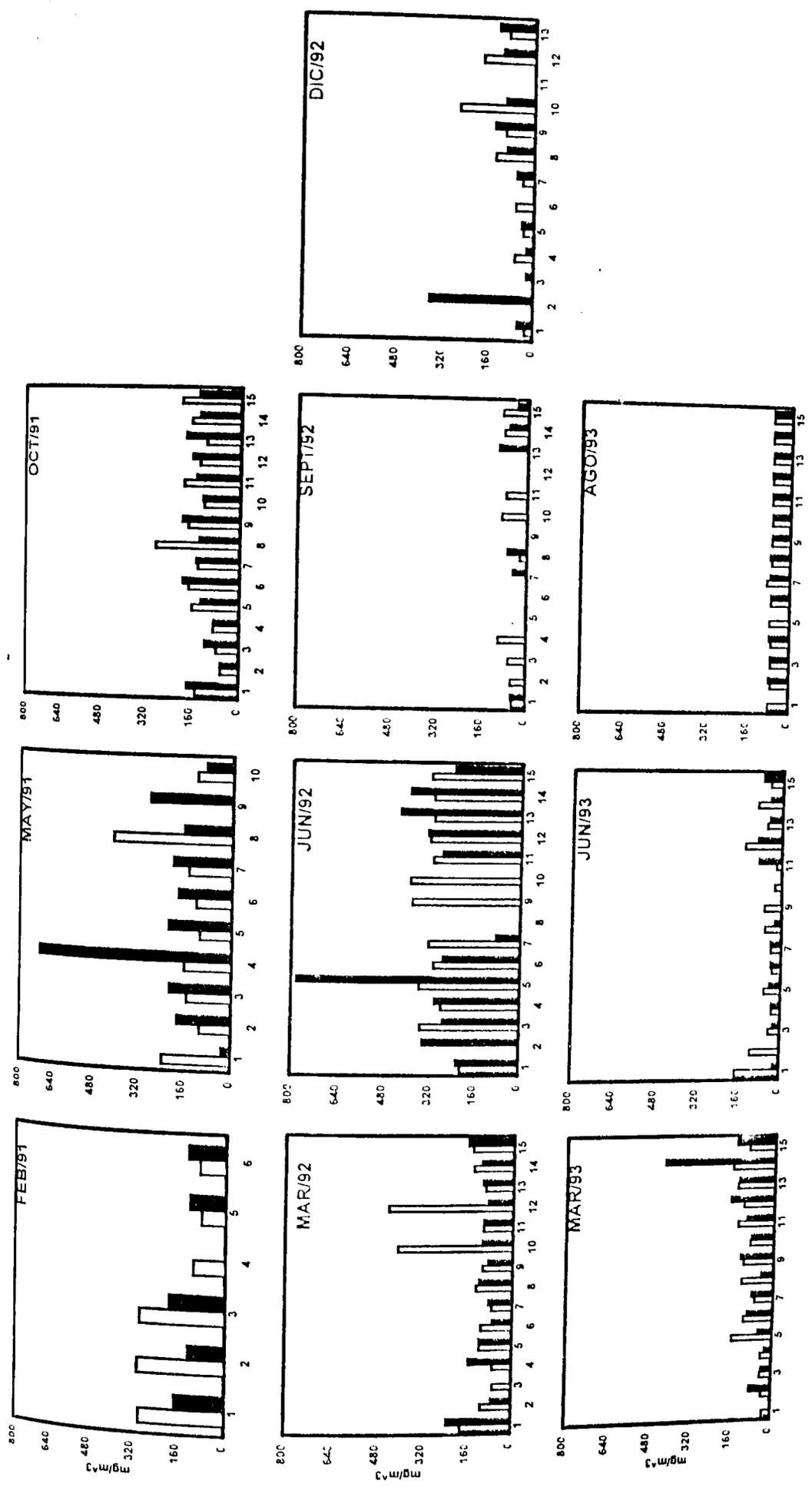


Fig. 1.- Distribución de los carbohidratos por estación de muestreo para cada mes en superficie y 10 m de profundidad.

■ Nivel superficial

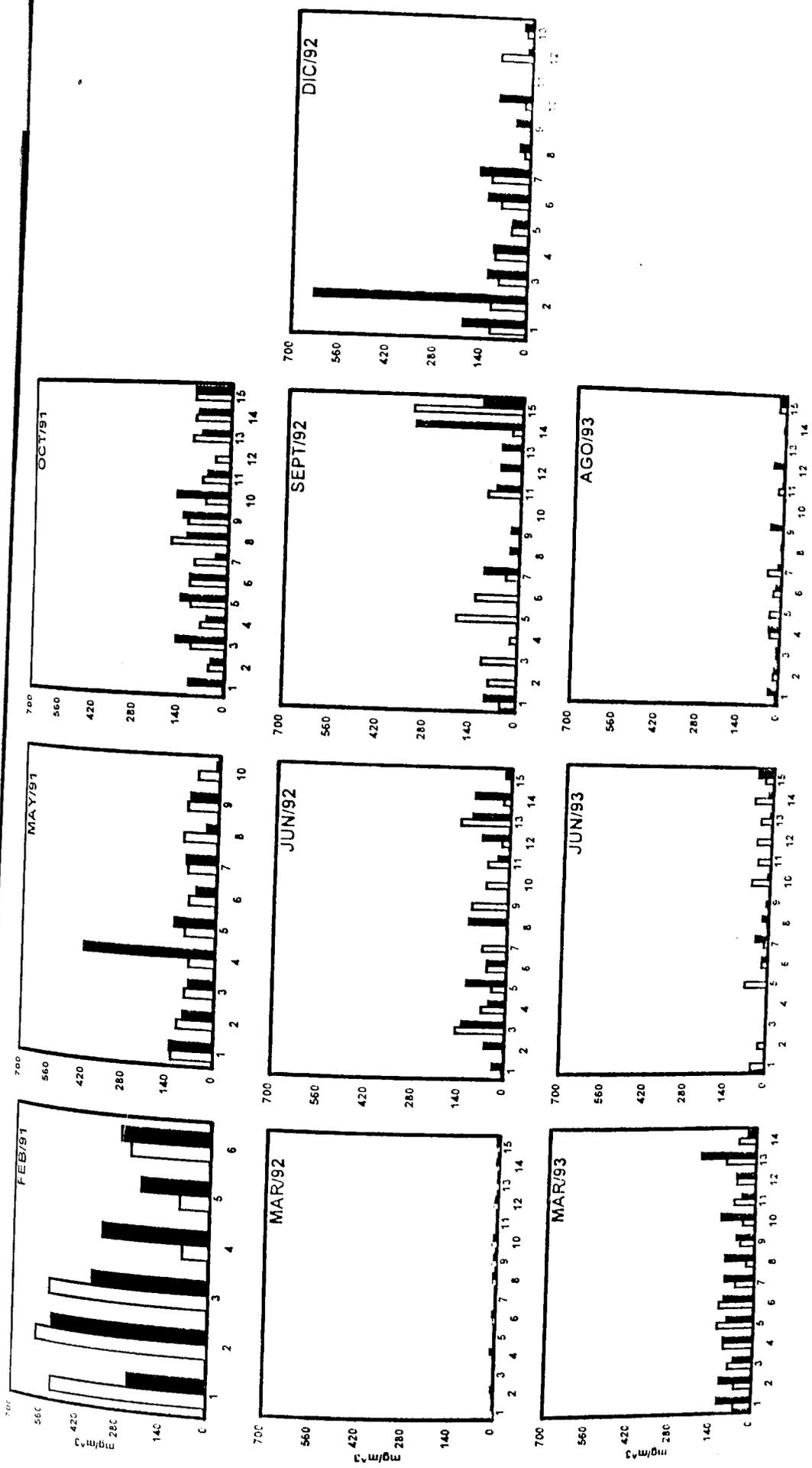


Fig. 2. Distribución de las proteínas por estación de muestreo para cada mes en superficie y 10 m de profundidad.

□ Nivel superficial ■ Nivel 10 metros.

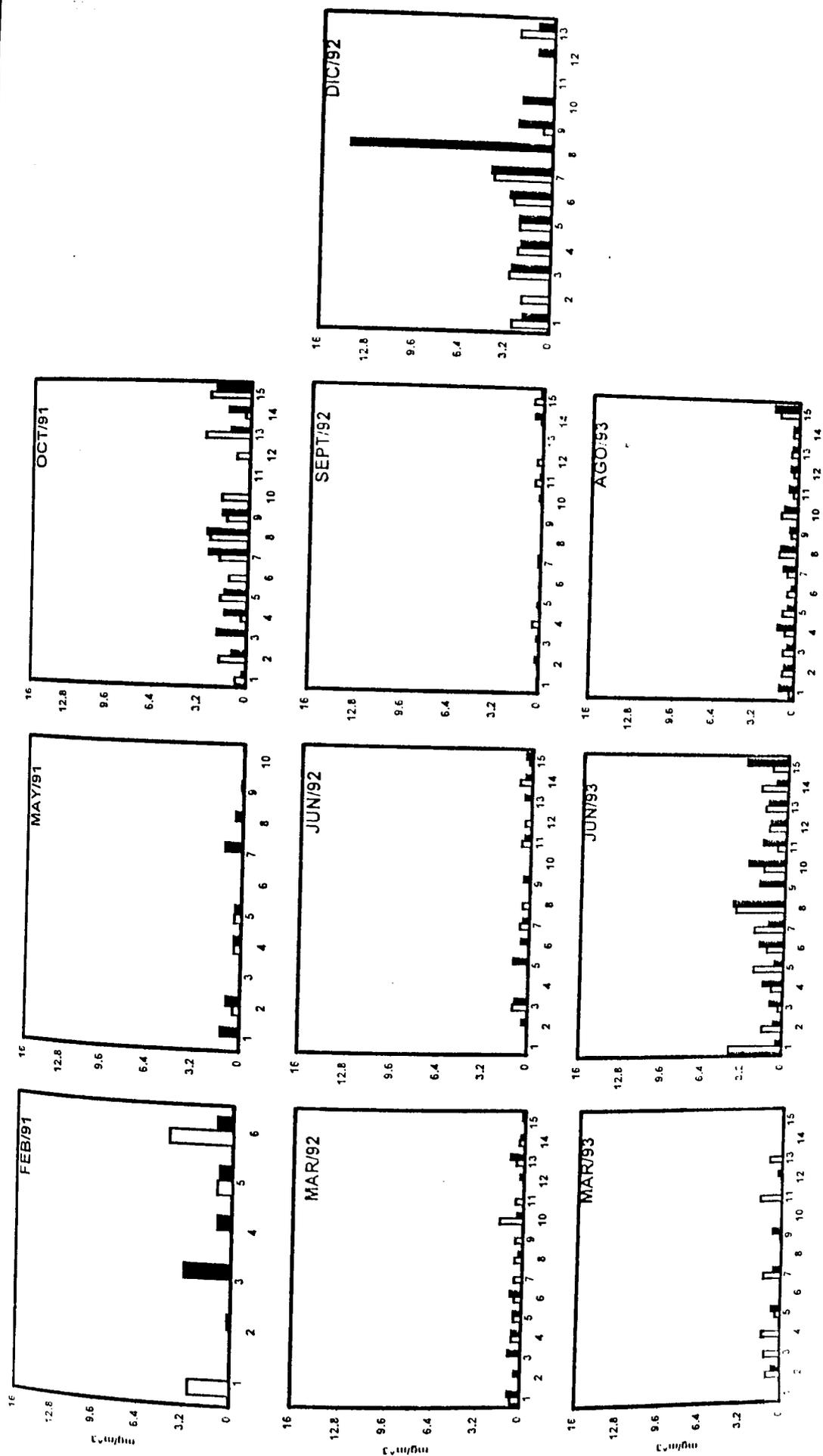


Fig. 3.- Distribución de la clorofila a por estación de muestreo para cada mes en superficie y 10 m de profundidad.

□ Nivel superficial ■ Nivel 10 metros