

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR
DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

DINAMICA DE LA POBLACION DE *Artemia franciscana* Kellogg,
1906, EN EL MEDANO DE SAN JOSE, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS
que para cubrir parcialmente los requisitos
necesarios para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS
presenta:

CIRA GABRIELA MONTAÑO MOCTEZUMA

Ensenada, Baja California, Julio de 1992.

RESUMEN de la tesis de Gabriela Montaña Moctezuma presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRA EN CIENCIAS en OCEANOGRAFIA con opción en ECOLOGIA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Julio de 1992.

DINAMICA DE LA POBLACION DE *Artemia franciscana* KELLOGG, 1906 EN EL MEDANO DE SAN JOSE, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

Resumen aprobado por:

La dinámica de la población de *Artemia franciscana* Kellogg 1906 que habita en el médano de San José, B.C., se estudió en base a la relación de los organismos con el medio ambiente.

La superficie total del médano es de 13,500 m² y la profundidad promedio es de 80 cm.

En la primavera de 1989 predominó el viento del SO con una velocidad de 15-20 Km/h y en verano fué del NE de 10-15 Km/h.

La circulación del médano está dividida en dos celdas que dependen de la profundidad de la laguna. En general se forma una corriente superficial en el sentido de la dirección del viento; una de retorno en contra del viento y otra corriente que sigue la topografía del fondo de la laguna en el mismo

CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR
DE ENSENADA

DIVISION DE OCEANOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

DINAMICA DE LA POBLACION DE *Artemia franciscana* Kellogg,
1906, EN EL MEDANO DE SAN JOSE, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

TESIS
que para cubrir parcialmente los requisitos
necesarios para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS
presenta:

CIRA GABRIELA MONTAÑO MOCTEZUMA

Ensenada, Baja California, Julio de 1992.

DEDICATORIA

A Chatito y a Negrita con todo mi amor pues siempre me han apoyado en lo que emprendo y siempre han tenido una gran confianza en mí. Por estar siempre ahí cuando los necesito.

A Moy, Boris y Pico que han sido mis compañeros de juegos, de juventud, alegrías, tristezas, pachangas y porque a pesar de estar tan lejos y ser tan diferentes, nos une un gran amor y comprensión.

A Toño por el amor, ternura y comprensión con que alimentó estos momentos de angustias que parecían interminables. Por todas las cosas maravillosas que he vivido a tu lado y por esa confianza que me has transmitido. Por tu amistad.

AGRADECIMIENTOS

Con gran admiración y respeto al Dr. Bückle porque siempre estuvo dispuesto a ayudar y a vencer los miles de obstáculos que se nos presentaron. Por transmitirme esa forma tan positiva e ingeniosa de ver las cosas y de enfrentar los problemas. Por los momentos tan gratos que pasamos durante este "largo" periodo en que logramos nuestro objetivo.

A Marina Robles y Bruno Castrezana por su valiosa ayuda y compañía en el trabajo de campo. Por los momentos de estrellas, cansancio, alegría, hastío, frío y grandes charlas que nos brindó esa "Laguna que se hizo independiente del mar". Sin su presencia hubiera sido imposible realizar este trabajo.

A Don José por sus increíbles pláticas de "leones", por su protección en aquel lugar tan aislado e inhóspito pero increíblemente bello, en el que conocimos y compartimos una forma de vida diferente.

A Francisco, Isabel, Yajaira y el gordo por permitirnos entrar a su hogar.

Mi agradecimiento a los miembros del comité, M. en C. Anamaria Escofet, Dra. Diana Tentori, M. en C. Refugio González, Dr. Francisco Correa y Dr. Héctor Echavarría por sus valiosos comentarios y aportaciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

A Francisco Correa por su disposición, compañerismo e ideas, así como a los grandes disgustos y discusiones que enriquecieron este trabajo.

A Cuca por haberme permitido robarle sus valiosos fines de semana.

Agradezco a el OC. Eduardo Morales por el interés y la ayuda en la realización de la topografía y la batimetría de la laguna, a Francisco Valenzuela y a Norberto Flores por su apoyo en el trabajo de campo y en el laboratorio.

A la Dra. Silvia Ibarra por su confianza al prestarnos su termógrafo.

Le agradezco al M. en C. José María Robles por prestarnos los aparatos de Meteorología.

Al OC. Miguel Angel Tenorio por su interés y ayuda en la utilización de los corrientómetros.

Agradezco al M. en C. Oscar López Bonilla su valiosa ayuda en la adaptación de la celda solar a los aparatos que utilizamos en el campo.

Gracias, a mis compañeros y amigos por los gratos momentos.

Agradezco al proyecto D112-90 3690 del CONACYT, por el apoyo económico para realizar esta investigación.

sentido que la superficial.

El clima del médano de San José no tiene variaciones estacionales marcadas por lo que podría considerarse como una laguna estable. De primavera a verano no se observaron grandes diferencias en la temperatura, el oxígeno y la salinidad.

En base a la profundidad y a los cambios de las variables físicas, la laguna puede dividirse en tres zonas. La zona más cercana al mar, es menos profunda y por lo mismo más vulnerable a las variaciones de la temperatura y el oxígeno. La zona alejada del mar es más profunda y está sujeta a fluctuaciones salinas debido a la infiltración de agua de menor salinidad.

Las corrientes creadas por el viento determinan la distribución de los organismos en la laguna. Las corrientes transportan con mayor facilidad a los nauplius y a los quistes y en menor grado a los metanauplius, juveniles y adultos. En primavera los quistes se encontraron en el extremo SO de la laguna y en verano en el extremo NE.

Los nauplius son más sensibles a los cambios en la concentración de oxígeno, sin embargo, todos los estadios evitan las zonas en donde la concentración es menor a 2 ppm.

Debido a la estabilidad del medio, durante el estudio la estructura de la población estuvo representada principalmente por los metanauplius y en menor grado por los quistes, nauplius y juveniles

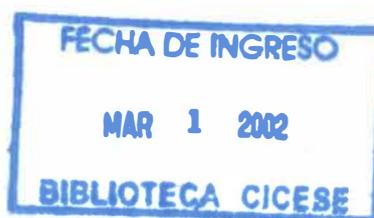
El modo de reproducción ovípara de la población de *Artemia* de San José no es común en una laguna que se encuentra en condiciones estables, sin embargo, la producción de quistes en el médano está asociada a pulsos irregulares en la concentración de oxígeno y salinidad.

La biomasa de *Artemia* viva y de los quistes por litro calculada en el médano es similar a la de las otras lagunas que actualmente son explotadas, sin embargo, los valores promedio de biomasa total son bajos lo que indica que si bien la producción del médano no es baja, su tamaño es una limitante para explotarla.

CONTENIDO

PAGINA

I.- INTRODUCCION	1
II.- ANTECEDENTES	3
III.- MATERIALES Y METODOS	7
III.1 Trabajo de Campo	7
III.1.1 Descripción del Area de Estudio	7
III.1.2 Topografía y Batimetría	8
III.1.3 Muestreos	8
III.1.4 Variables Biológicas	12
III.1.5 Variables Fisicoquímicas	16
III.2 Trabajo de Laboratorio	17
III.3 Análisis Estadístico	17
IV.- RESULTADOS	20
IV.1 Topografía	20
IV.2 Vientos	22
IV.3 Corrientes	24
IV.3.1 Flotadores Superficiales	
IV.3.2 Flotadores de Media Agua y Profundos	
IV.4 Variables Fisicoquímicas	28
IV.4.1 Comparación de Primavera y Verano	28
IV.4.2 Verano	30
IV.4.2.1 Distribución Temporal	30
IV.4.2.2 Distribución Horizontal	36
IV.4.2.3 Variaciones Diurna y Nocturna	41
IV.5 Producción Primaria	43
IV.5.1 Primavera	43
IV.5.2 Verano	46
IV.6 Biomasa	47
IV.6.1 <i>Artemia</i>	47
IV.6.2 Quistes	51
IV.7 Observaciones de Campo	54
IV.8 Dinámica de la Población	55
IV.8.1 Estructura de la Población	55
IV.8.2 Distribución Horizontal	59
IV.8.3 Distribución Vertical	67
IV.8.4 Variaciones Diurna y Nocturna	68
IV.9 Análisis Estadístico	77
V.- DISCUSION	84
VI.- CONCLUSIONES	102
VII.- LITERATURA CITADA	106



LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Ubicación geográfica del Medano de San José, Baja California, México (Correa,1991). La laguna "A" es la estudiada en este trabajo y la laguna "C" se utiliza como referencia.	9
2	Distribución de los estratos (E), transectos (T) y estaciones de muestreo del Médano San José, B.C. M=manta para coleccionar los quistes de la columna de agua.	11
3	Diseño de los flotadores de deriva utilizados para medir las corrientes de superficie, media agua y de fondo. 1.Campana del flotador; 2.Tubo de P.V.C.; 3.Tapón de hule perforado; 4. Balines de plomo para fijar la profundidad del flotador.	18
4	Batimetría general del Medano de San José, B. C. A, B y C = Pozas del sistema. La zona achurada corresponde al area asolvada. El intervalo de contorno es igual a 50 cm.Escala 1:2000.	21
5	Frecuencia y porcentaje de la dirección y velocidad del viento durante la primavera y el verano de 1989.	23
6	Trayectoria de los flotadores superficiales con la incidencia de los vientos del NE. Los números indican la secuencia de la trayectoria. Zonas B y B ₁ =sitios en donde se colocaron los colectores de quistes de las orillas de la laguna.	25
7	Trayectoria de los flotadores superficiales de media agua y profundos con la incidencia de los vientos del NE y del SO. Los números indican la secuencia de la trayectoria.	26
8	Distribución vertical de las variables físico-químicas del Médano de San José, B.C. en la primavera y el verano de 1989.(—)=primavera y (---)=verano.	29
9	a)Temperatura del aire (C) y b)Porcentaje de	

LISTA DE FIGURAS

(continuación)

FIGURA		PAGINA
	humedad relativa durante los periodos de muestreo de primavera y verano de 1989.	31
10	Variación temporal de las variables físicas en la estación 1 durante el verano de 1989. (—) =10 cm; (.....) =50 cm; (---) =90 cm y (— —)=130 cm.	33
11	Variación temporal de las variables fisico-químicas en las estaciones 7 y 8 durante el verano de 1989. (—)=estación 7 y (---)= estación 8.	35
12	Gradiente horizontal de temperatura (°C) durante los muestreos 1 al 7 en el verano de 1989. El achurado indica la región de máxima (■) y mínima (■) temperatura. El intervalo de contorno es igual a 0.3 C.	38
13	Gradiente horizontal de oxígeno(ppm) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración. El intervalo de contorno de los muestreos 1, 3, 4 y 7 es igual a 0.5 ppm y el de los muestreos 2, 5 y 6 es igual a 0.3 ppm.	39
14	Gradiente horizontal de salinidad(%) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) salinidad. El intervalo de contorno del muestreo 2 es de 5%., el de los muestreos 1 y 3 es de 4%., el de los muestreos 6 y 7 es de 2 % y el de los muestreos 4 y 5 es de 1 %.	40
15	Variación diurna-nocturna de las variables físicas en cuatro horas diferentes del día en la estación 1. (—)=10 cm; (.....)=50 cm; (---)= 90 cm y (— —)=130 cm.	42
16	Variación diurna-nocturna de las variables físicas a lo largo de la laguna a 10 cm de profundidad. Cada línea representa la hora del día en que se realizó el muestreo.	

LISTA DE FIGURAS

(continuación)

FIGURA	PAGINA	
<p>(—) = 2 A.M.; (.....) = 8 A.M.; (---) = 14 P.M. y (— —) = 20 P.M.</p>	44	
17	Producción primaria del médano de San José en la primavera de 1989 a 10 cm de profundidad. Cada línea representa un muestreo.	45
18	Producción primaria promedio en el médano de San José en el verano de 1989. Cada línea re <u>present</u> a un muestreo.	45
19	Distribución vertical de la producción primaria en el médano de San José en el verano de 1989. Cada línea representa un muestreo.	47
20	(a) Producción primaria (mgC/m ³ /d) y (b) Biomasa (mg/l) de <i>Artemia</i> , en los estratos A, B y C y en cada profundidad en el verano de 1989.	48
21	Biomasa (mg/l) de <i>Artemia</i> en los estratos A, B y C en la primavera y el verano de 1989. Promedio de toda la columna de agua.	49
22	Abundancia relativa en el tiempo de las diferentes clases de edad de <i>Artemia</i> . a) muestreos realizados en primavera de 1989 y b) muestreos de verano del mismo año.	58
23	Distribución horizontal de los nauplius (ind./l) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración.	62
24	Distribución horizontal de los metanauplius (ind./l) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración	63
25	Distribución horizontal de los juveniles (ind./l) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración	64
26	Distribución horizontal de los machos y de las hembras (ind./l) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración	65

LISTA DE FIGURAS

(continuación)

FIGURA		PAGINA
27	Distribución horizontal de los quistes (ind./l) durante los muestreos 1 al 7, en el verano de 1989. Región de máxima (■) y mínima (■) concentración.	66
28	Distribución de los nauplius de <i>Artemia</i> en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M. y 8 A.M.=vientos del SO (→); 14P.M.y 20 P.M.=vientos del NE (←)	73
29	Distribución de los quistes de <i>Artemia</i> en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M. y 8 A.M.=vientos del SO (→); 14P.M.y 20 P.M.=vientos del NE (←)	74
30	Distribución de los nauplius (a) y de los quistes (b) de <i>Artemia</i> (ind/l) en dos horas diferentes del día 14/X/89 (segunda variación), bajo condiciones de viento del NE (←). La zona sombreada representa el fondo del médano.	75
31	Distribución de los juveniles, machos y hembras de <i>Artemia</i> (ind/l) en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M.y 8 A.M.=vientos del SO (→); 14 P.M. y 20 P.M.=viento del NE (←). La zona sombreada representa el fondo del médano.	76

LISTA DE TABLAS

TABLA		PAGINA
I	Biomasa Total de <i>Artemia</i> en Kg de peso seco durante siete muestreos en primavera y verano de 1989. D.E.= desviación estándar.	50
II	Biomasa Total (Kg) de quistes de <i>Artemia</i> de la columna de agua durante los muestreos de primavera y verano de 1989.	51
III	Biomasa de quistes de <i>Artemia</i> colectados con diferentes tipos de colectores y en diferentes zonas del médano.	52
IV	Valores comparativos de biomasa y densidad de algunas lagunas saladas en donde actualmente: a) se extrae <i>Artemia</i> y b) no se extrae.	53
V	Número de nauplius que eclosionaron a diferentes salinidades dentro del médano. La escala de los nauplius va del 1 (menor número) al 10 (mayor número).	56
VI	Densidades (ind/l) de los estadios de <i>Artemia</i> a diferentes profundidades durante seis muestreos en el verano de 1989. Cada dato corresponde a la media y desviación estándar (números pequeños) de todas las estaciones de muestreo. E=estadio, N=nauplius, M=metanauplius, J=juvenil, Q=quistes y M=muestreo.	69
VII	Densidades (ind/l) de los estadios de <i>Artemia</i> de diferentes profundidades durante seis muestreos en el verano de 1989. Cada dato corresponde a la media y desviación estándar (números pequeños) de todas las estaciones de muestreo. PP=producción primaria y M=muestreos.	70
VIII	VARIABLES FÍSICAS Y DENSIDADES PROMEDIO DE <i>Artemia</i> DURANTE VARIACIÓN DIURNA NOCTURNA. N=nauplius, Meta=metanauplius, J=juveniles, M=machos, H=hembras y Q=quistes. Los valores corresponden al promedio de todas las estaciones de muestreo y la desviación estándar (números pequeños).	78

LISTA DE TABLAS

(continuación)

TABLA		PAGINA
IX	Correlación múltiple entre las variables físicoquímicas y biológicas y los diferentes estadios de <i>Artemia</i> . Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños).	80
X	Correlación múltiple entre las variables físicoquímicas, variables biológicas y los estadios de <i>Artemia</i> de la Primera Variación (30/IX/89). Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños).	82
XI	Correlación múltiple entre las variables físicoquímicas, variables biológicas y los estadios de <i>Artemia</i> de la Segunda Variación (14/X/89). Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños)	83

DINAMICA DE LA POBLACION DE *Artemia franciscana* KELLOGG, 1906
EN EL MEDANO DE SAN JOSE, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

I. INTRODUCCION.

En el cultivo de larvas de peces y crustáceos marinos siempre ha habido mayores dificultades que en el de las especies de agua dulce. Muchas larvas rechazan el alimento que se les suele proporcionar, debido a que no reúne las características necesarias de acuerdo con los requerimientos propios de la especie (Amat, 1985). Esta situación debe ser resuelta rápidamente, debido a que, una vez consumida la reserva nutritiva del saco vitelino, la larva difícilmente soportará cortos períodos de ayuno, pues en este estado de desarrollo su tolerancia es mucho menor que en las restantes fases de su ciclo vital (Amat op. cit.).

Un avance significativo en la Acuicultura fue el realizado por Seale (1933) y Röllefsen (1939) al descubrir que las larvas nauplius de *Artemia* de 0.4 mm de longitud constituían un alimento excelente para las larvas de peces. La gran ventaja de utilizar *Artemia* como alimento es el poder almacenar un producto a primera vista inerte, como son los quistes, manteniéndolos sin oxígeno y obtener de ellos pequeños organismos vivos, después de hidratarlos e incubarlos en agua de baja salinidad durante 24 a 48 horas (Sorgeloos, 1980).

El aprovisionamiento de quistes que inicialmente procedía de las salinas de la Bahía de San Francisco y posteriormente del Great Salt Lake y del Little Manitou Lake, (U.S.A.), parecía que iba a ser inagotable (Sorgeloos, 1980), pero la demanda originada a causa del progresivo desarrollo de la acuicultura en el mundo, pronto superó la producción anual. Después de diez años se hizo patente su escasez en el abastecimiento del mercado, por lo cual, se recomendó que se llevara a cabo una exploración más completa en el orbe y generar conocimiento para explotar los recursos mundiales de *Artemia* y utilizarlos en la acuicultura.

En algunas lagunas saladas del litoral mexicano se encuentran bancos de quistes de *Artemia*. De las que se tienen conocimiento, hasta el momento, son: Guerrero Negro y Pichilingue en B.C.S., Topolobampo y Bahía de Ceuta en Sinaloa, Yavaros, Son., Laguna Verde, Ver., Oaxaca y Chiapas. En estos lugares, principalmente en los del Pacífico, se obtienen los quistes con el objeto de utilizarlos como alimento de los cultivos de las larvas de camarón; sin embargo, no se conocen las cantidades que se extraen (Castro et al., 1987). Es por esto que es necesario evaluar estos recursos, estudiar la posibilidad de manejarlos de manera adecuada y proponer alternativas para su aprovechamiento y su producción. Estudios de esta índole tienen la ventaja de disminuir la importación de quistes y según el rendimiento de la producción, exportarlos porque

existe demanda en el extranjero (Sasso, 1980).

Debido a la importancia de estudiar las poblaciones en su medio natural, se decidió:

A.- Hacer una caracterización físicoquímica y biológica del médano de San José, B. C., México.

B.- Conocer los cambios temporales en la distribución horizontal y vertical de la población de *Artemia*, así como su relación con las variables físicas y biológicas del medio.

C.- Estimar los cambios temporales en la estructura y la biomasa de la población en primavera y verano de 1989.

D.- Conocer la biomasa y la distribución de los quistes de *Artemia* para saber si es posible aprovechar éste recurso.

II. ANTECEDENTES.

El género *Artemia* habita en las lagunas costeras y en los lagos hipersalinos que están distribuidos en las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas de todo el mundo. De acuerdo a su composición química se clasifican en talásicos y atalásicos. Los primeros son iónicamente similares al agua de mar y se localizan a lo largo de las costas del oceano; los lagos atalásicos son de origen continental (Bayly, 1967).

Estos habitat se caracterizan por ser someros y tener fluctuaciones estacionales muy grandes en la salinidad (Löffler, 1959; Wirick, 1972; Scelzo y Voglar, 1980) y grandes cambios en la temperatura y en el oxígeno disuelto

(Carpelan, 1957).

Los conocimientos actuales de *Artemia* en su medio natural son muy escasos a pesar de que el progreso de las investigaciones relativas a la fisiología, genética, bioquímica, radiobiología y su uso práctico en la acuicultura dependen en gran parte del conocimiento de las poblaciones en su habitat natural (Persoone y Sorgeloos, 1980).

La clasificación de los lagos hipersalinos es muy variable y se basa en diferentes criterios. La clasificación propuesta por Davis (1980) está más relacionada con la diversidad biótica que con el valor exacto de salinidad. Las lagunas de baja salinidad (35-80‰) tienen numerosas especies de algas, protozoarios, bacterias, moluscos, plantas vasculares y una vez que los peces mueren, son remplazados por *Artemia*. La productividad primaria es alta, pero la concentración de materia orgánica disuelta es baja. Las lagunas de salinidad intermedia (90- 180‰) tienen pocas especies, baja productividad primaria y relativamente altas concentraciones de materia orgánica disuelta. Los organismos planctónicos que predominan son las algas azul-verdes y *Artemia*. En las lagunas de salinidades altas (190-290‰), los organismos consumen mayor cantidad de material orgánico que el que producen y la materia orgánica disuelta es alta. Los organismos planctónicos que predominan son las bacterias rojas halofílicas del género *Halobacterium*, que dan una

coloración rojiza brillante al agua. Con esta coloración se incrementa la absorción solar y la evaporación.

En un biotopo particular, las cantidades de *Artemia* en un momento específico, son el resultado de multivARIABLES fisicoquímicas y biológicas. Las poblaciones son básicamente dependientes de la cantidad de alimento, de la presencia o ausencia de depredadores y de la competencia por alimento con otros organismos zooplanctónicos. (Ramamoorthi y Thangaraj, 1980).

La Productividad de *Artemia* está asociada con la productividad primaria y /o con la riqueza de las partículas orgánicas. Existe un beneficio recíproco entre *Artemia* y las aves marinas; la productividad del ecosistema se retroalimenta especialmente con los flamings y las gaviotas que se alimentan de *Artemia* y fertilizan el biotopo con su guano (Persoone y Sorgeloos op. cit.).

Conocer la densidad de *Artemia* presente en un cuerpo de agua salada así como su biomasa es difícil, ya que se trata de un organismo que tiene un comportamiento fototáctico muy fuerte y como componente planctónico no puede vencer las corrientes creadas por los vientos (Persoone y Sorgeloos, 1980).

Una estimación confiable de la densidad de una población es la base de todo estudio cuantitativo en el medio ambiente natural (Marchant y Williams, 1977). Tal vez, por las dificultades que involucra este tipo de investigación, se han

realizado pocos intentos para estimar la biomasa de *Artemia* en su medio natural que está influenciada por el diseño del muestreo, la rápida reproducción, la alta densidad y **distribución heterogénea en las lagunas someras**, en las cuales el régimen hidrológico cambia frecuente y marcadamente. El trabajo más satisfactorio que evalúa la dinámica poblacional y producción de *Artemia* es el de Marchant y Williams (op. cit.) quienes estimaron densidades medias de la población con un 95% de confianza (Haslett y Wear, 1985).

La distribución de *Artemia* dentro de su habitat no es homogénea, se encuentra distribuída en parches de una densidad muy alta por lo que es muy difícil calcular la producción exacta. Por estas razones es necesario muestrear con redes de plancton verticales, en diferentes momentos y en el mayor número de lugares posibles dentro de la laguna para calcular el promedio en toda la laguna (Persoone y Sorgeloos, 1980).

La distribución vertical de *Artemia* en un cuerpo de agua es afectada por varios factores físicos y biológicos (Lenz, 1980). Por lo general es más abundante en la superficie y cerca del margen de la laguna y menos abundante en las aguas profundas y en el centro del cuerpo de agua. La salinidad y la dirección del viento juegan un papel muy importante en la distribución de *Artemia* (Scelzo y Voglar, 1980).

III. MATERIALES Y METODOS.

III.1 Trabajo de Campo.

III.1.1 Descripción del área de estudio.

El médano San José es un cuerpo de agua hipersalino que se encuentra en las costas del Océano Pacífico en la Península de Baja California, México en las coordenadas 29°15' Lat. N. y 114°53' Lon. W. (Fig. 1). La temperatura media anual de la zona es de 16-18°C; la precipitación pluvial anual es de 0-100 mm. El clima de la zona, según la escala Köppen, es BWks, en donde BW corresponde a tipos de climas muy secos con lluvias en verano e invierno y escasas todo el año y ks a subtipos muy secos, templados, con lluvias de invierno y porcentajes de precipitación pluvial invernal menores a 36 mm (INEGI, 1984).

Las condiciones climáticas y geológicas en donde se encuentra la laguna San José, Baja California son adecuadas para que se puedan formar las lagunas hipersalinas. La zona posee pozas endorreicas que permiten la retención de agua. Todo el sistema de lagunas de esta zona no tiene salida o conecciones con el mar y usualmente el aporte de agua es temporal a través de las lluvias. El médano San José forma parte de un sistema de lagunas que se encuentran en el lecho del arroyo San José. Este arroyo está rodeado de cerros que forman un cañón a lo largo del cual se han formado varias pozas con diferentes grados de evaporación y de diferentes

salinidades, de 20 a 350‰.; en algunas de estas pozas existe *Artemia*. El médano es la laguna más grande del sistema y la que se encuentra más cerca del mar. Antiguamente, el aporte de agua de la laguna era del arroyo San José y del Océano Pacífico cuando había mareas vivas. Hace diez años una tormenta formó una barra de arena que aisló la laguna del mar. Actualmente el arroyo está seco y el mar inunda la laguna únicamente cuando hay tormentas muy fuertes; la última inundación ocurrió en 1986.

III.1.2 Topografía y Batimetría.

Se hizo un levantamiento topográfico de la laguna para obtener su forma y su ubicación geográfica. Se utilizó el método de la regla de tránsito para ajustar el polígono (Oca, 1968) y los datos se procesaron con un programa realizado en la hoja de cálculo del Lotus 1 2 3 (Morales y Bückle, 1991).

Para obtener la batimetría de la laguna se midió la profundidad con un estadal de topografía en cada transecto a intervalos de un metro. Con la topografía y la batimetría se calculó el volumen total de la laguna.

III.1.3 Muestreos.

Cuando se realizó la batimetría se observó que aproximadamente a tres metros de la orilla la concentración de artemias era mayor que en el centro de la laguna y que

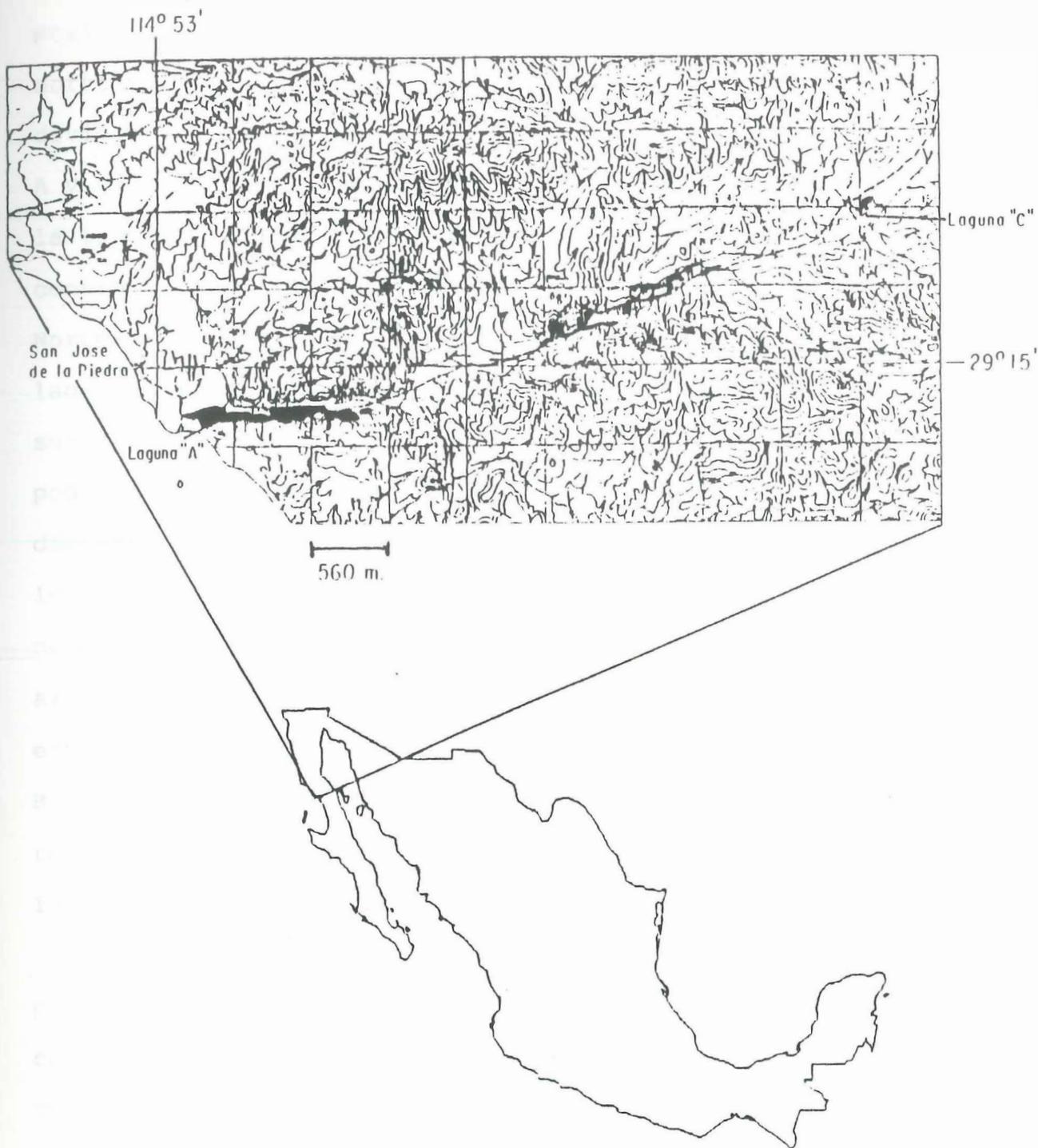


Fig.1 Ubicación geográfica del Médano de San José, Baja California, México (Correa, 1991). La laguna "A" es la estudiada en este trabajo y la laguna "C" se utiliza como referencia.

posiblemente también había una diferencia entre la orilla norte y la sur por el efecto del viento. En base a esto se dividió la laguna en tres estratos (A, B y C). Los estratos A y C se ubicaron a lo largo de las orillas norte y sur de la laguna, respectivamente y el estrato B en la parte central de la laguna. Se colocaron veinte transectos de Norte a Sur que abarcaban el 80% de la superficie de la laguna; no se cubrió toda la laguna porque el extremo suroeste era poco profundo, aproximadamente 40 cm y no se podía entrar con una balsa. Entre cada transecto había una distancia de 25 m. Las estaciones de muestreo se ubicaron en los transectos con una separación de 4.5 m para que el número total de estaciones en cada estrato fuera proporcional al tamaño de éste. En los estratos A y C el número de estaciones disponibles fue de 20, en cada uno y en el estrato B fueron 81 estaciones. Con las 121 estaciones disponibles se realizó un Muestreo Sistemático Estratificado (Cochran, 1978).

Para estimar la biomasa total de la población en primavera y en verano, se seleccionaron 20 estaciones; en cada estación se tomaron 3 repeticiones dentro de un radio de 40 cm. Para el estudio de la distribución espacial de los organismos se escogieron 8 estaciones con el mismo tipo de muestreo, en verano únicamente (Fig. 2).

Debido al difícil acceso a la zona de estudio y por lo tanto a la dificultad de realizar un ciclo anual, se

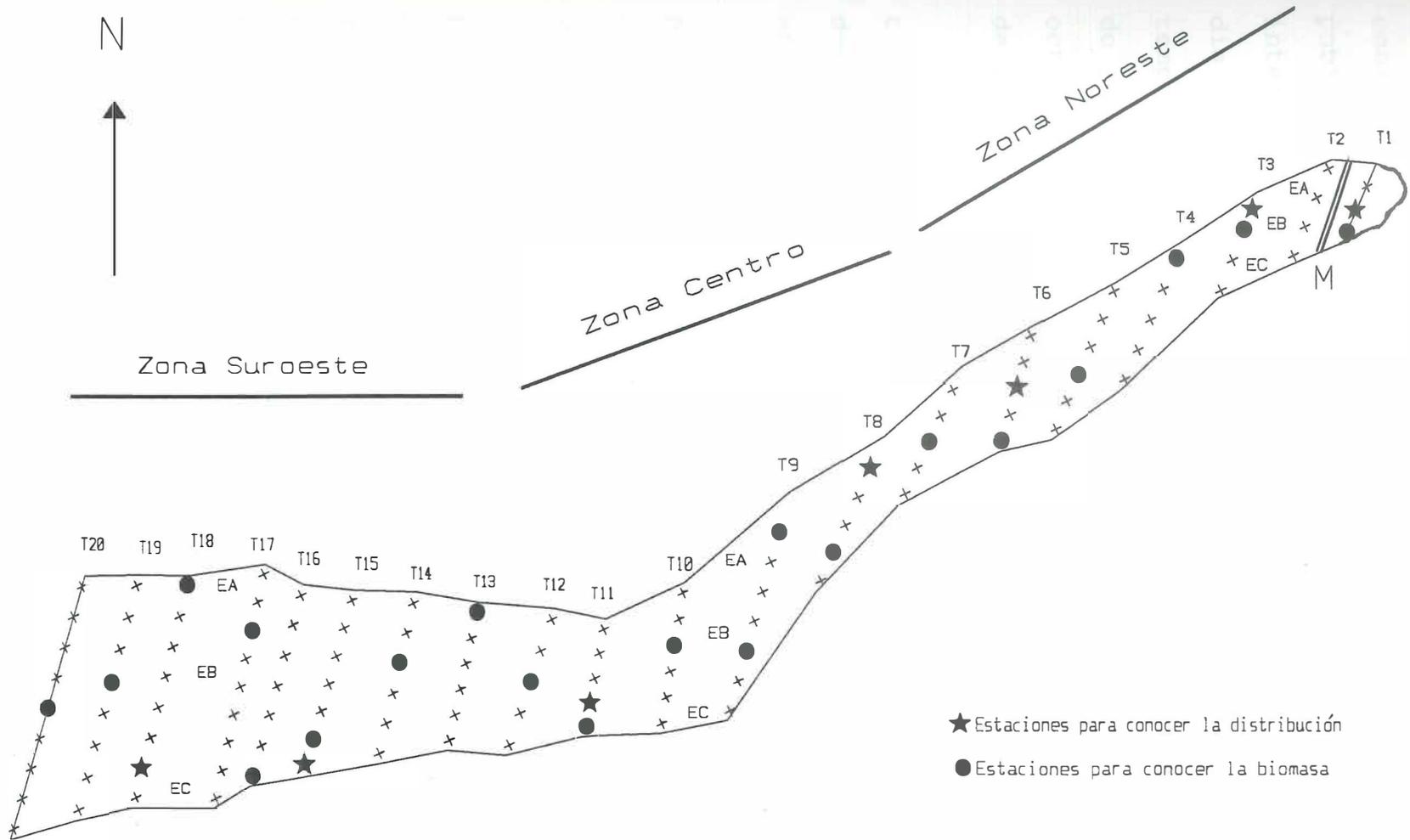


Fig.2 Distribución de los estratos (E), transectos (T) y estaciones de muestreo del Médano San Jose, B.C. M=manta para coleccionar los quistes de la columna de agua

consideró la importancia de conocer la dinámica de la población en un intervalo corto de tiempo, es decir, nos interesaba saber que tantos cambios puede haber en una laguna día a día durante un mes. Para estudiar esta variación temporal se realizaron 7 muestreos en primavera del 3 al 17 de junio de 1989 y en verano, del 19 de septiembre al 10 de octubre del mismo año. El intervalo entre cada muestreo fue de dos días.

A pesar de que las fechas de los muestreos no abarcan toda la primavera y el verano, se agruparon dentro de estas dos épocas del año para diferenciar las dos ocasiones en que se visitó la zona de estudio.

En verano se realizaron dos variaciones diurnas-nocturnas cada seis horas durante 24 horas. La primera variación se realizó el 30 de septiembre de 1989 y la segunda variación el 14 de octubre del mismo año.

Las muestras de agua se tomaron con una bomba peristáltica a la misma profundidad a la que se tomaron las muestras de *Artemia*. La muestra se succionaba con la motobomba a un termo en donde estaban instalados los electrodos de oxígeno, temperatura y pH. Al llenarse el termo, el agua salía por una manguera de desagüe en donde se tomaba la muestra para medir la salinidad.

III.1.4 Variables biológicas.

Las muestras de *Artemia* se tomaron con una botella Van

Dhorn de 2.5 l a partir de los 10 cm de profundidad y a intervalos de 40 cm; el número de muestras dependía de la profundidad de la estación. Se filtraron con una criba de 108-114 micras y se fijaron en una solución stock para zooplancton formada por propylene phenoxetol (50 ml) propylene glycol (450ml) y formaldehído al 40% (500ml) neutralizado con borax (Omori, et al., 1976). Se agregaron 10 ml de esta solución a 90 ml de muestra. La biomasa total de *Artemia* en la laguna se calculó con la fórmula propuesta por Haslett y Wear (1985):

$$\hat{B} = (V/1000v) \sum_{j=1}^s \left[(V_j/V) (1/p) \left(\sum_{i=1}^p b_{ji} \right) \right] \quad \text{donde:} \quad (1)$$

V_j/V razón del volumen de la estación j y el volumen total de la laguna (m^3),

b_{ji} gramos de peso seco en la réplica i en la estación j ,

V volumen de la botella Van Dhorn (m^3),

p número de repeticiones por estación,

s número de estaciones.

En base a observaciones preliminares se pensó que podría

haber diferentes formas de colectar los quistes que se encontraban dentro y fuera del médano y que alguna de ellas podría ser las mas recomendable.

Se diseñaron dos métodos para colectar los quistes de la columna de agua y dos métodos para colectar los de la orilla del médano: a) en las zonas húmedas y b) en las zonas secas.

Para la columna de agua se utilizó: a) los quistes que se contaron en cada muestra de *Artemia* y la biomasa se calculó con la fórmula propuesta por Makarov (1984):

$$M = \text{peso seco de un quiste} \left[\frac{a_1 + a_2 + a_3 \dots + a_n}{n} \right] \quad (V) \quad \text{donde:} \quad (2)$$

M biomasa de quistes en la laguna,
 $a_1 \dots a_n$ número de quistes en cada muestra,
 n número de muestras,
 V volumen de la laguna.

b) en dos ocasiones se colocó una manta de 18 X .15 m a lo ancho de la laguna entre los transectos 1 y 2; la mitad de la manta quedaba sumergida en el agua y el resto simulaba una cortina en donde quedaban adheridos los quistes. La manta se dejó 24 horas para poder colectar tanto los quistes que eran

transportados por el viento del NE, como los transportados por el viento del SO (Fig. 2).

Los sitios para coleccionar los quistes de la orilla de la laguna se seleccionaron en base a los lugares en donde se encontró la mayor concentración de quistes y a las zonas de mayor frecuencia de encallamiento de los flotadores a la deriva. En las zonas húmedas (zona B y B₁) (Fig. 6), se colocaron mantas de .20 X 4.5 m (zona B) y de 20.4 X .20 m (zona B₁), sobre el suelo y a lo largo de la costa de tal manera que las pequeñas olas que se formaban en la orilla arrastraran los quistes hacia las mantas.

En la zona B se colocó una malla ciclónica de .20 X 3 m en forma de cortina.

En la parte seca de la zona B₁ se coleccionó una superficie de tierra de las mismas dimensiones de la manta colocada en esa misma zona (20.4 X .20 m).

La producción primaria se midió con el Método del Oxígeno (Strickland y Parsons, 1972). No se consideró el coeficiente fotosintético (PQ) en los cálculos debido a que no se ha definido su valor para lagunas hipersalinas. Hammer (1981) hace una recopilación de la producción primaria de varios lagos salados, sin embargo, no menciona que valores de PQ se utilizaron en cada caso.

Las botellas clara y obscura se incubaron a 10, 50, 90 y 130 cm de profundidad en el mismo sitio en donde se coleccionaron las muestras de organismos. El tiempo de incuba-

ción fué de 24 horas.

III.1.5 Variables fisicoquímicas.

La temperatura del agua y el oxígeno disuelto se midieron con un oxigenómetro de campo marca YSI modelo 57. Antes del estudio el aparato se calibró para comprobar que las salinidades altas no afectarían la membrana del electrodo; para esto se airearon siete muestras de diferentes salinidades (35, 54, 82, 108, 136, 150 y 189‰) durante cinco minutos y se midió el oxígeno a cada una; el experimento se repitió diez veces y no hubo una diferencia significativa entre las lecturas.

La salinidad se midió con un refractómetro AO y fue necesario hacer diluciones por un factor 2:1 con agua destilada ya que la salinidad era mayor a 100‰.

La temperatura del aire y la humedad relativa se midieron con un meteorógrafo Kahlsico que se colocó en el extremo SO de la laguna.

Para medir la velocidad y dirección del viento se instalaron dos Anemógrafos Kahlsico que se colocaron en los extremos NE y SO a 1.5 m sobre el nivel de la laguna. Para conocer las corrientes superficiales, de media agua y profundas, generadas por el viento; se diseñaron flotadores de deriva que se calibraron con balines de plomo para obtener la profundidad deseada. Se siguió su trayectoria desde la orilla de la laguna así como el tiempo que tardaban en reco-

rrer una distancia conocida y con estos datos se calculó la velocidad (Fig. 3).

El pH del agua se midió con un potenciómetro Orion modelo SA 230.

III.2 Trabajo de Laboratorio.

Las muestras se analizaron en un microscopio estereoscópico Olympus modelo BHTU al cual se le adaptó un sistema de televisión para facilitar el análisis cuantitativo. Los organismos se clasificaron en nauplius, metanauplius, juveniles y adultos (hembras y machos), de acuerdo a la clasificación de Barigozzi (1939). Se contaron los quistes en cada muestra y el número de quistes en el ovisaco de cada hembra.

Todos los quistes se lavaron con agua dulce, se filtraron por cribas de 108-114 micras para eliminar las impurezas y se secaron a 60 °C hasta obtener peso constante.

El peso seco de un quiste del Médano de San José se investigó pesando 50 quistes y obteniendo su media que fué de 6.53×10^{-6} gr.

III. 3 Análisis Estadístico.

Para conocer la distribución horizontal de *Artemia*, la de la Producción Primaria y la de las variables fisicoquímicas, se calculó el promedio con las muestras tomadas en cada profundidad en cada estación de muestreo, de tal manera que se agrupara toda la columna de agua en cada

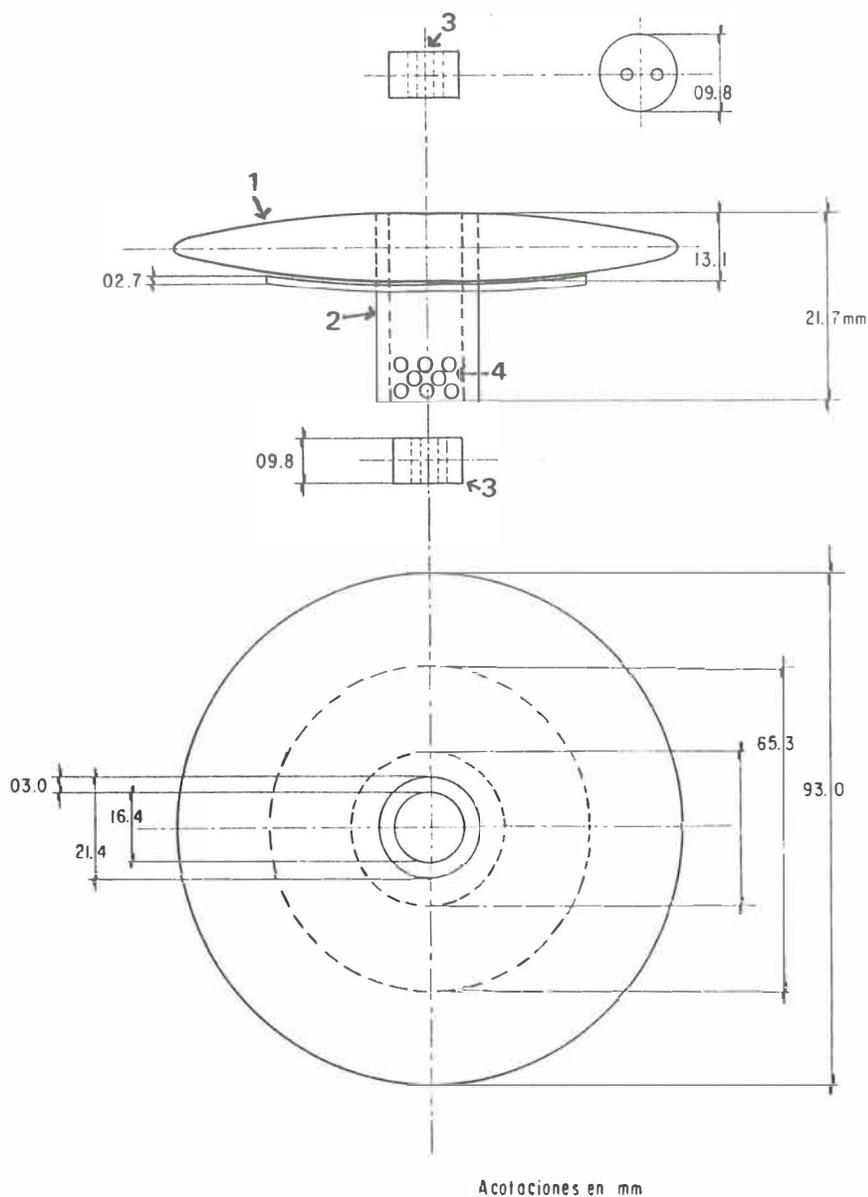


Fig.3 Diseño de los flotadores de deriva utilizados para medir las corrientes de superficie, de media agua y de fondo. 1.Campana del flotador; 2.Tubo de P.V.C.; 3.Tapón de hule perforado; 4.Balines de plomo para fijar la profundidad del flotador.

punto.

Para la distribución vertical, se calculó el promedio de cada profundidad agrupando las 8 estaciones de muestreo a 10, 50, 90 y 130 cm.

En las tablas de densidades (# ind./l) se indican los valores de las medias y las desviaciones estándar de cada grupo de datos.

Para el análisis de la estructura de la población, se agruparon los datos por muestreos sin importar su posición en el espacio ya que se observó que no había diferencia entre las estaciones de muestreo. Se calculó la abundancia relativa como el porcentaje que aportó cada estadio al total de la población a través del tiempo.

Para realizar el análisis de correlación múltiple, los datos se transformaron con la fórmula $y = \log(X+1)$ para homogeneizar los valores ya que las unidades de las variables utilizadas eran diferentes (Gauch, 1982).

Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de los datos y como se encontró que la distribución no era normal, se utilizó la prueba de Spearman para calcular el coeficiente de Correlación Múltiple por Rangos (Yamane, 1979).

La dirección y velocidad del viento se excluyeron del análisis de correlación múltiple por tratarse de variables que no fueron tomadas en forma puntual en cada estación de muestreo como el resto de las variables. Sin embargo, el aná-

lisis directo de la relación del viento con los organismos nos permitió una interpretación clara de su importancia en la distribución de los diferentes estadios de *Artemia*.

IV. RESULTADOS.

IV.1 Topografía.

Según el levantamiento topográfico que se hizo en la Laguna San José, esta tiene una orientación suroeste a noroeste; forma un ángulo de 45° con la costa del Océano Pacífico. Se encuentra separada del mar por una barrera de dunas de 224 m que impide que pase el agua e inunde la laguna.

La laguna mide 1.2 Km de largo; la parte mas ancha de 102.7 m está en el extremo suroeste de la laguna que es la zona mas cercana al mar. El extremo noreste es el más angosto, mide 10 m y la parte media de la laguna 38 m de ancho (Fig. 4).

La superficie total de la laguna es de $13,500 \text{ m}^2$, su volumen es de $10,000 \text{ m}^3$ y la profundidad promedio es de 80 cm.

Está formada por tres zonas a las que se denominó Noreste (NE), Centro y Suroeste (SO). La profundidad promedio de la zona NE de la laguna es de 150 cm; en esta zona hay una poza (A) que es alargada y tiene una profundidad de 2 m. En la zona Centro se encuentran las pozas B y C cuya profundidad

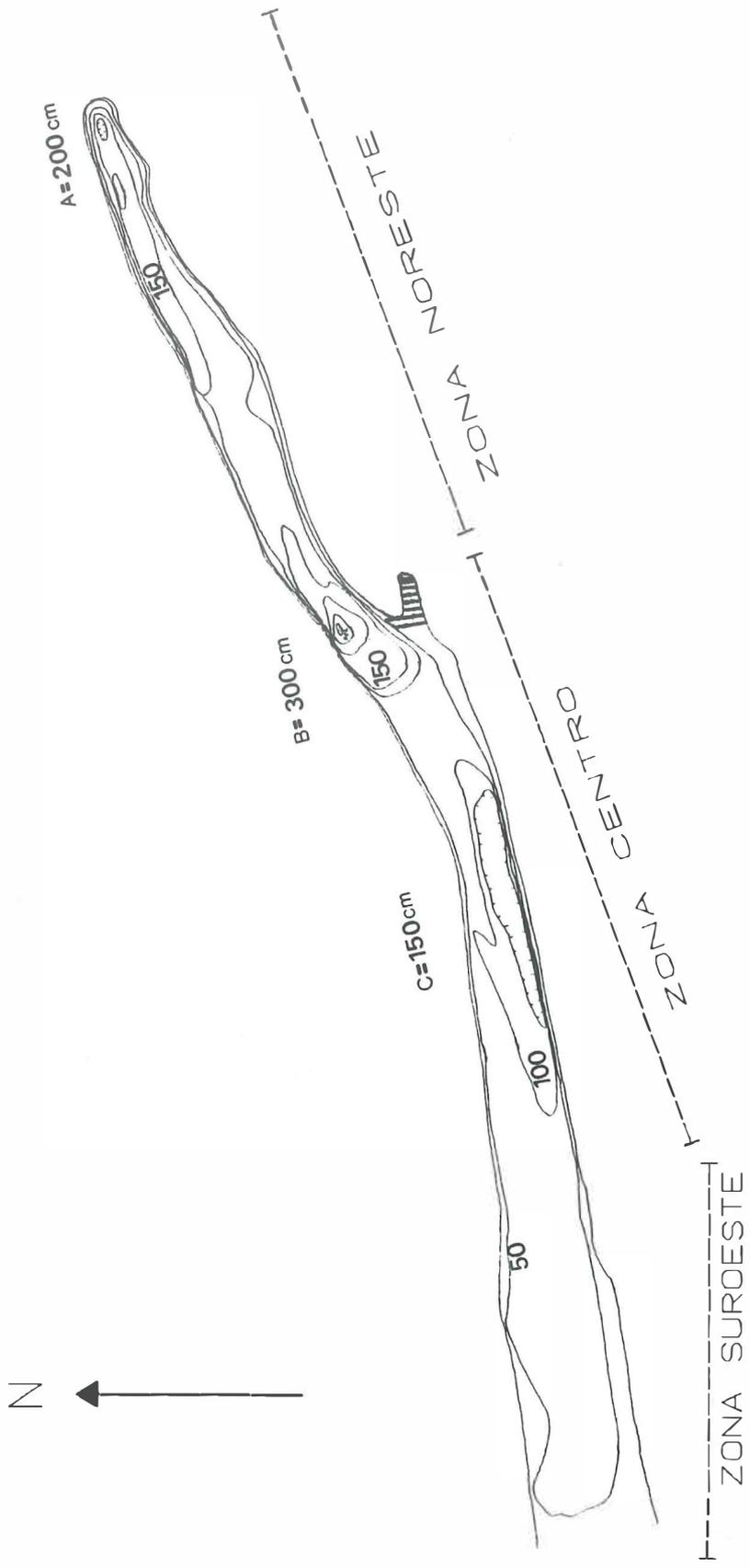


Fig. 4 Bati metria general dei Médano de San José, B.C. A, B y C = pozas dei sistema. La zona achurada corres-ponde al área aislada. El intervalo de contorno es igual a 50 cm. Escala 1:2000.

es de 300 y 150 cm respectivamente y están separadas aproximadamente 30 m por una planicie de 50 cm de profundidad. La zona SO es una gran extensión poco profunda con un promedio de 50 cm (Fig. 4).

A un metro de la orilla de toda la laguna, la profundidad es de 50 cm. En la zona centro, a la altura de la poza B, hay una lengüeta que se ha asolvado con el tiempo con la materia orgánica que es arrastrada por el viento (Fig. 4).

IV.2 Vientos.

En la primavera predominó el viento del suroeste que sopla de las 8 a las 21 horas con una velocidad promedio de 15-20 Km/h; determina el 67.6% del total de las cuatro componentes del viento. El viento del noroeste tiene una velocidad de 0-7 Km/h y sopla de la 1 a las 7 horas; aporta el 25% . Los vientos del sureste y del noroeste proporcionan el 5.8% y 1.47% respectivamente (Fig. 5).

Durante los muestreos de primavera, la dirección del viento fué siempre del SO (250°) y la velocidad disminuyó de 10-32 Km/h, en el primer muestreo, a 5-15 Km/h en el último muestreo.

En verano el viento que predominó fué del NE, de las 9 a las 21 horas, con una velocidad de 10-15 Km/h que suministra el 54.5% . El viento del SO sopla de la 1 a las 8 horas tiene una velocidad promedio de 0-5 Km/h y aporta el 32.7% . Los vientos del NO y SE proporcionan el 7.2% y 5.4% respectivamen

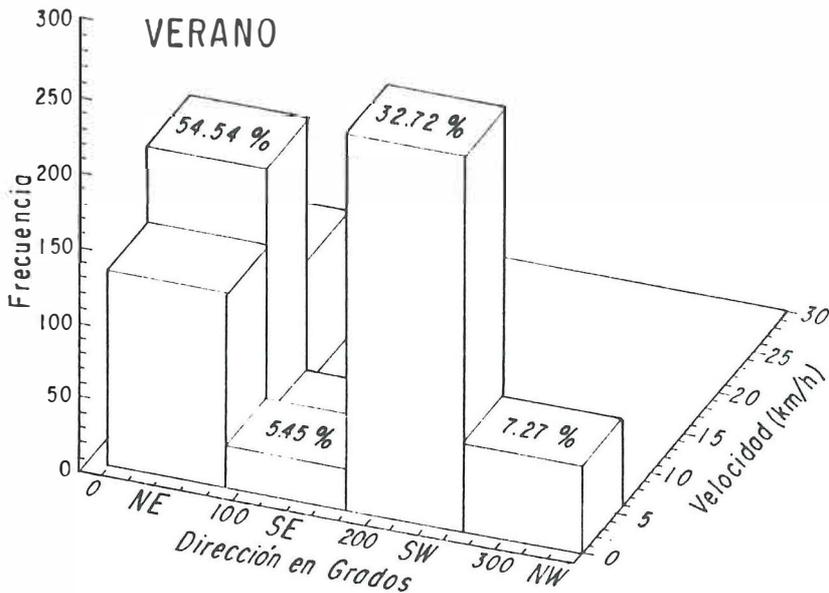
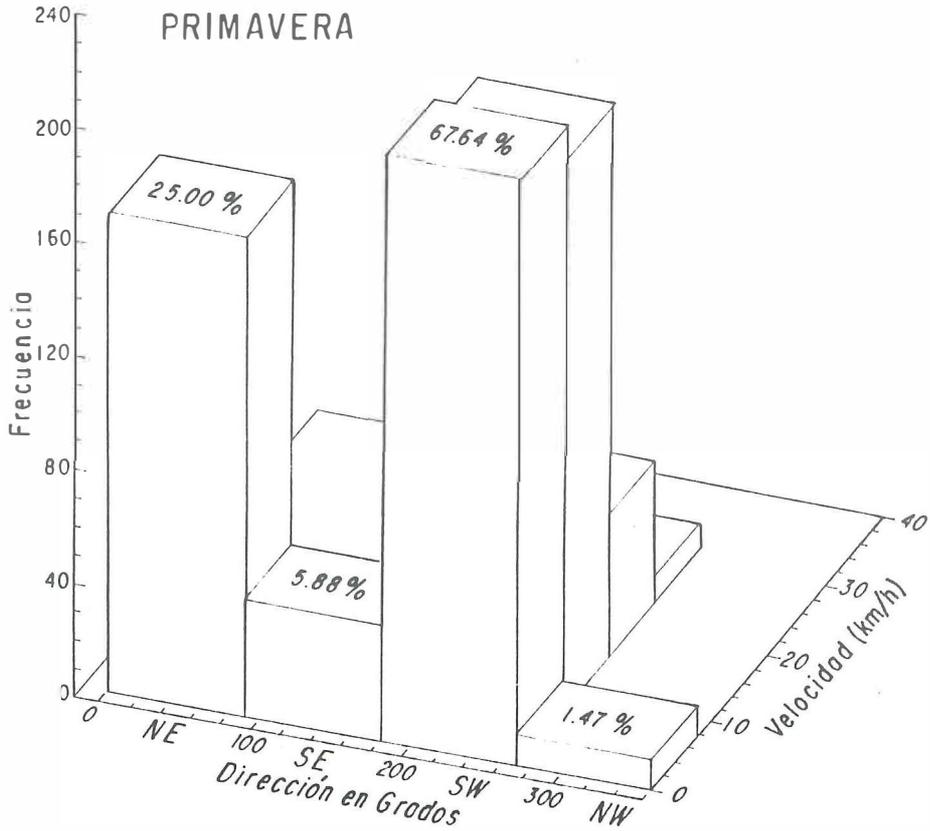


Fig.5 Frecuencia y porcentaje de la dirección y velocidad del viento durante la primavera y verano de 1989.

te (Fig. 5). La dirección del viento en los muestreos de verano fué siempre del NE y la velocidad fué de 5-25 Km/h.

IV.3 Corrientes.

IV.3.1 Flotadores superficiales.

Durante las mediciones de las corrientes, la velocidad del viento del NE fué de 2.2-4.1 m/s y la de los vientos del SO de 0.5-1.3 m/s.

La trayectoria de los flotadores de superficie tuvo la misma dirección que la del viento. Con los vientos del NE, los flotadores que se colocaron al SO de la laguna (Fig. 6 (1)), siguieron aproximadamente la misma trayectoria y finalmente encallaron en la orilla SE, a la mitad de la laguna (Fig. 6 (2)).

Desde el lugar de encallamiento se liberaron nuevamente los flotadores que en su mayoría se dirigieron a la costa NE. Algunos encallaron en diferentes puntos de esta costa y otros llegaron al extremo NE de la laguna (Fig. 6 (3)). A la altura de la estación cuatro, los flotadores se hundieron. La velocidad promedio de los flotadores fue de 4-6 cm/s.

Con el viento del SO, los flotadores inician su trayectoria en el extremo NE de la laguna (Fig. 7 (1)). Al principio viajan a 1 m de la costa norte y se alejan hasta llegar al centro de la laguna (Fig. 7 (2)). Su velocidad fue de 1-2 cm/s. Cuando el viento cambia de dirección, los flotadores se detienen un momento y empiezan a avanzar en senu

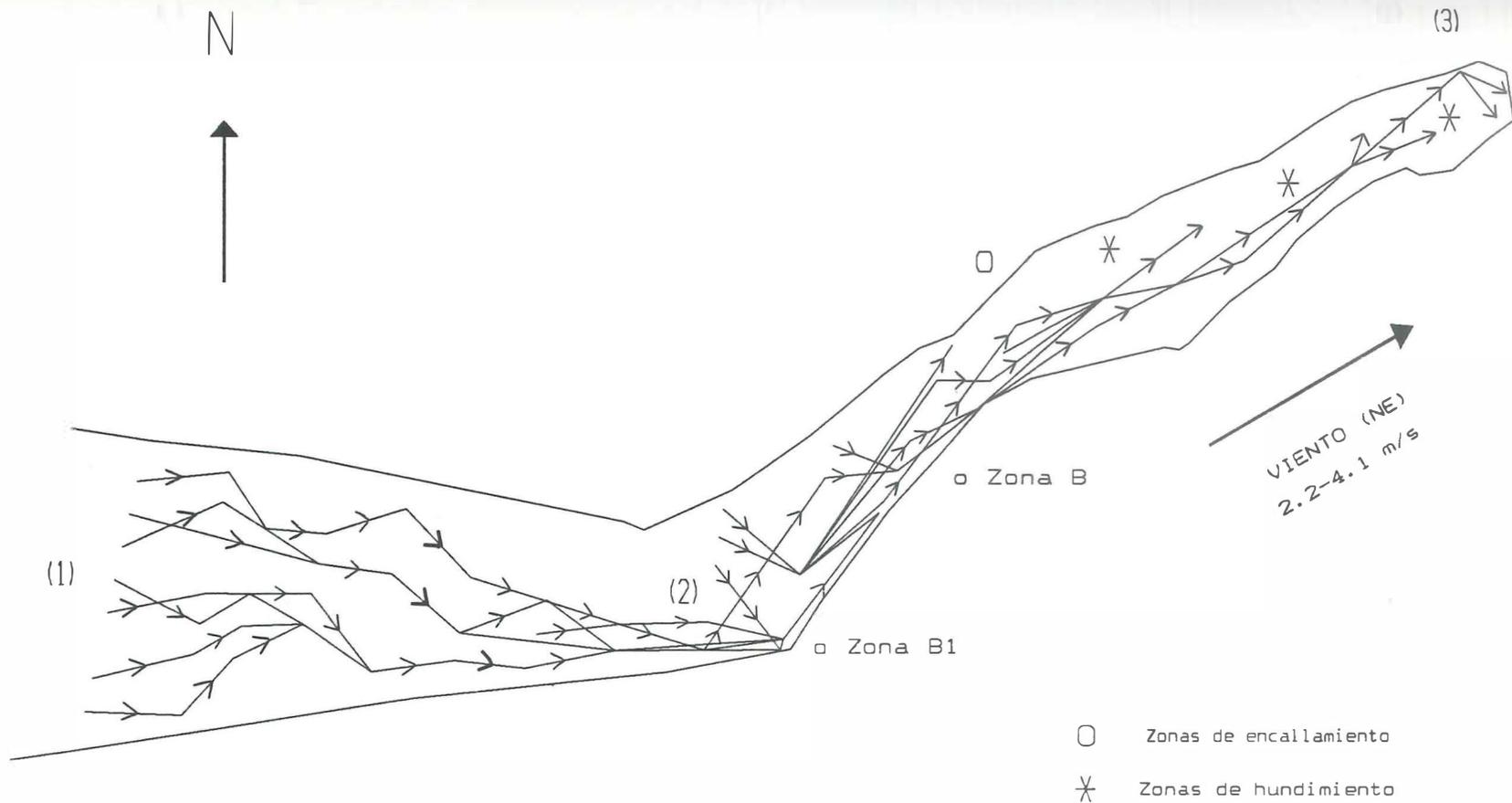


Fig.6 Trayectoria de los flotadores superficiales con la incidencia de los vientos del NE. Los números indican la secuencia de la trayectoria. Zonas B y B1=sitios en donde se colocaron los colectores de quistes de las orillas de la laguna.

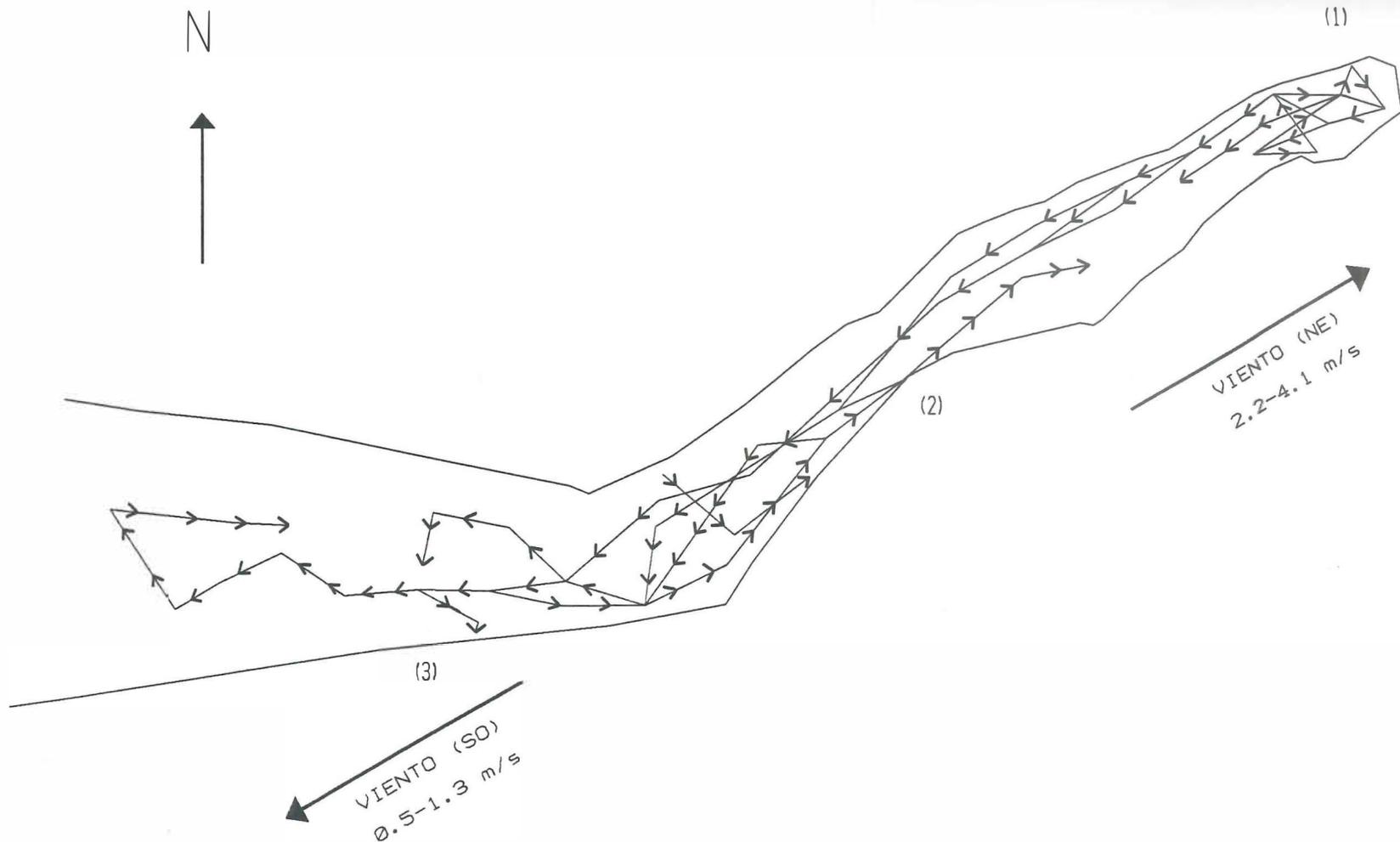


Fig.7 Trayectoria de los flotadores superficiales, de media agua y profundos, con la incidencia de los vientos del NE y del SO. Los números indican la secuencia de la trayectoria.

tido contrario (Fig. 7 (3)).

IV.3.2 Flotadores de Media Agua y Profundos.

Con los vientos del SO, los flotadores siguieron una trayectoria en círculos en el extremo NE de la laguna (Fig. 7 (1)), a una velocidad de 0.6 cm/s. Cuando el viento cambia de dirección (NE), los flotadores se desplazan en contra (Fig. 7 (2)) pero al disminuir la profundidad de la laguna, entre las estaciones 6 y 7, los flotadores cambian de dirección y se desplazan a favor del viento (Fig. 7 (3)) a una velocidad de 1.8 cm/s.

La circulación de la laguna está dividida en dos celdas que dependen de la profundidad de la laguna. La primera celda se extiende del extremo NE al centro de la laguna entre las estaciones 6 y 7 en donde la profundidad es mayor a 50 cm. La segunda celda va del punto anterior al extremo SO en donde la profundidad llega a ser menor a 50 cm. Las dos celdas tienen el mismo comportamiento. En general se forma una corriente superficial en sentido de la dirección del viento; una corriente de retorno, por debajo de la corriente superficial, que va en sentido contrario y otra corriente que sigue la topografía del fondo de la laguna y que fluye en el mismo sentido que la corriente superficial. La corriente superficial viaja más rápido (6.8 cm/s) que la corriente de media agua (4.1 cm/s), la velocidad de la corriente de fondo es mínima (1.5 cm/s) por lo que tiende a acumular a los orga-

nismos en las pozas en donde la profundidad es mayor.

Si el viento tiene una velocidad mayor a 7 m/s, se forma una celda laminar en la superficie de aproximadamente 3 cm de profundidad en sentido de la dirección del viento. Por debajo de la celda laminar se forma otra celda, de mayor profundidad, que circula en sentido contrario a la capa laminar.

En la primavera los quistes se encontraron en el extremo SO de la laguna y en el verano en el extremo NE.

IV.4 Variables fisicoquímicas.

IV.4.1 Comparación de Primavera y Verano.

En primavera la concentración de oxígeno en la superficie fué de 5.8 ppm y disminuyó gradualmente hasta llegar a 1.8 ppm a 2 m de profundidad. El cambio más brusco se observó entre los 90 y 130 cm de profundidad. En verano el oxígeno varió de 4.8 ppm en la superficie a 2.2 ppm en el fondo de la laguna. En promedio hubo una diferencia de 1 ppm entre las dos épocas del año, pero los valores más altos se observaron en primavera (Fig. 8).

En la temperatura no se detectó una diferencia entre las profundidades, aunque en ambas épocas, aumentó ligeramente a partir de los 130 cm. Se observó una diferencia menor a 1°C entre primavera y verano (Fig. 8).

La salinidad tampoco acusó una estratificación vertical, sin embargo, también aumentó a los 2 m de profundidad. Hubo

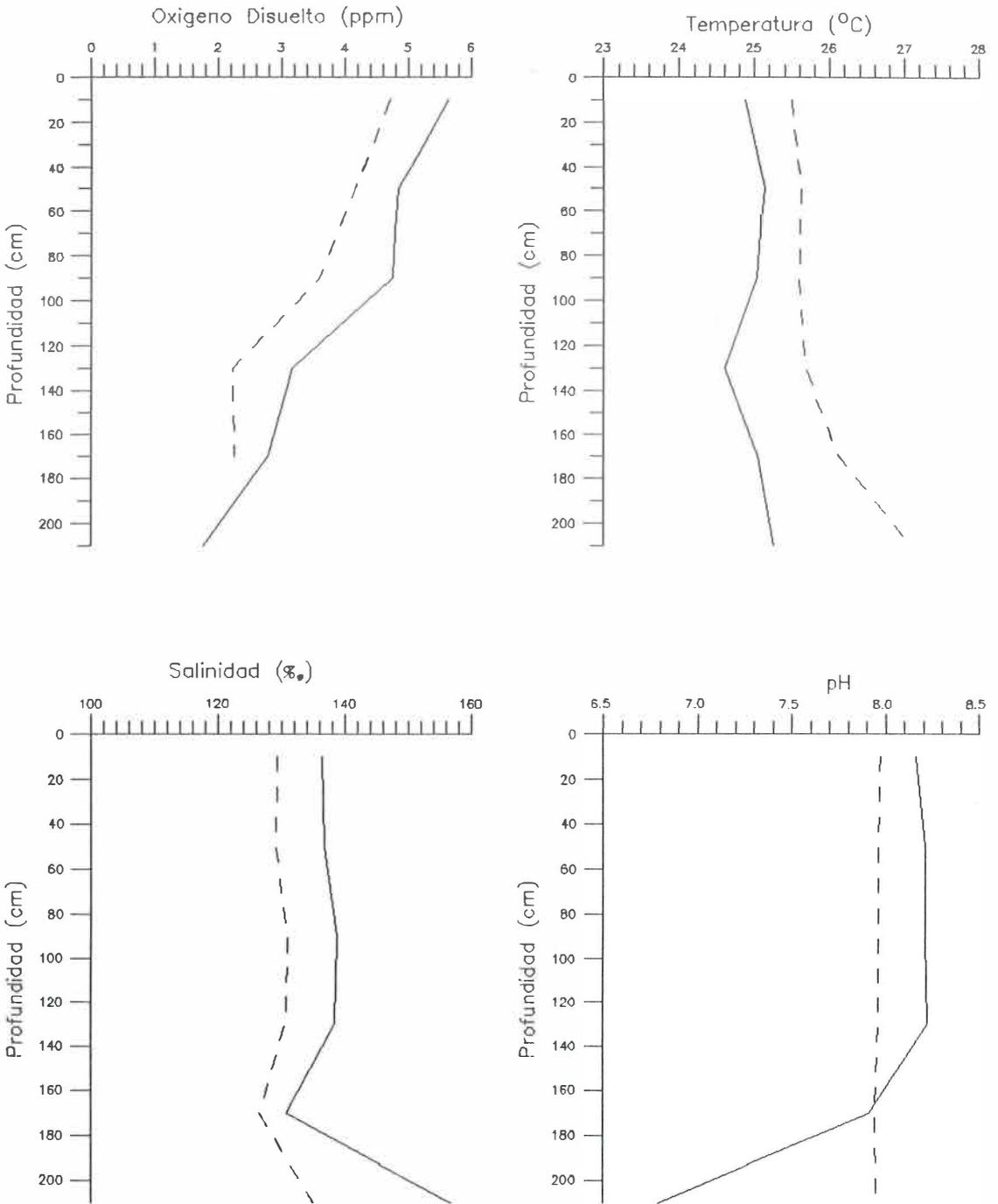


Fig. 8 Distribución Vertical de las variables fisicoquímicas del Médano de San José, B.C. en la primavera y el verano de 1989. (—)=primavera; (---)=verano.

una diferencia de 8%. entre primavera y verano (Fig. 8).

El pH fué ligeramente mayor en primavera y únicamente en esta época disminuyó a 6.8 a los 2 m de profundidad (Fig. 8).

En primavera la temperatura del aire fué de 7.5 y 12 °C en la noche a 22 y 29 °C en el día; en algunas ocasiones la temperatura aumentó a 32-35 °C. Los porcentajes de humedad relativa más altos se registraron durante las noches y oscilaron entre 95 y 100% ; durante el día la humedad relativa fué de 50 a 75% .El rango de variación de la temperatura durante el periodo de muestreo fué de 15 a 25 °C y el de la humedad relativa de 25 a 50% (Fig. 9).

Durante el verano la temperatura del aire osciló entre 10 a 15 °C en la noche y 25 a 30 °C en el día. La humedad relativa fué de 46 a 85% al principio del periodo de muestreo y osciló entre 65 y 100% a partir del 28 de septiembre (M4); en esta fecha se observó una disminución en la temperatura de 2-4 °C que coincide con un aumento en los porcentajes de humedad relativa. La temperatura tuvo un rango de variación de 15 °C y la humedad relativa de 35-40% (Fig. 9).

Durante los muestreos de verano llovió en cuatro ocasiones. El día 15/IX/89, 0.8 ml; el 16/IX/89, 4.8 ml; el 3/X/89, 8.2 ml y el 4/X/89, 9.0 ml.

IV.4.2 Verano.

IV.4.2.1 Distribución temporal.

Las variaciones en el tiempo de las variables fisicoquí-

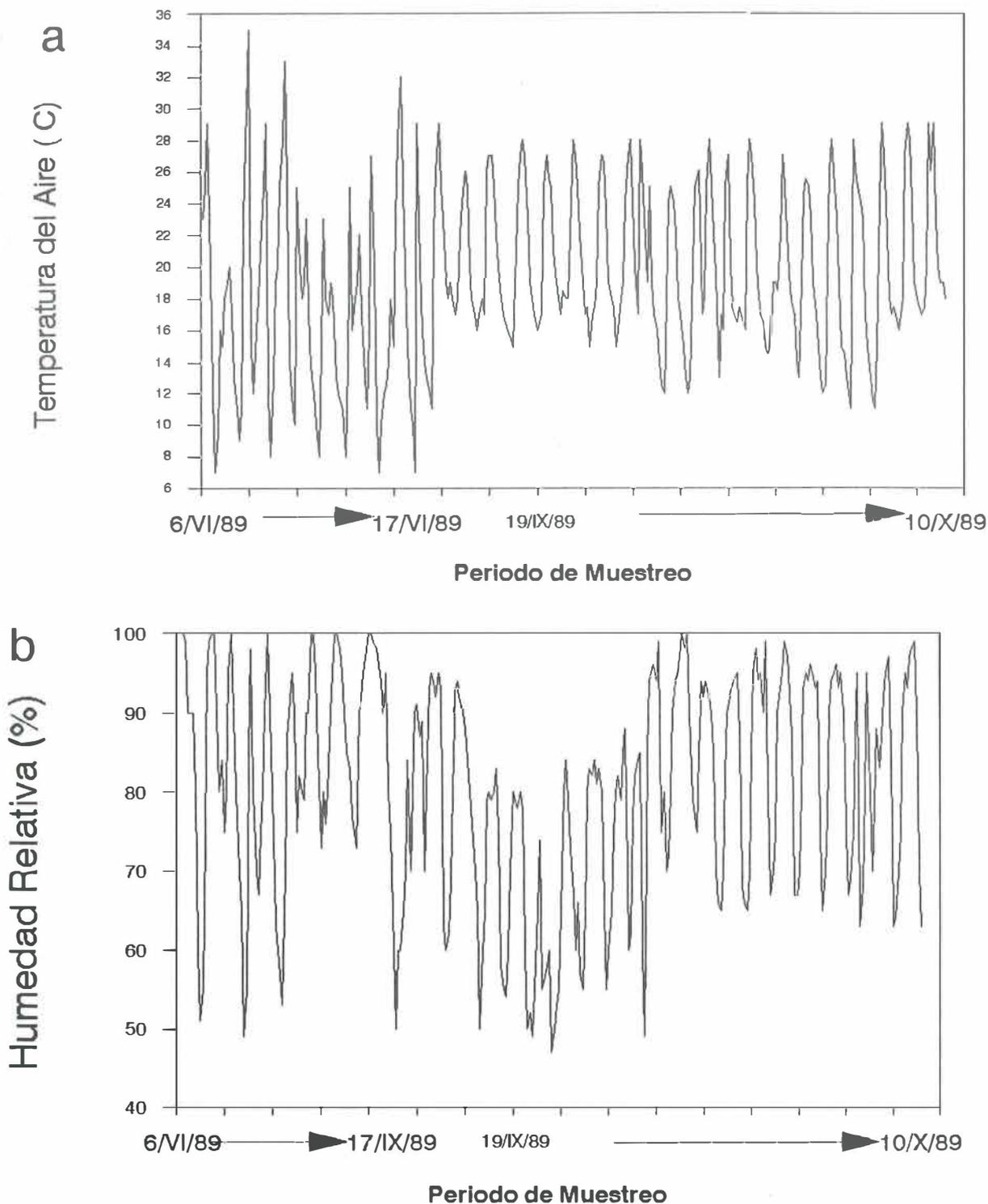


Fig. 9 a) Temperatura del aire (C) y b) Porcentaje de humedad relativa durante los periodos de muestreo en primavera y verano de 1989.

micas en cada estación de muestreo (M) fueron muy similares por lo que sólo se presentan las gráficas de las estaciones 1, 7 y 8.

En las estaciones 1 y 2 se observó un desfase marcado entre la capa superficial y las capas inferiores. Esta diferencia entre las profundidades disminuyó en las estaciones de la zona centro de la laguna (3, 4 y 5) y fué mínima en las estaciones del NE (6, 7 y 8) (Figs. 10 y 11). En general la temperatura de la capa superficial fué menor a la de la capa de fondo. A partir del tercer muestreo, la diferencia entre la capa superficial y el fondo fué más notable y llegó a ser de 3.5°C en el M4 (Fig. 10).

La máxima temperatura fué de 27°C y se registró en el M3. En las estaciones 7 y 8, en donde la profundidad era menor a 50 cm, la máxima temperatura fué de 28.5°C en el M4. Las temperaturas más bajas se registraron durante el M5, en todas las estaciones y fueron de 22.5°C ; sin embargo, en la estación 8 la temperatura mínima fué de 21.8°C (Figs. 10 y 11).

En los dos primeros muestreos, la diferencia en la concentración de oxígeno entre la capa superficial y las capas de media agua y de fondo fué menor a 1 ppm; a partir del M3 la diferencia fué mayor a 1 ppm y en los muestreos 6 y 7 la diferencia entre la superficie y el fondo fué de 3.5 y 2.5 ppm respectivamente. En superficie (10 cm), la concentración siempre fué mayor que en el fondo (Fig. 10).

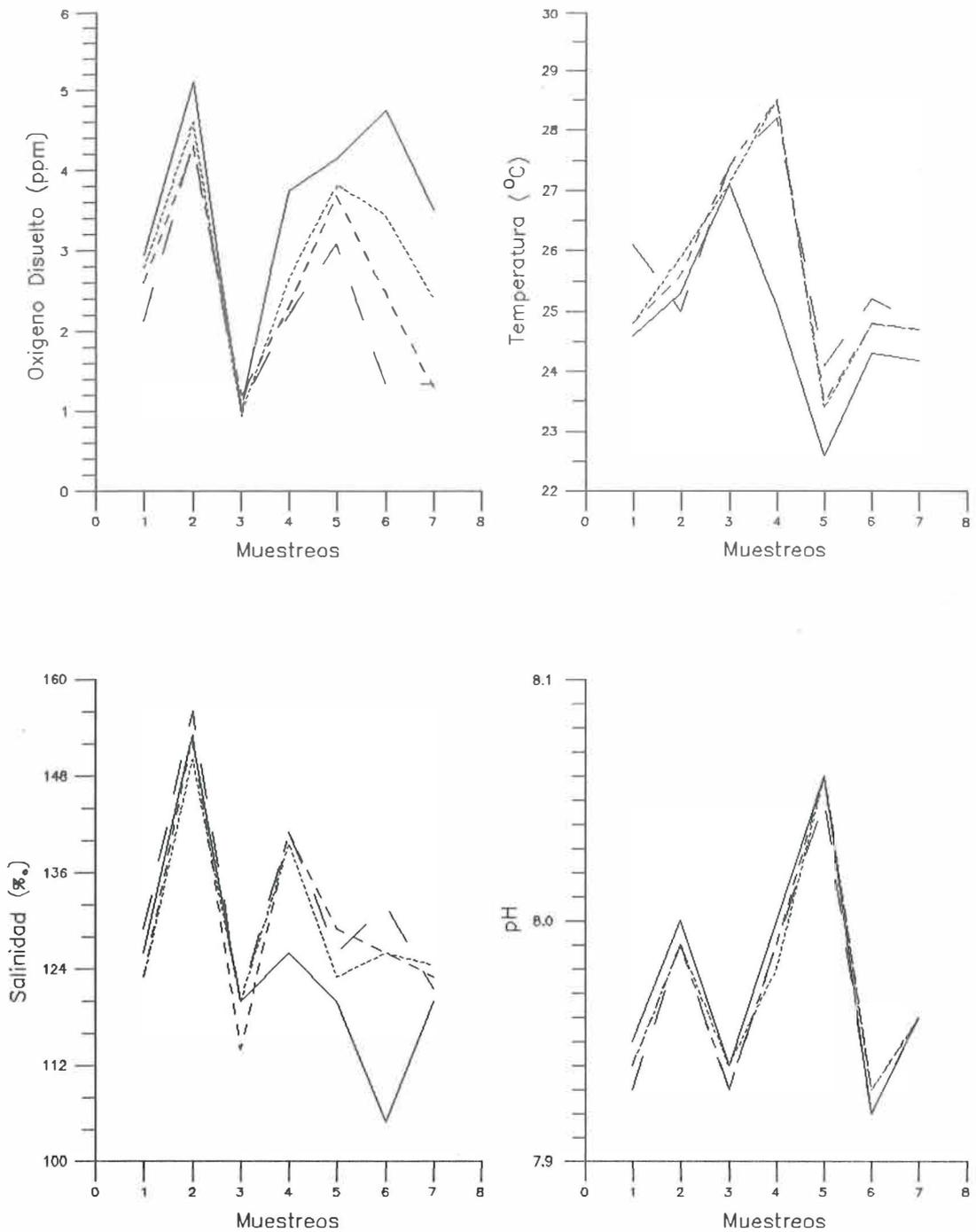


Fig. 10 Variación Temporal de las variables fisicoquímicas en la estación 1 durante el verano de 1989. (---)=10 cm; (.....)=50 cm; (- - -)=90 cm y (— —)=130 cm.

Es importante notar que la concentración de oxígeno en el M3 fué menor a 1 ppm en toda la columna de agua en las estaciones 1 y 2. También se observaron concentraciones bajas (1.3 ppm) en el M6 a 130 cm y en el M7 a 90 y 130 cm de profundidad. Lo anterior se observó únicamente en la estación 1 (Fig. 10).

El rango en la concentración de oxígeno durante el periodo de muestreo fué de 3.3 y 3.8 ppm en las estaciones de los extremos SO y NE de la laguna (1, 2, 7 y 8) y de 2.1 y 2.9 ppm en las estaciones del centro (3, 4, 5 y 6). Durante el periodo de estudio, la máxima concentración fué de 7.3 ppm y la mínima de 0.9 ppm (Figs. 10 y 11).

En la salinidad también se observó diferencia entre la capa superficial y las de media agua y de fondo a partir del tercer muestreo. En las estaciones 1 y 2 esta diferencia fué más notable, sobre todo en el M6, en donde la salinidad disminuyó a 105%. . En el segundo muestreo, aumentó en promedio 30%. en las estaciones ubicadas en el centro y NE de la laguna; sin embargo, en las estaciones del SO, disminuyó 17%. . La diferencia entre la salinidad máxima (168%.) y la mínima (105%), en el periodo de estudio fué de 63%. (Figs. 10 y 11).

El pH tuvo una variación mínima de 7.9 a 8.2 durante los siete muestreos y en todas las estaciones (Figs. 10 y 11).

De acuerdo al comportamiento de las variables físicas en

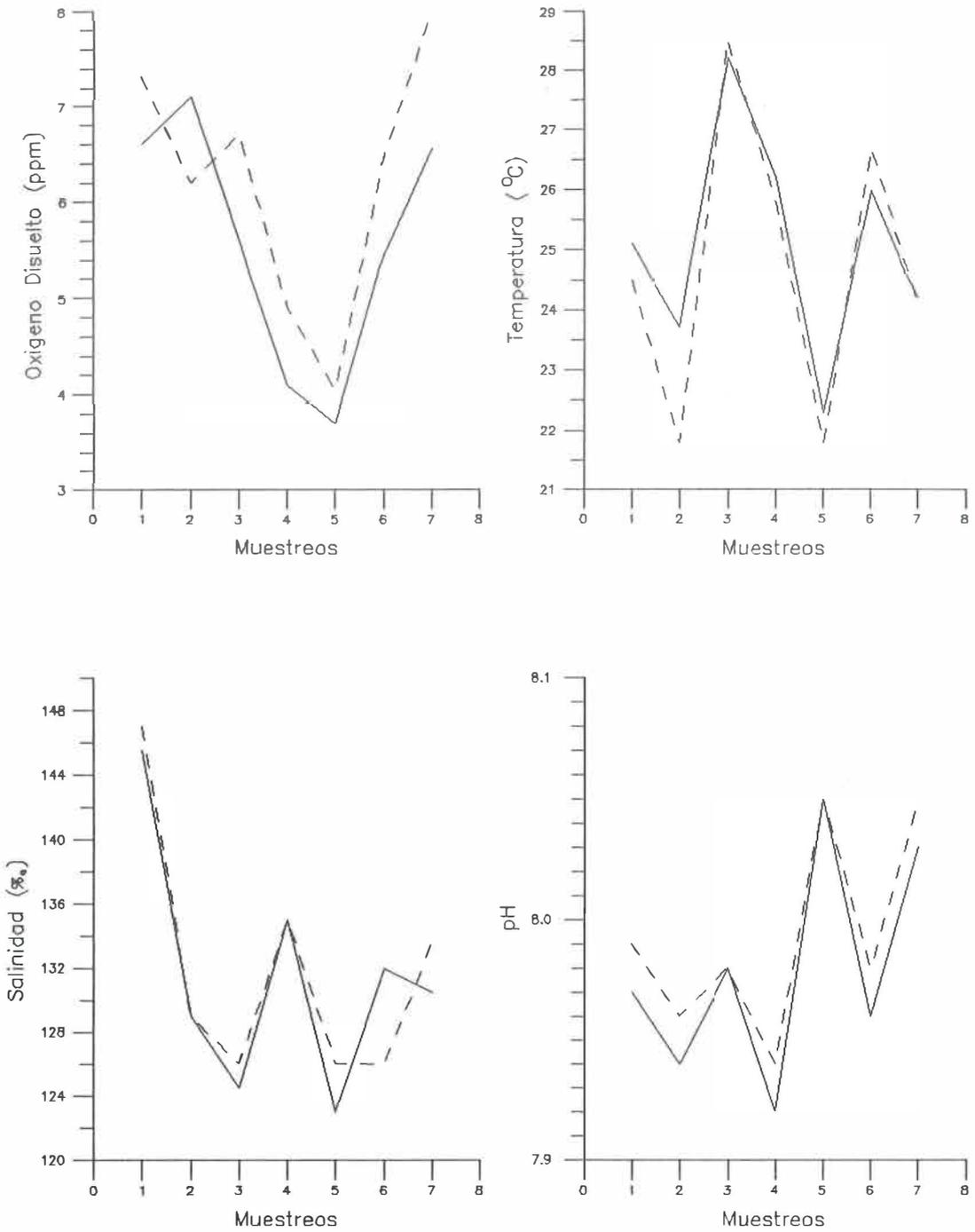


Fig. 11 Variación Temporal de las variables fisicoquímicas en las estaciones 7 y 8 durante el verano de 1989. (—)=estación 7 y (---)=estación 8.

el tiempo, el médano puede dividirse en tres zonas. La zona NE que abarcaría a las estaciones 1, 2, 3 y 4; la zona centro a las estaciones 5 y 6; la zona SO a las estaciones 7 y 8.

Las diferencias que se observaron entre las estaciones resulta de la combinación de la posición de cada estación en la laguna y su profundidad. Así, las estaciones de la zona NE tienen una ligera estratificación que es mayor que en las estaciones del centro y zona SO; esta estratificación es más notable en la estación 1 (Figs. 3, 10 y 11).

Cuando se llega a formar una ligera estratificación de la temperatura en las estaciones del NE y del centro, la temperatura disminuye en la capa superficial; esto se observó principalmente a partir del cuarto muestreo. Esta disminución está relacionada con el decremento de la temperatura ambiental que debido a que el aire fué más frío que el agua, esta perdió calor. Al disminuir la temperatura de la capa superficial, la concentración de oxígeno aumentó en la superficie y disminuyó en el fondo. En la salinidad también se observó una estratificación a partir del cuarto muestreo y esta se debió al aporte de agua dulce por las lluvias que ocurrieron antes y durante el muestreo.

IV.4.2.2 Distribución Horizontal.

Durante los muestreos 1, 2 y 4, la temperatura más alta se registró en el centro y NE de la laguna; en los muestreos 5 y 7, en la zona NE y en el tercero y sexto, al SO (Fig. 12).

La diferencia de temperatura entre las zonas de la laguna varió entre los muestreos. La diferencia mínima fué de 1.2°C (M3) y las más altas fueron de 3.5 (M4), 3.2 (M5) y 2.7 (M1), en el resto de los muestreos fué de 2.1°C (Fig. 12).

La concentración de oxígeno (Fig. 13), fué mayor en la zona suroeste; sin embargo, hubo diferencias en el gradiente entre los muestreos. Los gradientes más altos fueron de 5.5 , 5 y 4 ppm durante el tercero, séptimo y primer muestreos respectivamente, de 3 ppm en el sexto y de 0.9 ppm en el quinto muestreo. En el segundo y cuarto muestreos, la diferencia fué de 2 ppm; sin embargo en el segundo la concentración más alta (7 ppm) se encontró al SO y en el cuarto muestreo la concentración mayor (4.9) se encontró al NE de la laguna.

La distribución de la salinidad (Fig. 14), fué muy variable en todos los muestreos. En los impares la máxima salinidad se observó al suroeste de la laguna; en los pares la salinidad fué máxima en el centro de la laguna y disminuyó hacia los extremos. La diferencia entre las zonas fué de 25 y 37 %. en el primero y segundo muestreos respectivamente y de 6 %. en el M4 y M5, en el resto osciló entre 10 y 14 %.

No se observó diferencia en la distribución del pH en ninguno de los muestreos.

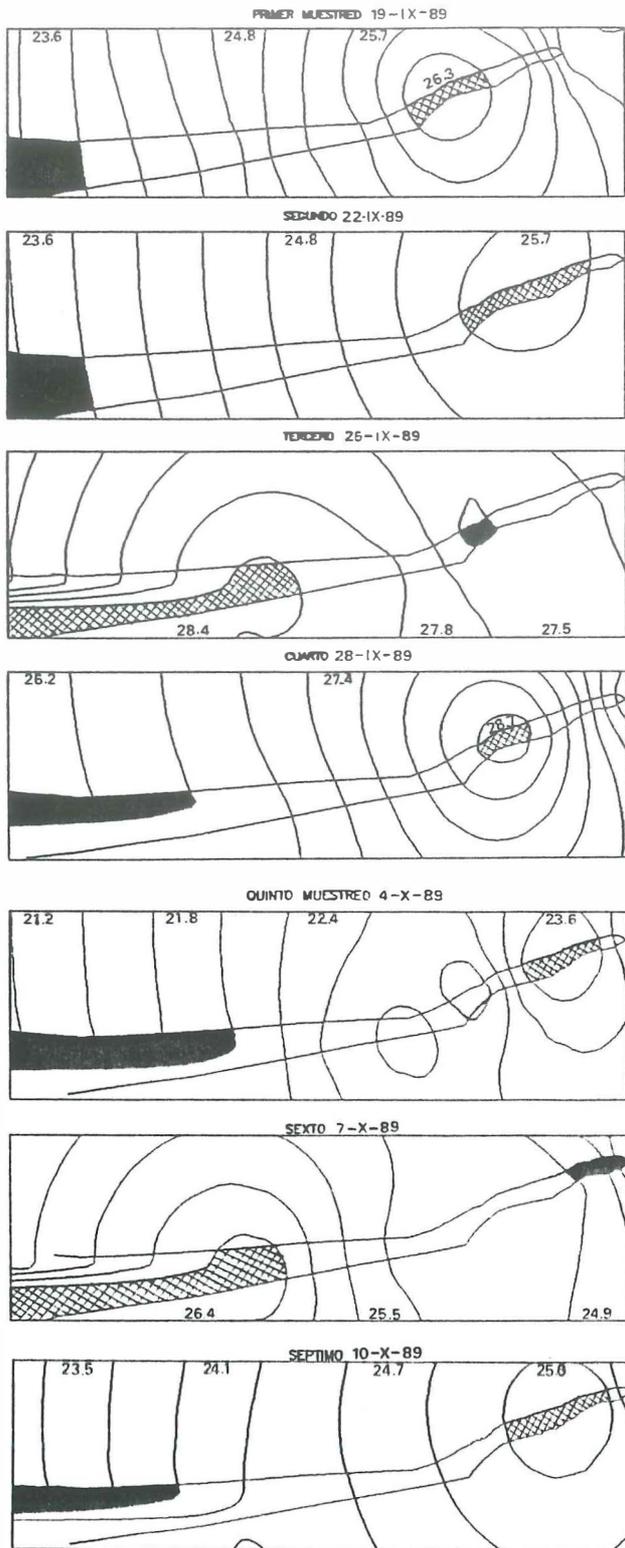


Fig.12 Gradiente horizontal de la Temperatura ($^{\circ}$ C) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la región de máxima (▨) y mínima (■) temperatura. El intervalo de contorno es igual a 0.3° C.

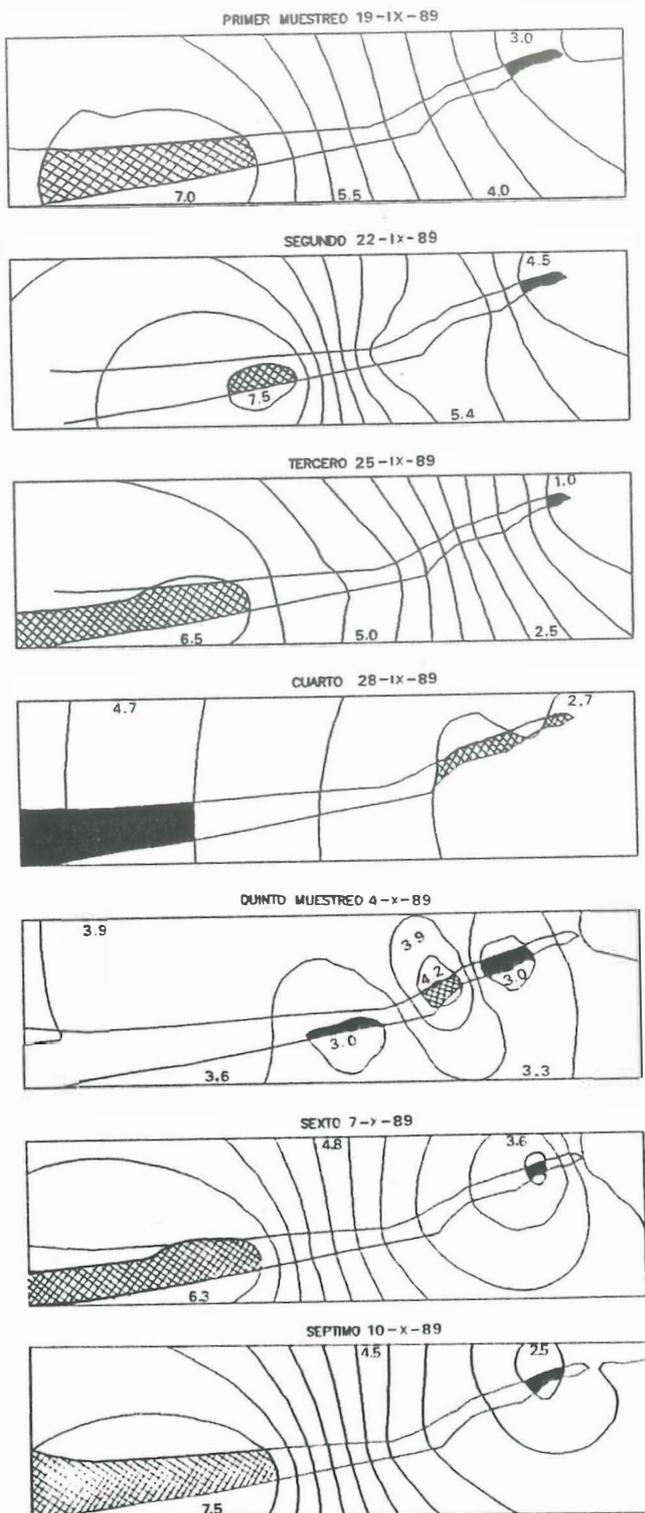


Fig.13 Gradiente horizontal del Oxígeno (ppm) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la región de máxima (■) y mínima (▨) concentración. El intervalo de contorno de los muestreos 1, 3, 4 y 7 es igual a 0.5 ppm y el de los muestreos 2, 5 y 6 es igual a 0.3 ppm.

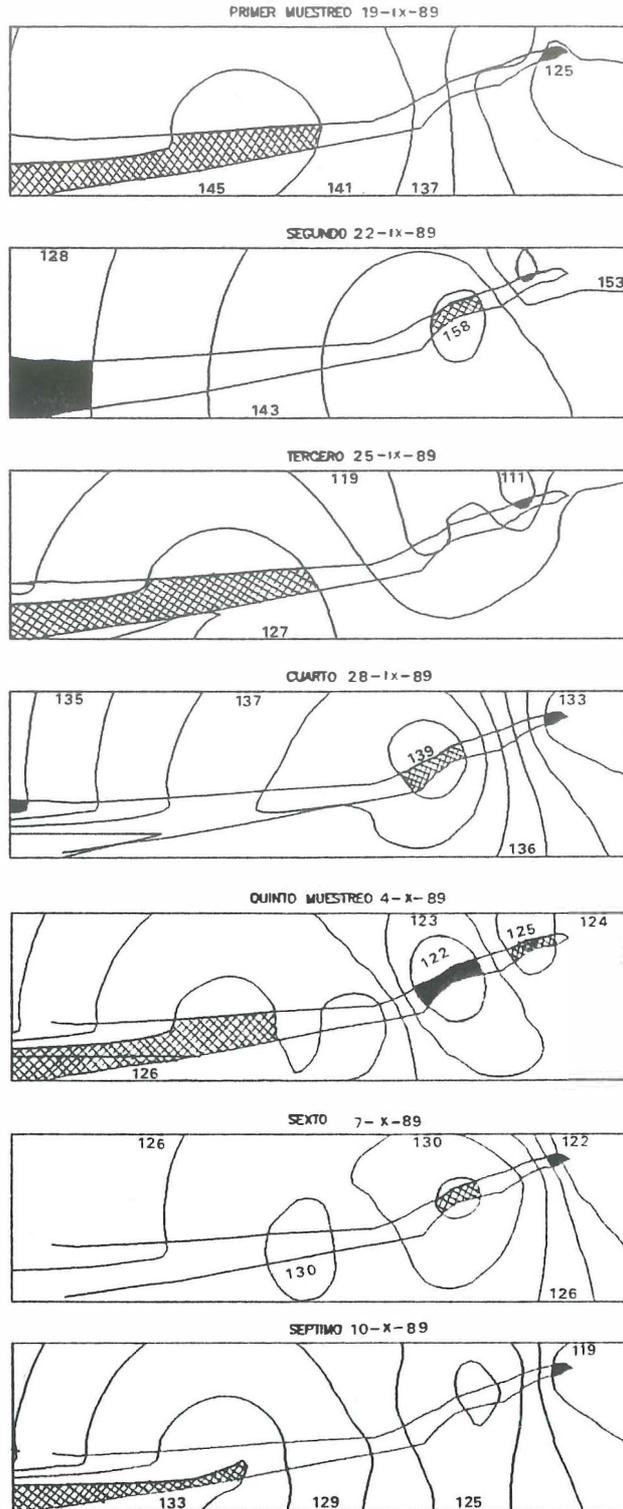


Fig.14 Gradiente horizontal de la salinidad (‰) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la región de máxima (▨) y mínima (■) concentración. El intervalo de contorno del muestreo 2 es de 5‰, el de los muestreos 1 y 3 es de 4‰, el de los muestreos 6 y 7 es de 2‰ y el de los muestreos 4 y 5 es de 1‰.

IV.4.2.3 Variaciones diurna y nocturna.

Al analizar los cambios de las variables físicas durante el día en la estación 1 (Fig. 15), se observa que la temperatura tendió a aumentar de 24.5 °C a las 2 A.M. a 27 °C a las 14 P.M. y disminuyó nuevamente hasta llegar al mínimo en la madrugada. La variación durante el día fue de 2.5 °C. Se observó un ligero desfasamiento de la capa superficial a las 8 A.M. y 14 P.M. (Fig. 15).

La concentración de oxígeno durante la noche fué de 4.5 ppm y disminuyó a 2 ppm durante el día. El intervalo de variación fué de 2.5 ppm. Existe una ligera estratificación durante el día que fué más notable a las 14 PM y que crea una diferencia de 2.5 a 3 ppm entre la superficie y el fondo de la laguna (Fig. 15).

La salinidad tuvo el mismo comportamiento que el oxígeno y varió de 90 a 140%. También existe una estratificación durante el día que fué notable a las 14 P.M. porque se forma una capa superficial de menor salinidad (90%) y otra a mayor profundidad de 110-115%. (Fig. 15).

El pH tuvo una variación mínima durante el día de 7.9 a 8.1 y no hubo diferencias entre las profundidades (Fig. 15).

En general todas las variables se comportaron igual, en el tiempo, que en la estación 1, sin embargo, se observó una estratificación diferente. En la estación 1 hubo una estratificación marcada a cierta hora del día; esta estratificación fué menos notoria en las estaciones 2 a la 5

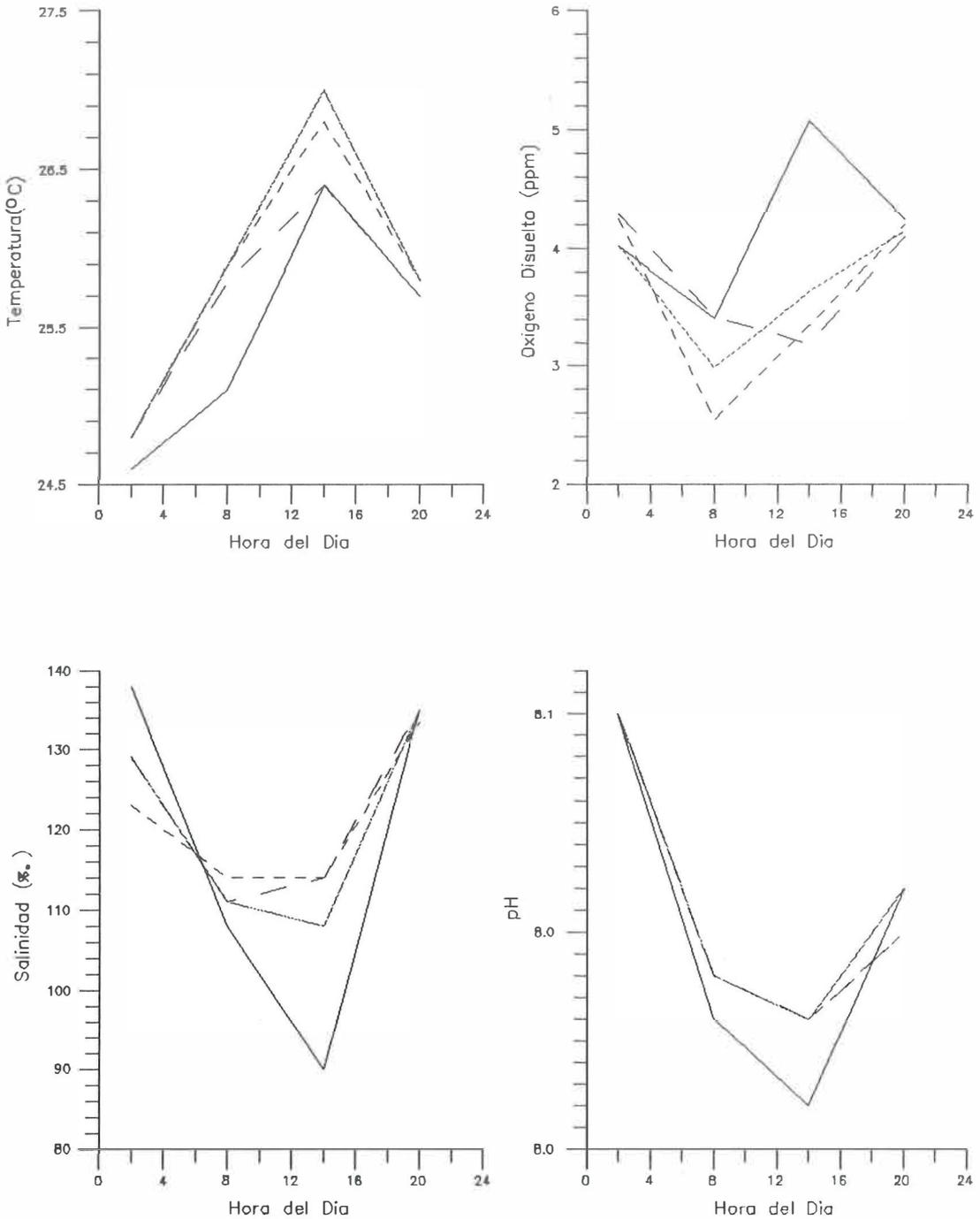


Fig. 15 Variación diurna-nocturna de las variables fisicoquímicas en cuatro horas diferentes del día en la estación 1. (---)=10 cm; (.....)=50 cm; (- - -)=90 cm y (— —)=130 cm.

y casi desaparece en las estaciones 6, 7 y 8.

Durante el día, el comportamiento de las variables fisicoquímicas varió mucho entre estaciones (Fig. 16); la diferencia de la temperatura y el oxígeno fue menor en las primeras estaciones y aumentó hacia las últimas estaciones; con la salinidad sucedió lo contrario, las primeras estaciones variaron más durante el día. No se observaron diferencias en el pH.

A las 2 AM hubo una diferencia de 2°C entre las primeras estaciones y las últimas, a las 8 AM la diferencia fué de 5.5°C y disminuyó a 1°C a las 14 y 20 PM. La máxima variación en la concentración de oxígeno se observó a las 14 y 20 PM con una diferencia de 4 ppm entre estaciones; de las 2 a las 8 AM la diferencia fué de 1 ppm. La salinidad varió 10% a las 2 AM y 20 PM, 15% a las 8 AM y 30 % a las 14 PM; estas variaciones se observaron principalmente en las estaciones 1, 2 y 3 (Fig. 16).

IV.5 Producción Primaria (PP).

IV.5.1 Primavera.

En la figura 17 se puede observar la PP a 10 cm de profundidad fué menor en el primer muestreo y aumentó ligeramente hacia el cuarto muestreo. La zona de mayor producción se encontró entre los transectos T1 y T6, en el extremo NE de la laguna y el valor más alto fué de $3100\text{ mgC/m}^3/\text{d}$; entre el T7 y el T14, zona centro, la producción

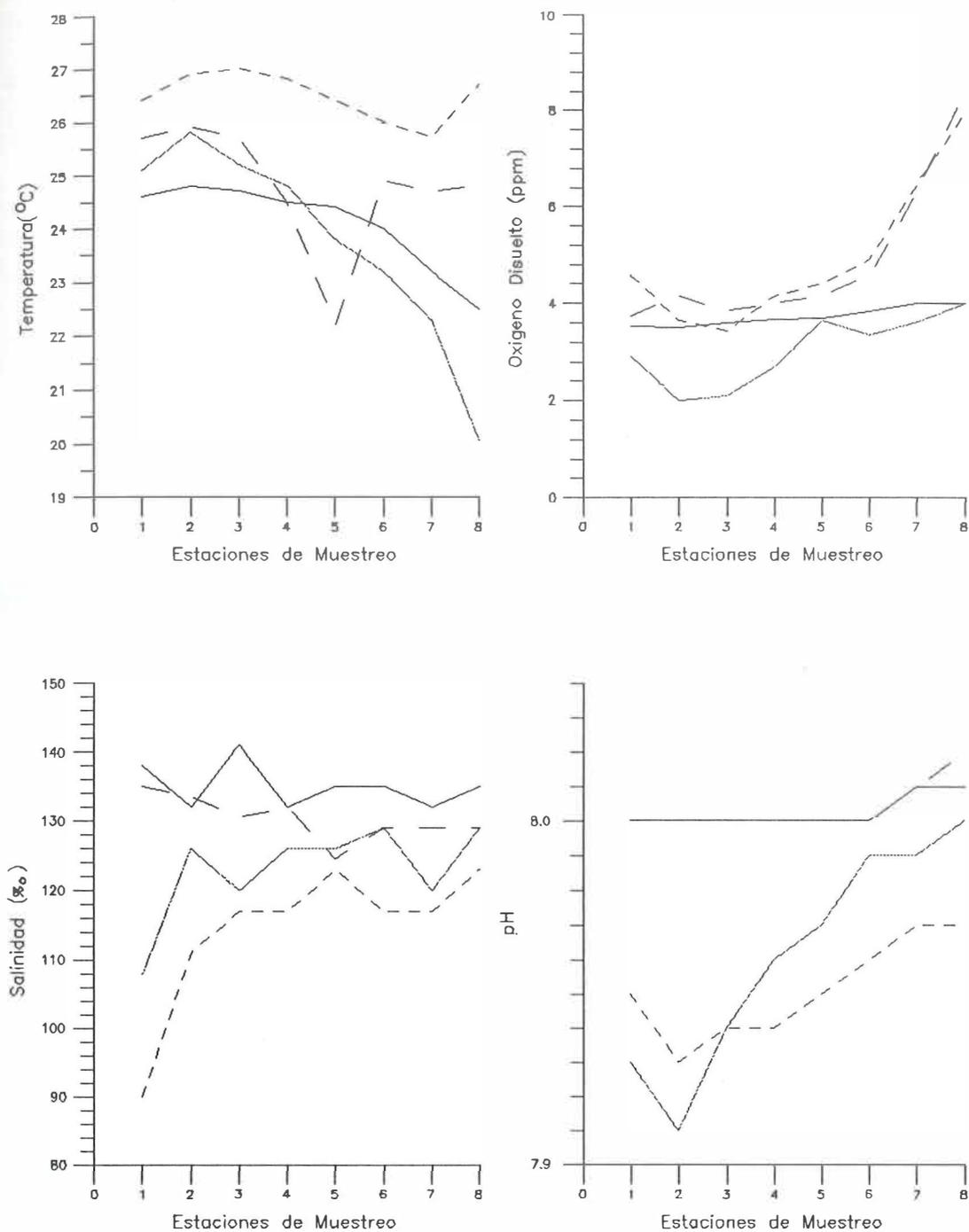


Fig. 16 Variación diurna-nocturna de las variables fisicoquímicas a lo largo de la laguna a 10 cm de profundidad. Cada línea representa la hora del día en que se realizó el muestreo. (---)=2 A.M.; (.....)=8 A.M. (- - -)=14 P.M. y (— —)=20 P.M.

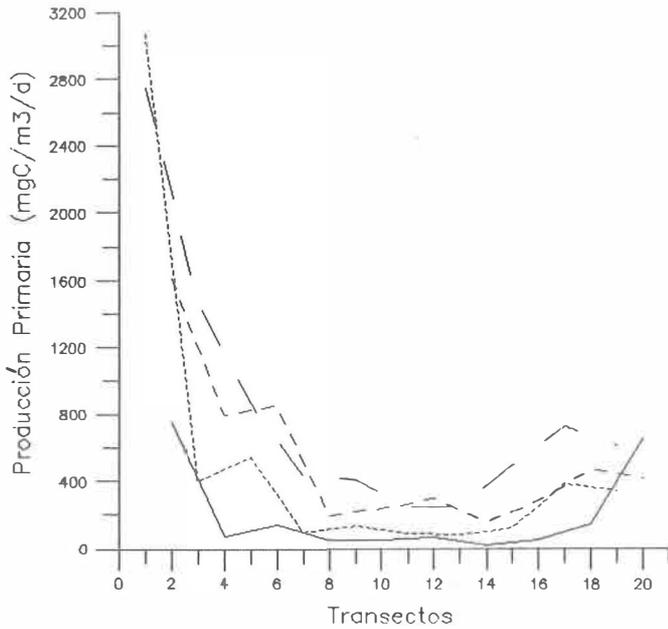


Fig. 17 Producción Primaria en el médano, de San José en la primavera de 1989 a 10 cm de profundidad. Cada línea representa un muestreo. (---)=primero; (.....)=segundo; (-.-.-)=tercero y (— —)=cuarto.

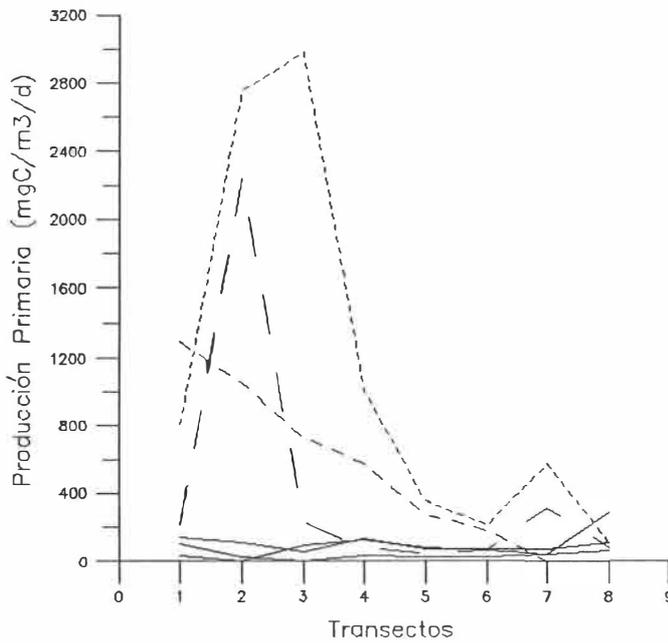


Fig.18 Producción Primaria promedio de todas las profundidades en el médano de San José durante el verano de 1989. Cada línea representa un muestreo. (---)=primero, segundo y quinto; (.....)=tercero; (---)=cuarto y (— —)=sexto.

fué similar de 50 a 400 mgC/m³/d; a partir del T15 y hasta el T20 la producción aumentó paulatinamente de 100 a 800 mgC/m³/d.

IV.5.2 Verano.

Durante los muestreos 1, 2 y 5 la PP fué homogénea en toda la laguna; en los muestreos 3,4 y 6 aumentó del T1 al T4, disminuyó paulatinamente hacia el T11 y volvió a aumentar ligeramente hasta el T18. El valor más alto fué de 3100 mgC/m³/d en el extremo NE de la laguna y los valores más bajos de 0 a 200 mgC/m³/d en el centro (Fig. 18).

La distribución vertical fué similar en los muestreos 1, 2 y 5. En el tercero y cuarto muestreos fué notorio el aumento a 10, 50 y 90 cm de profundidad y en el sexto únicamente aumentó a 10 cm. A 130 cm hubo poca diferencia entre los muestreos ya que osciló de 100-280 mgC/m³/d, únicamente en el quinto fué muy baja (10.3 mgC/m³/d). Los valores más altos se observaron en el tercer muestreo en todas las profundidades (Fig. 19).

Un análisis por estratos (Fig. 20a), indica que en el estrato C se encontró la mayor PP (380 a 843 mgC/m³/d). A 10 cm de profundidad la PP fué mayor en el estrato C, a 50 cm la PP fué la misma en los estratos A y C (380 mgC/m³/d) y menor en el B (180 mgC/m³/d), sin embargo, la PP del estrato B fué mayor a 90 cm.

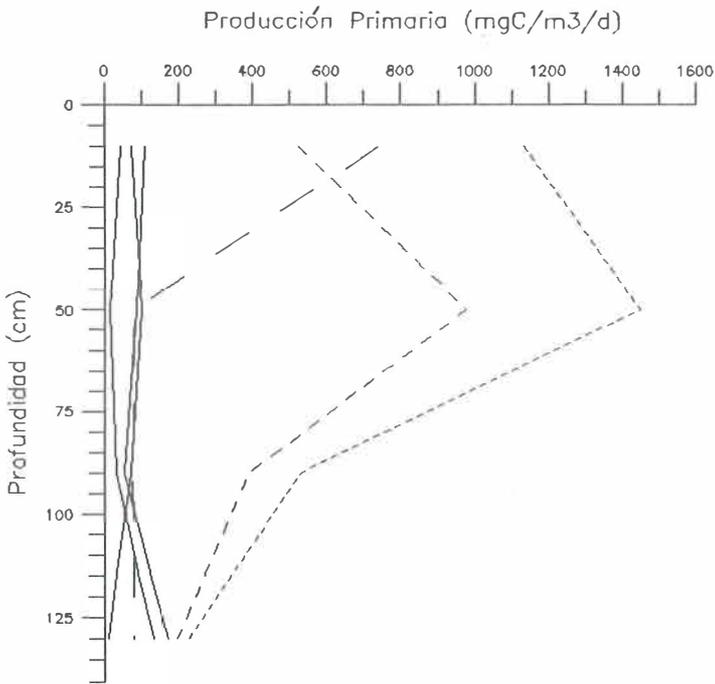


Fig. 19 Distribución Vertical de la Producción Primaria en el médano de San José en el verano de 1989. Cada línea representa un muestreo. (---)=primero, segundo y quinto; (······)=tercero; (-·-·-·)=cuarto y (— —)=sexto.

IV.6 Biomasa.

IV.6.1 *Artemia*.

A 10 y 50 cm de profundidad la biomasa fué mayor en los estratos A y C (5.5 y 4.5 mg/l) respectivamente, sin embargo, a 90 y 130 cm en el estrato B se observó la mayor biomasa (2.5 y 4 mg/l) respectivamente (Fig. 20b).

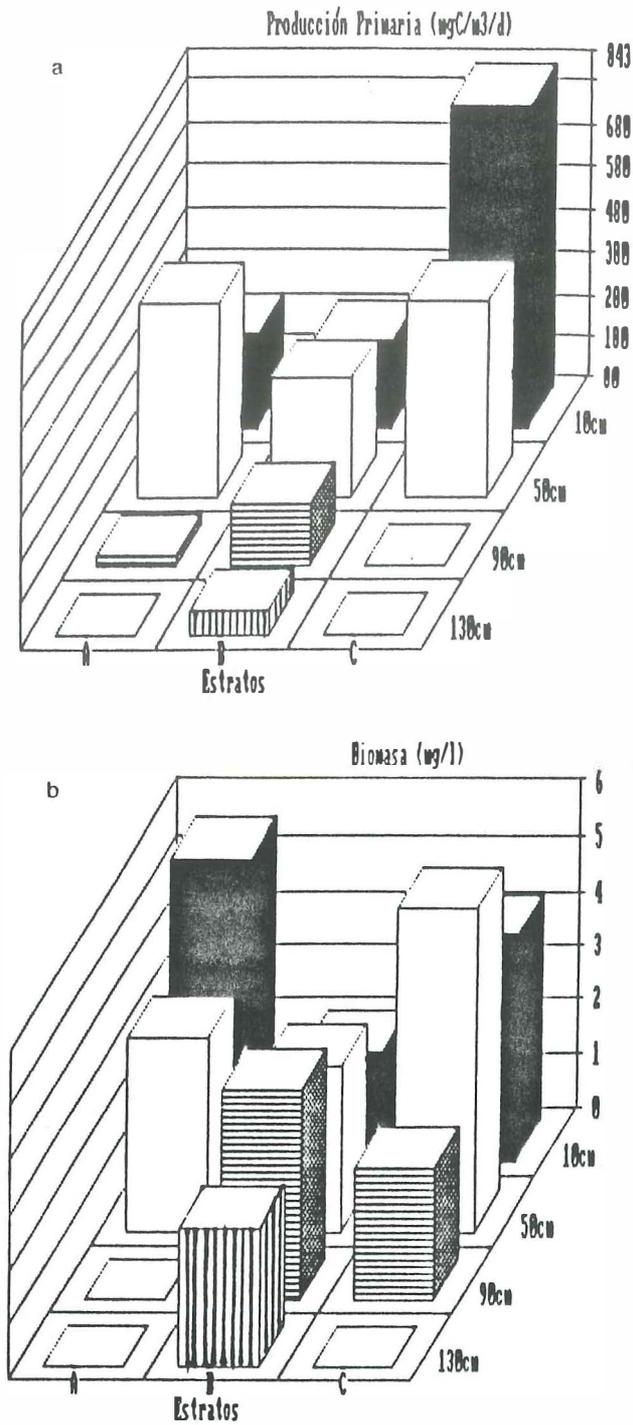


Fig. 20 (a) Producción Primaria (mgC/m³/d) y (b) Biomasa (mg/l) de Artemia en los estratos A, B y C y en cada profundidad en verano de 1989.

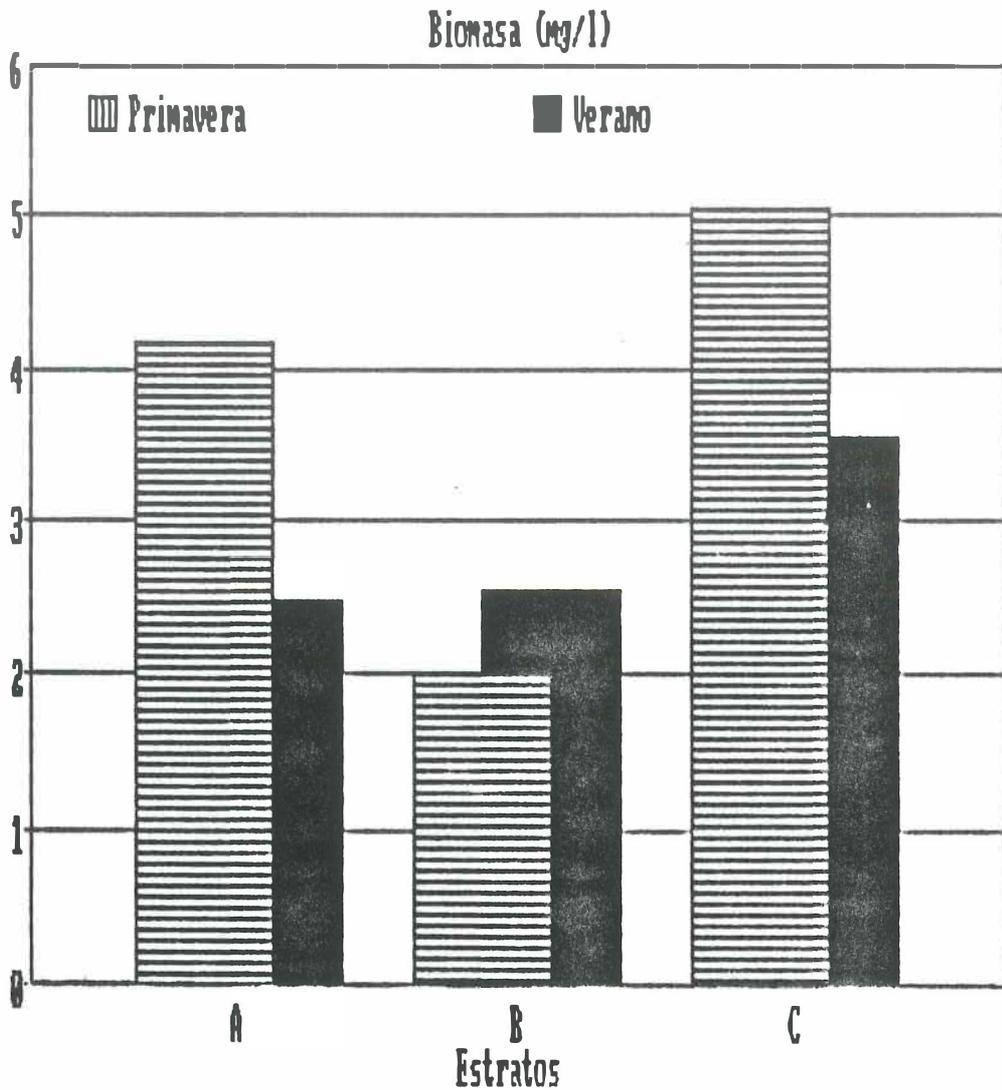


Fig. 21 Biomasa (mg/l) de *Artemia* en los estratos A, B y C, durante los muestreos de primavera y verano de 1989. Los valores son el promedio entre las profundidades de cada estrato.

Para comparar primavera con el verano, en la figura 21 se muestra el promedio de todas las profundidades en cada estrato. En los estratos A y C la biomasa fué mayor en primavera (4 y 5 mg/l) respectivamente y menor en verano (2.5 y 3.5 mg/l). En el estrato B la biomasa fué mayor en verano aunque la diferencia fué de 0.5 mg/l.

La biomasa total de la laguna en primavera no tuvo una tendencia a aumentar o disminuir en el tiempo y osciló entre 19 y 39.1 Kg de peso seco. En verano la biomasa se incrementó paulatinamente de 22.4 Kg en el primer muestreo (19/IX/89) a 46.2 Kg en el séptimo muestreo (10/X/89). En promedio, la diferencia en la biomasa total de la laguna entre primavera y verano fué de 3.2 Kg (Tabla I).

Tabla I. Biomasa total de *Artemia* en Kg de peso seco durante siete muestreos en primavera y verano. D.E. = desviación estándar.

MUESTREOS	PRIMAVERA	VERANO
1	32.4	22.4
2	28.1	32.9
3	24.7	29.6
4	26.2	29.4
5	19.0	33.9
6	36.8	34.8
7	39.1	46.2
PROMEDIO	29.5	32.7
D.E.	6.5	6.6

IV.6.2 Quistes.

La biomasa total de quistes en la columna de agua varió de 0.20 a 2.06 Kg durante las dos épocas de muestreo, únicamente el día 4/X/89 se observó que aumentó al doble (4.49 Kg) (Tabla II).

Tabla II. Biomasa Total (Kg) de quistes de *Artemia* de la columna de agua durante los muestreos de primavera y verano de 1989.

FECHA DE MUESTREO	BIOMASA TOTAL (KG)
6/VI/89	0.71
11/VI/89	1.17
13/VI/89	2.06
15/VI/89	2.00
17/VI/89	0.19
19/IX/89	0.58
22/IX/89	0.43
25/IX/89	0.25
28/IX/89	0.66
4/X/89	4.49
7/X/89	0.75
10/X/89	0.20

En general en las orillas del médano la biomasa de quistes colectados fué mayor (15.9-49.5 g/m²) que en la columna de agua (1.5-3 g/m²). El transporte de los quistes por las corrientes hacia la orilla es muy fuerte, de tal manera que el número de quistes que permanece en la columna de agua es menor al que se deposita en las orillas del médano (Tabla III).

Tabla III. Biomasa de quistes de *Artemia* colectados con diferentes tipos de colectores y en diferentes zonas del médano.

Fecha de Colecta	Tipo de Colector	Zona de Colecta	Sup.Total (m ²)	Peso Seco (g)	g/m ²
5/X/89	Manta-C1	T1-T2	2.7	4.0	1.5
5/X/89	Manta-C2	T1-T2	2.7	8.3	3.0
11/X/89	Manta-C1	T1-T2	2.7	5.6	2.1
11/X/89	Manta-C2	T1-T2	2.7	5.6	2.0
23/IX/89	Manta	Zona B1	4.0	64.9	15.9
23/IX/89	Tierra	Zona B1	4.0	136.8	33.5
30/IX/89	Manta	Zona B	0.9	23.1	25.7
30/IX/89	Malla	Zona B	0.6	29.7	49.5

En la zona B₁ (Fig. 6) la biomasa de los quistes colectados directamente en la tierra (15.9 g/m²), fué el doble que la de los quistes colectados con la manta. Esta diferencia se debe a que los quistes que quedan atrapados en la manta son los que producen las hembras en ése momento o poco tiempo antes, sin embargo, los quistes que se encuentran en las zonas que ya están secas son los que se han acumulado por varias generaciones en varios años (Tabla III).

En la zona B (Fig. 6) la malla fué más eficiente como colector lo cual está relacionado con su posición; la malla se colocó perpendicular al suelo o en forma de cortina y la manta horizontal sobre el suelo. Los quistes chocan con la cortina, se adhieren y se acumulan en forma vertical, sin embargo, si la manta está horizontal, cada vez que llega una ola, es posible que sobrepase el límite anterior y lave los quistes que estaban adheridos (Tabla III).

Tabla IV. Valores comparativos de biomasa y densidad de algunas lagunas saladas en donde actualmente: a) se extrae *Artemia* y b) no se extrae.

Laguna	Area (Km ²)	Biomasa (Artemia) (Quistes)		Densidad (ind/l)
Kuyal'nitskiy ^a	74	0.6g/l	8,800kg	370
Vedaranyam, Ind. ^b	—	1.1g/l	—	200
Cundare, Aus. ^b	3	1g/m ²	.07g/m ²	1x10 ⁴ /m ²
Pink, Aus. ^a	.13	11g/m ²	2.5g/m ²	6x10 ⁴ /m ²
Abert, Org. ^a	200	7x10 ⁶ kg 14mg/l	—	5-8
Grassmere, N.Z. ^a	2.3	12x10 ³ kg 5mg/l	—	—
Boca Chica, Ven. ^b	.19	—	—	16-54
Veppalodai, Ind. ^a	.05	—	200kg	1-9
Tuticorin, Ind. ^b	.004	—	—	0-15
* San José, B.C. ^b	.013	31.1kg 5mg/l	1.12kg 2g/m ²	1) 380 2) 2-20

* laguna de este estudio

1) densidad total de la población

2) densidad de adultos

Con las mantas, se observó que en la zona B se obtuvo una biomasa de quistes mayor (25.7 g/m²) que en la zona B₁ (15.9 g/m²) (Tabla III). La zona B fué el lugar en donde encallaron todos los flotadores a la deriva sin importar en que punto de la laguna comenzaran la trayectoria (Fig. 6).

IV.7 Observaciones de Campo.

En esta sección de los resultados se reportan las observaciones que no tuvieron un seguimiento sistemático pero que son importantes para entender la dinámica del médano y de la población de *Artemia*.

Debido a la gran cantidad de materia orgánica disuelta y a la densidad del agua tan alta, el viento forma espuma a la que se adhieren los quistes y de ésa forma son transportados a la orilla del médano.

Además del patrón general de corrientes, en los bordes del médano se forman vórtices en donde se concentran una gran cantidad de *Artemias* que nadan libremente, es decir, sin ser afectadas por la corriente.

En los bordes de la zona noreste del médano se observó el proceso de infiltración de agua del manto freático ya que el cambio en la densidad del agua era notorio; esto se corroboró al medir la salinidad de varias muestras tomadas en diferentes puntos y que fué entre 7 y 14 %. con respecto a la salinidad imperante (112-160 %.) .

Durante el muestreo del día 4/X/89 que llovió, se midió la salinidad de la capa laminar superior a lo largo de la laguna, entre 2 y 5 cm de profundidad y se observó que era de 50 a 70 %. ; esto indica que la acción del viento mezcla paulatinamente la laguna por lo que es posible notar en superficie los efectos de un evento climatológico como la lluvia.

Para seguir el ciclo de vida de la población, se colocaron nauplius dentro de unas cajas de 30 X 20 cm con dos paredes forradas con una malla de 108-114 micras. Todos los nauplius murieron y creemos que se debió a que tenían que gastar mucha energía para mantenerse en el centro de las cajas y no ser arrastrados por la corriente contra las paredes.

Se realizó un experimento para saber si los quistes que se encontraban en la columna de agua podían eclosionar a ésa salinidad. Se colocaron los quistes en 10 frascos con salinidades desde 0 hasta 130 ‰, no había intercambio de agua con el medio pero se mantuvieron dentro del médano para que las condiciones climáticas fueran las mismas. Se escogió una escala del 1 al 10 para estimar la cantidad de nauplius observados. Después de cuatro días se observó que el mayor número de quistes eclosionaron entre 37 y 66%. . A 0 ‰., 129 y 135 ‰. la eclosión fué muy baja (Tabla V).

IV.8 Dinámica de la Población.

IV.8.1 Estructura de la Población.

Del 6 al 11 de junio la abundancia relativa (A.R.) de los metanauplius fué de 60% y predominó sobre los otros estadios; la abundancia de los juveniles fué de 17.5% y no varió durante este periodo. La abundancia de quistes disminuyó y la de nauplius aumentó, sin embargo, la suma de estos dos estadios que indicaría el reclutamiento total de la poblaci

Tabla V. Número de nauplius que eclosionaron a diferentes salinidades dentro del médano. La escala de los nauplius se extiende del 1 (menor número) a 10 (mayor número).

SALINIDAD (%.)	NO. DE NAUPLIUS (Escala del 1 al 10)
135	0.5
129	0.5
98	2.0
94	2.0
66	8.0
67	8.0
37	9.0
35	8.5
7	5.0
0	0.5

ción, permaneció constante (16%); la abundancia de machos y hembras fué menor a 3%; es decir, que en 7 días la estructura de la población no cambió (Fig. 22a).

Para el día 13/IV/89, el aumento en la A.R. de quistes fué considerable (36%) y si se agrega la abundancia de los nauplius (9.5%) se observa que el reclutamiento aumentó a 45.5%. La A.R. de metanauplius disminuyó a 20% por lo que se esperaba que la de juveniles aumentara, sin embargo, disminuyó a 16%; esto podría indicar que la mortalidad del estadio de metanauplius es muy alta. La A.R. de los machos y de las hembras aumentó a 11.2% y 6.8% respectivamente, explicando así la disminución en la abundancia de los juveniles y el aumento en la abundancia de los quistes y de los nauplius (Fig. 22a).

El reclutamiento de los quistes aumentó hacia el día

15/VI/89 que aunado a los nauplius fué de un 49% ; es en esta fecha donde se observó el máximo reclutamiento de la población. La abundancia de los metanauplius aumentó nuevamente a 26.8% pero la de los juveniles siguió constante. La abundancia de machos y hembras disminuyó a 3.5% (Fig. 22a).

El 17/VI/89 el reclutamiento disminuyó considerablemente a 10.8% y estuvo representado especialmente por los nauplius. El porcentaje de los metanauplius volvió a aumentar a 61.4% y el de los juveniles se incrementó ligeramente a 21.6% ; esto puede indicar que existe un desfase o retardo en la incorporación de metanauplius a juveniles por diferencia de edad y mortalidad de los primeros (Fig. 22a).

Durante el periodo de verano la A.R. de los metanauplius siempre fué mayor a 60% y únicamente disminuyó a 48.6% en una ocasión (4/X/89); sin embargo, se observó que existe un ciclo ya que del día 19 al 25 de septiembre el porcentaje disminuyó, el día 28 aumentó a 87.3% y vuelve a formarse otro ciclo hacia el día 10/X/89 (Fig. 22b).

El reclutamiento estuvo representado principalmente por los nauplius y se pueden observar dos picos de mayor abundancia (7.5%) los días 25 de septiembre y 7 de octubre. La A.R. de los quistes fué de 1 a 2% y únicamente el 14/X/89 se observó un aumento considerable a 36.3% (Fig. 22b).

Se observó una sincronía entre los metanauplius y los

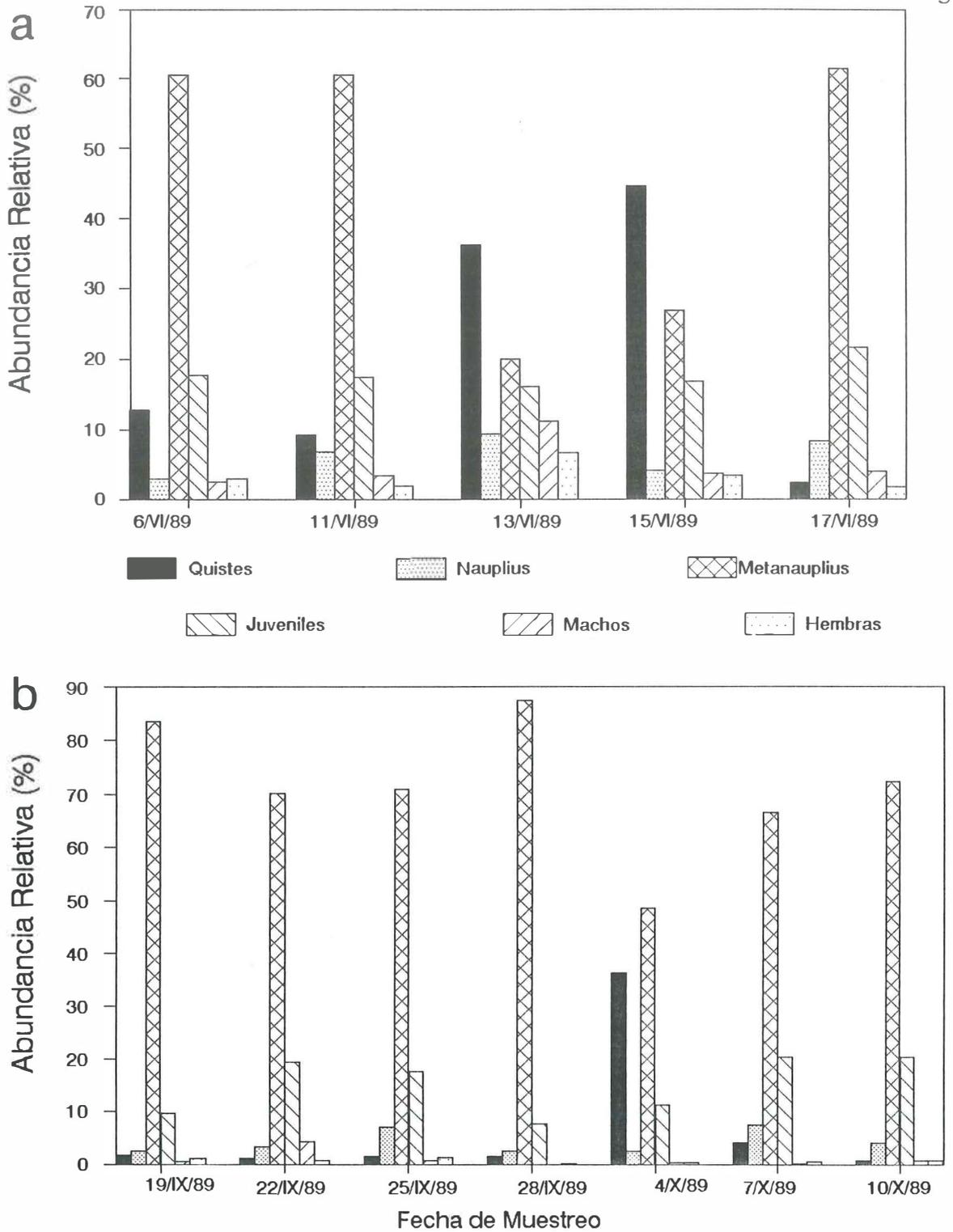


Fig. 22 Abundancia relativa en el tiempo de las diferentes clases se edad de *Artemia*. a)muestrs realizados en primavera de 1989 y b)muestrs de verano del mismo año.

juveniles ya que cuando los metanauplius disminuyeron los juveniles aumentaron y viceversa; sin embargo, entre los juveniles y los adultos no se observó lo mismo pues al disminuir la abundancia de los juveniles, los adultos no aumentaron (Fig. 22b).

Es interesante notar que los cambios en el porcentaje de A.R. de los nauplius fué cíclico y cada 6 a 9 días alcanzaron un máximo y volvieron a disminuir. Este patrón no se observó en los quistes (Fig. 22 a y b).

Que la abundancia relativa de los metanauplius haya predominado en la mayoría de los muestreos se debe a que dentro de este grupo se incluyeron a los estadios metanauplius I, II, III y IV; esto dió como resultado que este intervalo de clase fuera mayor que el de los otros estadios (Fig. 22 a y b).

IV.8.2 Distribución horizontal.

En el primer muestreo la mayor concentración de nauplius (14-17 ind./l) se encontró en ambos extremos de la laguna, NE y SO; en el centro la concentración fué menor (7-9 ind./l). Para el segundo muestreo, la zona de mayor concentración se desplazó hacia el centro (11-15 ind./l) y NE (25-27 ind./l). En el tercero, la concentración de nauplius fué cero en el extremo NE y máxima (24-32 ind./l) en el centro y SO. En el muestreo cuatro la distribución fué muy pareja (10-17 ind./l) y únicamente la concentración fué baja (3 ind./l) a la altura

de la estación 7. En el quinto muestreo la concentración al NE fué baja (9 ind./l), aumenta hacia el centro (15 ind./l), disminuye a 5 ind./l entre las estaciones 6 y 7 y vuelve a aumentar a 15 ind./l en el SO de la laguna (Fig. 23).

En el primer muestreo hubo una gran abundancia de metanauplius (1300 ind./l) al noreste de la laguna que disminuye en el centro (90 ind./l) y aumenta nuevamente hacia la zona suroeste (360 ind./l). La concentración disminuyó en el segundo muestreo, del NE hacia el SO de la laguna en donde se encontraron las concentraciones más bajas (119 ind./l). En el M3 había pocos metanauplius (10 ind./l) en el NE, aumentaron hacia el centro (290 ind./l) y disminuyeron hacia el SO (113 ind./l). Nuevamente se volvió a encontrar, en el M4, una alta concentración (1700 ind./l) en el NE que disminuyó paulatinamente hacia el SO en donde se encontraron 43 ind./l. En el M5 se encontró una densidad de 320 ind./l que disminuyó a la mitad en el centro y volvió a aumentar hacia el SO a 270 ind./l. Se encontraron parches de concentraciones altas (350 ind./l) y bajas (90 ind./l) en el centro de la laguna, en el M6; el número de metanauplius aumenta hacia el NE y disminuye hacia el SO. En el M7 la densidad fué de 600 ind./l en el NE, de 200-450 ind./l en el centro y de 115 ind./l al SO (Fig. 24).

En el primero y sexto muestreos la densidad de juveniles fué de 130-180 ind./l en el NE; en el centro se observaron parches de densidades altas (56-71 ind./l) y bajas también

(7-9 ind./l). En los muestreos 2, 4 y 7 se advierte que la mayor concentración de juveniles (100-200 ind./l) se desplazó del noreste hacia el centro de la laguna y llegó a ser menor (2-27 ind./l) en el extremo SO. En el tercer muestreo la densidad fué muy baja (1 ind./l) al NE de la laguna, aumentó a 115 ind./l en el centro y disminuyó paulatinamente hacia el SO. También se observaron parches de densidades diferentes (37-81 ind./l) en el quinto muestreo al NE de la laguna y hacia el SO la densidad fué menor (15 ind./l) (Fig. 25).

La distribución de las hembras y de los machos a través del tiempo fué la misma por lo que se presenta la misma gráfica para los dos sexos. En el primero y cuarto muestreos la mayor densidad (15 ind./l) se encontró en el extremo NE; hacia la zona centro, la densidad de organismos aumenta y disminuye en forma de parches. En el segundo, tercero y quinto muestreos, la mayor concentración (9-15 ind./l) se encontró en el centro y disminuyó hacia los extremos. En el sexto, hubo más organismos (8 ind./l) en el extremo NE y disminuyó hacia el extremo SO. La mayor concentración (10 ind./l) se encontró en el centro durante el séptimo muestreo. Es interesante notar que a partir del segundo muestreo la densidad de organismos fué de 0-1 ind./l en la zona SO entre las estaciones 7 y 8 (Fig. 26).

La cantidad de quistes fué máxima (30-38 ind./l) en el extremo NE de la laguna en los muestreos 1, 2 y 4; disminuyó

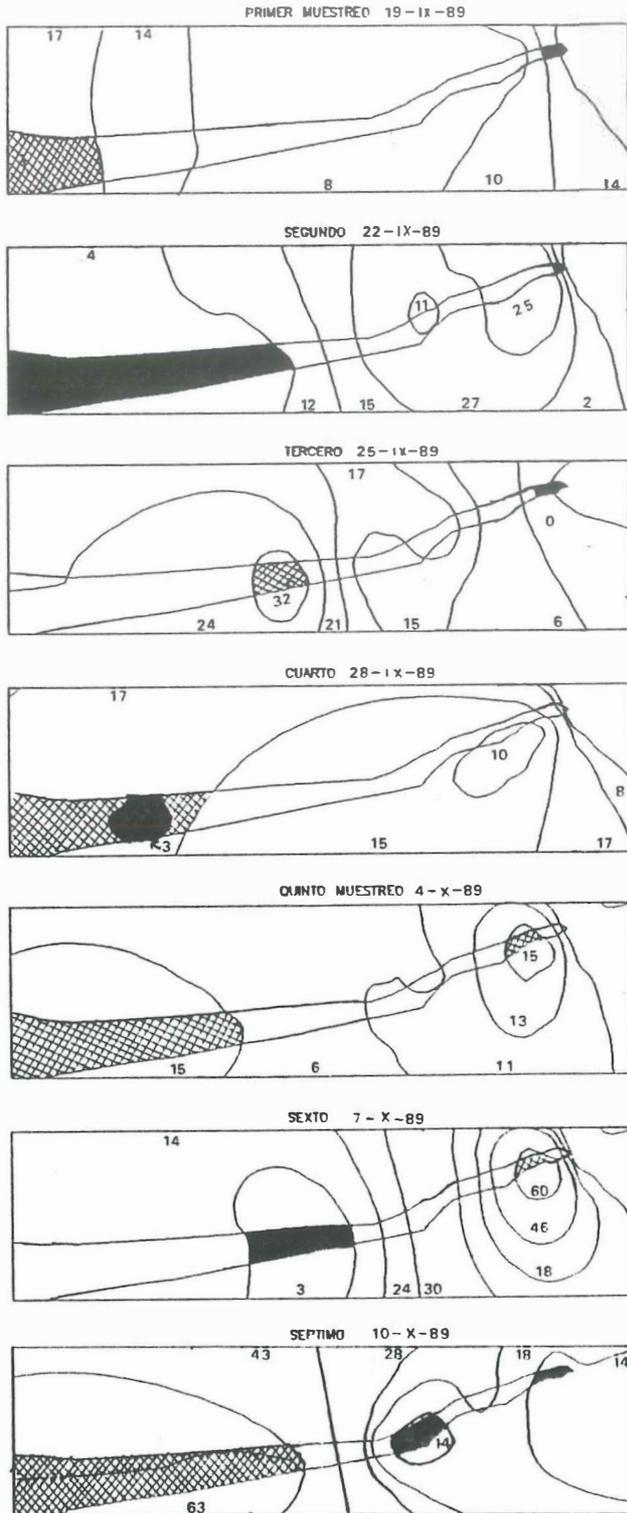


Fig. 23 Distribución horizontal de los nauplius (ind/l) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la zona de mayor (▨) y menor (■) concentración de organismos.

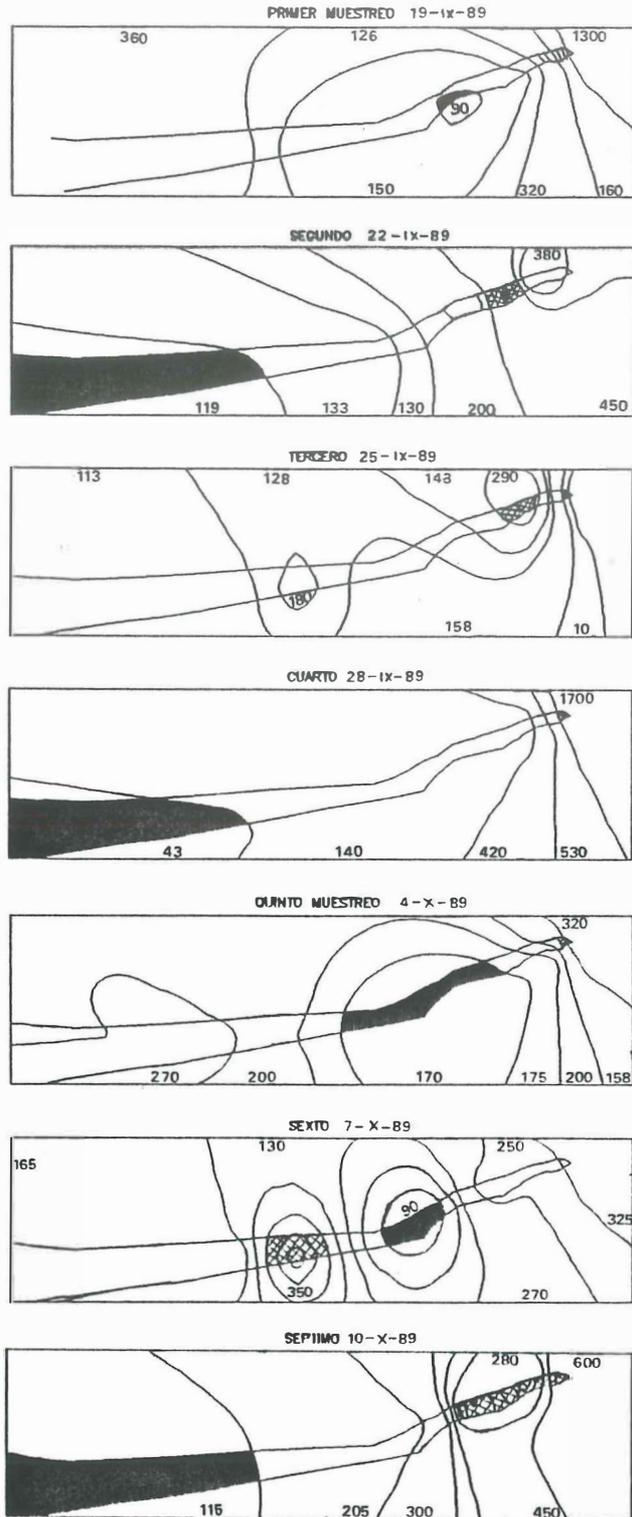


Fig. 24 Distribución horizontal de los metanauplius (ind/l) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la zona de mayor (▨) y menor (■) concentración de organismos.

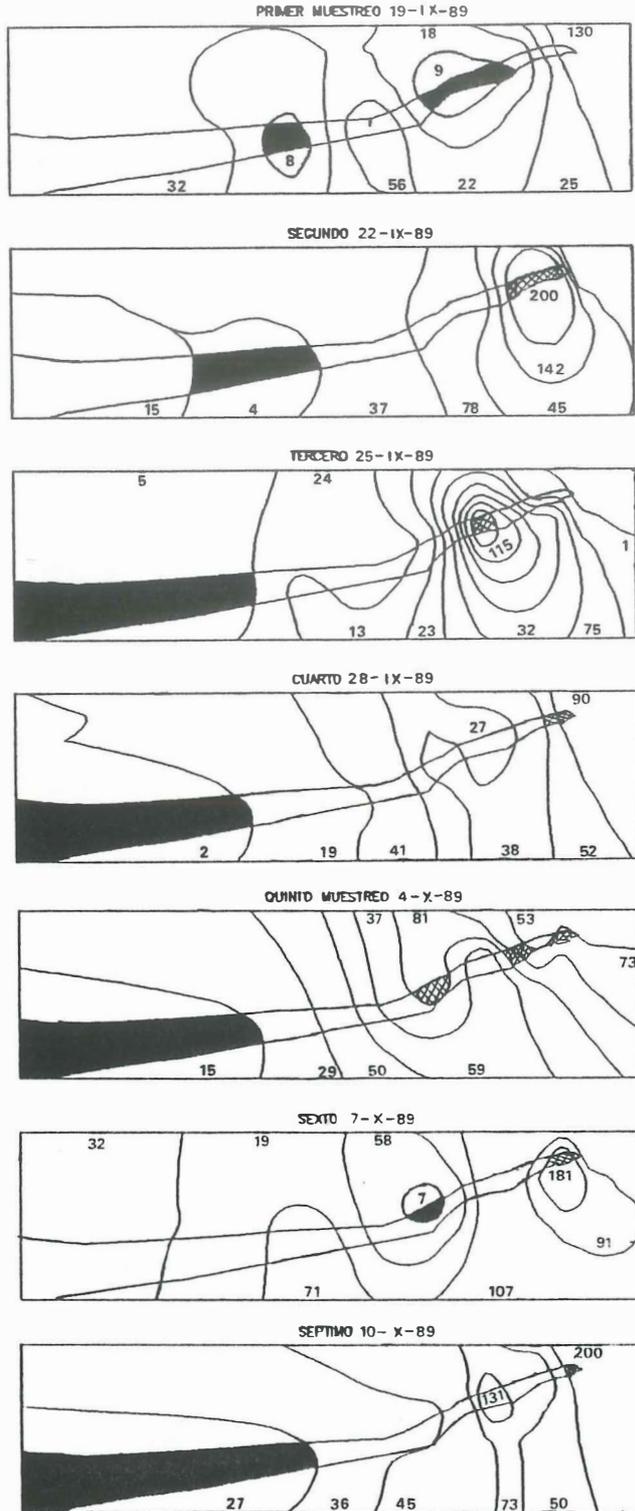


Fig. 25 Distribución horizontal de los juveniles (ind/l) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la zona de mayor (▨) y menor (■) concentración de organismos.

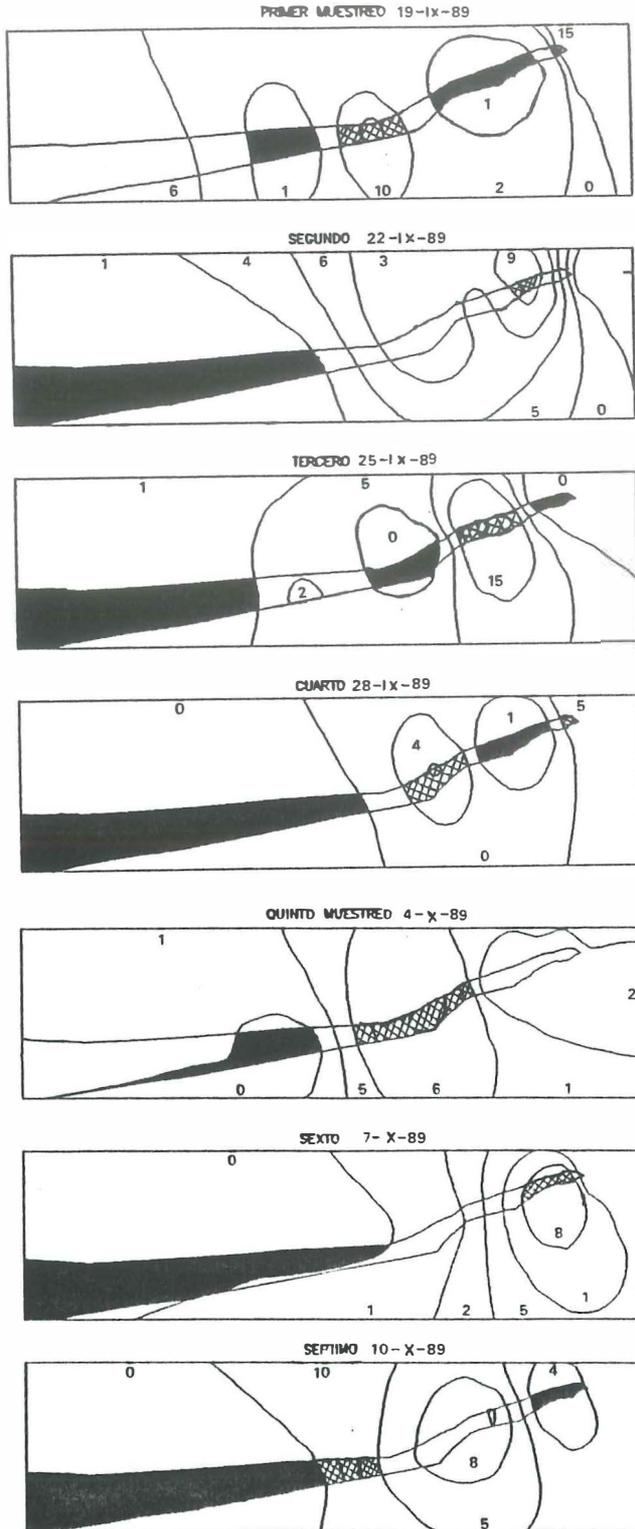


Fig. 26 Distribución horizontal de los machos y de las hembras (ind/l) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la zona de mayor (▨) y menor (■) concentración de organismos.

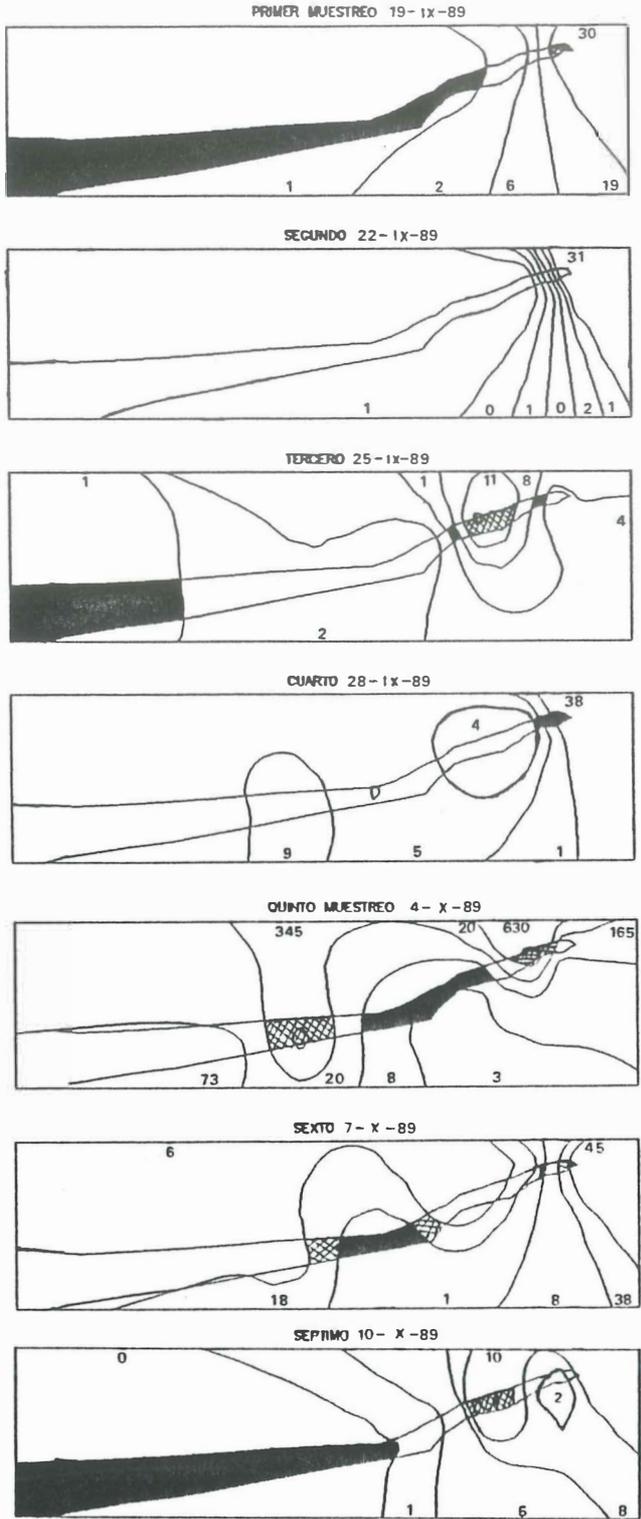


Fig. 27 Distribución horizontal de los quistes (ind/1) durante los muestreos 1 al 7 en verano de 1989. El achurado indica la zona de mayor (▨) y menor (■) concentración de organismos.

paulatinamente hacia el centro y llegó a ser de 1 ind./l tanto en el centro como en el SO en el primer muestreo y el cambio fué abrupto a partir de la estación 1 en el segundo y cuarto muestreos . En el tercero y séptimo muestreos hubo más quistes en el centro (10-11 ind./l) y disminuyeron hacia los extremos. En el quinto y sexto se observaron parches de densidades altas (300-600 ind./l) intercalados con parches de densidades bajas (3-73 ind./l) a lo largo de toda la laguna (Fig. 27).

Durante el tercer muestreo se observó que la densidad de nauplius, juveniles, hembras y machos fué muy baja o nula (0-1 ind./l) en el extremo NE de la laguna; la de metanauplius fué de 10 ind./l, que si la comparamos con los valores máximos encontrados (600, 1300, 1700 ind./l) se puede considerar como un valor muy bajo.

IV.8.3 Distribución Vertical.

El mayor número de nauplius (14-32 ind./l) se encontró en superficie (10 cm) en la mayoría de los muestreos (1, 3, 4 y 6); durante el segundo muestreo se encontraron 14 ind./l a 10, 50 y 130 cm de profundidad y la mitad a 90cm; hubo 13-15 ind./l a 10 y 90 cm en el muestreo 5 y muy pocos nauplius (1.5 ind./l) a 130 cm. La distribución de los metanauplius varía entre muestreos; durante los muestreos 1 y 4 se agruparon en superficie, en el segundo en el fondo y en el resto de los muestreos la distribución fué homogénea aunque en el M3 a

130 cm de profundidad el número de metanauplius es bajo (56 ind./l). La mayor concentración de juveniles fué de 55.6-96.8 ind./l y se encontraron a 10 cm en los muestreos 1, 4 y 6, a 50 cm en el M2 y a 90 cm en los muestreos 3 y 5. el número de juveniles a 130 cm siempre fué menor en todos los muestreos.

El mayor número de quistes fué de 16.3-28.5 ind./l y se encontraron en superficie (10 cm) en los muestreos 1, 4 y 6 y a 90 cm en el M2, sin embargo, el número de quistes aumentó mucho durante el M5 y llegó a ser de 152.5 ind./l a 50 cm; en el M3 la concentración fué baja (1.5-9.2 ind./l) a cualquier profundidad (Tabla VI).

La distribución de los machos y las hembras fué análoga en todos los muestreos, los valores mas altos fueron de 5-12.2 ind./l y se registraron a 10 cm en el M1, a 50 y 130 cm en el M2 y a 90 cm en los muestreos restantes. En los muestreos 4 y 6 el número de adultos fué muy parejo (0-3 ind./l) en todas las profundidades (Tabla VII).

Es importante notar que en cada muestreo el número de quistes fué alto únicamente en un punto y que en el resto de las profundidades los valores disminuyeron mucho; este diferencial no fué tan marcado en los otros estadios (Tabla VI y VII).

IV.8.4 Variaciones Diurna y Nocturna.

Durante las dos variaciones se observaron las dos condiciones de viento, tanto del NE como del SO. La velocidad del

Tabla VI. Densidades (# ind/l) de los estadios de *Artemia* a diferentes profundidades durante seis muestreos en el verano de 1989. Cada dato corresponde a la media, obtenida al agrupar las 8 estaciones de muestreo y su desviación estándar (números pequeños). E=estadio, N=nauplius, META=metanauplius, J=juvenil, Q=quiste y M=muestreo.

E	Prof (cm)	M1 19-IX	M2 22-IX	M3 25-IX	M4 28-IX	M5 4-X	M6 7-X
N	10	14.1	14.3	16.6	16.1	13.1	32.8
		10.7	15.1	14.5	7.5	5.4	22.5
	50	8.1	14.0	9.3	12.1	9.6	20.0
		3.2	10.0	8.4	8.5	4.0	7.6
	90	6.2	7.0	12.2	9.5	15.5	17.5
		3.5	4.5	14.4	6.3	11.5	6.1
	130	6.0	14.0	5.5	10.5	1.5	—
		0.0	14.1	7.7	7.7	2.2	—
META	10	691	200	127	926	259	221
		1398	190	94	1841	166	97
	50	188	290	164	245	174	201
		99	138	100	147	22	115
	90	177	234	115	131	158	141
		148	166	87	23	41	61
	130	187	491	56	405	235	—
		101	414	68	322	38	—
J	10	69.5	60.8	14.6	55.6	48.0	68.1
		140.0	92.4	10.1	75.4	43.4	63.5
	50	36.0	96.8	44.6	32.3	52.3	57.1
		23.9	75.2	48.3	17.7	11.5	37.5
	90	35.0	53.2	80.0	32.0	69.5	57.2
		30.1	20.2	130.0	14.5	7.7	46.1
	130	30.0	64.5	7.0	41.0	59.0	—
		18.3	28.9	8.4	12.7	21.2	—
Q	10	18.5	0.6	3.3	16.3	149.5	22.0
		33.1	0.9	4.5	40.6	184.5	31.4
	50	3.0	1.5	1.8	4.0	152.5	3.3
		2.0	3.2	2.5	7.8	307.2	3.0
	90	2.5	28.5	9.2	6.0	55.5	9.5
		2.3	56.3	15.8	6.9	89.0	17.6
	130	2.0	2.5	1.5	2.0	2.0	—
		1.4	3.5	0.7	5.6	69.2	—

Tabla VII. Densidades (#ind/l) de los estadios de *Artemia* a diferentes profundidades durante seis muestreos en el verano de 1989. Cada dato corresponde a la media obtenida al agrupar las 8 estaciones de muestreo y su desviación estándar (números pequeños). M=machos, H=hembras, PP=producción primaria ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{d}$) y M=muestreos.

E	Prof. (cm)	M1 19-IX	M2 22-IX	M3 25-IX	M4 28-IX	M5 4-X	M6 7-X
M	10	8.5	2.5	0.75	2.8	1.2	2.2
		18.1	3.7	1.7	4.9	1.3	3.3
	50	4.5	5.1	0.5	0.6	3.1	0.6
		6.9	7.3	0.8	0.8	2.7	0.8
	90	6.5	2.7	12.2	1.0	6.0	3.0
		8.0	2.5	23.1	1.1	5.2	2.4
	130	2.0	5.0	1.5	2.0	1.0	—
		2.8	7.0	2.1	1.4	1.4	—
H	10	4.5	1.0	0.3	1.8	0.7	0.3
		8.5	1.1	1.0	3.9	1.4	0.7
	50	3.8	3.1	0.3	0.0	2.0	1.1
		5.0	3.9	0.5	0.0	1.2	1.1
	90	4.0	2.0	8.2	1.0	6.7	2.5
		6.0	1.4	15.1	1.4	8.2	1.9
	130	2.5	3.0	1.0	1.5	2.0	—
		2.1	4.2	1.4	2.1	1.4	—
PP	10	43.7	107.2	1132.6	524.3	71.8	738.1
		39.8	76.9	1077.6	672.9	98.1	1421.8
	50	17.0	85.6	1448.5	977.8	99.8	79.1
		9.7	58.6	1281.0	778.6	82.2	56.1
	90	33.5	52.7	530.5	391.4	71.9	77.3
		13.5	59.5	265.4	276.1	77.2	69.0
	130	133.4	173.6	227.1	196.3	10.3	79.9
		102.7	71.1	83.8	149.0	10.3	45.3

viento del NE en la primera variación fué de 2.77 a 4.16 m/s y de 0.69 m/s en la segunda variación, esto dió como resultado un patrón de distribución diferente en los quistes y nauplius en las dos variaciones.

A las 14 PM, cuando la influencia del viento fué del NE, en la primera variación (30/IX/89) se observó que los quistes y nauplius se acumularon en el extremo NE de la laguna; seis horas más tarde, a las 20 PM a pesar de que el viento continuó en la misma dirección (NE), los quistes y nauplius se encontraron en el extremo opuesto de la laguna; esto se debió a que la corriente generada que fué de 0.06 m/s pudo desplazar a los organismos en esas 6 horas 1300 metros que es lo que mide la laguna de un extremo al otro. Esto no significa que hayan viajado en contra de la corriente sino que fueron transportados por la corriente de retorno (Figs. 28 y 29).

En la segunda variación (14/X/89), a las 14 PM, los nauplius se encontraban en el centro de la laguna y para las 20 PM se desplazaron, en superficie únicamente, a los extremos NE y SO; a media agua y en el fondo permanecieron en el centro de la laguna. Los quistes se encontraron en el centro y al SO a las 14 horas y a las 20 horas llegaron al extremo NE aunque también permanecieron en el centro, totalmente al contrario que en la primera variación; esto se debió a que la velocidad de la corriente fué de 0.01 m/s que desplazó a los nauplius y a los quistes 216 m en 6 horas

(Fig. 30).

La velocidad del viento del SO fué de 0.80 a 1.1 m/s en ambas variaciones por lo que el patrón de distribución de los quistes y de los nauplius fué similar. A las 2 AM los nauplius estaban al SO de la laguna en superficie y al centro y NE a media agua. Seis horas mas tarde (8 AM), se agruparon en el centro y al NE. Los quistes se agruparon en el centro de la laguna a las 2 AM y se desplazaron hacia el extremo SO a las 8 AM (Figs. 28 y 29).

Las distribución de los juveniles, machos y hembras fué muy parecida durante el día; a las 2 AM se ubicaron al NE de la laguna en toda la columna de agua y en el centro a 90 y 130 cm. A las 8 AM se observó que la mayoría de los organismos estaban en el fondo hacia el NE y en menor grado en el centro. Para las 14 horas, los organismos continuaron en el centro y algunos se desplazaron hacia el extremo SO y a las 20 horas los organismos del centro se desplazaron hacia el NE; se continuaron observando organismos en el SO de la laguna (Fig. 31).

Si se analiza la distribución vertical durante el día, se puede observar que a las 8 AM la mayor cantidad de los organismos de todos los estadios permanecieron en el fondo de la laguna. A las 14 PM los metanauplius, juveniles, hembras y machos se desplazaron hacia media agua; los nauplius y quistes permanecieron en la superficie. Seis horas más tarde la distribución vertical de los metanauplius fué homogénea,

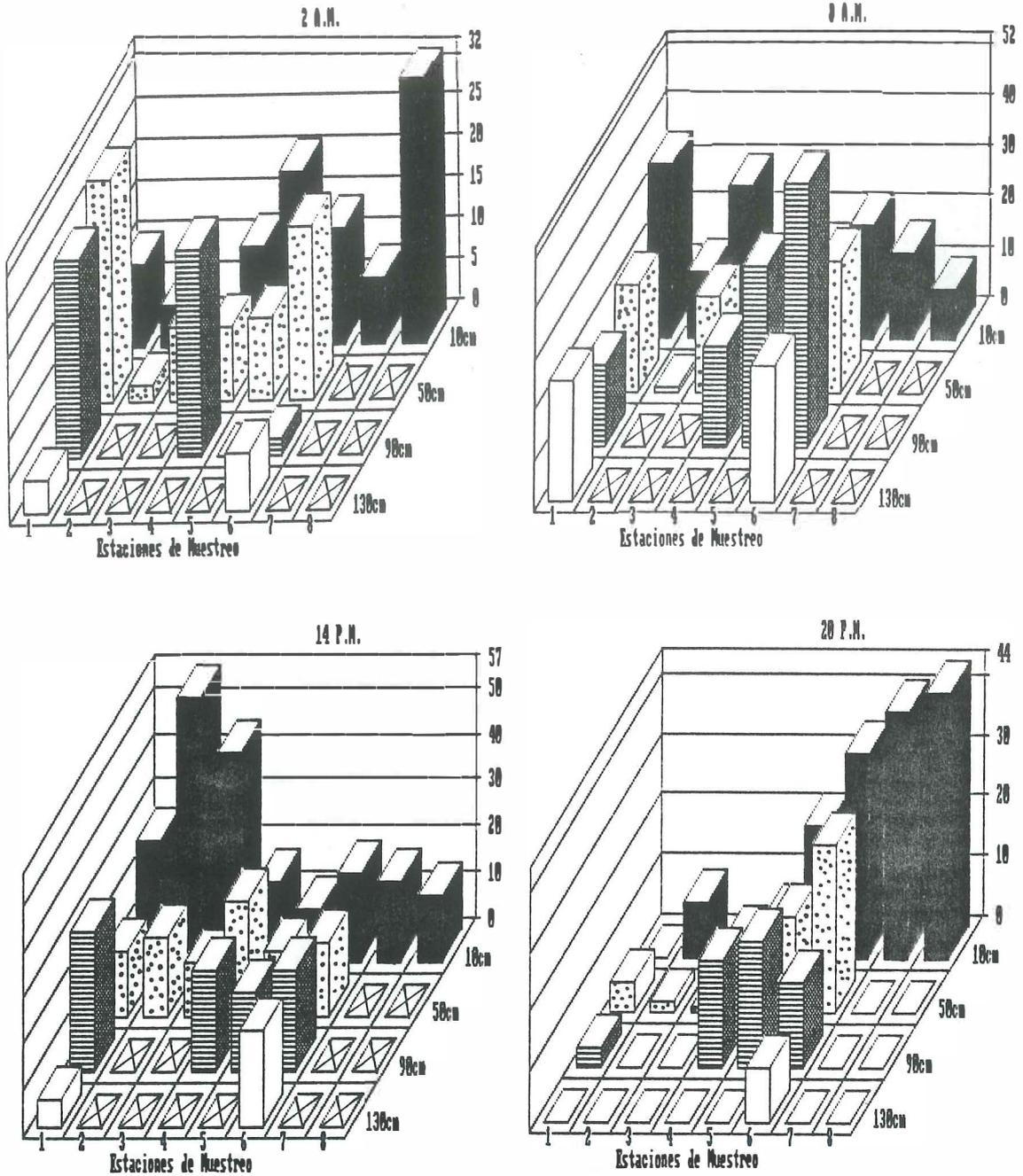


Fig. 28 Distribución de los nauplius de *Artemia* (ind/l) en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M. y 8 A.M. = viento del SO (→); 14 P.M. y 20 P.M. = viento del NE (←). Las zonas indicadas con una cruz no tienen profundidad

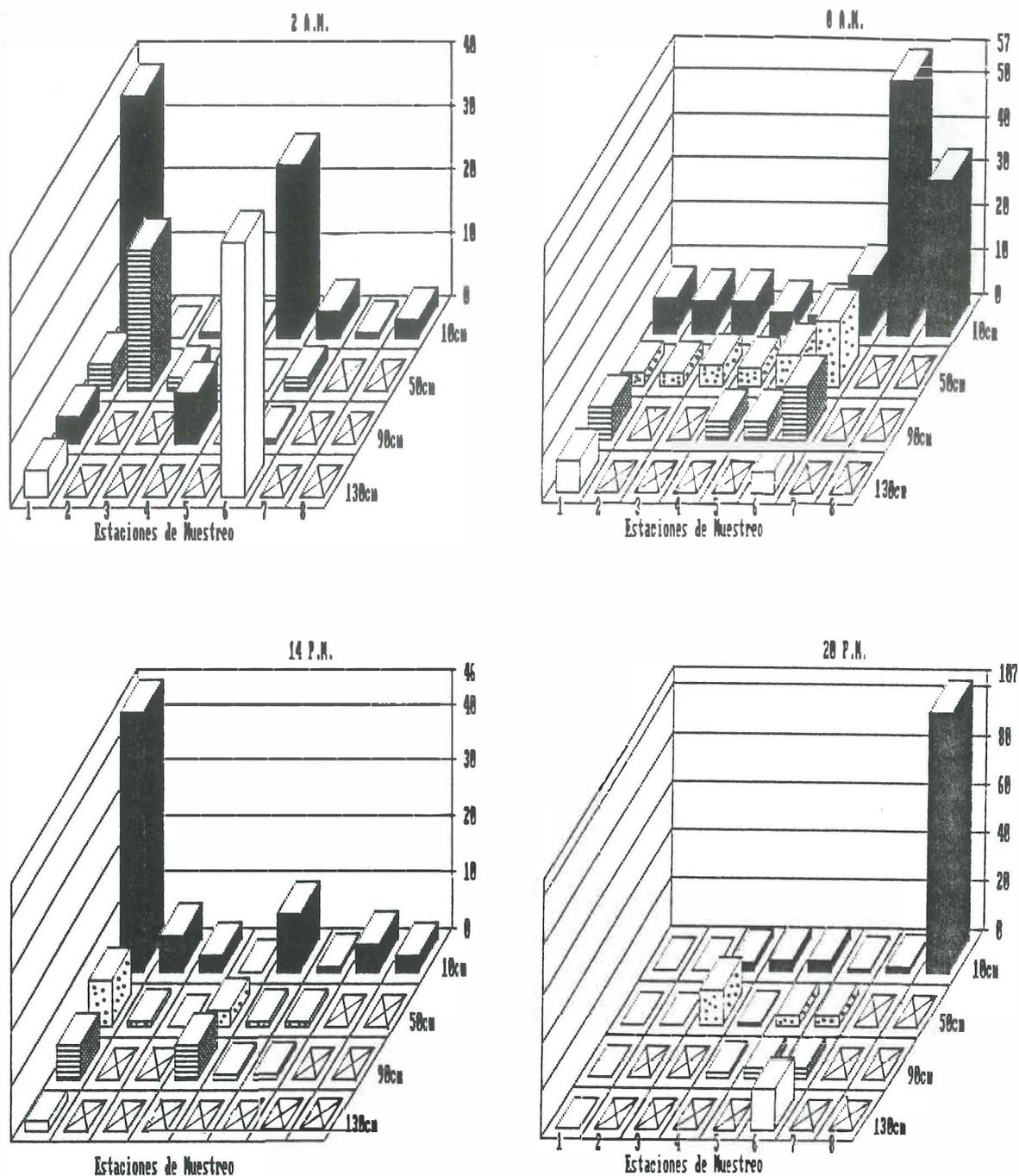


Fig. 29 Distribución de los quistes de *Artemia* (ind/l) en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M. y 8 A.M. = viento del SO (→); 14 P.M. y 20 P.M. = viento del NE (←). Las zonas indicadas con una cruz no tienen profundidad.

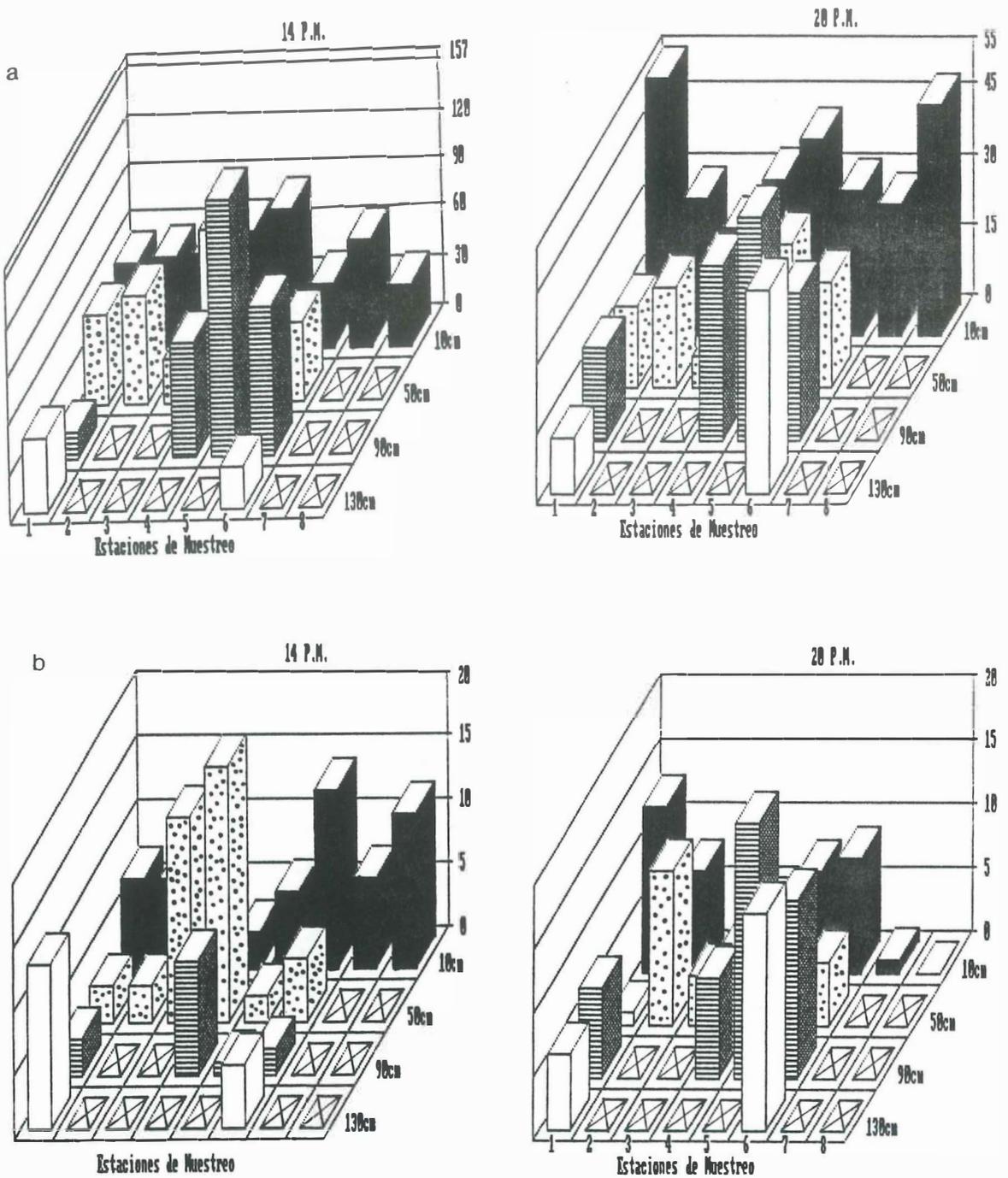


Fig. 30 Distribución de los nauplius (a) y de los quistes (b) de *Artemia* (ind/l) en dos horas diferentes del día 14/X/89 (segunda variación) y bajo condiciones de viento del NE (\leftarrow). Las zonas indicadas con una cruz no tienen profundidad.

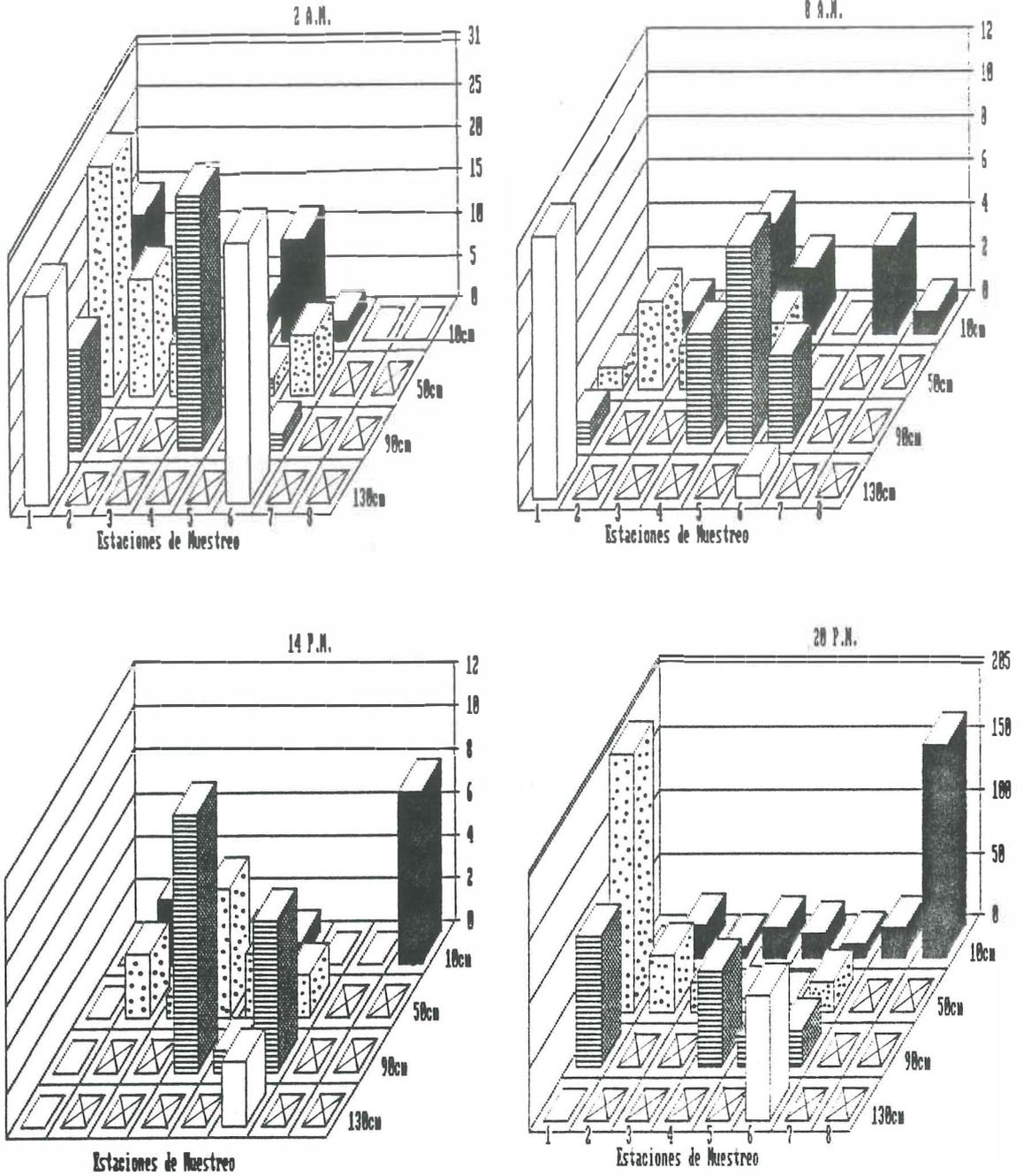


Fig. 31 Distribución de los juveniles, machos y hembras de *Artemia* (ind/l) en cuatro horas diferentes del día 30/IX/89 (primera variación) y bajo dos condiciones de viento: 2 A.M. y 8 A.M. = viento del SO (→); 14 P.M. y 20 P.M. = viento del NE (←). Las zonas indicadas con una cruz no tienen profundidad.

los juveniles se agruparon en el fondo y los machos, hembras y quistes en la superficie y en el fondo. A las 2 AM todas las Artemias migraron al fondo de la laguna, sin embargo, los nauplius no se desplazaron hasta 130 cm en donde su concentración fué menor (Tabla VIII).

IV.9 Análisis Estadístico.

En el análisis de correlación múltiple (Tabla IX) se puede observar que los nauplius constantemente se relacionaron con el oxígeno; en tres ocasiones positivamente, es decir, mayor número de nauplius en las zonas con mayor concentración de oxígeno y en una ocasión la correlación fué negativa. Únicamente en el M1 tuvieron una correlación negativa con la temperatura y en el M6 con el pH; para la salinidad, la correlación fué negativa en el M4 y positiva en el M7. Tuvieron una correlación positiva con la PP. en el M5.

En cuatro muestreos la correlación de los metanauplius con el oxígeno fué negativa, siempre se encontraron asociados a las zonas de menor concentración de oxígeno. La correlación con la temperatura fué positiva en los muestreos 2 y 7 y negativa en el primer muestreo. Con el pH se correlacionaron en dos ocasiones y con la salinidad y la PP. una vez únicamente (Tabla IX).

Los juveniles tuvieron tres veces una correlación positiva con la temperatura y una vez negativa. Con el oxígeno la correlación fué negativa en tres ocasiones. La

Tabla VIII. Variables fisicoquímicas y densidades de *Artemia* (ind/l) en la primera variación diurna-nocturna (30/IX/89). N=nauplius, Meta=metanauplius, J=juveniles, M=machos, H=hembras y Q=quistes. Los valores corresponden a la media obtenida al agrupar las 8 estaciones de muestreo y su desviación estándar (números pequeños).

H	P (cm)	N	Meta	J	M	H	Q	T (°C)	OD (ppm)	Sal (‰)	pH
8AM	10	19.0	230	53.2	1.8	0.7	8.3	23.7	3.0	123	7.9
		8.9	100	35.3	1.8	0.7	7.7	1.8	0.7	6.9	0.0
	50	15.1	198	37.5	1.6	2.1	6.1	24.9	2.5	120	7.9
		9.3	58	16.7	1.6	4.8	4.5	1.1	0.6	7.9	0.0
	90	31.0	314	86.7	4.7	3.2	7.0	24.0	2.9	125	7.9
		16.4	59	15.0	3.3	1.5	5.5	1.4	0.5	7.8	0.0
130	25.5	635	181.5	6.5	8.5	26.5	24.7	2.4	120	7.9	
	2.1	335	228.3	7.7	10.6	3.5	1.4	0.6	12.7	0.0	
14PM	10	25.7	190	45.3	1.7	0.7	9.2	26.4	4.9	114	7.9
		16.4	102	38.0	2.7	0.0	15.1	0.4	1.5	10.5	0.0
	50	16.3	263	58.3	2.5	2.5	2.3	26.7	3.9	118	7.9
		4.5	91	29.7	2.0	2.5	2.9	0.3	0.9	5.2	0.0
	90	22.7	185	94.5	5.0	4.0	3.5	26.4	4.3	118	7.9
		5.3	86	81.8	5.5	2.5	2.8	0.4	1.0	3.0	0.0
130	13.5	217	37.5	1.5	0.5	1.0	25.7	3.8	117	7.9	
	10.6	79	6.3	2.1	0.7	1.4	0.9	1.5	4.2	0.0	
20PM	10	22.8	156	40.0	13.5	9.0	17.2	24.6	5.0	112	8.0
		17.0	65	57.2	33.3	0.0	39.5	1.2	1.6	46	0.0
	50	9.5	193	52.5	1.1	2.1	4.1	25.5	4.3	132	8.0
		10.5	78	75.8	2.4	3.8	5.3	0.3	0.4	2.5	0.0
	90	14.0	190	57.2	1.5	0.7	2.7	25.2	4.6	133	8.0
		7.8	44	38.0	1.2	1.5	2.2	0.4	0.6	2.8	0.0
130	9.0	198	98.0	9.0	9.0	18.0	24.9	5.0	129	8.0	
2AM	10	13.0	204	69.0	6.7	4.5	9.3	24.0	3.7	135	8.0
		9.6	97	57.8	8.4	2.5	14.6	0.8	0.1	3.2	0.0
	50	13.0	345	167.8	8.3	9.5	5.1	24.5	3.7	131	8.0
		9.1	107	159.2	10.2	9.7	8.3	0.3	0.1	1.5	0.0
	90	17.0	301	115.3	16.0	14.6	4.3	24.4	3.2	131	8.0
		13.0	40	91.6	16.7	14.1	3.5	0.4	0.7	6.9	0.0
130	5.5	435	200.5	27.0	28.0	22.8	24.2	4.0	133	8.0	
	2.1	70	108.1	1.4	4.2	25.4	0.8	0.3	6.3	0.0	

correlación con la producción primaria fué positiva dos veces y una vez negativa; con el pH, en dos ocasiones la correlación fué negativa y en una, positiva (Tabla IX).

No se observó que ninguna variable tuviera relación con los machos más de dos ocasiones. Con la temperatura la correlación fué negativa y con el oxígeno una vez positiva y otra negativa (Tabla IX).

Las hembras tuvieron una correlación positiva con el oxígeno en una ocasión y negativa en otra; con el resto de las variables no tuvieron ninguna relación (Tabla IX).

En las tablas X y XI se presentan las correlaciones de la primera y segunda variaciones diurna-nocturna.

En la primera variación (30/IX/89) a las 2 AM únicamente en los juveniles se observó una correlación positiva con la temperatura y negativa con el pH, sin embargo, en la segunda variación (14/X/89) los nauplius se correlacionaron positivamente con la temperatura y la salinidad y los juveniles con la salinidad.

A las 8 AM, en la primera variación, los metanauplius tuvieron una correlación positiva con la temperatura y negativa con el oxígeno, salinidad y pH; la correlación fué positiva entre los juveniles y la temperatura y negativa con el pH; los machos se correlacionaron positivamente con la salinidad. En la segunda variación la correlación de los juveniles con el oxígeno fué negativa; los machos y las hembras se correlacionaron positivamente con la temperatura y

TABLA IX. Correlación Múltiple entre las variables físico-químicas, variables biológicas y los estadios de *Artemia*. Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños). En cada muestreo (M) se indica la fecha. OD=oxígeno disuelto, PP=producción primaria.

Estadio	Variable	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
		19-IX	22-IX	25-IX	28-IX	4-X	7-X	10-X
Nauplius	T C	-.41 :06	.16 :47	.19 :40	-.29 :20	-.19 :39	-.40 :11	.03 :89
	OD	.15 :48	-.01 :95	.83 :00	.41 :07	.44 :05	-.49 :05	.27 :29
	S(%)	-.01 :95	-.02 :91	.08 :70	-.68 :00	-.28 :21	-.02 :91	.46 :08
	pH	.25 :27	-.02 :91	.13 :56	-.11 :61	-.04 :84	-.55 :03	.24 :36
	PP	—	-.32 :15	.04 :85	.08 :69	.43 :05	-.21 :40	.32 :21
Meta	T C	-.69 :00	.41 :07	-.04 :84	-.27 :22	-.15 :48	-.32 :20	.64 :01
	OD	-.44 :05	-.50 :02	.31 :16	-.46 :04	.34 :13	-.16 :52	-.80 :00
	S(%)	-.30 :18	.34 :13	-.33 :14	-.15 :49	.00 :00	-.51 :04	-.39 :14
	pH	.28 :21	.44 :05	-.30 :18	.19 :38	.14 :52	-.00 :98	-.80 :00
	PP	—	-.33 :14	-.02 :91	.41 :06	-.04 :83	-.16 :51	.22 :39
Juvenil	T C	-.61 :00	.50 :02	-.21 :34	-.00 :99	.40 :07	-.33 :19	.48 :06
	OD	-.13 :56	-.44 :05	.24 :29	-.26 :24	.02 :89	-.58 :02	-.61 :02
	S(%)	-.08 :71	.24 :28	-.32 :16	.03 :87	.21 :35	-.39 :12	-.26 :32
	pH	.37 :09	.32 :15	-.46 :04	.20 :36	.15 :50	-.16 :53	-.57 :03
	PP	—	-.39 :08	.13 :56	.50 :02	.40 :07	-.04 :84	.24 :35
Machos	T C	-.56 :01	-.02 :89	.11 :60	-.22 :33	.17 :45	-.43 :09	-.03 :90
	OD	.25 :25	.17 :45	.50 :02	-.35 :12	.03 :88	-.55 :03	.25 :34
	S(%)	.28 :20	.11 :62	.32 :15	.07 :74	.17 :45	-.28 :26	.11 :67
	pH	.63 :00	-.17 :44	.35 :12	.03 :88	.06 :77	-.32 :20	.26 :33
	PP	—	.08 :72	.15 :49	-.28 :20	.27 :23	-.06 :78	-.02 :91
Hembras	T C	-.16 :46	.00 :97	.01 :94	-.21 :34	.31 :17	-.38 :13	.10 :68
	OD	.34 :13	.28 :21	.42 :06	-.16 :47	-.32 :16	-.77 :00	-.21 :42
	S(%)	.34 :13	.05 :79	.11 :62	-.02 :90	.11 :61	-.28 :27	.00 :99
	pH	.36 :11	-.28 :20	.20 :37	-.01 :93	-.16 :47	-.20 :42	-.12 :64
	PP	—	-.00 :97	.16 :48	-.21 :35	.15 :50	-.03 :88	.09 :71

negativamente con el oxígeno.

La influencia del viento del SO, que es de menor intensidad, no tiene un efecto marcado sobre la distribución de los organismos por lo que se esperaría que cualquiera de las variables pudiera tener efecto, sin embargo, a esas horas las condiciones del oxígeno, salinidad y pH son muy homogéneas por lo que no se pueden definir zonas mas o menos favorables en la laguna. En la temperatura existe un gradiente a éstas horas y únicamente en los metanauplius y los juveniles se observó una preferencia hacia las zonas de mayor temperatura.

En la primera variación, a las 14 horas, la correlación de los nauplius fué positiva con el oxígeno y el pH y negativa con la temperatura y la salinidad. En la segunda variación los nauplius se correlacionaron en forma negativa con el pH; los metanauplius positivamente con la temperatura y negativamente con la salinidad; los juveniles con la temperatura positiva y con el oxígeno y la salinidad negativamente. Los machos en ambas variaciones se correlacionaron con el pH y las hembras únicamente en la primera tuvieron una correlación positiva con el oxígeno y el pH.

A las 20 PM la correlación de los nauplius, los machos y las hembras fué negativa con la temperatura y positiva con el oxígeno y el pH en la segunda variación. En la primera variación los metanauplius y los juveniles tuvieron una corre

TABLA X. Correlación Múltiple entre las variables fisico-químicas, variables biológicas y los estadios de *Artemia* de la Primera Variación (30/IX/89). Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños).

Estadio	Variable	Hora de Muestreo			
		2 A.M.	8 A.M.	14 P.M.	20 P.M.
Nauplius	T C	-.22 :32	.11 :61	-.69 :00	-.21 :36
	OD	.15 :49	-.01 :95	.73 :00	.04 :85
	S (%.)	.08 :71	-.29 :19	-.59 :01	-.18 :42
	pH	.21 :34	-.17 :43	.44 :06	.02 :92
Meta	T C	.10 :66	.43 :05	-.06 :78	.50 :03
	OD	-.07 :73	-.65 :00	-.00 :98	-.22 :33
	S (%.)	-.22 :32	-.40 :07	.13 :56	-.28 :22
	pH	-.02 :90	-.50 :02	.13 :59	-.02 :92
Juvenil	T C	.45 :04	.57 :01	.20 :39	.64 :00
	OD	-.14 :52	-.30 :17	.05 :82	-.45 :05
	S (%.)	-.35 :12	.09 :68	.29 :22	-.37 :10
	pH	-.51 :02	-.51 :02	.37 :12	-.29 :21
Machos	T C	.03 :86	.09 :66	-.09 :69	.19 :40
	OD	.04 :82	.31 :17	.25 :29	-.21 :36
	S (%.)	-.05 :80	.65 :00	-.04 :86	-.04 :84
	pH	-.10 :66	.05 :81	.66 :00	.04 :86
Hembras	T C	.10 :64	.17 :44	-.13 :58	.36 :12
	OD	.13 :55	.13 :56	.40 :09	-.31 :18
	S (%.)	-.05 :82	.02 :91	-.32 :18	-.13 :55
	pH	-.08 :72	-.02 :92	.61 :01	-.00 :98

TABLA XI. Correlación Múltiple entre las variables fisicoquímicas, variables biológicas y los estadios de *Artemia* de la Segunda Variación (14/X/89). Coeficiente de correlación (R^2) y nivel de significancia (números pequeños).

Estadio	Variable	Hora de Muestreo			
		2 A.M.	8 A.M.	14 P.M.	20 P.M.
Nauplius	T °C	.40 :07	-.07 :74	.14 :51	-.55 :01
	OD	-.31 :17	.18 :41	.23 :30	.63 :00
	S (%.)	.53 :01	.18 :41	.21 :34	.29 :19
	pH	-.11 :61	.08 :70	-.51 :02	.55 :01
Meta	T °C	-.01 :95	.13 :56	.52 :02	-.26 :25
	OD	.24 :29	-.14 :51	-.03 :87	-.30 :18
	S (%.)	.15 :50	-.10 :64	-.52 :02	-.27 :23
	pH	-.06 :76	.02 :89	-.05 :82	-.17 :44
Juvenil	T °C	.33 :14	.36 :10	.61 :00	-.26 :24
	OD	-.26 :23	-.42 :06	-.39 :08	.02 :91
	S (%.)	.41 :07	.22 :31	-.38 :09	-.04 :83
	pH	-.03 :88	.02 :89	.07 :74	.18 :41
Machos	T °C	.29 :19	.42 :06	.21 :34	-.64 :00
	OD	-.11 :62	-.52 :02	.00 :99	.49 :03
	S (%.)	.23 :30	.16 :48	-.03 :87	.18 :42
	pH	.00 :97	1.00 :00	-.39 :08	.50 :02
Hembras	T °C	.15 :49	.42 :06	.20 :37	-.64 :00
	OD	.03 :87	-.44 :05	-.15 :50	.65 :00
	S (%.)	.21 :35	.11 :63	.30 :17	.28 :22
	pH	.14 :52	-.03 :89	-.23 :31	.58 :01

lación positiva con la temperatura y los juveniles negativa con el oxígeno.

A las 14 y 20 horas, la intensidad del viento del NE tiene mayor influencia en la distribución de los organismos debido a que su velocidad es mayor, sin embargo, es posible que los estadios más desarrollados que tienen la capacidad de desplazarse a pesar de las corrientes, puedan localizarse en zonas mas favorables, así vemos que los metanauplius y juveniles se asocian a temperaturas mas altas; los juveniles a concentraciones de oxígeno mas bajas y las hembras mas altas.

Debido a que los nauplius son arrastrados en gran medida por el viento, su asociación con las variables a las 14 PM puede estar enmascarada y ser aparente.

V.-DISCUSION

La laguna San José, B. C. puede considerarse, de acuerdo a la clasificación de Williams (1981) como una laguna talasohalina ya que su origen es marino. Según Bayly (1967) es posible, si la laguna lleva algún tiempo aislada, que su proporción de sales cambie. De ser similar al agua de mar puede pasar a tener la proporción salina que caracteriza a una laguna de origen continental (atalasohalina). Esto se debe a que el aporte de sales ahora proviene del suelo y de

las rocas por el arrastre de las lluvias. Es importante mencionar que el sistema de lagunas de la zona está en los restos del cauce del arroyo San José que desembocaba en el mar; esto indica que la composición de las sales del médano posiblemente es una mezcla de origen marino y continental. Las lagunas interiores pueden considerarse como atalasohalinas debido a que se encuentran alejadas de la costa varios kilómetros. Por esta causa el origen de sus sales debe ser continental. Dentro de la zona se ubicaron lagunas muy cercanas entre sí con salinidades desde 20 % hasta 330%. Este intervalo tan amplio de valores se debe a que las sales pueden ser removidas de una poza seca por el efecto del viento, o pueden ser cubiertas por sedimentos periódicamente debido a tormentas violentas (Hutchinson, 1937).

El tipo de corrientes que se observaron en la laguna son creadas por el viento, principalmente. Cuando el viento fluye, ejerce un estrés en la interfase aire-agua y en consecuencia el agua es acelerada. Cuando un viento constante ha estado actuando por algún tiempo en la laguna, el movimiento del agua da como resultado su apilamiento en un extremo de la laguna y una disminución del nivel del agua en el extremo opuesto. Así se forma un gradiente que a su vez crea el sistema de corrientes. Este sistema se equilibra cuando todo el transporte creado por el viento se balancea por el transporte de retorno creado por el gradiente.

Las condiciones de viento en la primavera y el verano son totalmente opuestas por lo que el sistema de circulación de la laguna en primavera está regulada por los vientos del SO y la de verano por los vientos del NE. Las variaciones en las condiciones físicas que se observaron en la laguna a través del tiempo están relacionadas con las condiciones atmosféricas y climatológicas. La disminución de la temperatura ambiental provoca que la temperatura del agua disminuya. La salinidad aumenta con la evaporación que está asociada a altas temperaturas.

En general en los lagos salados someros no se forma estratificación en la columna de agua; sin embargo, Anderson (1958) reporta que en Hot Lake hay estratificación a pesar de que es un lago poco profundo. Esto se debe a que es un lago muy protegido del viento y con una salinidad mayor a 200%. También Jenkin (1936) y Vareschi (1982) encontraron que la estratificación térmica del lago Nakuru de profundidad menor a 2 metros, se produce únicamente durante la noche en condiciones de calma.

En la laguna San José no se puede hablar de estratificación de temperatura a ninguna hora del día; sin embargo, se comprobó una estratificación del oxígeno y la salinidad a las 14 horas. Debido a la fuerte influencia del viento predominante que tiene una velocidad alta durante el día, la concentración de oxígeno del agua superficial aumenta, sin embargo, la capacidad de mezcla es alta y en

pocas horas desaparece la estratificación. Carpelan (1957) notó que la actividad microbiana puede influenciar fuertemente la concentración de oxígeno disuelto en las lagunas saladas y que puede dar lugar a diferencias muy grandes entre el día y la noche. Estos cambios también están relacionados con la producción de oxígeno por la fotosíntesis que durante la noche es nula.

En cuanto a la distribución horizontal de las variables físicas de la laguna, durante el día, la zona NE y centro son muy estables ya que no tienen grandes variaciones en la temperatura y en la concentración de oxígeno; pero, la salinidad en estas zonas tiene oscilaciones marcadas que están asociadas a la fuerte infiltración de agua "dulce" de salinidad menor a la del agua de mar que proviene del manto freático de la zona. En el SO de la laguna sucede lo contrario, aquí las variaciones en la temperatura y el oxígeno son muy grandes durante el día y la salinidad es poco variable. En esta zona no se observaron infiltraciones. Estas diferencias están relacionadas con la profundidad de la zona que en promedio es menor que la del resto de la laguna. Se trata de una zona somera mucho más vulnerable a los cambios climatológicos.

En cuanto a las diferencias observadas entre la primavera y el verano, la temperatura en toda la laguna aumentó 1°C en verano; y la salinidad disminuyó 8‰. Esto se debe a que en un cuerpo de agua salada, cuando la humedad es

alta, en lugar de producirse evaporación como ocurriría en una laguna de agua dulce, se genera condensación. Es decir, a medida que una laguna es más salada, los incrementos de la salinidad son cada vez menores, esto aunado a posibles eventos de lluvia dió como resultado que la salinidad disminuyera ligeramente a pesar de que la temperatura aumentó. La disminución del oxígeno en este caso más que estar relacionada con las condiciones climatológicas está afectada por las condiciones de viento de la época.

Según Russell-Hunter (1970), la relación superficie volumen que caracteriza a un lago es muy importante para su producción. Un lago poco profundo con orillas de desnivel suave, provisto de anchos cinturones de vegetación puede ser un lago más productivo. El tamaño de los lagos también es muy importante; en los grandes lagos la producción primaria está a cargo de las microalgas. En contraste, en un lago pequeño la producción del fitoplancton constituye tan sólo una fracción de la producción total. El resto, que se ha estimado ser del 20%, lo aportarían las algas bentónicas macrófitas (Stephens y Gillespie, 1972; Jørgensen, et al., 1983).

Los valores de producción primaria detectados en la laguna San José varían de 30 a 1,500 mg C/m³/d. Dentro de la producción primaria de los lagos salados, estas tasas son similares a las descritas para otros lagos a los que se considera como de producción moderada como el lago Waldsea, Little Manitou y Manito con 89, 475 y 1,643 mgC/m³/d, respec-

tivamente (Haynes y Hammer, 1978); o como el Soap, Werowrap y Pink con 316, 368 y 461 mgC/m³/d, respectivamente (Walker, 1975; Walker, 1973; Hammer, no publicado, en: Hammer, 1981).

Hammer (1986) menciona, que el incremento en la salinidad provoca una disminución en la producción primaria. Sin embargo, existen lagos con salinidades mayores a 150‰ con tasas de producción primaria muy altas como el Gran Lago Salado (729 mgC/m³/h). De los lagos mencionados únicamente el lago Pink tiene una salinidad similar a la de la laguna San José. Aunque en ambas la producción primaria no es de las más altas tampoco podrían considerarse como lagos poco productivos. Es posible que estas diferencias estén asociadas al tamaño de los lagos. El Gran Lago Salado es muy grande por lo que su producción estaría constituida por el fitoplancton principalmente, a diferencia de la laguna San José que es pequeña, poco profunda y posiblemente gran parte de la producción sea llevada a cabo por las algas bentónicas. Durante el estudio se incubaron algunas algas bentónicas en botellas BOD y se observó que la concentración final de oxígeno de la botella clara era mayor a 20 ppm comparada con la del fitoplancton que alcanzó como máximo 7 ppm.

No se puede decir que la mayor producción primaria se haya confinado siempre a la misma zona ya que en ocasiones no hubo diferencia en toda la columna de agua y los valores de producción también fueron altos en el fondo del médano. Esto nos indica que la zona eufótica alcanza por lo menos 130 cm.

En ocasiones se hicieron lecturas con el disco de Secchi y en todos los casos fué visible a cualquier profundidad. Esto concuerda con lo observado en algunos lagos salados someros en donde la profundidad de la zona eufótica se encontró entre los 10 cm y 1 m de profundidad (Hammer, 1986).

La mayor producción que se observó en la zona NE de la laguna (Fig. 18) se debe a que el fitoplancton es arrastrado por las corrientes y se acumula en esa zona. Lenz (1982 en: Hammer, 1986) encontró una correlación negativa entre la abundancia de *Artemia* y la cantidad de alimento. Esto no concuerda con lo observado en este estudio ya que las concentraciones más altas de organismos no siempre se hallaron en esta zona. Es posible que a pesar de que el pastoreo es muy alto en esta zona en algunas ocasiones, la acumulación de microalgas por las corrientes sea mayor que lo que consumen los organismos. Además, las artemias tienen la capacidad de desplazarse en contra de la corriente y por lo tanto se encuentran en otras zonas de la laguna en cantidades también considerables. Esto podría explicar la menor producción de la zona SO en donde hay artemias en mayor cantidad que fitoplancton.

El hecho de que la producción primaria sea mayor en los márgenes de la laguna (estratos A y C) está relacionado con la profundidad de estas zonas en las cuales la fuerte influencia del viento mezcla los nutrientes con más eficiencia que en las zonas profundas. El aporte de nutrien-

tes por escurrimiento en estas zonas a través de las lluvias también es mayor que en el estrato B. Existe una relación directa entre la biomasa y la producción primaria encontrada en los estratos A y C.

La producción primaria en la primavera fué significativamente mayor que en el verano. Esta diferencia se puede atribuir al aumento de la salinidad de primavera a verano. Por (1980) sugiere que la producción primaria disminuye al aumentar la salinidad debido a que se crean condiciones de estrés fisiológico en los organismos. En este sentido es posible que a pesar de que el fitoplancton esté adaptado a condiciones de salinidad alta, sea sensible a pequeñas variaciones que si bien no causan un desequilibrio en la población de microalgas, podrían disminuirla.

De acuerdo con Elliot (1971), una distribución contagiosa o en parches está asociada a valores de varianza mayores a la media. Durante todo el periodo de estudio se observaron valores muy altos en la desviación estandar de los datos (Tablas VI, VII y VIII) por lo que se puede decir que la distribución de los organismos tiene este patrón. En las comunidades planctónicas, la distribución en parches puede estar asociada a procesos físicos como las divergencias y convergencias creadas por las corrientes que en la laguna dan lugar a vórtices en donde se observó una abundancia mayor de organismos. Mason (1967) reporta el mismo patrón en Mono Lake.

La distribución de los quistes y de los nauplius está regida por la combinación de la dirección y la velocidad de las corrientes generadas por el viento. Si el viento del NE no alcanza durante el día una velocidad promedio mayor o igual a 10 Km/h, la corriente superficial no es suficientemente fuerte como para acumular a los organismos en los extremos de la laguna. Los quistes son transportados por las corrientes por lo que podrían considerarse como cuerpos a la deriva y utilizarse para conocer el sistema de corrientes con más precisión, ya que viajan a la profundidad de la corriente, a diferencia de los flotadores que son difíciles de calibrar y quedan expuestos a la influencia del viento.

Gilchrist (1954) menciona que uno de los mecanismos que utilizan las artemias para soportar las bajas concentraciones de oxígeno es la síntesis de hemoglobina por medio de la cual pueden extraer suficiente oxígeno del medio para sobrevivir. En los nauplius no se ha encontrado este mecanismo. Esto los hace más vulnerables a los cambios en la concentración de oxígeno y en consecuencia tienen que desplazarse constantemente hacia las zonas en donde la concentración es mayor. Bertalanffy (1953) encontró que el consumo de oxígeno de nauplius a adultos sigue la regla de la superficie, es decir, los nauplius consumen más oxígeno que los adultos.

Los metanauplius, a pesar de que se encuentran en la superficie, no son arrastrados por el viento ya que tienen más capacidad de desplazamiento. Se asociaron constantemente

a las zonas con menor concentración de oxígeno.

Los juveniles están asociados con la producción primaria con mayor frecuencia lo que puede estar relacionado con sus requerimientos energéticos que son mayores por estar en la etapa de crecimiento en la que necesitan consumir mas alimento; sin embargo, el consumo no supera a la producción primaria como para disminuirla drásticamente.

En el análisis no se encontró que los adultos (machos y hembras) estuvieran asociados con ninguno de los factores físicos, sin embargo, hay una relación entre la zona de menor producción primaria y la de mayor abundancia de adultos en concordancia con el pastoreo. Cabe mencionar que las artemias en el medio natural no se alimentan exclusivamente de fitoplancton. Un porcentaje alto de su alimentación es a base de bacterias, algas bentónicas y de las heces fecales que se depositan en el fondo de la laguna (Stephens y Gillespie, 1972; Marchant y Williams, 1977). Hammer (1986) no está de acuerdo con esto y argumenta que el tamaño y la masa de las heces fecales hace imposible que un organismo filtrador los pueda consumir. En la laguna San José se observó que los adultos raspan el fondo de la laguna y levantan la abundante materia orgánica que ahí se deposita el cual tiene muchas heces fecales. Con el movimiento creado por los pleopodos, las heces se rompen y pueden ser filtradas.

Posiblemente los adultos se concentran a media agua para evitar un gasto de energía al tener que desplazarse en contra

de la corriente superficial que es la de mayor velocidad.

A pesar de que las concentraciones de oxígeno son bajas en la zona NE de la laguna, están dentro de un intervalo tolerable por *Artemia*. Sin embargo, cuando la concentración es menor a 2 mg/l, los organismos tienden a desplazarse hacia las zonas con mayor concentración de oxígeno. También es notorio que los nauplius son más sensibles porque no se encontró ningún organismo en esa zona; lo anterior concuerda con el valor de correlación de 0.83 que se obtuvo en este caso.

La migración vertical en *Artemia* se debe principalmente a la intensidad de la luz ya que son fototácticos positivos. Sin embargo, pueden existir diferencias entre estadios. Los nauplius indistintamente se encontraron en la superficie, media agua ó en el fondo, tanto en condiciones de luz como en la oscuridad. La distribución puede estar enmascarada por el efecto de las corrientes pero esto se corrobora al observar que la posición de los nauplius a las diferentes horas del día es muy similar a la de los quistes. Cuando la intensidad de luz es mayor, los juveniles, machos y hembras migran a media agua. De acuerdo con Rose (1925), estos estadios tendrían una fototaxia negativa a los niveles de intensidad de luz que hay en superficie a esa hora por lo que permanecen a media agua donde la intensidad es óptima.

Collins (1977) reporta que las artemias del Gran Lago Salado reducen el efecto del cambio en la luz migrando hacia

el fondo en la madrugada y hacia superficie al atardecer. Esto último se observó en los metanauplius y juveniles que a las 8 PM tienen una distribución uniforme en la columna, pero no en los machos y hembras que a esa hora ya están en el fondo posiblemente para evitar el cambio en la intensidad de luz.

La abundancia de individuos de una población, es un indicador importante de una serie de problemas ecológicos, tanto de carácter fisicoquímico del ambiente como de sus relaciones con la cantidad de alimento disponible. La estructura de edades refleja el crecimiento de una población y su mortalidad. Los aumentos y disminuciones ligeras en la abundancia relativa de los nauplius y el que no se hayan observado picos numéricos muy altos, está relacionado con la estabilidad del nivel de la población, es decir, que constantemente se están aportando reclutas, pero no en forma masiva, para mantener el nivel poblacional estable; también hay un reclutamiento a través de los quistes pero en forma latente ya que no necesariamente eclosionan en ese momento sino que actúan como reserva de la población que llegarían a eclosionar cuando el nivel de la población disminuyera, esto concuerda con el bajo porcentaje de eclosión de los quistes cuando la salinidad es mayor a 90%. .

El tamaño de la población aumenta cuando las condiciones ambientales lo permiten y se reduce cuando el ambiente es desfavorable; a lo largo del tiempo, las condiciones favorables se contrarrestan con las desfavorables de tal maneu

ra que se llega a un equilibrio en el ambiente y por consiguiente en la población. La duración del lapso de las condiciones favorables para el crecimiento poblacional se transforma en el factor que controla el nivel que alcanzará la población. Estas condiciones suelen durar poco como para permitir un crecimiento ilimitado y las condiciones desfavorables no son lo suficientemente largas como para reducir la población a cero.

El valor numérico, tanto total como parcial (estadios), que tiene una población en un momento dado, depende de la cantidad de individuos que se agregan a la población y los que desaparecen, es decir, existe un balance entre la natalidad y la mortalidad que determina el nivel de una población, así la estructura de edades refleja el crecimiento de una población y su mortalidad.

Durante todo el estudio, la estructura de la población estuvo representada por todos los estadios únicamente en una ocasión y en general principalmente por 4 estadios (quistes, nauplius, metanauplius y juveniles). Debido a la estabilidad del medio, hay un retraso en el ciclo de vida de la población, de tal manera que los nauplius que nacieron el día 19 de septiembre, en 20 días no alcanzaron aún la madurez sexual. Estaríamos hablando de que cuando las condiciones del medio ambiente son estables y el nivel de la población está en equilibrio, el ciclo de vida es mas largo y por lo tanto el crecimiento de los individuos y de la población es mas

lento.

En ambientes sumamente constantes y estables, las poblaciones rara vez explotan sus recursos alimenticios de una manera completa; el crecimiento de la población se detiene antes de que el alimento se agote.

En la laguna Laysan, Hawaii, U.S.A. (Lenz y Dana, 1987), la estructura de la población también es muy estable ya que durante cuatro meses predominaron los juveniles y en menor grado los adultos; esta laguna coincide en tener características similares a las de la laguna de este estudio. En Mono Lake, Cal. (Lenz, 1987), el Gran Lago Salado, Utah (Wirick, 1972) y el lago Fallon, Nevada (Dana, 1984) que son lagos que están sometidos a ciclos estacionales muy fuertes con cambios drásticos en la temperatura, los cambios en la estructura de la población son muy marcados y puede llegar a haber varias generaciones en periodos muy cortos.

El modo de reproducción del género *Artemia* en el medio natural es un tema muy controvertido ya que se trata de un organismo que tiene la capacidad de reproducirse en forma vivípara, ovípara u ovovivípara en respuesta a los cambios en las características físicas y biológicas del medio. Aparentemente la inestabilidad del medio ambiente, en donde una población esté sometida a cambios bruscos en los factores físicos y biológicos del medio, es más determinante en la producción de quistes que una población que se encuentre a salinidades y temperaturas altas ó a concentraciones de oxígeno.

geno y de alimento bajas pero que no tengan variaciones muy grandes, es decir, que sean estables. Existen lagunas como Mono Lake que tienen ciclos estacionales muy marcados en donde la reproducción ovípara es un mecanismo necesario para asegurar a la población. Otras lagunas como el lago Grassmere y la laguna Laysan que son muy estables no necesitan producir quistes y poco a poco han perdido esa capacidad ya que en ninguna de las dos se han encontrado quistes (Lenz y Dana, 1987).

En base a los resultados de este estudio, la laguna San José se consideraría como estable ya que no tiene variaciones estacionales marcadas, el nivel de la población es estable y no se ha registrado una desecación total. En esta laguna hubo una abundancia relevante de quistes y durante las dos épocas se observaron los dos tipos de reproducción. Las condiciones de temperatura y de alimento no puede considerarse que sean muy variables. Sin embargo, el gradiente de oxígeno a lo largo de la laguna es muy alto y la zona NE se caracteriza por tener concentraciones muy bajas de 1-2 mg/l. Siempre se encontraron organismos en esta zona y en general no evitan estar ahí a excepción de los nauplius. En varias ocasiones el oxígeno fué menor a 1 mg/l, concentración a la cual, como se mencionó anteriormente, las artemias sintetizan hemoglobina que a su vez provoca en las hembras la producción de quistes. La hemoglobina provoca que los organismos tomen una coloración rojiza y en algunas muestras se observaron

algunos organismos con esta coloración.

Los cambios de salinidad en la superficie de la laguna creados por las lluvias así como las infiltraciones de agua de menor salinidad también pueden causar situaciones de estrés en los organismos.

La causa de que la población del médano produzca quistes en forma casi constante se debe a que las condiciones ambientales, principalmente los cambios irregulares de oxígeno y salinidad a las que han estado sometidas por cientos de generaciones, han influido para que tengan genéticamente, un nivel de heterocigosis alto (Correa, 1991).

Otra fuente de producción de quistes la constituyen las pequeñas charcas que se encontraron en la zona SO que ya no tienen comunicación con la laguna. Estas charcas se encuentran en la última fase de desecación por lo que las condiciones son extremas. En ellas la salinidad es mayor a 300%., las condiciones son anóxicas y como son muy pequeñas, las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche son muy grandes. Aquí se encontraron hembras que únicamente producían quistes que se acumulan en los márgenes de las charcas.

Los valores promedio de biomasa total encontrados en este estudio (31.1 Kg), son bajos comparados con los de otras lagunas que actualmente son explotadas como los lagos Abert y Grassmere (Tabla IV); sin embargo, es importante notar que la diferencia entre sus áreas es notable. Tanto en el presente

estudio como en los lagos mencionados, los valores de biomasa están relacionados con el volumen total de la laguna por lo que la relación entre tamaño y biomasa es directa. La biomasa por litro calculada para el lago Grassmere es la misma que la calculada en este estudio; esto nos indica que si bien la producción de *Artemia* del médano no es baja, su tamaño sí lo es.

Si comparamos la densidad de *Artemia* encontrada en San José con la de las lagunas Kuyal'nitskiy y Veppalodai, resultan ser similares (Tabla IV), sin embargo, también se trata de lagunas de mayor tamaño en donde los valores de biomasa de quistes que se extraen superan por mucho a los valores calculados en este estudio.

Es importante mencionar que las lagunas en las que se explota la *Artemia* viva, el modo de reproducción de la población es ovovivípara ó vivípara, ésto explicaría los valores tan altos de biomasa que se han reportado ya que el reclutamiento de los nauplius es constante. Se trata de lagunas permanentes en donde se extrae sal y por lo mismo las condiciones ambientales están controladas.

A pesar de que el médano de San José es una laguna estable en donde la abundancia de *Artemia* es considerable y la producción de quistes es constante, su explotación no es rentable ya que las cantidades totales de organismos vivos o de quistes que se podrían obtener, no aportarían grandes ganancias a ninguna industria.

El tamaño, la estabilidad de las lagunas y el modo de reproducción, son factores muy importantes que se deben considerar si se planea la utilización de este recurso. Los cambios en la biomasa y la estructura de la población de *Artemia* son un indicador de la estabilidad del medio.

En las lagunas en donde las condiciones del medio son desfavorables en alguna época del año, las variaciones en la biomasa y estructura de la población son muy grandes al grado de desaparecer la población. En las lagunas estables en donde estas oscilaciones no son extremas, la biomasa y la estructura de la población no son muy variables por lo tanto, el nivel que puede alcanzar una población está dado principalmente por la cantidad de alimento disponible y el tamaño del biotopo.

En ambos ambientes, es necesario conocer estas oscilaciones para que la cantidad de *Artemia* que se piense extraer esté calculada en base al nivel de la población en un momento dado.

En estudios posteriores se recomienda conocer si la estabilidad de la laguna acaece durante todo el año como se predice en este estudio; conocer la duración del ciclo de vida de la población; crecimiento; tasas de madurez y fecundidad para entender con más claridad la dinámica de esta población.

VI.- CONCLUSIONES

1.- El Medano de San José es un cuerpo de agua hipersalino con condiciones tanto físicas como biológicas muy estables a través de todo el año.

2.- Debido a que existe un equilibrio entre el aporte de agua por las lluvias, la infiltración local de agua y la evaporación de la laguna, sería muy difícil que la salinidad del médano se incremente al grado de causar que desaparezca la población.

3.- La fuerte influencia del viento evita que se forme una estratificación marcada y permanente, por lo que se puede considerar a la laguna como polimíctica ya que nunca se llega a formar una termoclina o picnoclina en ninguna zona de la laguna. Sin embargo, los cambios en la salinidad creados por las infiltraciones o la lluvia son detectables por varias horas, antes de ser mezclados.

4.- La producción primaria del médano es del orden de 700 a 1000 mgC/m³/d, lo que no concuerda con la idea de que los lagos con salinidades muy altas son poco productivos.

5.- Las condiciones de viento predominante son muy importantes para acumular o esparcir fuera de la laguna los

quistes en las dos épocas del año.

6.-Uno de los principales factores que determinan la distribución de los nauplius son la velocidad y dirección de las corrientes creadas por el viento. El oxígeno es otro factor importante porque generalmente a los organismos, se les encontró fuertemente asociados a zonas de mayor concentración de oxígeno.

7.- La influencia del viento en la distribución de los metanauplius, juveniles y adultos es menor debido a que tienen más capacidad de desplazamiento que los nauplius.

8.- La temperatura, la salinidad y el pH no tuvieron una influencia marcada en la distribución de ninguno de los estadios de *Artemia*.

9.- No se puede hablar de zonas específicas en donde se hayan encontrado constantemente a los organismos ya que pueden estar en cualquier lugar de la laguna y en un día desplazarse de un extremo al otro.

10.- Cuando el oxígeno es menor a 2 ppm, los organismos se desplazan hacia las zonas con mayor concentración de oxígeno.

11.- La población de *Artemia* del médano de San José se reproduce en forma vivípara y ovovivípara. La producción de quistes se debe a los siguientes factores:

A.- A los cambios en la concentración de oxígeno a los que están sometidos los organismos en las diferentes zonas de la laguna, así como a los pulsos creados por la disminución del oxígeno y de la salinidad.

B.- Debido a que las condiciones del medio son estables y el nivel de la población está en equilibrio, parte del esfuerzo reproductivo puede canalizarse hacia la producción de quistes ya que la población no está en crecimiento.

C.- Al intercambio genético con las poblaciones de las lagunas interiores "Lagunas B y C", las cuales han estado sometidas a condiciones desfavorables del medio por varias generaciones.

12.- A pesar de que el médano de San José tiene una biomasa y densidad de *Artemia* similar al de algunas lagunas en donde se extrae comercialmente, su tamaño es una limitante para que pueda ser explotada. Debido a sus características topográficas y climatológicas, sería difícil que aumentara su tamaño ya que se trata de una planicie en donde difícilmente se acumularía agua por la alta evaporación y la baja precipi-

tación pluvial.

13.- Se recomienda obtener los quistes de la laguna para establecer un cultivo controlado en otro lugar, ya que se trata de una población que tiene la capacidad de producir quistes constantemente.

14.- El médano de San José es un habitat muy valioso ya que alberga a una población que tiene la capacidad de reproducirse en forma ovípara y ovovivípara, al mismo tiempo; es decir que se encuentra en un punto intermedio de estabilidad que le confiere la ventaja de adaptarse a condiciones extremas con fluctuaciones temporales marcadas o sin ellas.

VII.- LITERATURA CITADA.

- Amat, F., 1985. Utilización de *Artemia* en Acuicultura. Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras. Barcelona, España.: 3-12.
- Anderson, G.C., 1958. Some limnological features of a shallowsaline meromictic lake. *Limnol. Oceanogr.* 3: 259-270.
- Barigozzi, C., 1939. La biologia di *Artemia salina* Leach studiata in acquario, *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.* 78:137-160.
- Bayly, I.A.E., 1967. The fauna and chemical composition of some athalassic saline waters in New Zealand. *N. Z. J. mar. Freshwat. Res.* 2:105-117.
- Bertalanffy, L., 1953. The surface role in crustaceans. *Am. Nat.* 87(833): 107-110.
- Carpelan, L.H., 1957. Hydrobiology of Alviso salt ponds. *Ecology* 38 (3): 375-390.
- Castro, T., L. Sanchez, R. De Lara, 1977. Natural sources of brine shrimp (*Artemia*) in México. En: *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (Eds.). Universa Press., Wetteren, Belgium. 456 pp.
- Cochran, W.W.G., 1978. Técnicas de Muestreo. Segunda edición. C.E.C.S.A. México. 507pp.

- Collins, N.C., 1977. Ecological studies of terminal lakes—their relevance to problems in limnology and population biology. In D.C. Greer (ed) *Desertic Terminal Lakes*, Utah Water Res. Lab., Utah State Univ., Logan, Utah:411-420.
- Correa, S. F., 1991. *Caracterización Biológica y Bioquímica de Algunas Poblaciones de Artemia franciscana Kellogg, 1906*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Departamento de Acuicultura Centro de Educación Científica y Educación Superior de Ensenada, México. 126 pp.
- Conte, F.P., 1988. Abundance and spatial distribution of *Artemia salina* in Lake Abert, Oregon. *Hydrobiologia* 158: 167-172.
- Dana, G.L., 1984. *Artemia* in temporary alkaline ponds near Fallon, Nevada with a comparison of its life history strategies in temporary and permanent habitats. p. 115-125. In: *Vernal pools and intermitent streams*. Jain S. and P. Moyle (Eds). Inst. Ecol., Univ. California, Davis, USA. Pub. No.28. 280 p.
- Davis, J.S., 1980. Experiences with *Artemia* at solar salt works. : 51-55. En: *The Brine Shrimp Artemia*. Vol.3. *Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*. Persoone, G., P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers (Eds.). Universa Press., Wetteren, Belgium. 456 pp.
- Elliott, J.M., 1971. Some Methods for the Statistical Analysis of samples of Benthic Invertebrates. *Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 25*.

157 p.

- Gauch, H. G. Jr., 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. University Press., Cambridge, New York, U.S.A. pp. 6-245.
- Gilchrist, B.M., 1954. Haemoglobin in *Artemia*. Proc. r. Soc. London. Ser. B. 143(910):136-148.
- Hammer, U.T., 1981. Primary production in saline lakes. A review. Hydrobiologia 81:47-57.
- Hammer, U.T., 1986. Saline Lake Ecosystems of the world. W. Junk Publishers, Dordrecht. 616 pp.
- Haslett, S. J. and R. G. Wear, 1985. Biomass Estimation of *Artemia* at Lake Grassmere, Marlborough, New Zealand. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 36: 537-57. Haynes, R.C. y Hammer, U.T., 1978. The saline lakes of Saskatchewan IV. Primary production of phytoplankton in selected saline ecosystems. Hydrobiologia 63: 337-351.
- INEGI, 1984. Síntesis Geográfica del Estado de Baja California. Anexo Cartográfico. Secretaria de Programación y Presupuesto.
- Hutchinson, G.E., 1937. A contribution to the limnology of arid regions. Trans. Connecticut Acad. Arts Sci. 33:47-132.
- Jenkin, P.M., 1936. XIV. Reports of the Percy Staden Expedition to some Rift Valley Lakes in Kenya in 1929. VII. Summary of the ecological results, with especial reference to the alkaline lakes. Ann. Mag. Nat. Hist.

18:133-181.

- Jørgensen, B.B., N. P. Revsbech, and Y. Cohen, 1983. Photosynthesis and structure of benthic microbial mats: microelectrode and SEM studies of four cyanobacterial communities. *Limnology and Oceanography* 28: 1075-1093.
- Lenz, P. H., 1980. Ecology of an alkali-adapted variety of *Artemia* from Mono Lake, California, USA.: 79-96. In: *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 3 Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone, G.P. Sorgeloos, O. Roels y E. Jaspers. (Eds.) Universa Press, Wetteren, Belgium, 456 pp.
- Lenz, P.H., 1982. Population studies on *Artemia* in Mono Lake, California. Ph.D. Thesis (Biology), University of California, Santa Barbara. En: Hammer, U.T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the world*. W. Junk Publishers, Dordrecht. 616 p.
- Lenz, P.H., 1987. Ecological studies on *Artemia*: a review. *Artemia Research and its Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Sorgeloos, P. et al. (Eds.). Universa Press. Wetteren, Belgium. 556 p.
- Lenz, P.H. and G. L. Dana, 1987. Life-cycles studies in *Artemia*: a comparison between a sub-tropical and temperate population. *Artemia Research and its Applications*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in aquaculture. Sorgeloos, P. et al. (Eds.). Universa Press. Wetteren, Belgium. 556 p.

- Löffler, H., 1959. Beitrage zur Kenntnis der iranischen Binnengewässer. I. Der Niriz-see und sein Einzugsgebiet. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 44:227-276. In: Hammer, U.T. 1986. Saline Lake Ecosystems of the world. W. Junk Publishers, Dordrecht. 616 pp.
- Makarov, Y.N., 1984. Distribution and Dynamics of Abundance of *Artemia salina* in Kuyal'nitskiy Lagoon. UDC'574. 5:595.32. pp. 16-21.
- Marchant, R., W. D. Williams, 1977. Population Dynamics and Production of a Brine Shrimp, *Parartemia zietziana* Sayce (Crustacea: Anostraca), in Two Salt Lakes in Western Victoria, Australia. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 28:417-438.
- Mason, D.T., 1967. Limnology of Mono Lake, California. Univ. California Publs. Zool. 83, 102 pp.
- Morales, E.R. y L. F. Bückle, 1991. Levantamiento Topográfico con Tránsito y Cinta. Cálculos con Lotus 1 2 3. Comunicaciones Académicas. Serie de Acuicultura. CICESE, Ensenada, B.C., México.
- Oca, M., 1968. Topografía. 3a. edición. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México.
- Omori, M., A. Fleminger, 1976. Zooplankton fixation and preservation. Editado por H. F. Steedman. The UNESCO Press. Paris. p. 281-286.
- Persoone, G., P. Sorgeloos., 1980. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*.: 1-24. In: The

- Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone, G.P., Sorgeloos, O., Roels y E. Jaspers. (Eds.) Universa Press., Wetteren, Belgium. 456pp.
- Por, F.D., 1980. A classification of hypersaline waters, based on trophic criteria. Mar. Ecol. Prog. Ser. 1: 121-131
- Ramamoorthi, K., G. S. Thangaraj, 1980. Ecology of *Artemia* in the salt pans of Tuticorin, South India.: 105-114. In: The Brine Shrimp *Artemia*. Vol.3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone, G.P., Sorgeloos, O., Roels y E. Jaspers. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium. 456pp.
- Röllefsen, G., 1939. Artificial rearing of fry of seawater fish. Preliminary communication. Rapp. Proc. Verb. Réunion. Cons. perm. Explor. Mer.: 109-133.
- Rose, M., 1925. Contributions á l'étude de la biologie du plancton. Le probleme des migrations verticales journalières. Arch. Zool. exp. gen., 64, 387-542.
- Russell-Hunter, W.D., 1970. Productividad Acuática: introducción a algunos aspectos básicos de la oceanografía biológica y de la limnología. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 273 p.
- Sasso, Y.L., 1980. Cultivo Intensivo de *Artemia* salina (Leach): Una propuesta para su explotación y uso en Acuicultura. 2. Simp. Latinoamericano de Acuicultura,

México, D.F. Vol.1. : 2159-2190.

- Scelzo, M. A., J. F. Voglar., 1980. Ecological study of the *Artemia* populations in Boca Chica salt lake, Margarita Island, Venezuela.:115-125. In: The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persone .G.P. Sorgeloos .O Roels y Jaspers (Eds.)Universa Press, Wetteren, Belgium, 456pp.
- Seale, A., 1933. Brine shrimp *Artemia* as a satisfactory live food for fishes. Trans. Am. Fish. Soc. 63:129-130.
- Sorgeloos, P., 1980. The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture.: 25-46. In: The Brine Shrimp *Artemia*. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Persoone, G.P., Sorgeloos, O., Roels y E. Jaspers. (Eds.) Universa Press., Wetteren, Belgium. 456pp.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. 2nd ed. 167pp.
- Stephens, D.W., and D.M. Gillespie., 1972. Community structure and ecosystem analysis of the Great Salt Lake. In: J.P. Riley (ed) The Great Salt Lake and Utah's Water Resources. First Ann. Conf., Utah Sec., Am. Water Res. Assoc., Utah Water Res. Lab., Utah State Univ., Logan, Utah:66-72.
- Vareschi, E., 1982. The ecology of Lake Nakuru (Kenya). III. Abiotic factors and primary production. Oecologia (Berl.) 55:81-101.

- Walker, K.F., 1973. Studies on a saline lake ecosystem. Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 24: 21-71.
- Walker, K.F., 1975. The seasonal phytoplankton cycles for two saline lakes in central Washington. Limnol. Oceanogr. 20: 40-53.
- Williams, W.D., 1981. Inland salt lakes: An introduction. Hydrobiologia 81: 1-14.
- Wirick, C.D., 1972. *Dunaliella-Artemia* plankton community of the Great Salt Lake, Utah, M.S. Thesis, University of Utah, USA. 44 pp.
- Yamane, T., 1979. Estadística. Harla, S.A. de C.V. Tercera edición 771 p.