



Bioecología de *Artemia* en la laguna *La Colorada*

Demetrio Porras Díaz Ordaz,
Laura Castrejón Ocampo, Christine J. Band Schmidt,
Alejandro Mendoza Maravillas. Universidad del Mar

RESUMEN

La laguna costera de "La Colorada", Oax., presenta grandes fluctuaciones a lo largo del año en los parámetros fisicoquímicos, sobre todo la salinidad, que fluctúa entre los 180 ‰ y 360 ‰. Los sedimentos de la laguna están compuestos por arenas, limos, arcillas y materia orgánica. Las microalgas más abundantes fueron la de los géneros *Oscillatoria*, *Nitzschia* y *Dunaliella*. Este ambiente es propicio para el desarrollo de poblaciones naturales de *Artemia*. El contenido de proteínas en base seca de la población de *Artemia* fue de 39.1%. El diámetro de los quistes sin tratamiento fue de 212 a 215 μ y descapsulados de 184 a 190 μ . Se realizaron pruebas para determinar la calidad de los quistes (H%, HE, TO, T10, T90 y Ts), en base a los resultados obtenidos se recomienda mejorar el método de cosecha y procesado de los quistes.

Introducción

Actualmente la actividad de cría de larvas de peces y crustáceos sigue condicionada por la alimentación constituida por presas vivas (Jones y Houde, 1981), siendo *Artemia* una de las más utilizadas sobre todo en fase de nauplio recién eclosionado. Varios investigadores emplean metanauplios y adultos tanto a nivel laboratorio o en planta piloto, éstos proceden principalmente de poblaciones naturales provenientes de salinas (Vos y De la Rosa, 1980; Flores, 1987; Jumalon y Ogburn, 1987). La *Artemia* también es utilizada para la alimentación de foraminíferos, celenterados, poliquetos, calamares, insectos y quetognatos (Sorgeoos, 1979).

La ventaja de utilizar biomasa de *Artemia* como alimento de otros organismos se debe a varios factores, dentro de las que destacan las siguientes: es un alimento disponible en cualquier momento, ya que sus quistes almacenados, mediante su incubación darán origen a los nauplios en un lapso de 24 horas; es de fácil cultivo y tiene alta resistencia al manejo en el laboratorio, en todas sus fases de vida es bien aceptado por los organismos debido a su movilidad y color brillante,

ABSTRACT

The Coastal lagoon of "La Colorada", Oax., presents great fluctuations in the physicochemical parameters during the year, specially in the salinity, which fluctuates between 180 ‰ and 360 ‰. The sediments of the lagoon are composed of sand, lime, clay and organic matter. The most abundant microalgae were from the genera *Oscillatoria*, *Nitzschia* and *Dunaliella*. This environment is adequate for the development of natural populations of *Artemia*. The content of proteins expressed in percentage of dry weight was 39.1%. The diameter of the cysts without treatment was of 212 to 215 μ and descapsuled of 184 to 190 μ . The quality of the cysts was determined (H%, HE, TO, T10, T90 y Ts). On the basis of the results obtained it is recommended to improve the harvesting method and the process of the cysts.

presentan un alto contenido energético (Castro *et al.*, 1995). Además se puede adecuar el tamaño de la *Artemia* al crecimiento de larvas y poslarvas en cultivo (Eagles *et al.*, 1984; Trotta *et al.*, 1987). Se han utilizado como atrayente organoléptico en dietas para alevines, suministrándola viva junto con otras dietas para facilitar la captura de partículas alimenticias (Person-Le Ruyet *et al.*, 1978; Metailler *et al.*, 1983; Levine *et al.*, 1983).

La biomasa de *Artemia* ha sido aprovechada para el consumo humano por algunas tribus indias y africanas (Ghannudi *et al.*, 1988). En otras regiones como Libia se consume en forma de pan conocido como pan de *Artemia* (Dumont, 1989). En Tailandia se tiene conocimiento del consumo de *Artemia* en diversas formas de preparación (Mot, 1989). El uso de *Artemia* como alimento para el hombre es importante para los países en desarrollo dada la escasez de proteína animal en contraste con la abundancia de zonas potenciales para desarrollar su cultivo.

El estado de Oaxaca cuenta con 34 salinas que abarcan una superficie de 1,320 ha, las dimensiones de las salinas varían dependiendo de la topografía del



terreno. Estos hábitats son propicios para el desarrollo de poblaciones naturales de *Artemia*, las que se pueden localizar en los estanques de evaporación dentro de las salinas a niveles de aproximadamente 100 ‰. *Artemia* como organismo filtrador se alimenta de materia orgánica y particulada, así como de microalgas las cuales crecen abundantemente en estos medios salinos, provocando condiciones anaeróbicas que dificultan los procesos de cristalización. En contraposición *Artemia* forma un sustrato de aminoácidos que son aprovechados por bacterias del fondo, que facilitan la captación de energía solar y aceleran la cristalización de la sal.

La laguna de *La Colorada* funciona como un almacén de depósito evaporador de salmueras, se han construido tanques de concentración y cristalización de diferentes tamaños utilizando maderas y arcilla a manera de bordos, su dimensión varía de 100 m de ancho a 300 m de largo y de 40 a 60 cm de profundidad.

La cepa de *Artemia* de *La Colorada* ha llamado la atención de diversos investigadores, que la han estudiado desde diferentes aspectos: biometría de los quistes, tasa y eficiencia de eclosión, tamaño naupliar,

reproducción, periodo de vida y su posible aprovechamiento en la acuicultura (Band-Schmidt *et al.* 1996; Castro *et al.*, 1995; Castro *et al.*, 1996; Malpica *et al.*, 1996).

En este trabajo se consideró la necesidad de obtener un mayor conocimiento acerca de la población natural de *Artemia* y su entorno, evaluando y cuantificando la biomasa, la calidad de los quistes y su valor nutritivo, así como la configuración de las poblaciones de microalgas, determinando las condiciones fisicoquímicas de la laguna y las características del sedimento.

AREA DE ESTUDIO

La laguna *La Colorada* se encuentra ubicada en el municipio de Santiago Astata al oeste del puerto de Salina Cruz en las coordenadas 15°57'10" a 15°57'50" LN, y 95°33'30" a 95°34'38" LO, en un clima Awo(w)igw" (García, 1988), que corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno seco. La precipitación media anual es de 817.7 mm. La temperatura ambiente, en la franja costera para veinte años en esta región está entre los 42 °C como máximo extremo y 12.6 °C como mínimo extremo. El grado de

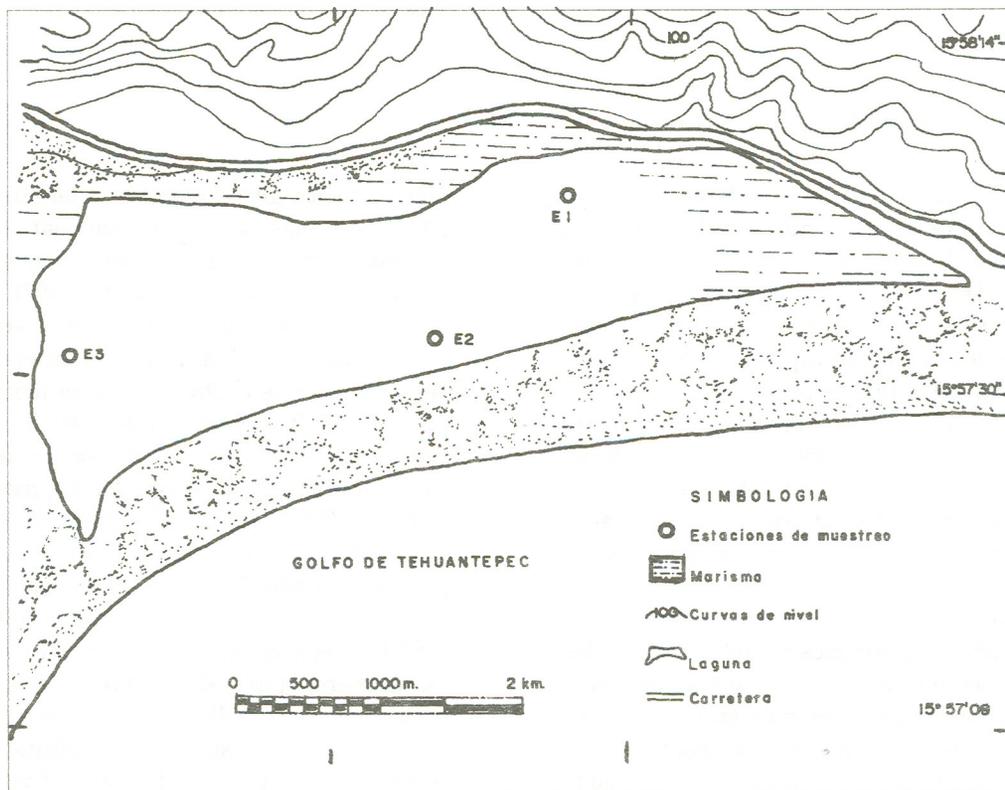


Fig. 1 Localización de las estaciones de muestreo de parámetros fisicoquímicos y biológicos en la laguna *La Colorada*, Oax.



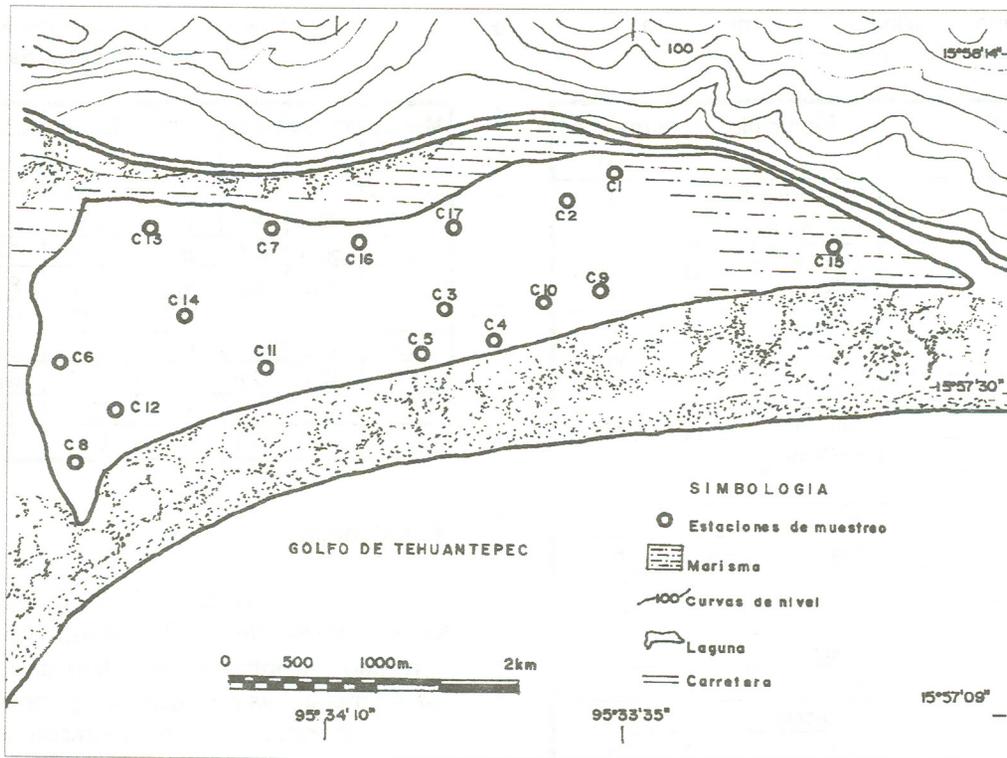


Fig. 2 Ubicación de las estaciones de muestreo de suelo en la laguna *La Colorada*, Oax.

insolación presenta una media anual de 2400 horas, siendo el mes de agosto el registra una insolación menor con 180 horas (Tamayo, 1976).

El área alcanza una superficie aproximada de 131.8 ha. en tiempo de estiaje con una profundidad de 0.40 m, en temporada de lluvias el área alcanza una superficie de 176.6 ha y una profundidad promedio al centro de la laguna de 0.60 m. En los márgenes se encuentra vegetación secundaria de selva baja caducifolia, su bocanarra al mar se encuentra cerrada en época de estiaje, cuenta con dos canales naturales, que en época de lluvias aportan agua dulce al sistema y un ojo de agua permanente.

Al norte de la salina *La Colorada*, se localizan dos cerros, uno con altura máxima de 340 m que es el cerro Aguaje de León y el cerro Panahuitu que tiene 420 m de altura. Estos dos cerros están constituidos por calizas dolomítica, en partes marmolizadas de una coloración grisácea, microcristalina fina, recristalizada, aparentemente masiva, aunque en algunas partes es posible encontrarlos bien estratificados en capas con espesor variable desde unos cuantos centímetros hasta un metro de espesor. Incluidos en los planos de estratificación, se observan capas delgadas de arcilla ferroginosa que le dan una coloración rojiza al oxidarse; también se encuentran fracturas de relleno

de calcita.

Al SE de Huamelula, las calizas Cretácicas se encuentran sobre un conglomerado de rocas de diferente composición (metamórficas e ígneas) que a su vez cubre las rocas del basamento, que consiste en granitos y granodioritas (Vila, 1973).

Al sur se presenta un cordón arenoso que corre de oeste a este y se encuentra limitado por el Golfo de Tehuantepec, está constituido de material arenoso reciente, de arenas muy finas a arenas medias. En el mismo cordón hay presencia de agua dulce, la cual escurre al interior de la salina causando daños a los productores de sal. Otro factor que afecta la producción de sal es un ojo de agua dulce que se encuentra al pie del cerro Aguaje de León, que se encuentra fluyendo todo el año.

METODOLOGIA

Se realizaron muestreos mensuales en tres estaciones: cerca de la bocanarra y en dos cristalizadores en los extremos de la laguna (fig. 1). Durante el periodo de lluvias se imposibilitó la toma de muestras por dificultades climatológicas.

Se registró la temperatura superficial. El oxígeno disuelto y el pH se registraron utilizando métodos



Tabla 1 Registro de salinas del estado de Oaxaca. Datos hasta julio de 1990.

| Nombre | Municipio | Superficie (ha) |
|-----------------------------|------------------|-----------------|
| Salinitas 4 | S.P. Nacional | 74 |
| José Diego | Stgo. Astata | 600 |
| S. La Blanca | Tehuantepec | 100 |
| El Amparo | Juchitán | 18 |
| Sn. Ramón | Juchitán | 15 |
| Pta. Agua | Juchitán | 50 |
| Suvacina | Xadani | 0.90 |
| Conchalito | Ixhuatán | 9.46 |
| S. Lodo | Sn Dionisio | 6.92 |
| Tinongo | Ixhuatán | 11.98 |
| Yucla | Juchitán | 6 |
| Huelahuichana | Unión de Hidalgo | 6 |
| Laguna Vichi | Ixhuatán | 12.48 |
| Contreras | Sn Dionisio | 13.74 |
| Duvaguichi | Unión de Hidalgo | 20 |
| IV Mezquite | Ixhuatán | 9 |
| Buena Vista | Sn Dionisio | 3.92 |
| Isla de León | Ixhuatán | 28.59 |
| Sta. Cruz | Juchitán | 32.93 |
| Cascalote | Unión de Hidalgo | 35 |
| Amp. Amparo | Juchitán | 138 |
| Salinitas 3 | S.P. Nacional | 72 |
| Salinitas 2 | S.P. Nacional | 95 |
| Descabezadero | S.P. Nacional | 83 |
| El Fraile * | Tehuantepec | 18 |
| Amp. 1 Fraile * | Tehuantepec | 64.3 |
| Amp. 2 Fraile * | Tehuantepec | 83.6 |
| Amp. 2 Cascalote | Unión de Hidalgo | 88 |
| Amp. 1 Cascalote | Unión de Hidalgo | 81.68 |
| Garrapatero * | Tehuantepec | 100 |
| Laguna Grande Tehuantepec * | Tehuantepec | 100 |
| La Colorada * | Stgo. Astata | 131.8 |
| Laguna Grande 2 * | Tehuantepec | 98 |
| Laguna Grande 3 * | Tehuantepec | 97 |

*Salinas con presencia de *Artemia*

colorimétricos por medio de un equipo Merk y la salinidad se determinó con un refractómetro.

Los datos meteorológicos de seis años (1988-1993) de temperatura máxima y mínima (°C), humedad relativa (%), vientos dirección y velocidad, precipitación pluvial (mm), evaporación (mm), e insolación (hrs), fueron obtenidos de la estación meteorológica de la SARH en Salina Cruz.

Paralelamente a los muestreos mensuales se realizaron visitas prospectivas a alguna salinas con presencia de *Artemia* (Tabla 1).

Tabla 2 Parámetros texturales del sedimento de la laguna La Colorada.

| Muestra | Arenas % | Limos % | Arcillas % | Muestra | Arenas % | Limos % | Arcillas % |
|---------|----------|---------|------------|---------|----------|---------|------------|
| C1 | 90.8 | 9.2 | 0.0 | C9 | 97.1 | 2.5 | 0.4 |
| C2 | 50.3 | 42.9 | 6.7 | C10 | 94.4 | 4.8 | 0.7 |
| C3 | 34.6 | 60.6 | 4.8 | C11 | 83.4 | 14.8 | 1.8 |
| C4 | 94.8 | 4.5 | 0.7 | C12 | 80.4 | 18.6 | 1.0 |
| C5 | 94.1 | 5.8 | 0.1 | C13 | 23.8 | 67.5 | 8.6 |
| C6 | 42.1 | 52.6 | 5.2 | C14 | 64.0 | 32.6 | 3.4 |
| C7 | 32.3 | 59.6 | 8.0 | C15 | 53.5 | 43.1 | 3.3 |
| C8 | 94.9 | 5.1 | 0.0 | C16 | 52.3 | 39.9 | 7.8 |

Fitoplancton

Para la recolecta de las muestras de fitoplancton se filtraron de 5 a 50 l de agua dependiendo de la densidad encontrada. Se utilizó una red de 100 µ de luz de malla. Las muestras se fijaron con formol al 5%. En el laboratorio se concentraron las muestras por centrifugación a 1500 rpm durante 20 minutos (Thronsdén, 1978).

La identificación se hizo por métodos microscópicos utilizando literatura especializada para su identificación, Yamaji, (1969), Foged, (1975) y Cupp (1943). Se identificaron 200 organismos de cada muestra, que fue la cantidad mínima determinada para obtener un 90% de confianza.

Para el conteo de células se utilizó una cámara de Neubauer (Guillard, 1978).

Artemia

Los quistes de *Artemia* fueron recolectados en las esquinas de los cristalizadores. Se procesaron de acuerdo a los métodos descritos por Amat (1985).

El análisis de eclosión contempló el estudio del porcentaje de eclosión, la eficiencia de eclosión (HE), definida como el número de nauplios obtenidos por cada gramo de quiste deshidratado; el tiempo de eclosión (T10, T50 y T90), como el tiempo en horas necesari-

Tabla 3 Materia orgánica (m.o.) en los sedimentos de la laguna La Colorada

| Muestra | m.o. (%) |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| C1 | 7.4 | C6 | 5.3 | C11 | 1.6 | C16 | 7.4 |
| C2 | 6.5 | C7 | 6.0 | C12 | 2.4 | C17 | 6.9 |
| C3 | 5.8 | C8 | 1.0 | C13 | 6.8 | | |
| C4 | 1.7 | C9 | 0.9 | C14 | 4.1 | | |
| C5 | 1.9 | C10 | 1.1 | C15 | 4.8 | | |



rio para obtener 10, 50 y 90% respectivamente, de los nauplios que eclosionaron; y la sincronía de eclosión (Ts), como el tiempo que separa T90 de T10. Para ello se siguieron los métodos descritos en Amat (1985).

El tamaño de los quistes y nauplios se determinaron utilizando un micrometro ocular de reglilla. Para la preparación de las muestras se siguieron los procedimientos descritos por Vanhaecke *et al.* (1980), que consiste en un procesado cuidadoso de los quistes para eliminar al máximo las impurezas acompañantes, los embriones y nauplios se colocaron en una caja de petri con solución de yodo.

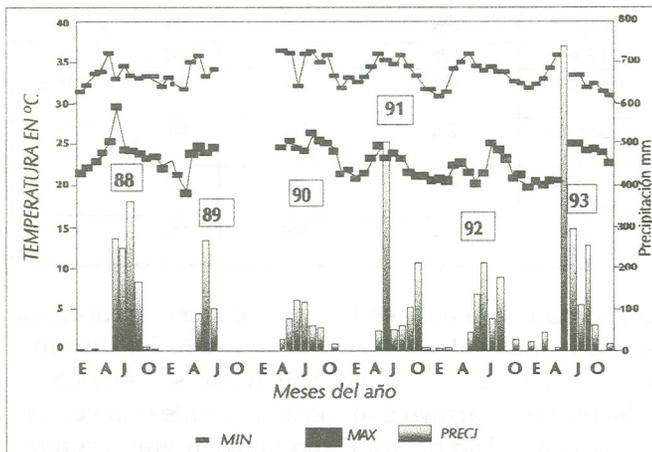


Fig. 3 Registro de temperatura (°C) y precipitación (mm) (1988-1993), estación meteorológica El Marqués, Salina Cruz

Para los análisis bioquímicos de *Artemia* se colectaron las muestras utilizando una red de mano de nylon de 150µ de luz de malla. Se trasladaron al laboratorio congeladas en recipientes de plástico y fueron mantenidos a -20 °C hasta su posterior análisis. El contenido de proteínas se determinó por el método de

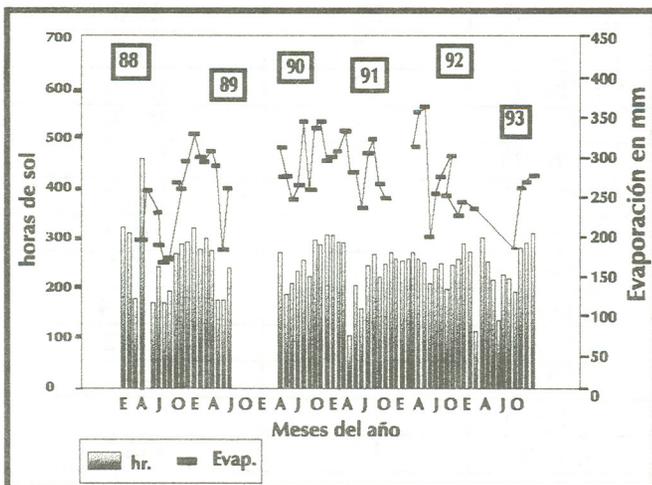


Fig. 4 Registro de insolación (hrs) y evaporación (mm) (1988-1993), estación meteorológica El Marqués, Salina Cruz.

Macrokelidan (AOAC, 1990) y el grasas por el método de la AOAC (1990).

Sedimentos

Se colectaron un total de 17 muestras en una área de 131.8 ha (Fig. 2). La recolecta de muestras y toma de parámetros físico-químicos se realizaron periódicamente. Las muestras se tomaron de la parte superficial, directamente con la mano y depositándolas en bolsas de plástico previamente etiquetadas. La ubicación de las muestras se realizó con ayuda de una brújula y tomando como referencia los cerros de mayor altura, así como la Isla Blanca y otros puntos fijos con los que se auxilio la ubicación.

De los sedimentos colectados se tomó una submuestra para la determinación de la materia orgánica y otra de mayor peso para el análisis de granulometría de acuerdo a la técnica descrita por Folk (1968).

RESULTADOS

De los datos meteorológicos observados durante los años 1988 a 1993 se aprecia que en el mes de junio de 1991 y 1993 las precipitaciones pluviales fueron del orden de 500 mm y 750 mm respectivamente (fig. 3), debido a fuertes tormentas ciclónicas que azotaron la región causando inundación en las lagunas de la región y en particular de la laguna *La Colorada*. Las temperaturas máximas se registraron en los meses de abril y mayo con 37 a 38 °C. La evaporación más alta se presentó durante el verano con valores de 300 a 350 mm. En tanto que las horas sol alcanzaron en 1990-92-93, cerca de 300 hrs de insolación (fig. 4). Los vientos dominantes del norte registran fluctuaciones de

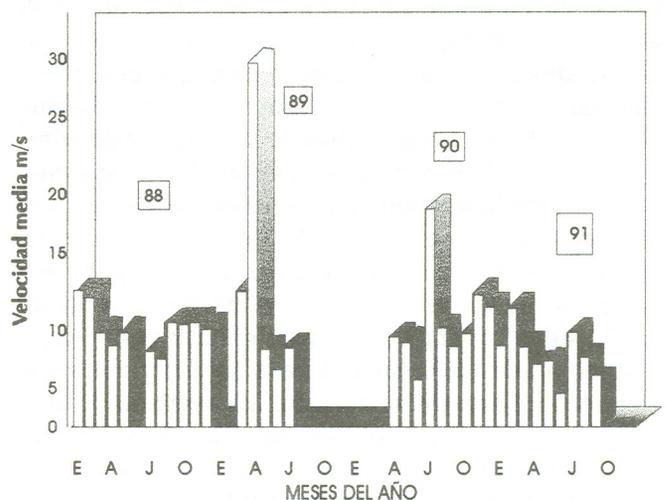


Fig. 5 Registro de viento (velocidad media) (1988-1993), estación meteorológica El Marqués, Salina Cruz



velocidad media entre 5 a 10 m/seg (fig. 5), y la humedad relativa alcanzó durante junio y agosto de 1993 valores máximos de 60 a 70% (fig. 6).

Las características granulométricas del interior de la laguna *La Colorada* muestran para la fracción gruesa (arenas) que los valores oscilan de 23.7 a 97.1% (tabla 2) y se distribuyen como se observa en la fig. 7. Los porcentajes del 90% de arena disminuyen de sur a norte hasta llegar a 60% y se extienden paralelamente a la barra en dirección oeste a este. Esto nos indica que la barra de arena influye en la formación de la

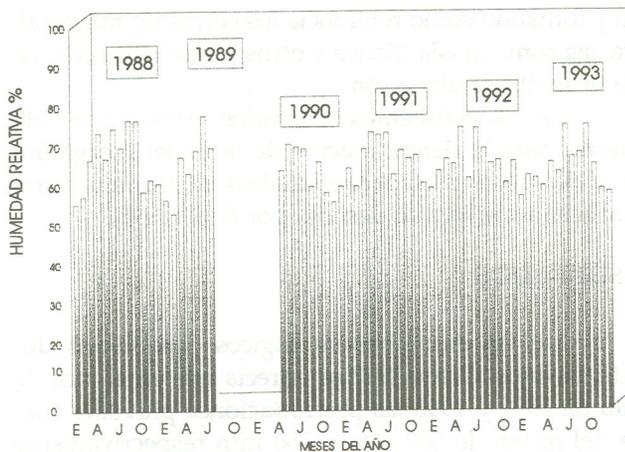


Fig.6 Registro de humedad relativa (%) (1988-1993), estación meteorológica El Marqués, Salina Cruz

laguna. Para el centro de la misma se localizan valores puntuales que van de 30 a 50% de arena. Como sucede en la gran mayoría de las lagunas en su parte central las condiciones de arena son bajas, ya que las partículas de mayor peso no son transportadas tan fácilmente al centro de las lagunas. Al noroeste se observan valores del 20% que aumentan al sur hasta llegar al 50% de arena, estos movimientos de sedimento se realizaron por el afluente de un pequeño arroyo que desemboca directamente a la laguna. Al este se muestran valores de 90 a 97%, en ambas orillas de la laguna y disminuyen al centro de la misma hasta llegar al 60% de arena.

Para la fracción fina los limos fluctúan de 2.5 a 67.5% (tabla 2). Se extienden de oeste a este con un aumento de sur a norte desde 2 hasta 30% (fig. 8); este arreglo se puede deber a que en el interior de la laguna no existen corrientes marinas significativas, excepto cuando se abre la bocanarra de la laguna y aún así es mínimo el efecto de la corriente. La apertura de la laguna es un factor que se presenta cada año o en condiciones extremas de tormentas o ciclones, como sucedió en el año de 1993 durante el período de lluvias intensas combinado con tormentas, que hicieron que la laguna se inundara totalmente de agua dulce y provocó

Tabla 4. Diámetro de los quistes y tamaño naupiliar de varias cepas de *Artemia*

| Origen de la Artemia | Diámetro medio de quistes hidratados sin descapsular(μ) | Diámetro medio de quistes hidratados descapsulados (μ) | Tamaño naupiliar (μ) | Casa comercial |
|------------------------|---|--|----------------------|----------------|
| La Colorada, Oax. 93 | 213 | -- | 463 | -- |
| La Colorada, Oax. 94 | 213 | 189 | 450 | -- |
| El Marqués, Oax.93 | 210 | -- | -- | -- |
| Salt Lake Utah, USA | 227 | 210 | 485 | OSY |
| Bélgica | 223 | 200 | 440 | EG-INVE |
| U.S.A. | 225 | 210 | 430 | FRIPAX |
| Sn. Francisco Bay, USA | 221 | 212 | 450 | BIOMARINE |
| Salt Lake Utah, USA | 251 | 230 | 480 | PRIME |
| La Colorada Oax. 95 | 215 | 186 | 453 | -- |
| La Colorada, Oax. 95 | 212 | 184 | 460 | -- |

la apertura de la boca en la barra de arena. Al noroeste se encuentran valores altos que van de 67.5 y disminuyen al 40% de limos, en este lugar se presenta el afluente de un arroyo que constantemente está vertiendo agua a la laguna, así como también gran cantidad de material limoso, sobre todo en temporada de lluvias. En el centro de la laguna se muestran valores de 60.6% que van disminuyendo hacia el norte de la salina, en este lugar se encuentra un ojo de agua en el cual

Tabla 5. Biomasa de quistes recolectados en la laguna *La Colorada*

| FECHA | ESTACION | BIOMASA DE QUISTE (g) |
|----------|----------|-----------------------|
| 20/05/93 | E1 | 30.0 |
| 11/05/93 | E2 | 74.1 |
| 25/05/93 | E2 | 411.5 |
| 25/05/93 | E1 | 302.9 |
| 08/06/93 | E3 | 183.8 |
| 08/06/93 | E1 | 142.0 |
| 10/08/94 | E1 | 278.3 |
| 22/09/94 | E1 | 145.5 |
| 05/10/94 | E1 | 1008.4 |
| 05/11/94 | E2 | 300.2 |
| 11/12/94 | E2 | -- |
| 22/I/95 | E2 | -- |
| 10/2/95 | E2 | 150.2 |
| 13/3/95 | E2 | 40.1 |
| 16/4/95 | E2 | 82.2 |
| 16/5/95 | E2 | 100.1 |



Tabla 6. Porcentaje de eclosión (H%), eficiencia de eclosión (HE), tiempo de eclosión (T0, T10) y tasa de sincronía (Ts) de los quistes de la laguna La Colorada

| FECHA | H% | HE | T0 | T10 | T90 | TS |
|----------|------|---------|------|------|-----|-----|
| 20/04/93 | 82.0 | 113,128 | 10 | 11.6 | 14 | 4 |
| 11/05/93 | 63.5 | 50,880 | 10 | 12 | 14 | 4 |
| 08/06/93 | 68.7 | 83,200 | 9.3 | 11.5 | 14 | 4.7 |
| 08/06/93 | 71.4 | 82,453 | 9.7 | 11.7 | 14 | 4.2 |
| 05/04/94 | 78.3 | 90,206 | 9.8 | 11.9 | 14 | 4.0 |
| 06/07/94 | 85.2 | 110,126 | 10 | 12 | 13 | 4.1 |
| 07/06/94 | 86.1 | 108,206 | 10 | 11 | 14 | 4.3 |
| 15/08/94 | 90.1 | 110,011 | 10 | 12 | 14 | 4.5 |
| 18/09/94 | 83.1 | 92,212 | 9.0 | 11.0 | 14 | 4.0 |
| 13/10/94 | 88.3 | 112,406 | 9.5 | 11 | 14 | 4.6 |
| 10/11/94 | 90.0 | 111,203 | 11.1 | 12 | 13 | 4.1 |
| 12/12/94 | 88.7 | 106,201 | 9.0 | 13 | 12 | 4.6 |
| 16/1/95 | 80.2 | 112,306 | 10.6 | 11.6 | 13 | 4.3 |
| 26/2/95 | 68.4 | 85,200 | 10.1 | 14.1 | 14 | 4.4 |
| 12/3/95 | 72.2 | 90,010 | 10.0 | 12 | 13 | 4.0 |
| 25/4/95 | 90.1 | 82,360 | 10 | 11.5 | 13 | 4.1 |
| 22/5/95 | 92.2 | 110,400 | 11 | 12 | 12 | 4.2 |

también esta fluyendo agua todo el año y por lo tanto arrastra partículas más finas, entre las que se presenta el limo. Por último, del centro de la laguna en dirección noreste se encuentran valores de 9.2 a 40% de limos, y en dirección sureste van de 2.5 a 40% del mismo material, lo cual indica que es una zona donde los sedimentos tienden a acumularse hacia el centro de la laguna.

En la fracción más fina que son las arcillas, los valores oscilan de 0 a 8.6% (tabla 2). En el interior de la misma se dividen casi de igual manera que los limos pero en concentraciones más bajas que van de 0.1 a 4% de arcillas y se distribuyen de oeste a este con aumentos de sur a norte y se muestran también paralelas a la barra de arena (fig. 9). Al noroeste las isolíneas que se registran, son las más altas en porcentaje (8.6%) y disminuyen al sur hasta llegar al 5% de arcilla la cual se pierde a la mitad de la laguna. Al centro de la misma hay una disminución que llega hasta el 2.9% de arcilla y coincide con el ojo de agua. Al este se observan valores bajos en las orillas de la laguna que van de 0 a

Tabla 7. Densidad y biomasa de *Artemia* en la laguna La Colorada

| FECHA | Densidad (org/l) | Biomasa (kg/m ³) |
|----------|------------------|------------------------------|
| 23/06/93 | 25,700 | 6.2 |
| 02/07/93 | 9,150 | 3.0 |
| 14/06/94 | 11,000 | 3.5 |
| 29/06/94 | 2,500 | 0.800 |

0.4% de arcilla y aumentan a 6.7% hacia el centro cargado al norte de la laguna, formándose una pequeña lengüeta que se extiende al este.

La materia orgánica osciló de 0.9 a 7.4% (tabla 3), los cuales se exhiben de la siguiente manera: los valores que son menores de uno se manifiestan en la parte sur-central y suroeste de la laguna, esto se debe a que se presenta mayor cantidad de arenas, y estas carecen de material limo-arcillas que es donde se pueden registrar valores de materia orgánica (fig. 10). Los valores que van de 1 a 6% de materia orgánica, se distribuyen de oeste a este, paralelos a la barra de arena

Tabla 8. Composición bioquímica de la biomasa de *Artemia*

| PARAMETRO BIOQUIMICO | VALOR PROMEDIO(%) | EE |
|----------------------|-------------------|-----|
| Humedad | 83.0 | 0.2 |
| Cenizas B.S. | 37.9 | 0.1 |
| B.H. | 6.5 | 0.0 |
| Grasas B.S. | 18.8 | 0.4 |
| B.H. | 3.2 | 0.1 |
| Proteína B.S. | 39.1 | 0.2 |
| B.H. | 6.7 | 0.0 |

BS= base seca, BH= base húmeda, EE= Error estándar

con un ligero encurvamiento en la parte central y un aumento de sur a norte. Por último, los valores mayores del 7% se observan en la porción norte como dos pequeños parches.

En esta distribución se presentaron los valores en la parte norte debido al aporte de material de los cerros y al flujo del arroyo que se sitúa al noroeste de la misma.

En la estación 1 (E1) se registraron temperaturas que fluctuaron entre 27 y 40 °C, observándose las máximas temperaturas en los meses de diciembre a abril (fig.11). Los valores máximos de oxígeno se registraron en los meses de julio 1993 y enero 1994 con valores de 7.6 y 9.0 mg/l.

En la estación 2 (E2) se observó un comporta-

Tabla 9. Información sobre la composición bioquímica de biomasa silvestres de *Artemia*, expresado en porcentajes de peso seco

| CEPA | PROTEINA (%) | GRASAS (%) | CENIZAS (%) |
|----------------------|--------------|------------|-------------|
| San Diego U.S.A. | 64.0 | 12.0 | 15.4 |
| San Francisco U.S.A. | 58.0 | 19.3 | 20.6 |
| Didwana India | 41.4 | 15.5 | 5.6 |
| Cerdeña Italia | 49.8 | 12.0 | 21.0 |

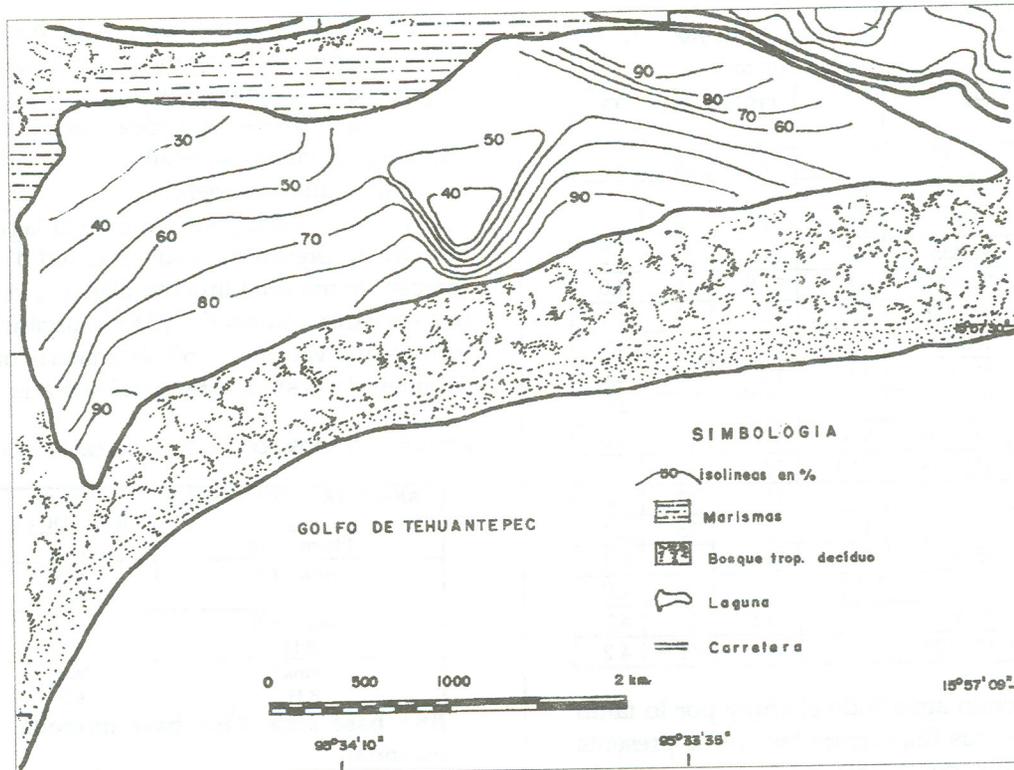


Fig. 7 Distribución de arena en porcentaje, laguna La Colorada

miento similar, encontrando las más altas temperaturas en diciembre y enero (fig.12), en relación al oxígeno el valor más alto fue durante noviembre y enero 9.0 y 8.0 mg/l respectivamente.

Para la estación 3 (E3) se denota una baja de temperatura en los meses de enero, febrero y marzo (29°C), en mayo se incrementó a 38°C. El oxígeno presentó sus menores cantidades en los meses de agosto, septiembre y octubre de 1994 (fig. 13).

En relación a la salinidad se presentaron los valores máximos en los meses de mayo y junio de 1993, del orden de 300 y 360 ‰ en las tres estaciones (figs. 14, 15 y 16). A finales del mes de junio se incrementó notablemente la precipitación pluvial (fig. 3). La salinidad fue decreciendo hasta el mes de diciembre, registrándose valores de 18 ‰. A partir del mes de enero se incrementó la salinidad en la E1 hasta el mes de abril (fig. 14). Se observaron posteriormente dos incrementos superiores a 100 ‰ en los meses de junio y octubre de 1994, en las tres estaciones.

En relación al pH el valor más bajo se registró en el mes de mayo de 5.2 y 5.4 en las E2 y E3 durante el periodo anual, se observó un promedio de 8.5 para las tres estaciones (fig. 17).

En los muestreos realizados de diciembre 1993

a abril de 1994, se observó dominancia de la microalga del género *Nitzschia* sp, particularmente en la E1 y E2, con abundancia de otra alga no identificada (sp1) que posiblemente sea una especie de *Dunaliella* (fig. 18), esta fue de las más abundantes en las tres estaciones. El género *Oscillatoria* se encontró dentro de las dominantes durante los meses de enero y febrero (fig. 19 y 20). Durante el mes de febrero se observaron diferencias en cuanto al género dominante para la E1 siendo *Nitzschia*, mientras que para la E2 y E3 se encontraron abundantes concentraciones de sp1 y *Oscillatoria* respectivamente (fig. 20). Para el mes de abril (fig. 21), se observó una abundancia cercana al 50% de la microalga sp1, en tanto que en la E2 la abundancia de *Mastogloia* alcanza un 60%.

La mayor densidad de fitoplancton se encontró en la E2 en los meses de diciembre y febrero, sin embargo en la E1 del mes de abril se presentó un incremento de la densidad con un valor de 26,300 cel/ml, coincidiendo con una disminución en el valor del pH y un aumento en la salinidad.

En el mes de febrero se encontró una menor dominancia, esto posiblemente se deba a que hubo una mayor concentración de oxígeno en el cuerpo de agua.

Las acumulaciones de quistes se observan en la periferia del embalse, aunque el régimen de vientos



y brisas propios del área las concentra especialmente en las orillas opuestas al sentido de los vientos dominantes. Se han encontrado núcleos de acumulación en la estación 2.

Durante los meses de primavera, desde marzo a junio, es fácil encontrar en la orilla acumulaciones de quistes. Estos quistes no sólo son evidentes en superficie, en los bordes más externos y en las bandas de acumulación, sino que se encuentran también bajo las costras formadas al cuartearse los fondos que van quedando al descubierto.

Estas acumulaciones de quistes se registraron tomando algunas muestras, oscilaron entre unos miligramos a gramos. Fueron procesados en el laboratorio con el fin de eliminar impurezas, separar los quistes viables de las cáscaras vacías y proceder a una serie de estudios de caracterización y aplicación práctica. En la tabla 4 se registra el diámetro de los quistes y el tamaño del nauplio de de la laguna *La Colorada* y de diferentes cepas.

Durante el periodo de muestreo se recolectaron diversas cantidades de quiste en los canales cercanos a la E2 y en las orillas de los cristalizadores de la E1 (tabla 5). Es importante mencionar que a partir del mes de julio de 1993 a julio de 1994, no se encontraron

quistes de *Artemia* en las orillas de la laguna, ni en los canales, debido a las inundaciones por precipitación pluvial que diluyó el medio y provocó la proliferación de los depredadores de *Artemia* como son cangrejos, Callinectes; peces, Poecilidos e insectos, Hemipteros y Coleopteros.

A partir de agosto de 1994 se recolectaron nuevamente muestras de quistes acumulados en los canales cercanos a la E1 y en los cristalizadores de las E1 y E3.

Los quistes o embriones permanecen en diapausa en el medio hasta que se dan determinados factores desactivadores de la misma, que pueden ser diferentes a los de la inducción, una caída del pH interno de los quistes desactiva la diapausa. En este momento los quistes quedan en estado de quiescencia, es decir, con el metabolismo detenido como respuesta a condiciones externas. En el momento en que los factores ambientales son favorables (captación de agua e hidratación y disponibilidad de oxígeno, principalmente), los quistes reinician su metabolismo y eclosionan.

En la tabla 6, se muestran los resultados de los análisis de eclosión. El valor más alto de HE fue de 113,128 nauplios por gramo, es decir que para obtener un millón de nauplios se requieren 8.8 g de quiste. Es

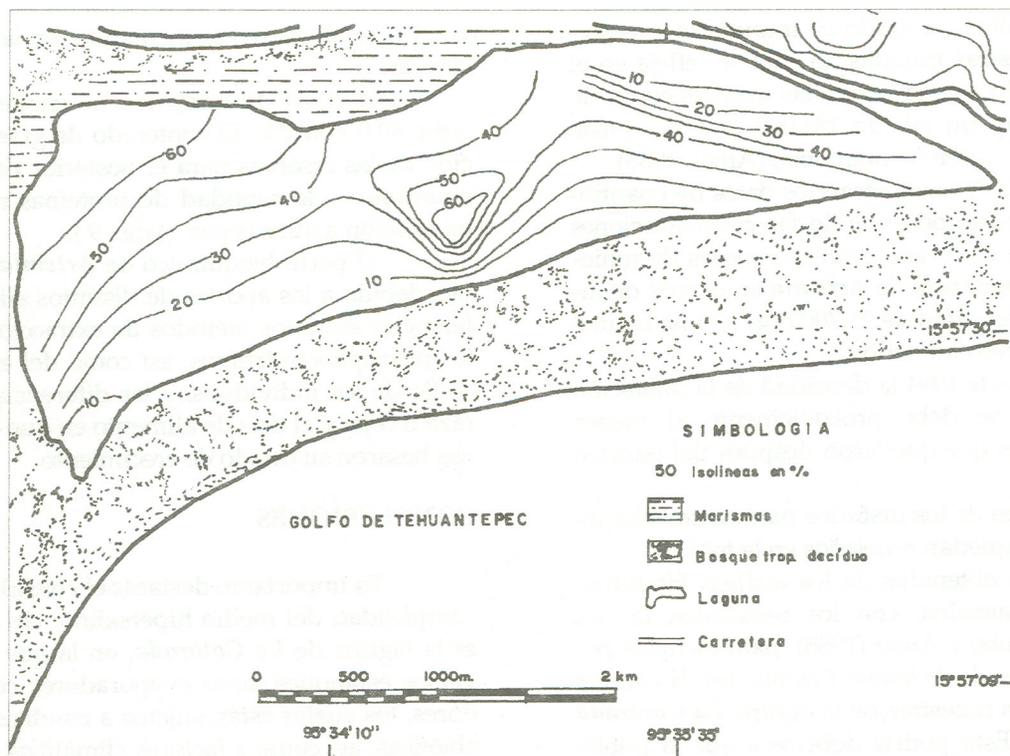


Fig. 8 Distribución de limos en porcentaje, laguna *La Colorada*



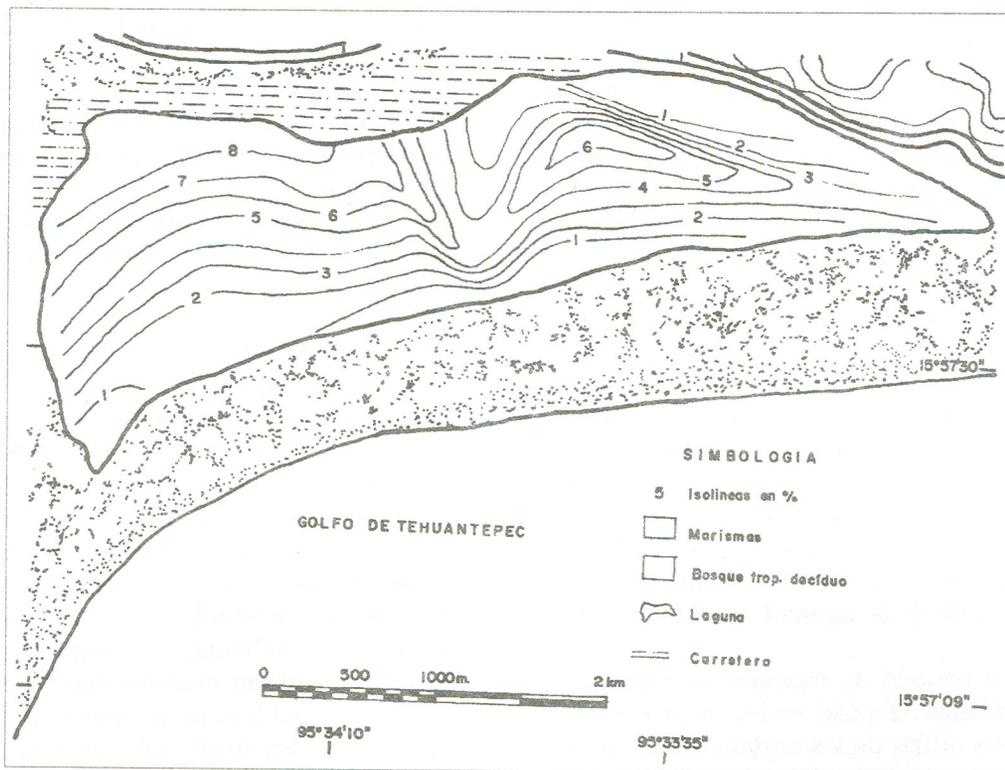


Fig. 9 Distribución de arcilla en porcentaje, laguna *La Colorada*

importante considerar el grado de impurezas que presentaron las muestras tratadas, lo cual se refleja en el resultado obtenido, sin embargo, las mejores cepas de *Artemia* presentan un HE de 294,000 (4 g de quiste para producir un millón de nauplios), (Amat, 1985).

En la tabla 7, se expresan los datos de cuantificación de la biomasa, observando las concentraciones máximas durante el verano entre los meses de junio-julio 1993. La abundancia de *Artemia* en el mes de junio alcanzó una densidad de 25,700 org/l y una biomasa de 6.2 kg/m³ peso húmedo.

Para junio de 1994 la densidad de la población disminuyó, esto se debe probablemente al menor número de quistes que quedaron después del periodo de lluvias.

Los valores de los distintos parámetros bioquímicos analizados quedan reflejados en la tabla 8.

Los datos obtenidos de los análisis bioquímicos fueron contrastados, con los resultados de los trabajos de Gonzalbo y Amat (1988), para distintas poblaciones silvestres de *Artemia*. Los niveles de cenizas presentados en las muestras de la laguna *La Colorada* fueron elevados. Esto podría deberse a que la población de *Artemia* lleva a cabo una alimentación basada en materia orgánica finamente particulada del bentos, con lo que se produciría una acumulación de detritus

en el tubo digestivo aumentando así la proporción de cenizas.

El nivel de humedad se encuentra aceptable, entre 80.0 y 90.0%. El contenido de grasas esta en función de las reservas para el posterior desarrollo de los embriones y la cantidad de proteínas resulta ser bajo en relación a otras cepas (tabla 9).

El perfil bioquímico de *Artemia* es muy variable, debido a los aportes de distintos alimentos, las diferencias entre los métodos de extracción y análisis de los principios nutritivos, así como del estado de desarrollo de los individuos, y las diferencias debidas a la raza o cepa y al tipo de alimento en que estas poblaciones basaron su estado de crecimiento.

CONCLUSIONES

Es importante destacar el considerable nivel de complejidad del medio hipersalino, tan variable como es la laguna de *La Colorada*, en la que se utilizan diversos estanques tanto evaporadores como cristalizadores, los cuales están sujetos a condiciones bióticas y abióticas, así como a factores climáticos y a la decisión de la comunidad de salineros, reflejando que estos ambientes tengan una fenomenología propia de este medio.



Los parámetros físico-químicos presentaron una serie de fluctuaciones que corresponden a un comportamiento semi-estacional influido por las condiciones climatológicas de la región y en especial de la localidad. En relación a la salinidad, específicamente la laguna mantiene oscilaciones entre 60 y 100 ‰ la mayor parte del tiempo, sin embargo el periodo de lluvias trae como consecuencia una disolución drástica que provoca cambios en el medio lagunar.

Los sedimentos encontrados en la laguna *La Colorada*, son de tres tipos: arenas, limos y arcillas así como materia orgánica. Las arenas oscilan de 23.76 a 97.08%, se concentran más en la porción sur y se distribuyen de oeste a este. Los limos fluctúan de 2.53 a 67.50% se encuentran en menor porcentaje y presentan la misma distribución.

Las microalgas del género *Oscillatoria*, *Nitzschia* y *Dunaliella*, fueron las más abundantes durante el periodo de estudio, su presencia indica productividad en este tipo de ambientes hipersalinos ya que estas microalgas halófilas suelen encontrarse en ambientes tanto hipo como mesohalinos, asociados a alcalinidades altas y a la disponibilidad de carbono como nutriente para el consumo directo por *Artemia*.

En la laguna *La Colorada* el quiste de *Artemia*

se encuentra en canales cercanos a la E2 y en las orillas de los cristalizadores de E1 y E3. Estos aparecen en la superficie mezclándose con la espuma acumulada por efectos del viento en las orillas.

El diámetro de los quistes no tratados, se presentó de 212.3 a 215.4μ y descapsulados de 184.2 a 189.5μ el tamaño del nauplio fue de 450 a 463μ. Los valores de la calidad de los quistes tratados en cuanto a porcentaje y eficiencia de eclosión deben ser tomados como punto de referencia para otros estudios, así mismo, es necesario revisar los parámetros afectados por el método de cosecha, el medio y alimento de progenitores y los dados por la genética de la cepa.

La composición bioquímica la población de *Artemia*, es muy variable, debido a los distintos aportes de alimento, así como al estado de desarrollo del individuo. El contenido de cenizas y la alta cantidad de materia orgánica encontrada sugiere que existe gran cantidad de materia orgánica finamente particulada, se acumula como detrito en el tubo digestivo de *Artemia*. La proteína en base seca alcanzó 39.1% y en base húmeda 6.7%.

Se recomienda que a través de un programa conjunto la UMAR, la comunidad de salineros de la laguna y una dependencia oficial del Gobierno del esta-

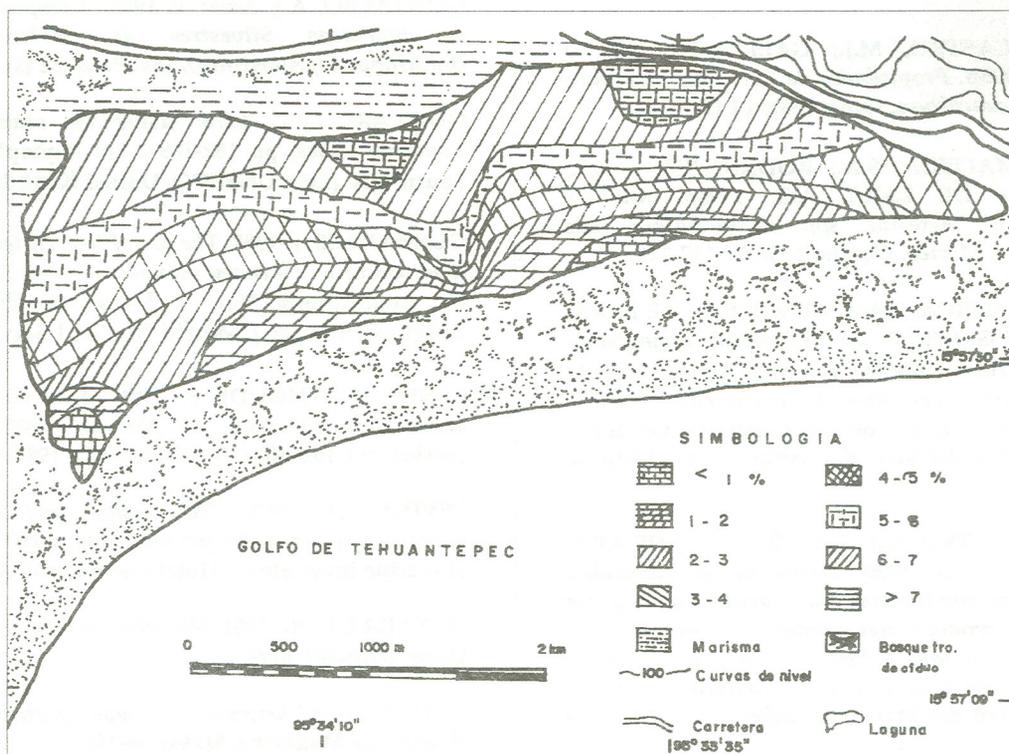


Fig. 10 Distribución de materia orgánica (%), laguna *La Colorada*



do de Oaxaca, realicen colectas de la biomasa de adultos que debe ser extraída bajo un esquema racional, acompañado del seguimiento de parámetros poblacionales, así mismo, puede ser recolectado el quiste dentro de los cristalizadores o bien en las orillas como manchas acumuladas a lo largo de la laguna.

La cosecha puede ser utilizada a pequeña escala para realizar cultivos cíclicos en estanques de circulación continua o para proyectos piloto de interés en acuicultura. Así mismo, es posible utilizar la biomasa para ser incorporada a diversos alimentos de origen vegetal.

LITERATURA CITADA

- AMAT, F. 1985. Utilización de "Artemia" en acuicultura. Inf. Téc. Inst. Inv. Pesq. 128-129: 1-60.
- BAND-SCHMIDT, C.; CRISOSTOMO-VAZQUEZ, L y ARREDONDO-VEGA, B.O. 1996. Valor nutritivo de tres microalgas sobre una cepa regional de "Artemia". Primer Encuentro sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Universidad del Mar. Pto. Angel, Oax. 14-16 de noviembre 1996.
- CAMARA, M. y MEDEIROS R. 1987. "Artemia" cultura in Brasil: an overview "Artemia". In "Artemia" Research and its Applications Vol. 3 Universa Press Wetteren, Belgium 556 pp.
- CASTRO, B.T., CASTRO, M.J.; GALLARDO, R.C. y MALPICA, S.A. 1995b. Propiedades de "Artemia" spp para la nutrición en la acuicultura. Oceanología 1 (5):31-38.
- CASTRO, M.J.; MALPICA, S.A.; RODRIGUEZ, G.S.A.; CASTRO, B.R. y DE LARA, A.R. 1995b. Análisis morfológico de la "Artemia" spp. en la salina "Las Coloradas", Oaxaca, México. Oceanología 2,6:117-128.
- CASTRO, M.J.; MALPICA, S.A.; CASTRO, B.T.; DE LARA, A.R. y CASTRO, M.G. 1996. El uso de nauplios y quistes de la población de "Artemia" de Oaxaca en el desarrollo de la acuicultura de la región del Istmo. Primer Encuentro sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Universidad del Mar. Pto. Angel, Oax. 14-16 de noviembre 1996.
- MALPICA, S.A.; CASTRO, M.J.; CASTRO, B.T.; DE ARA, A.R. y CASTRO, M.G. 1996. Datos de la capacidad reproductiva de "Artemia franciscana", variedad oaxaca que permiten calcular producciones comerciales mediante el cultivo de este recurso. Primer Encuentro sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Universidad del Mar. Pto. Angel, Oax. 14-16 de noviembre 1996.
- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the West Coast of North America. Otto Koeltz Science Publishers, W. Germany.
- DUMONT, H.L. 1989. Limmologie van Sahara en Sahel: Naar een beter begrip. Thesis. Tate University of Ghent, Belgium.
- EAGLES M. 1984. Effect of food quality and feeding schedule on survival, growth and development of larval american lobster fed frozen Adult brine shrimp. J World Maricul Soc 15: 142-143.
- FLORES, TA. 1987 Preliminary Production results of Artemia to be used in local shrimp farming in La Paz (México). En: Artemia Research and ITS Applications Vol. 3 P. Sorgeloos Universa Press, Wetteren, Belgium 556 pp.
- FØGED, N. 1975. Some littoral diatoms from the coast of Tanzania. Bibliotheca phycologica. Cramer, J. (Ed.) Gantner Verlag Kommanditgesellschaft. Germany.
- FOLK, R. L., 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill's Austin Texas. 170 p.
- GARCIA, E. 1988. Modificaciones al sistema climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- GHANNUDI, S.A. y Tufail, M. 1980. A report on two-day visit to eight saltwater lakes of Ramla Azzallaf, Fezzan, Lybian Arab Jamahiriya. Libyan Jour. Sci. 8(A): 69-74.
- GONZALBO, A y Amat, F. 1988. Composición bioquímica de biomasa silvestres de "Artemia" (Crustacea Branchiopoda, Anostraca), Inv. Pesq. 52 (3) 375-385.
- GUILLARD, R.L. 1978. Using the standard microscope, Counting slides, pp 182-189. En: Phytoplankton Manual. Sournia, A. (Ed.). UNESCO. United Kingdom.
- GUIMARAES, J. 1987. The use of freeze-dried brine shrimp as food source in a Penaeus monodon "Artemia". Research and its Applications Vol. 3 Universa Press Wetteren, Belgium 556 pp. J. World Maricul Soc 12:111-116.
- JONES. A y HOUDE F. 1981 Mass rearing of fish for aquaculture. In Book of Abstracts WCA. Italy 21-25 septiembre. Jumalon, N y Ogburn D. 1987.
- LEVINE, D. 1983. The design and development of microencapsulated diet for the study nutritional. In culture of marine invertebrate Hutchinson Ross P.C. 386 pp.
- METAILLER, R. 1981 Weaning of Sole (Solea vulgaris): Using artificial diets
- MOT, R. 1984. Artemia: The super protein food (in Thai). Housewife Magazine, 8(144): 98-102.
- NUTRIENT Flow and physicochemical profile studies of an integrated poultry-salt "Artemia". En: Artemia Research and its Applications Vol. 3 Universa Press Wetteren,



Belgium 556 pp.

PERSONE R. 1987 *La generation 1977 a Turbot (S. Maximas. L.)*. Comité despoissons de fond et de mariculture G. 55. 29 p.

SEMINA, H.J. 1978. *Using the standard microscope, Treatment of an aliquot sample*, pp. 181. En: Phytoplankton manual. Sournia, A. (Ed.). UNESCO. United Kingdom.

SORGELOOS, P. 1979. *The use of brine shrimp "Artemia" in aquaculture*. En: *The brine shrimp Artemia*. Vol 3: Ecology, culturing, use in aquaculture. Persoone, G; Sorgeloos, P; Roels, O. y Jaspers, E. Universa Press. Wetteren. Bélgica. 456 pp.

TAMAYO, J.L. 1976. *Atlas de la República Mexicana*. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México. 253 pp.

THRONDSSEN, J. 1978. *Centrifugation*, pp. 98-103. En: Phytoplankton manual. Sournia, A. (Ed.). UNESCO. United Kingdom.

TROTTA, P. 1987 *Laboratory grown "Artemia" as reference food for weaning fish fry and shrimp postlarve "Artemia"*. En: *Artemia Research and its Applications Vol. 3* Universa Press Wetteren, Belgium 556 pp.

VANHAECKE, P., 1980. *The use of Coulter Counter equipment for the biometrical analysis of "Artemia" Cysts. Methodology and mathematics* 107-115. En: *The Brine Shrimp Artemia* Universa Press Wetleren (Belgium 456 pp.)

VILA, G. O. T., 1973. *Geología General de una Porción al Sur del Estado de Oaxaca*. Tesis profesional. ESIA-IPN. En: LOPEZ-RAMOS. *Geología de México Tomo III*. México, D.F. Nov. 140-165. 1983: 453 pp.

VOS, J. y N. L De La ROSA, 1980. *Manual on "Artemia" production in salt ponds in Philippines*. FAO/UNDP-BFAR Quezon city Philipp Ines 48 p.

YAMAJI, I. 1969. *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusha Publishing, Co. LTD.



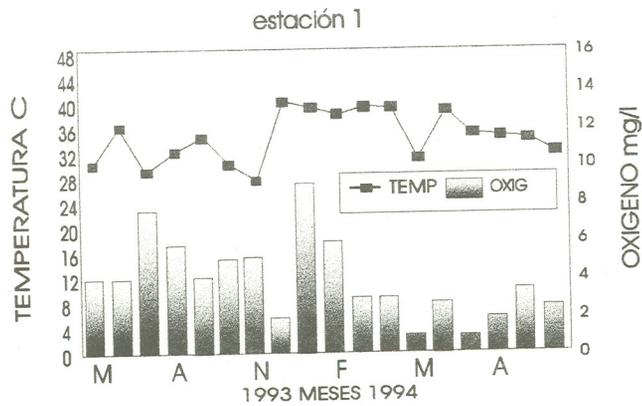


Fig. 11 Fluctuaciones de temperatura y oxígeno durante el periodo de estudio (estación 1), 1993-1994.

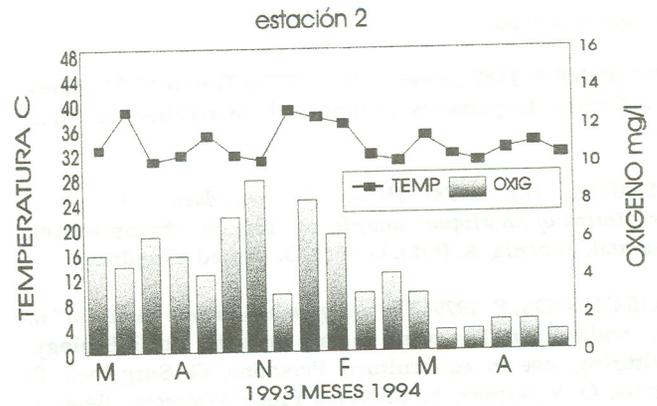


Fig. 12 Fluctuaciones de temperatura y oxígeno durante el periodo de estudio (estación 2), 1993-1994.

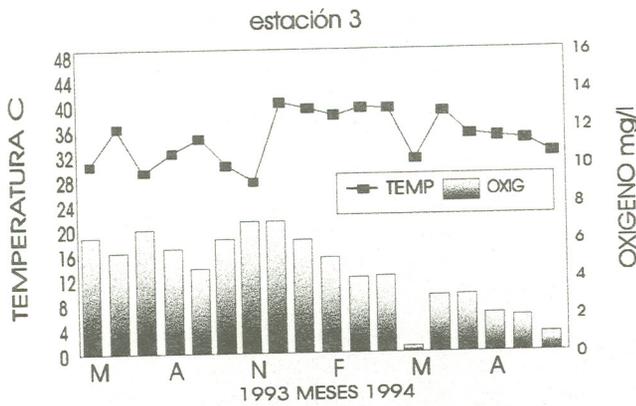


Fig. 13 Fluctuaciones de temperatura y oxígeno durante el periodo de estudio (estación 3), 1993-1994.

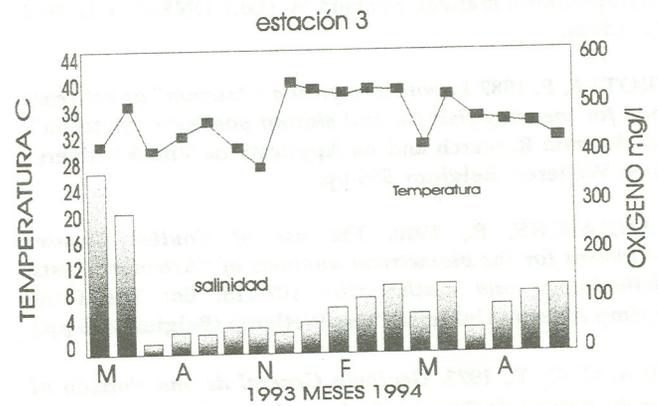


Fig. 14 Fluctuaciones de temperatura y oxígeno durante el periodo de estudio (estación 3), 1993-1994.

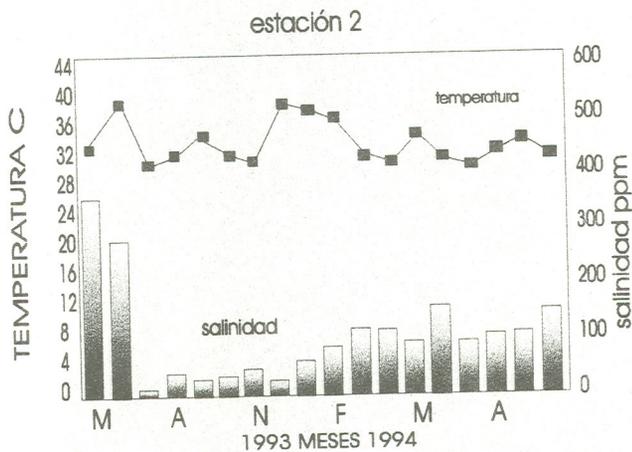


Fig. 15 Fluctuaciones de temperatura y salinidad durante el periodo de estudio (estación 2), 1993-1994.

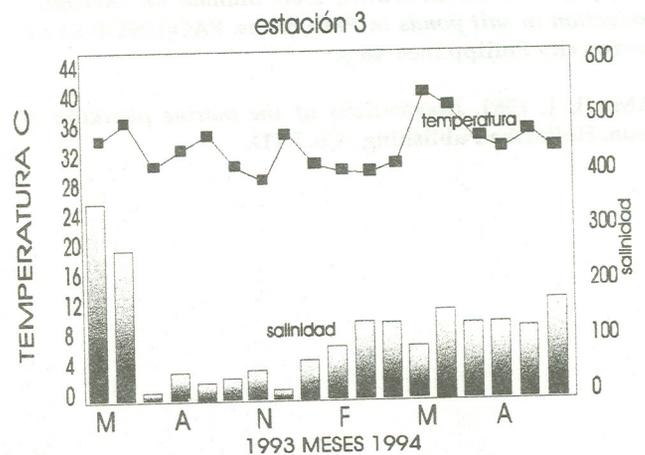


Fig. 16 Fluctuaciones de temperatura y salinidad durante el periodo de estudio (estación 3), 1993-1994.



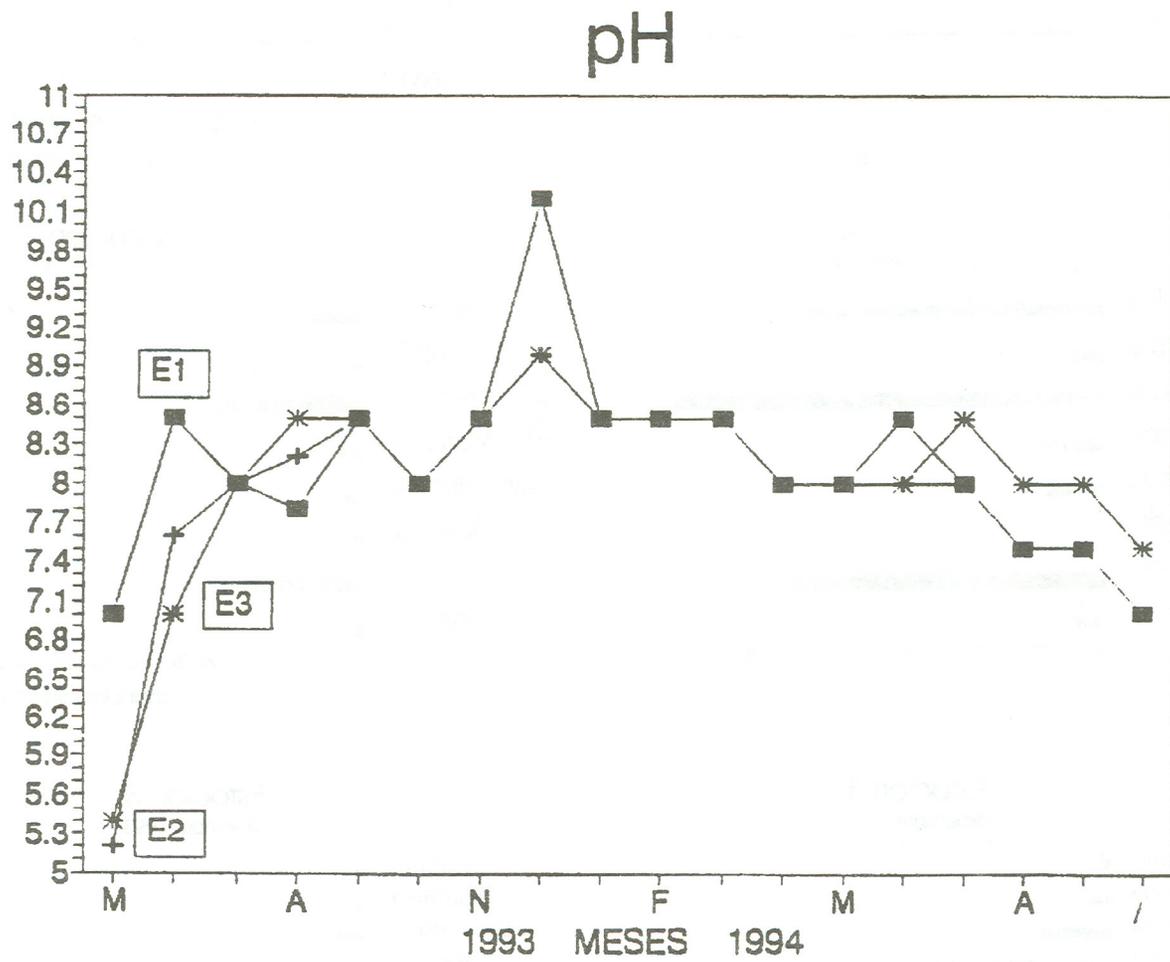


Fig. 17 Variaciones del pH en las estaciones 1, 2 y 3 durante el periodo de estudio, 1993-94



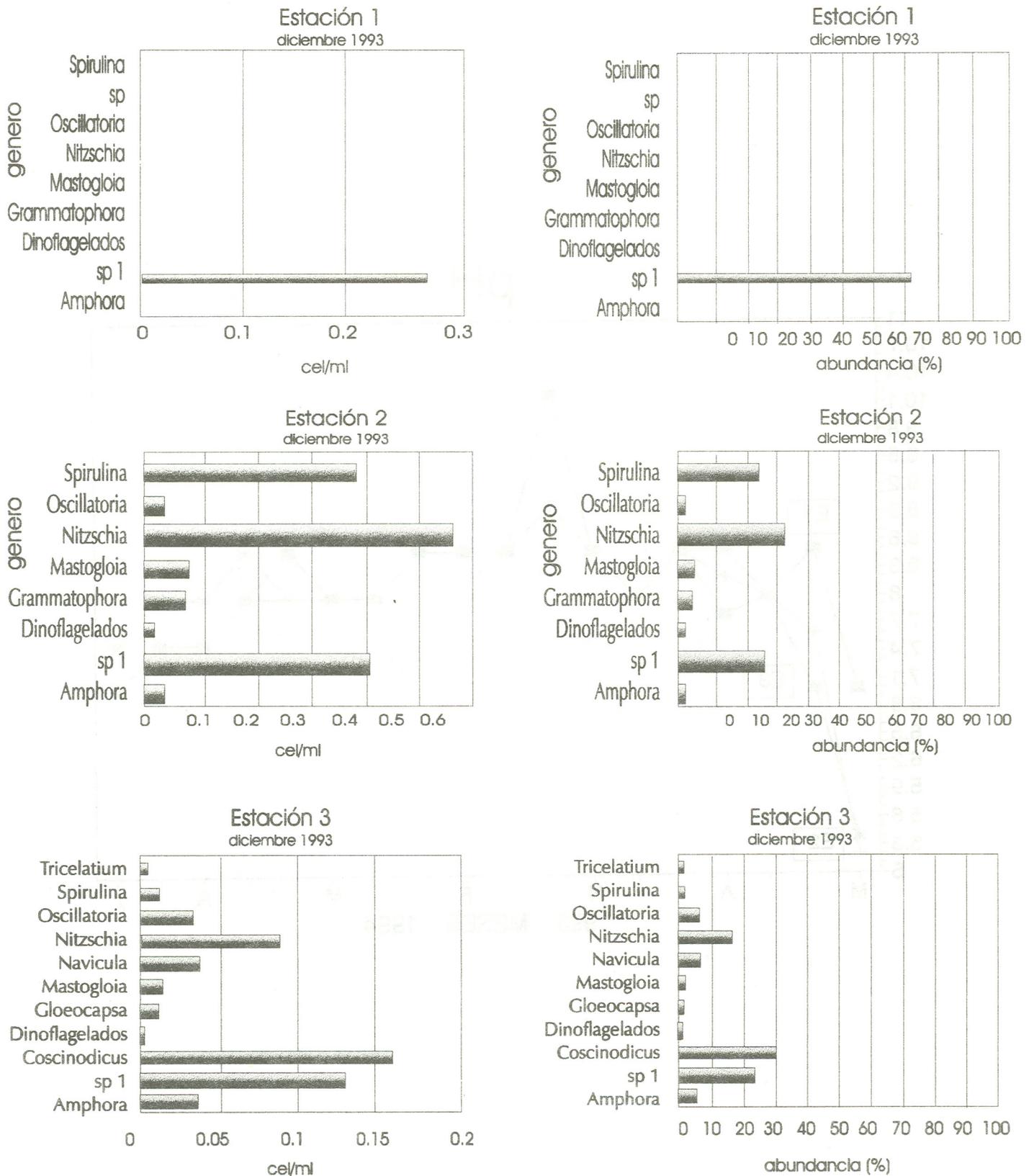


Fig. 18 Abundancia de microalgas en cel/ml y porcentaje en las estaciones 1, 2 y 3, diciembre 1993



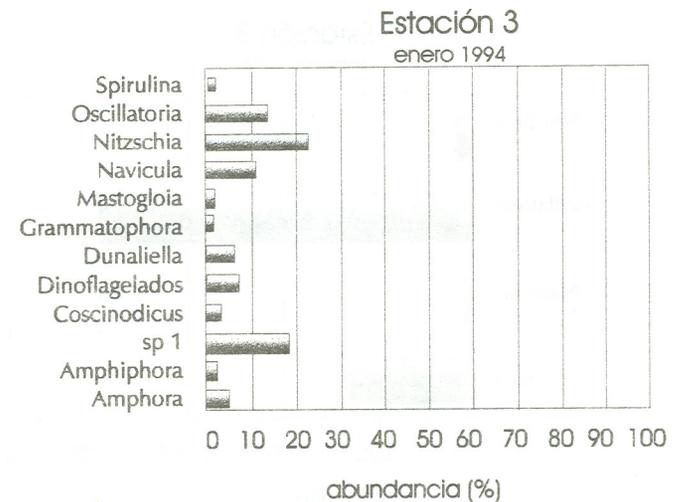
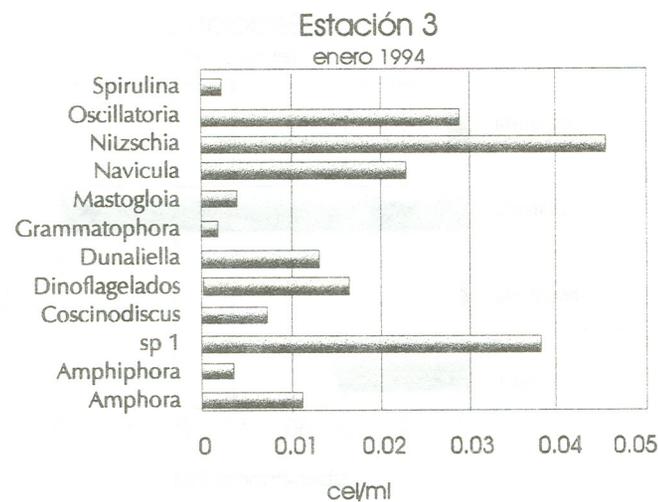
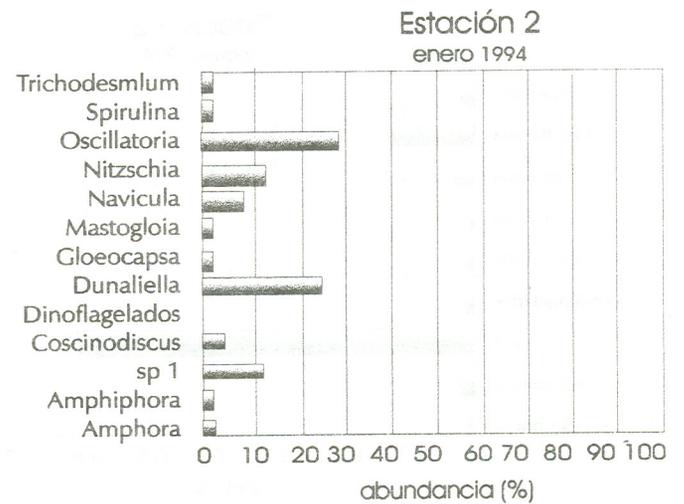
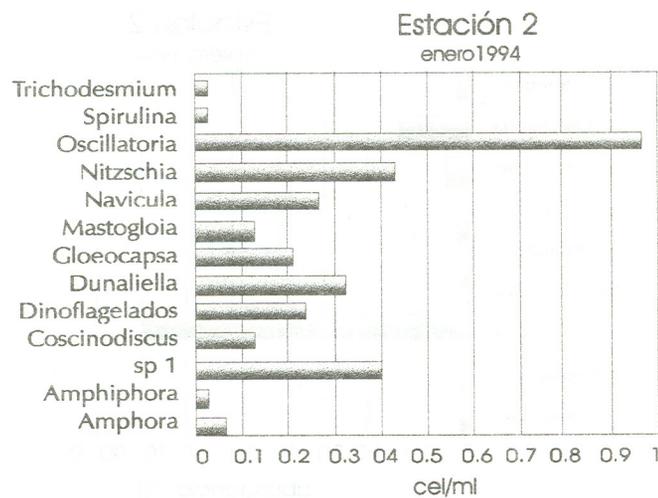
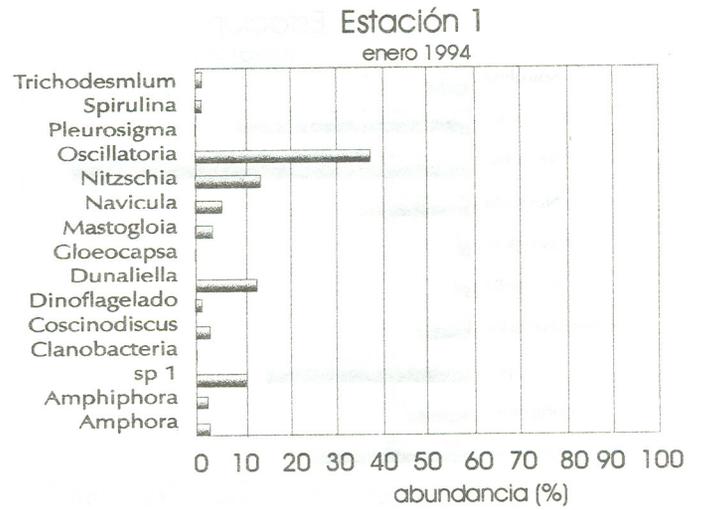
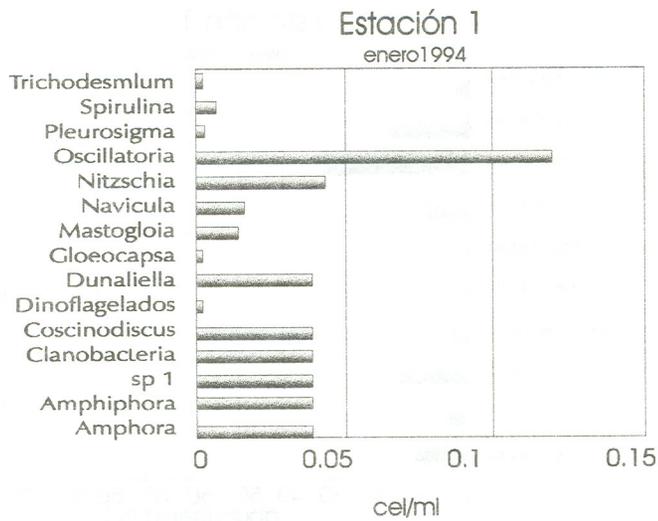


Fig. 19 Abundancia de microalgas en cel/ml y porcentaje en las estaciones 1, 2 y 3, enero 1994.



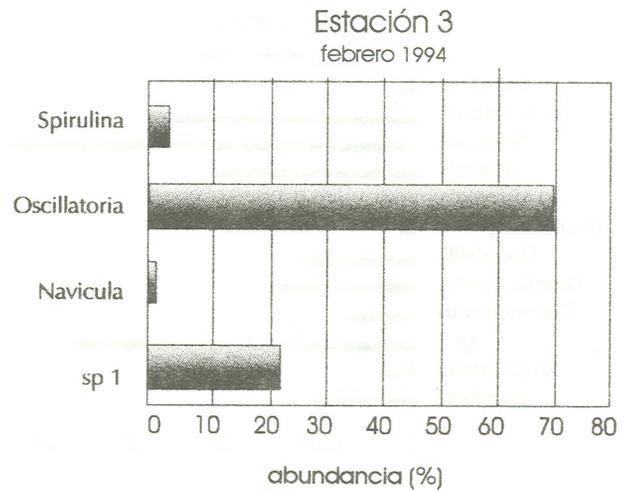
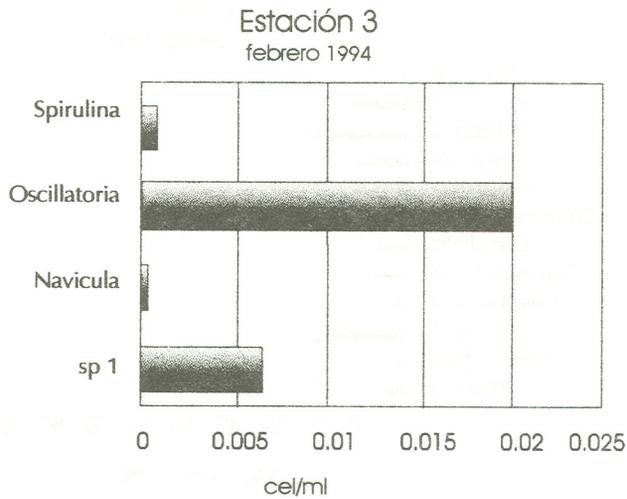
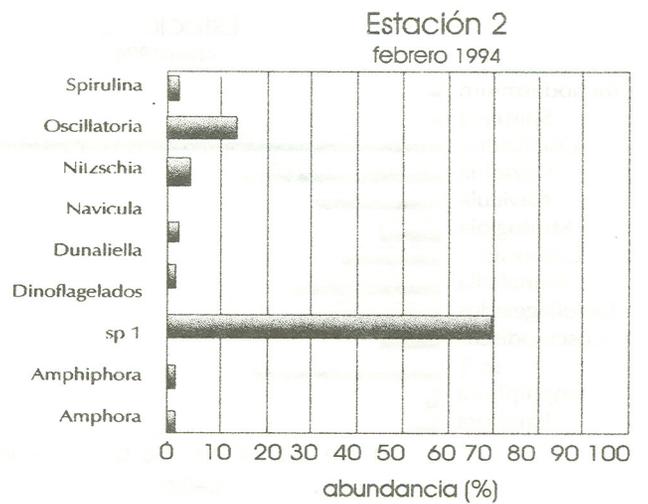
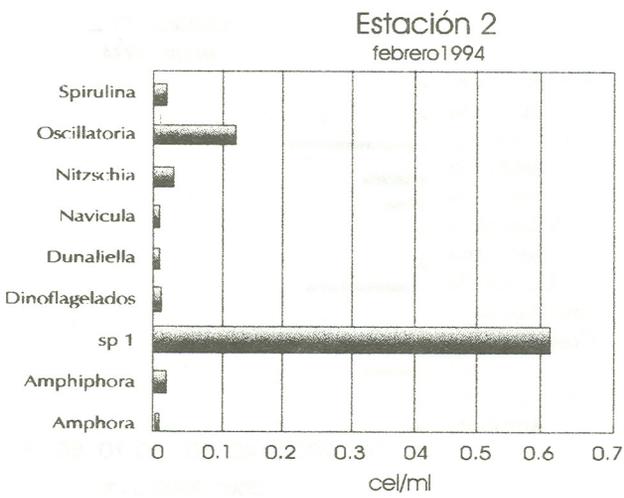
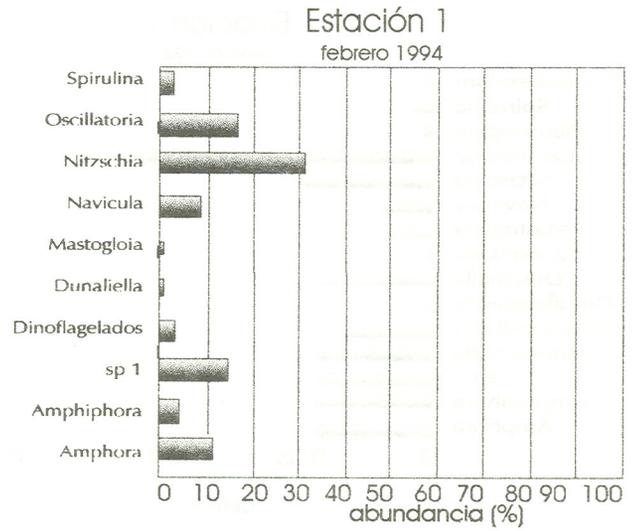
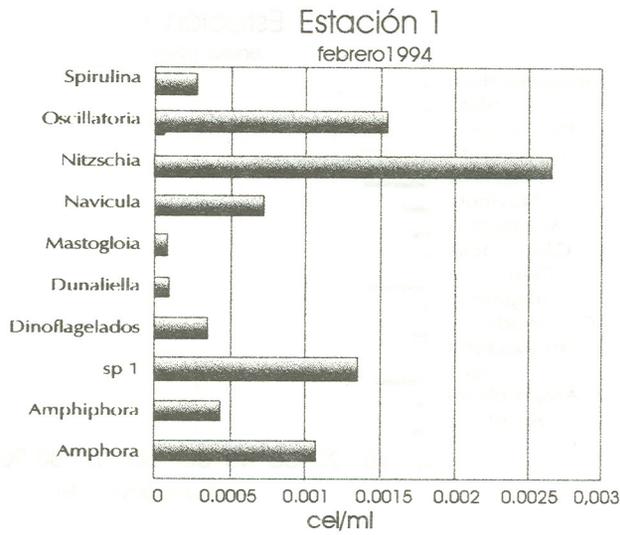


Fig. 20 Abundancia de microalgas en cel/ml y porcentaje en las estaciones 1, 2 y 3, febrero 1994.



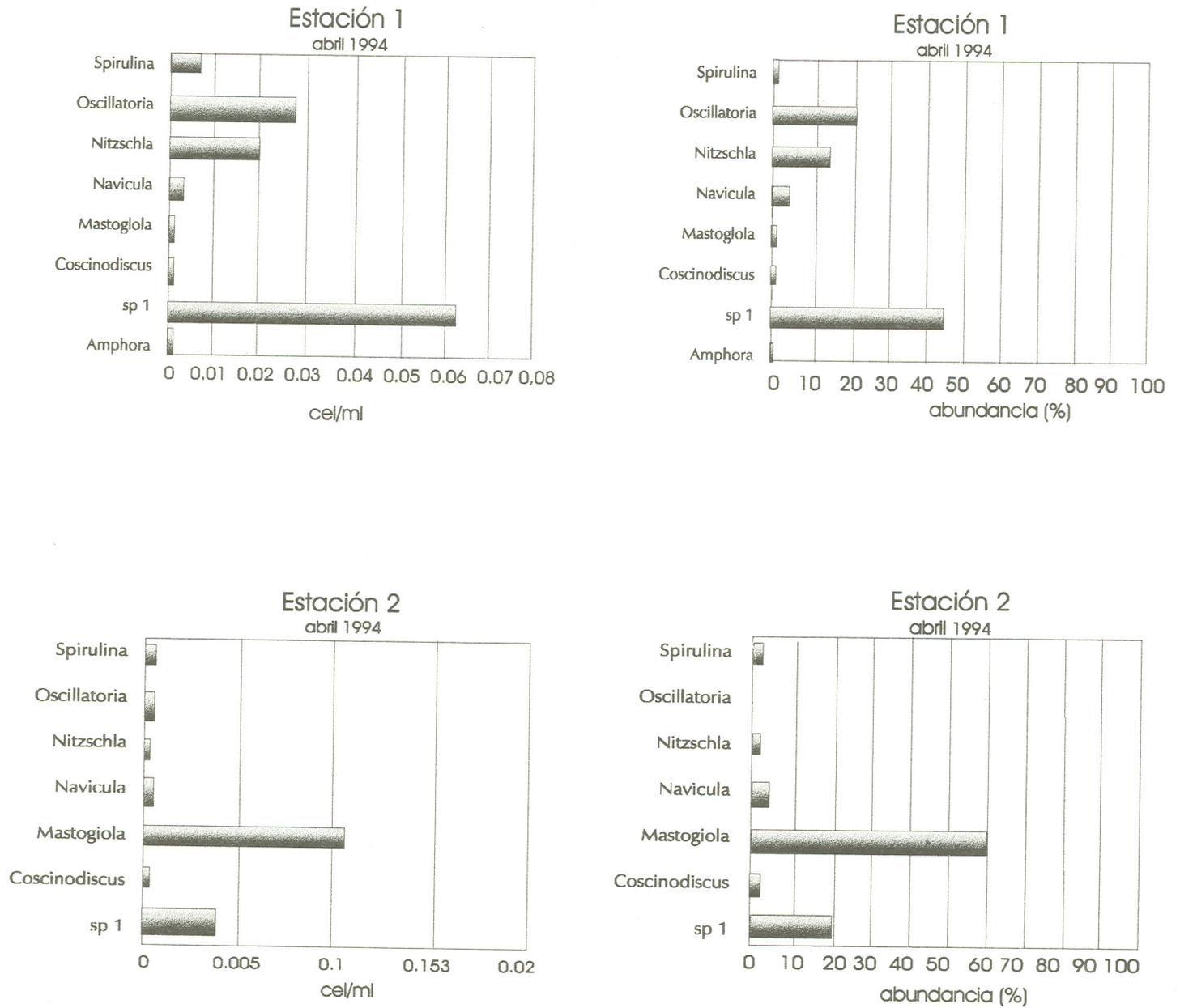


Fig. 20 Abundancia de microalgas en cel/ml y porcentaje en las estaciones 1y 2 , abril, 1994.

