

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

“Composición, abundancia y distribución del fitoplancton del río Tehuantepec, el estero La Ventosa y arroyo El Zanjón, Oaxaca”

TESIS
Que para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas
PRESENTA
José Luis Moreno Ruiz

Comité tutorial:
Tutor: Dr. Margarito Tapia García
Asesor: Dr. Sergio Licea Durán
Asesor: Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez

Mayo/2009

“El Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACyT y además cuenta con apoyo del mismo Consejo, con el convenio PFP-20-93”.

La presente tesis deriva de proyectos de investigación bajo la responsabilidad del Dr. Margarito Tapia García en convenio con el Instituto Mexicano del Petróleo.

El jurado designado por las Divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud de las Unidades Iztapalapa y Xochimilco aprobó la tesis que presentó

José Luis Moreno Ruiz

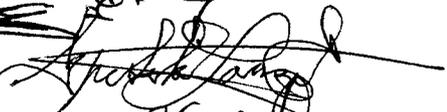
El día 13 de mayo del año de 2009

Jurado:

Tutor: Margarito Tapia García 

Asesor: Sergio Licea Durán 

Asesor: Felipe Vázquez Gutiérrez 

Sinodal: Guadalupe De La Lanza Espino 

Sinodal: Hilda León Tejera 

Dedico la presente tesis a:

Alma Delia, Nidia Imaltzin y Alan

Agradezco encarecidamente la paciencia y todo el apoyo proporcionado por el Dr. Margarito Tapia García, a la Universidad Autónoma Metropolitana, CONACyT y al Instituto Mexicano del Petróleo.

RESUMEN

Se realizaron investigaciones de las algas microscópicas durante cinco periodos de muestreo en el río Tehuantepec, el estero la Ventosa y el arroyo el Zanjón entre julio de 1997 y agosto de 1998. Los lugares de muestreo colindan con la refinería Antonio Dovalí Jaime. Con el objeto de conocer la composición, abundancia y distribución del fitoplancton, se recolectaron e integraron muestras del nivel superficie y del nivel intermedio en la columna de agua. A pesar de su cercanía geográfica, cada uno de estos tres biotopos tiene sus propias características físicas, químicas y bióticas. Se determinó un total de 72 familias, 150 géneros, 345 especies, una subespecie, 88 variedades, 15 formas y un morfotipo. Estos *taxa* pertenecen a las Divisiones: Bacillariophyta (46.6%), Chlorophyta (24.3%), Cyanoprocarvota (15%), Euglenophyta (5.5%), Dinophyta (4.9%), Chrysophyta (1.8%), Cryptophyta (1.5%) y Heterocontophyta (0.4%). Las familias mejor representadas fueron: Bacillariaceae (28 especies), Scenedesmaceae (26), Oocystaceae (24), Euglenaceae (22), Merismopediaceae (17) y Chaetocerotaceae (16). La mayor riqueza de especies (427 *taxa*) se presentó en el río Tehuantepec, principalmente en la parte alta de las estaciones muestreadas y en la época de lluvias. En el arroyo el Zanjón se identificaron un total de 267 *taxa* con la menor riqueza, y en el estero La Ventosa se determinaron 293 *taxa*. La mayor abundancia se registró en el río Tehuantepec, principalmente en la parte alta de las estaciones muestreadas y en la época de sequía. Sin embargo, la mayor diversidad se registró en la parte alta y en la época de lluvias. Por su amplia distribución, en el período de lluvias, en el río sobresalieron cinco especies (*Synechococcus* sp. 1 a *Monoraphidium minutum*), en el arroyo una (*Cylindrotheca closterium*), así como en el estero dos (*Chroococcus minutus* y *Pseudanabaena limnetica*). En el período de sequía, en el río tuvieron amplia distribución 10 *taxa* (*Nitzschia palea* var. *debilis* a *Leptolyngbya tenuis*), en el arroyo 11 *taxa* (*Chroococcus turgidus* a *Cryptomonas ovata* var. *curvata*) y en el estero 14 *taxa* (*Chroococcus turgidus* a *Tryblionella punctata*). Por su abundancia y amplia distribución en ambos períodos de muestreo en el río, arroyo y estero resaltaron las nueve especies *Chroococcus turgidus*, *Microcystis flos-aquae*, *Pseudanabaena limnetica*, *Chroococcus minor*, *Oscillatoria subbrevis*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Aphanocapsa elachista* var. *conferta*, *Entomoneis alata* y *Chroococcus minutus*. Estas especies produjeron decoloraciones debido a su florecimiento masivo e hipermasivo comparables a las mareas rojas. Se tuvieron como nuevos registros para Oaxaca a cinco familias, 13 géneros, 86 especies, 46 variedades y ocho formas.

ABSTRACT

Investigations on the microscopic algae were conducted during five periods of sampling in the "Tehuantepec" river, "La Ventosa" estuary and "El Zanjón" stream from July 1997 to August 1998. The sampling sites are located bordering to the refinery Antonio Dovalí Jaime. In order to know the phytoplankton composition, relative abundance, distribution and spatial-temporal variation, surface and medium level water samples were collected and integrated. In spite of their geographical proximity, each one of these three biotopes has their own physical, chemical and biotic characteristics. A total of 72 families, 150 genus, 345 species, one sub-species, 88 varieties, 15 forms and one morphotype were identified. These *taxa* belong to the groups: Bacillariophyta (46.6%), Chlorophyta (24.3%), Cyanoprocarvota (15%), Euglenophyta (5.5%), Dinophyta (4.9%), Chrysophyta (1.8%), Cryptophyta (1.5%) and Heterocontophyta (0.4%). Of these, the families better represented were Bacillariaceae (28 species), Scenedesmaceae (26), Oocystaceae (24), Euglenaceae (22), Merismopediaceae (17) and Chaetocerotaceae (16). The highest species richness (424 *taxa*) was found in the Tehuantepec River, mainly in the high part of the sampling sites and during the rainy season. 267 *taxa* were found in the "El Zanjón" stream corresponding to the lowest species richness; 293 *taxa* were determined in the Ventosa estuary. The highest abundance was registered in the Tehuantepec River, mainly in the high part of the sampling stations during the dry season. However, the highest diversity was registered during the rainy season. Five species (*Synechococcus* sp. 1 to *Monoraphidium minutum*) had a wide distribution during the rainy season in the river, one species (*Cylindrotheca closterium*) in the stream, and two species (*Chroococcus minutus* and *Pseudanabaena limnetica*) in the estuary. During the dry season ten *taxa* (*Nitzschia palea* var. *debilis* to *Leptolyngbya tenuis*) were widely distributed in the river, 11 *taxa* (*Chroococcus turgidus* to *Cryptomonas ovata* var. *curvata*) in the stream and 14 *taxa* (*Chroococcus turgidus* to *Tryblionella punctata*) in the estuary. The nine species *Chroococcus turgidus*, *Microcystis flos-aquae*, *Pseudanabaena limnetica*, *Chroococcus minor*, *Oscillatoria subbrevis*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Aphanocapsa elachista* var. *conferta*, *Entomoneis alata* and *Chroococcus minutus* were abundant and widely distributed in both periods of sampling in the river, stream and estuary. These species produce water discoloration due to the massive and hypermassive blooms comparable to the red tides. Five families, 13 genus, 86 species, 46 varieties and eight forms are new records for Oaxaca.

Índice

	pág.
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción.....	8
Objetivos.....	10
Hipótesis.....	11
Antecedentes.....	11
Área de estudio.....	12
Material y métodos.....	18
Resultados.....	21
Discusión.....	60
Conclusiones.....	111
Literatura citada.....	119
Tabla 1.....	137
Artículo publicado.....	152

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el estudio ecológico del fitoplancton de los ambientes: limnético, salobre y marino se ha orientado principalmente al conocimiento de los parámetros comunitarios como son: la composición, riqueza, abundancia, dominancia, diversidad y distribución, con el objeto de determinar su relación con la dinámica ambiental (Nogueira, 2000; Graham *et al.* 2002; Nuccio *et al.* 2003). Los principales paradigmas que se han estructurado corresponden a la estabilidad de las comunidades microalgales (Sugiura *et al.* 2002) y al de las especies indicadoras de condiciones ambientales (Zhang *et al.* 2001; Floeder y Burns, 2004; Yamamoto y Hatta, 2004). En este sentido, actualmente las investigaciones sobre microalgas buscan comprender que factores ambientales determinan su distribución y abundancia, y por lo tanto conocer las condiciones de los cuerpos de agua en que se encuentran, y así poder aplicar estrategias de gestión adecuadas a esos cuerpos de agua y a los organismos que los habitan.

En el ámbito nacional, las aguas epicontinentales y de la zona marina económica de México, por su extensión, representan un espacio territorial y estratégico significativamente importante para el país, donde se plantean innumerables retos a la investigación científica en diverso tópicos. En estos cuerpos acuáticos se realizan estudios fitoplácticos que intentan definir su dinámica y comprender la complejidad de su estructura ecológica. Por la amplitud y extensión del territorio, es necesario considerar el enfoque regional para determinar éstas características en una escala

que proporcione suficiente detalle y precisión a las investigaciones que aquí se desarrollen (Moreno *et al.* 1997; Moreno-Ruiz, 2005).

Destaca también la inexistencia de registros de las especies que integran a las algas del plancton, y se desconocen los cambios ecológicos ocasionados por el desarrollo de sus poblaciones, lo que indica la necesidad de iniciar el estudio fitopláctico del ambiente limnético y salobre del istmo.

La investigación de estos microorganismos fotosintéticos se justifica principalmente por las tres razones siguientes: 1) constituyen la puerta de entrada de la energía y mantienen a los ecosistemas acuáticos (Gárate-Lizárraga, 1992); 2) el estudio sistemático y ecológico del fitoplancton de agua dulce, salobre y marino es importante por su composición, riqueza, abundancia, distribución y diversidad que trascienden en el rasgo indicador de ambientes (Floeder y Burns, 2004; Yamamoto y Hatta, 2004); 3).

El fitoplancton se distribuye de acuerdo con una serie de parámetros físicos y químicos, por lo que es posible determinar con la presencia de varias especies algunas fluctuaciones ambientales, entre ellas, reconocer masas de agua y áreas de baja o alta productividad (Ekpenyong, 2000).

Aunque se han realizado diversos estudios para unificar criterios que permitan designar a los géneros y especies fitoplácticas (Moreno-Ruiz, 2005), aún existen

problemas para ubicar a las que presentan polimorfismo. Aunado al hecho de que en ambientes tropicales no se tiene un conocimiento completo sobre las especies que los habitan y su variabilidad morfológica (Moreno-Ruiz y Licea, 1995). De manera similar, la asignación al nivel de género y especie de las esporas de resistencia de algunas algas microscópicas es difícil (Hargraves, 1986) y gracias a los avances de la microscopía de luz y electrónica, estos problemas empiezan a solucionarse. Sin embargo, esto también ha provocado que se reconsidere la sistemática de algún grupo, por lo que es frecuente encontrar en la literatura actual sobre sistemática, transferencias, nuevas combinaciones y enmiendas (Moreno *et al.* 1997), aunado al problema que aún persiste en aguas tropicales en donde muchas especies requieren determinarse (Huszar *et al.* 1998). Al respecto, es importante remarcar que son notablemente escasos los estudios de las algas microscópicas en la cuenca del río Tehuantepec, por lo que es necesario conocer a las especies que la habitan y como se estructuran desde un punto de vista comunitario.

OBJETIVOS

General

Determinar la composición, distribución y abundancia del fitoplancton en el río Tehuantepec, estero la Ventosa y arroyo el Zanjón, así como las asociaciones fitopláncticas.

Particulares

1. Determinar la composición taxonómica, abundancia y distribución del fitoplancton que habita el río Tehuantepec, estero la Ventosa y arroyo el Zanjón.
2. Determinar las especies dominantes en el fitoplancton presente en los tres ambientes referidos.
3. Determinar los patrones de distribución espacial y temporal de las especies con mayor dominancia.

HIPÓTESIS

A pesar de la cercanía geográfica del río Tehuantepec, arroyo el Zanjón y estero la Ventosa, cada uno de estos tres biotopos tiene sus propias características físicas y químicas como lo reporta Anónimo (2000). Si estos biotopos son diferentes entre ellos, entonces hay diferencias en la composición, abundancia y distribución del fitoplancton en las escalas espacial y temporal.

ANTECEDENTES

Como antecedentes fitoplácticos para la región, Arenas y Toral (1980) analizaron a los géneros fitoplácticos que habitan este ambiente, Valero (1982) y Benítez-Torres *et al.* (1988) estudiaron el fitoplancton del golfo y de la bahía de Salina Cruz respectivamente, Figueroa-Torres (1994) reportó a la cianoprocarionta del género *Trichodesmium* en las lagunas Inferior y Oriental, Sotomayor-Navarro (1994)

describió la marea roja producida por la dinofita *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, Hernández-Becerril y Meave del Castillo (1996) a la diatomea plánctica marina *Rhizosolenia robusta* en el Golfo de Tehuantepec, Okolodkov y Gárate-Lizárraga (2006) algunos dinoflagelados en el golfo, Figueroa-Torres y Moreno-Ruiz (2003) y Moreno-Ruiz *et al.* (2008) algunas especies microalgales en la cuenca del río Tehuantepec.

En el aspecto ecológico, para el Golfo de Tehuantepec, Gamboa (1982) estudió a los productores primarios, Sotomayor-Navarro *et al.* (1994) y Vilchis-Rodríguez *et al.* (1994) analizaron la distribución vertical del fitoplancton con relación a un eclipse de sol. Moreno-Ruiz (2000-2001, 2003 y 2005) realizó el estudio de algunas especies fitopláncticas indicadoras en el río Tehuantepec y sistema arroyo El Zanjón-estero La Ventosa. En algunas lagunas aledañas se han realizado diversos estudios, como el relacionado con la producción primaria en la laguna del Mar Muerto por Jordán *et al.* (1973), análisis de la distribución fitoplánctica en la laguna anteriormente referida por Santoyo y Signoret (1979), determinación de la estructura del fitoplancton en la laguna de Chacahua por Moreno-Ruiz (1992), así como el estudio de la fluctuación espacio-temporal del fitoplancton en las lagunas de Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola por Varona-Cordero y Gutierrez-Mendieta (2003).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza entre las coordenadas geográficas 16°11.125' a 16°22.770' N y los 95°07.99' a 95°17.425' W (Anónimo, 1981), correspondiente al

Istmo de Tehuantepec (Fig. 1).

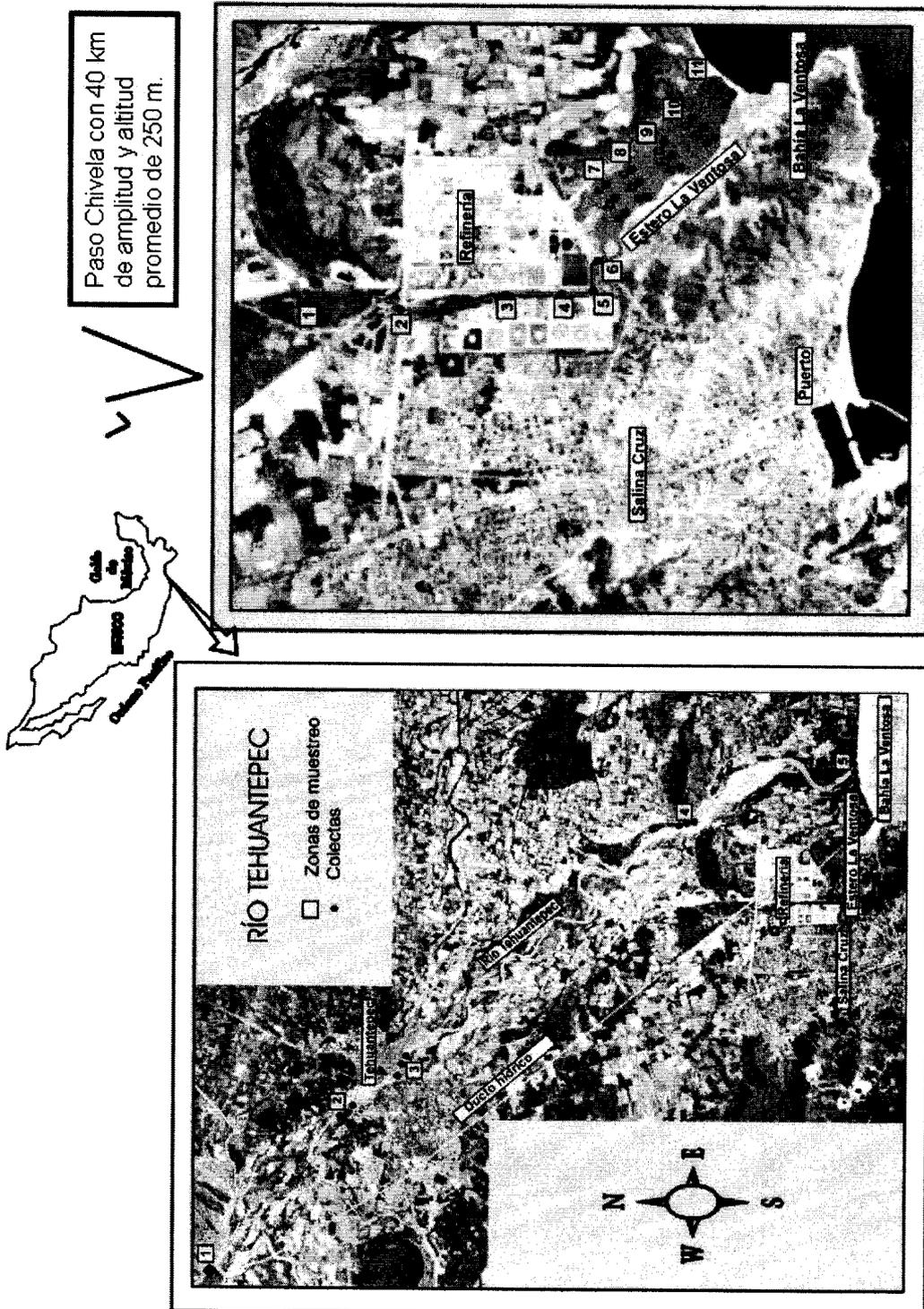


Fig. 1. Área de estudio y estaciones de muestreo en el río Tehuantepec, arroyo El Zanjón y estero La Ventosa (cortesía Dr. Tapia-García).

En la Cuenca del Río Tehuantepec confluyen la Sierra Madre del Sur y el sistema montañoso del Norte de Oaxaca, los que llegan a su fin en el Istmo de Tehuantepec, el cual es conocido como Planicie Costera Suroriental, dentro del cual está ubicado el Distrito de Riego Número 19 (Rzedowsky, 1978). Esta cuenca tiene un área de 9,453 km², cuya parte más baja es la menos accidentada. Está limitada al oeste por la Sierra de Mixes y Madre del Sur (Sierra de Miahuatlan), al norte por la Sierra Atravesada, el este por la Sierra Cristalina y al sur por el litoral del Golfo de Tehuantepec (Carranza-Edwards, 1980; Méndez-González, 1988).

En la parte baja de la cuenca se presentan fluvisoles éutricos, originados de depósitos de materiales diversos (lutitas, margas, granito, basalto y pizarra), transportados por las corrientes y pertenecientes al Reciente (Méndez-González, 1988).

En la zona de Salina Cruz la temperatura promedio es de 27.4 °C, con temperaturas máximas en el mes de mayo y mínimas en los meses de enero-febrero, y más de 1,000 mm de precipitación promedio anual. De junio a septiembre se presenta el período de lluvias, y de septiembre a junio la época de intensos vientos conocidos como "Vientos Tehuantepecanos". El clima local es considerado como de "Sabana, caluroso y subhúmedo", con lluvias periódicas en verano y una estación invernal casi nula. La velocidad máxima de los vientos es de 180 Km/hr, con un promedio de 50 Km/hr (Roden, 1961).

Estaciones de muestreo en el río Tehuantepec.

El Río Tehuantepec nace en el oriente de la sierra madre del Sur en las cercanías de Miahuatlán, recibe los aportes de varios ríos, y posteriormente alimenta a la presa "Benito Juárez" en donde los datos de algunas características físicas y químicas muestran que las aguas son aptas únicamente para riego agrícola, con salinidad media y poco sodio (Méndez-González, 1988). Veinte kilómetros río abajo entre una selva baja caducifolia con árboles altos, escasa vegetación sumergida, hidrodinámica alta, acarreo principal de gravas, cambios constantes del fondo por la remoción de sedimentos, transparencia generalmente alta y en las zonas de mayor profundidad el agua cambia a una tonalidad verde; esta zona corresponde a la presa derivadora de "Las Pilas", que alimenta al canal principal de riego de la región y a la planta de bombeo que suministra agua a la refinería "Antonio Dovalí Jaime" En esta presa se ubicó la estación de muestreo uno.

La estación 2 (Las Bombas), se ubica previa a la ciudad de Tehuantepec, tiene un escaso escurrimiento que aumenta hacia la época de lluvias, no tiene vegetación abundante y exhibe una fuerte perturbación por el desarrollo urbano, en lluvias expone alta transparencia e hidrodinámica reflejando una buena calidad del agua, en la sequía se incrementa la turbidez y disminuye la carga del río; previa a esta localidad la actividad agrícola y ganadera es intensa con escasos asentamientos humanos (Fig. 1).

La estación de muestreo 3 (San Blas), se localiza posterior a la ciudad de

Tehuantepec y aledaña al poblado de San Blas, aunque presenta características similares a la de Las Bombas, se perciben las descargas y escurrimientos de aguas residuales de Tehuantepec; en lluvias se observa una mejor calidad del agua, pero en secas aumenta la turbidez, olor fétido, sedimentos limosos de color negro, presenta un tiradero de basura a cielo abierto y defecación al aire libre (Fig. 1).

La estación 4 (El Puente), se ubica en la parte aledaña al puente que comunica a la zona Huave, es la estación más cercana a la refinería Antonio Dovalí Jaime, la vegetación es escasa y corresponde a pastos en las márgenes del río, se percibe un olor fétido que es más evidente en los sedimentos (Fig. 1).

La estación 5 (La Boca Barra), se localiza en la desembocadura del río hacia la Bahía La Ventosa en el Golfo de Tehuantepec, donde se forma un delta; en la época de sequía se forma una barra arenosa, se estanca el agua y se forma un sistema lagunar de profundidad variable, que posiblemente funciona como una laguna de oxidación por la constante entrada de aguas residuales. En lluvias se restablece la comunicación con el mar y se adquieren características estuarinas; la vegetación es abundante y constituida principalmente de mangles (Fig. 1).

Estaciones de muestreo en el arroyo El Zanjón.

El sistema arroyo El Zanjón-estero La Ventosa, adyacente a la refinería "Ing. Antonio Dovalí Jaime", se localiza entre la ciudad de Salina Cruz y las lagunas Superior e Inferior. Este sistema, por su tamaño y forma presenta condiciones óptimas por las

que se ha considerado como elemento base para monitorear las actividades de la refinería de PEMEX en la región y servir de indicador de los posibles eventos de contaminación que pudiera recibir la bahía.

En el arroyo, la estación de muestreo uno corresponde a una zona de asolvamiento debido al aporte constante de hojarasca y por ser utilizado como tiradero de basura a cielo abierto; de manera similar, previo a la estación 2 se ubican varias industrias, sobre las que se ha informado que liberan sus desechos (de composición aún desconocida) hacia el arroyo; las estaciones 3-4 tienen abundante vegetación de tule y pasto marginal; la estación 5 mostró manchas aceitosas y sedimentos limo-arcillosos con olor fétido intenso; en la estación 6 hay considerables cantidades de basura y en ella confluye la descarga de aguas residuales de las colonias aledañas a la refinería (Tapia-García *et al.* 1998) (Fig. 1).

Estaciones de muestreo en el estero La Ventosa.

El estero La Ventosa se ubica en la parte sur de la refinería "Antonio Dovalí Jaime". Tiene una longitud aproximada de 1 km y un ancho máximo de 300 m. Se encuentra bordeado por mangles de escasas dimensiones. Tiene una fuerte hidrodinámica asociada a las mareas de la región, que determinan un llenado y vaciado del estero en ciclos de 24 horas. En los bordes del estero hay una gran cantidad de basura resultado de los aportes del arroyo El Zanjón y la descarga de aguas residuales de las colonias aledañas. Las estaciones de muestreo 7 a 11 se ubicaron como se indica en la Figura 1.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las actividades de campo y laboratorio se desarrollaron de acuerdo al “Estudio integral ambiental de la región de Salina Cruz, Oaxaca, 1997-1999” (Anónimo, 2000). Las salidas de campo se realizaron en los siguientes meses: 16-17 de julio de 1997, 26-27 de noviembre de 1997; 24-25 de febrero de 1998; 20-23 de mayo de 1998 y 25-27 de agosto de 1998. El análisis de la clorofila a y de las variables físicas (temperatura, salinidad y turbidez), y químicas (pH, carbonatos, fosfatos, nitratos, amoníaco y oxígeno) se realizaron con los métodos estándar (Anónimo, 1998) por personal del Instituto Mexicano del Petróleo.

Fitoplancton

Las muestras de fitoplancton se recolectaron con botellas de vidrio de 250 ml. A estos materiales se les adicionó lugol y formol como preservador (Moreno-Ruiz, 2003).

En el laboratorio, las muestras de los dos niveles se integraron y analizaron a través del vaciado de 2 ml de cada muestra en una cubeta de sedimentación, el uso de un fotomicroscopio invertido LEITZ-WETZLAR/DIAVERT y el barrido de transectos diametrales de acuerdo a Hasle (1978) y Alvarez-Cobelas *et al.* (2005).

Para la determinación de algunas especies, se limpió material adicional con la aplicación de un método mixto sugerido por Moreno-Ruiz y Carreño (1993), así como

enjuagues con agua desionizada y bidestilada. Con la finalidad de realizar observaciones ultraestructurales se prepararon materiales adicionales (Moreno-Ruiz, 2003) y se utilizaron los microscópios electrónicos de transmisión y barrido JEOL JEM-1200EX2 y JEOL JSM-5410LV respectivamente. La determinación de los *taxa* se obtuvo con las claves y descripciones básicas existentes en las obras de Desikachary (1959), Prescott (1962), Patrick y Reimer (1966, 1975), Steidinger y Williams (1970), Caljon (1983), Rines y Hargraves (1988), Komárek y Anagnostidis (1989, 1998, 2005), Licea *et al.* (1996), Moreno *et al.* (1997), Throndsen (1997), Moreno-Ruiz (2000), Figueroa-Torres y Moreno-Ruiz (2003).

Los especímenes se ordenaron sistemáticamente de acuerdo a Ettl (1978, 1983), Komárek (1979a-b, 1989), Anagnostidis y Komárek (1985), Ettl y Gärtner (1988), Round *et al.* (1990), Hoek *et al.* (1995). Para un manejo práctico, en el análisis cualitativo las especies o categorías inferiores no reconocidas pero que presentan características distintivas se catalogaron en orden numérico. El análisis cualitativo también comprendió la presencia y ausencia de las especies (Foged, 1993).

Para el análisis cuantitativo, se trabajó con un intervalo de confianza aceptable (Lund *et al.* 1958), con el recuento de 300 células por muestra. Los ejemplares fragmentados pero con contenido celular se determinaron como completos de acuerdo al criterio de Stoermer *et al.* (1987).

Para determinar la estructura de las comunidades, de acuerdo a Steidinger (1972) y Ludwig y Reynolds (1988) se aplicaron los índices número de taxa (riqueza de especies), riqueza de especies (D) de Margalef (1958), de diversidad (H'n) de Shannon y Wiener (Washington 1984, Lara-Villa *et al.* 1996), y de equidad (J') de Pielou (1977).

Para conocer la variabilidad espacial, se obtuvo la abundancia relativa (ABUN) que es el porcentaje de las células de cada taxón en todas las estaciones de muestreo (Odum, 1972); la frecuencia (FREC) que corresponde al valor en porcentaje del número de estaciones en las que se contó a un taxón dividido entre el total de estaciones analizadas (Dawes, 1991); así como la importancia o dominancia (IMP) que se refiere a la suma de la abundancia y frecuencia divididas entre dos (Franco *et al.* 1985).

Los datos de la distribución de los *taxa* se basan en definiciones arbitrarias de acuerdo a las siguientes frecuencias totales: 10% o menor=muy baja distribución, 11-30%=baja distribución, 31-50%=moderada distribución, 51-75%=ligeramente alta distribución y >76-100%=alta distribución, obtenidas de acuerdo a la escala modificada de Pantle y Buck (1955).

Con base en la abundancia y distribución de cada taxón, se reconocieron las asociaciones microalgales a través del método de clasificación propuesto por Ward (1963), que consiste en la agrupación inicial de N grupos, que contienen un solo

individuo en cada ciclo de agrupación N-1, y une los grupos más similares entre sí, a la vez que calcula una matriz de similitud que produce una agrupación jerárquica por medio de una transformación combinatoria de los coeficientes de similitud; en la transformación, los grupos P y Q son fusionados. La similitud $S(R, P+Q)$ entre cualquier grupo R y el nuevo grupo (P+Q) es obtenida de la transformación:

$$S(R, P+Q) = AP * S(R,P) + AQ * S(R,Q) + B * S(P,Q)$$

donde:

$$AP = (NR + NP) / (NR + NP + NQ)$$

$$AQ = (NR + NQ) / (NR * NP * NQ)$$

$$B = NR / (NR + NP + NQ)$$

NR, NP y NQ son tamaños de los grupos.

RESULTADOS

Río Tehuantepec

Con base en los datos físicos y químicos reportados por Anónimo (2000), se hizo un análisis de la variación temporal en el río Tehuantepec, quien tiene una temperatura de 23.3 °C (febrero) a 32.7 °C (agosto); el oxígeno disuelto 5.03 ppm (agosto) a 16.62 ppm (agosto); la salinidad 0.01 ups (febrero) a 16.77 ups (febrero); el pH fue de 6.80 (agosto) a 8.94 (mayo); la dureza tuvo valores de 27.00 mg de CaCO₃ (agosto) a 259.40 (mayo). Los ortofosfatos variaron de 4.960 ppb (noviembre) a 260.500 (junio); nitratos 19.317 ppb (febrero) a 2,780.200 (agosto); amoníaco 0.011 ppm (febrero) a 0.150 (noviembre) y la clorofila a 1.348 mg/m³ (julio) a 38.220 (mayo) (Figs. 2-3).

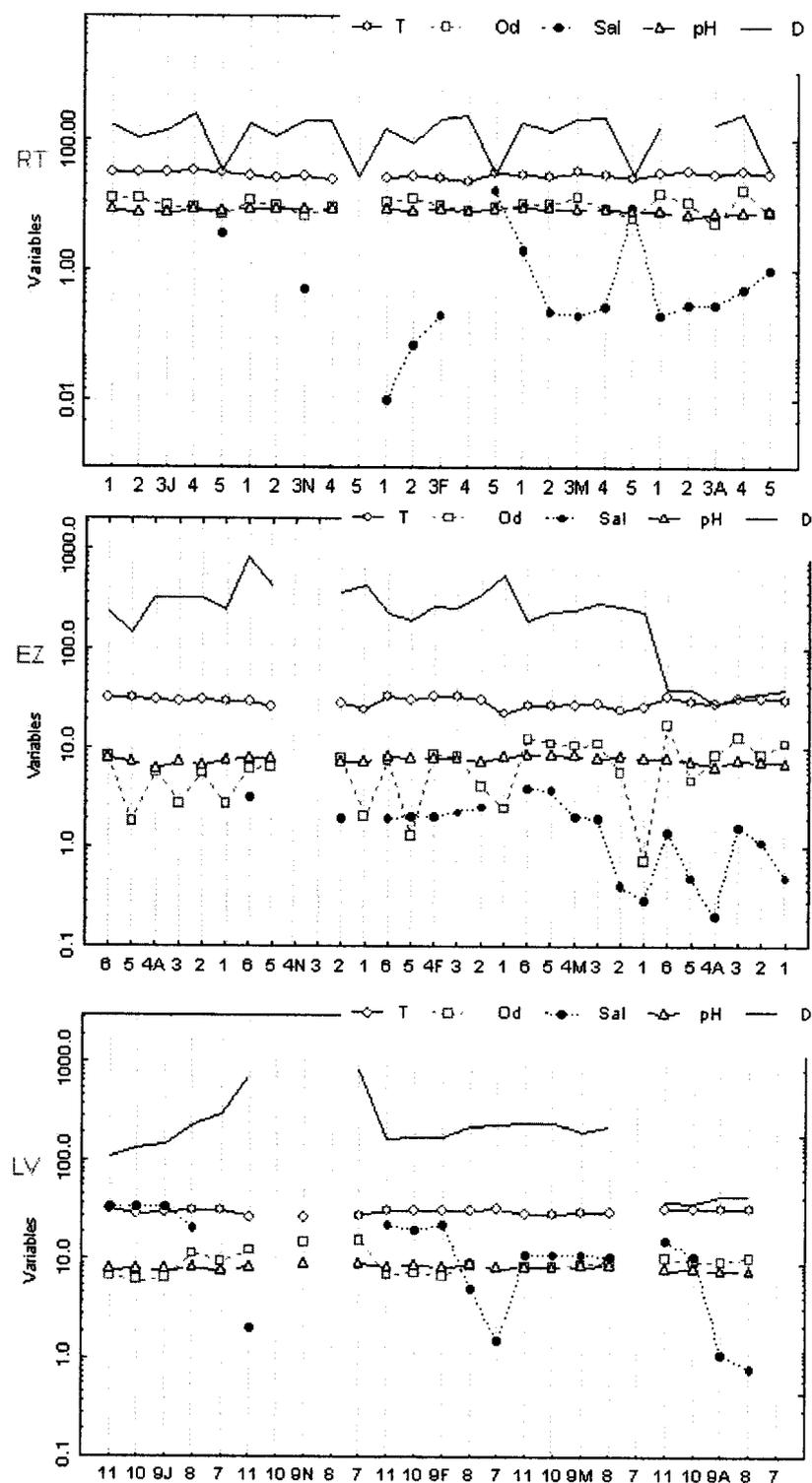


Fig. 2. Variaciones por muestreo de la Temperatura (T en °C), oxígeno disuelto (Od ppm), salinidad (Sal ‰), pH, y dureza (D en mg CaCO₃), del río Tehuantepec (RT), arroyo El Zanjón (EZ) y estero La Ventosa (LV) (julio 1997-agosto 1998).

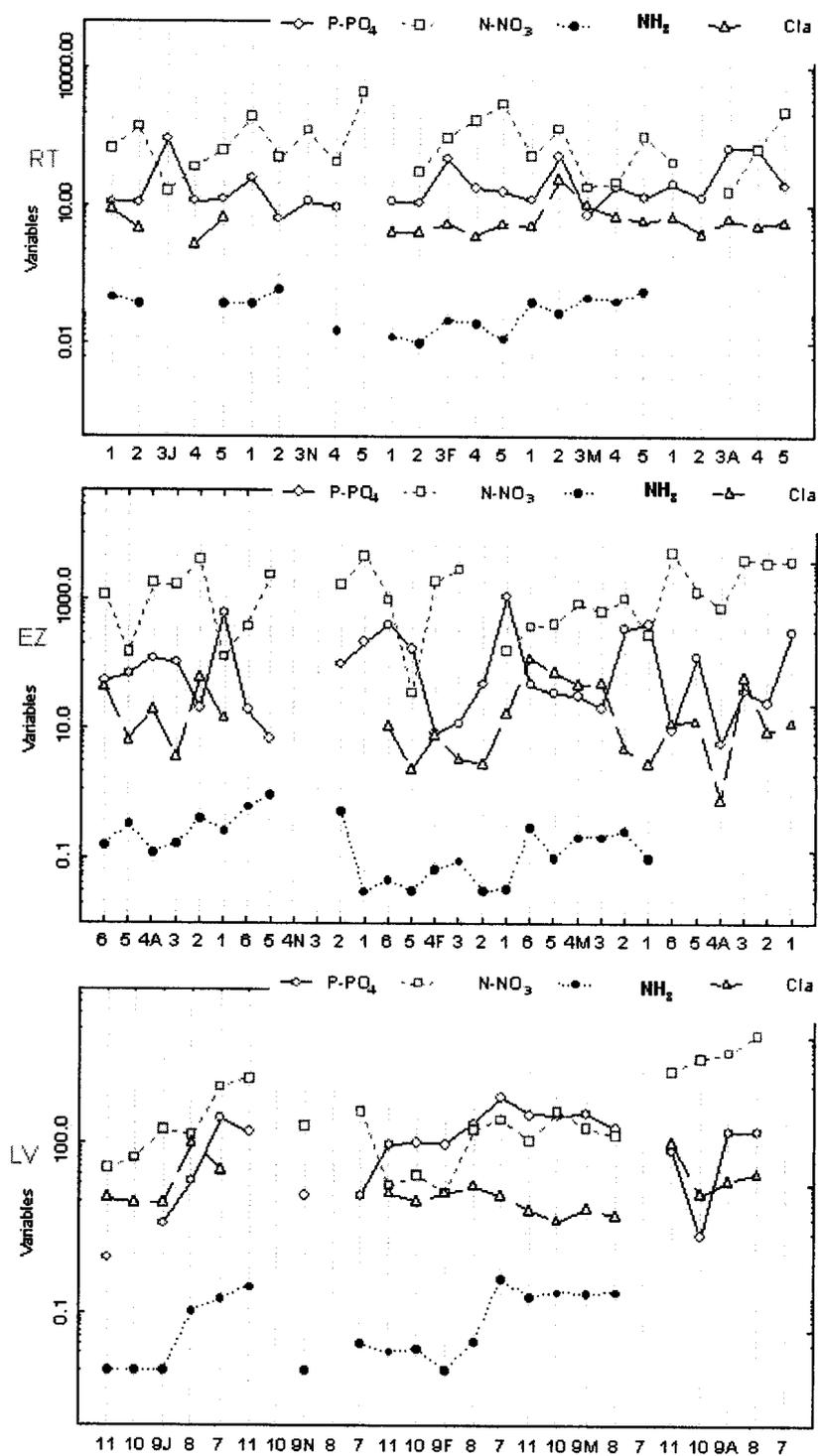


Fig. 3. Variaciones por muestreo de ortofosfatos (P-PO₄ ppb), nitratos (N-NO₃ ppb), amoníaco (NH₃ ppm) y clorofila a (mg/m³) del río Tehuantepec (RT), arroyo El Zanjón (EZ) y estero La Ventosa (julio 1997-agosto 1998).

Julio, 1997

Las variables físicas y químicas oscilaron entre los siguientes intervalos: temperatura de 3.17 °C (estación 2) a 32.30 °C (estación 4); el oxígeno disuelto 6.84 (estación 5) a 12.62 ppm (estación 1); la salinidad de 0.0 (estaciones 1-4) a 3.60 ups (estación 5); el pH fue de 7.55 (estación 3) a 8.27 (estación 4); la dureza tuvo valores de 145.50 (estación 3) a 182.50 mg de CaCO₃ (estación 4). Los ortofosfatos 11.34 en la estación 1 a 260.50 ppb (estación 3); nitratos 97.60 (estación 5) a 805.14 ppb (estación 2); amoníaco 0.07 (estación 5) a 0.10 ppm (estación 1) y la clorofila a 1.35 (estación 4) a 8.06 mg/m³ (estación 1) (Figs. 2-3).

Se determinaron 214 *taxa*, con 80 bacilariofitas, 51 clorofitas, 35 cianoprocariontas, 17 fitoflageladas, 13 euglenofitas, nueve criptofitas, ocho dinofitas y una crisofita (Tabla 1, Fig. 4). Se presentó una abundancia entre 33,539 células ml⁻¹ en la estación 2 (Fig. 5) a 647,261 células ml⁻¹ en la estación 1.

En los índices de diversidad, la riqueza de especies de acuerdo a Steidinger (1972) mostró al menor número de taxones (64) en la estación 3, y el mayor (97) en la estación 1 (Fig. 5); la riqueza de especies de Margalef (1958) fluctuó de 5.12 (64 *taxa*) en la estación 3, a 8.35 (88 *taxa*) en la estación 2. El índice de Shannon y Wiener tuvo 2.24 bits/individuo en la estación 1 a 4.81 bits/individuo en la estación 4. Es interesante observar que en general, la menor y mayor diversidad corresponden a

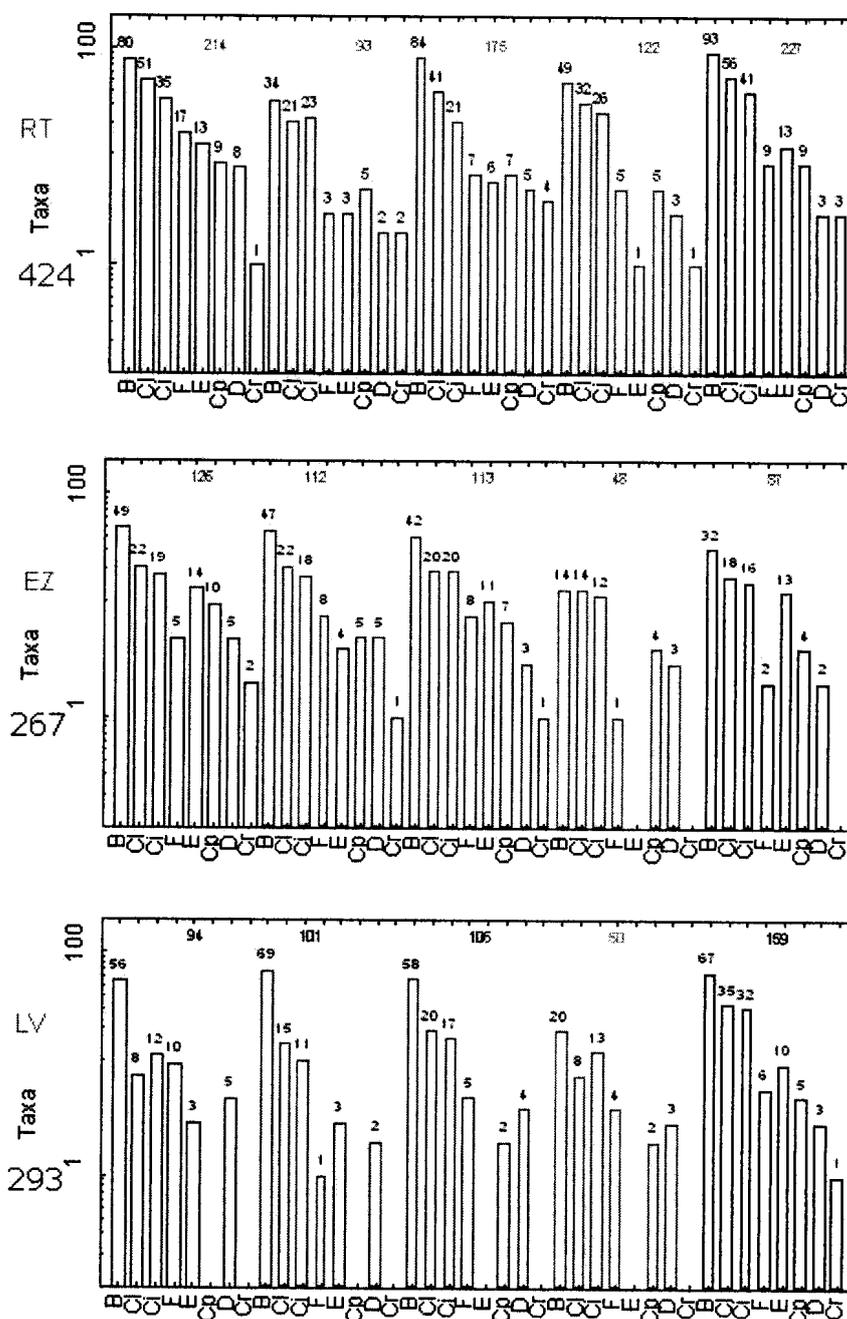


Fig. 4. Variaciones por muestreo del total de taxa, de las algas microscópicas del río Tehuantepec (RT), arroyo El Zanjón (EZ) y estero La Ventosa (LV) (julio 1997-agosto 1998). B=bacilariofitas, C1=clorofitas, C2=cianoprocariontes, F=fitoflageladas, E=euglenofitas, Cp=criptofitas, D=dinofitas, Cr=crisofitas.

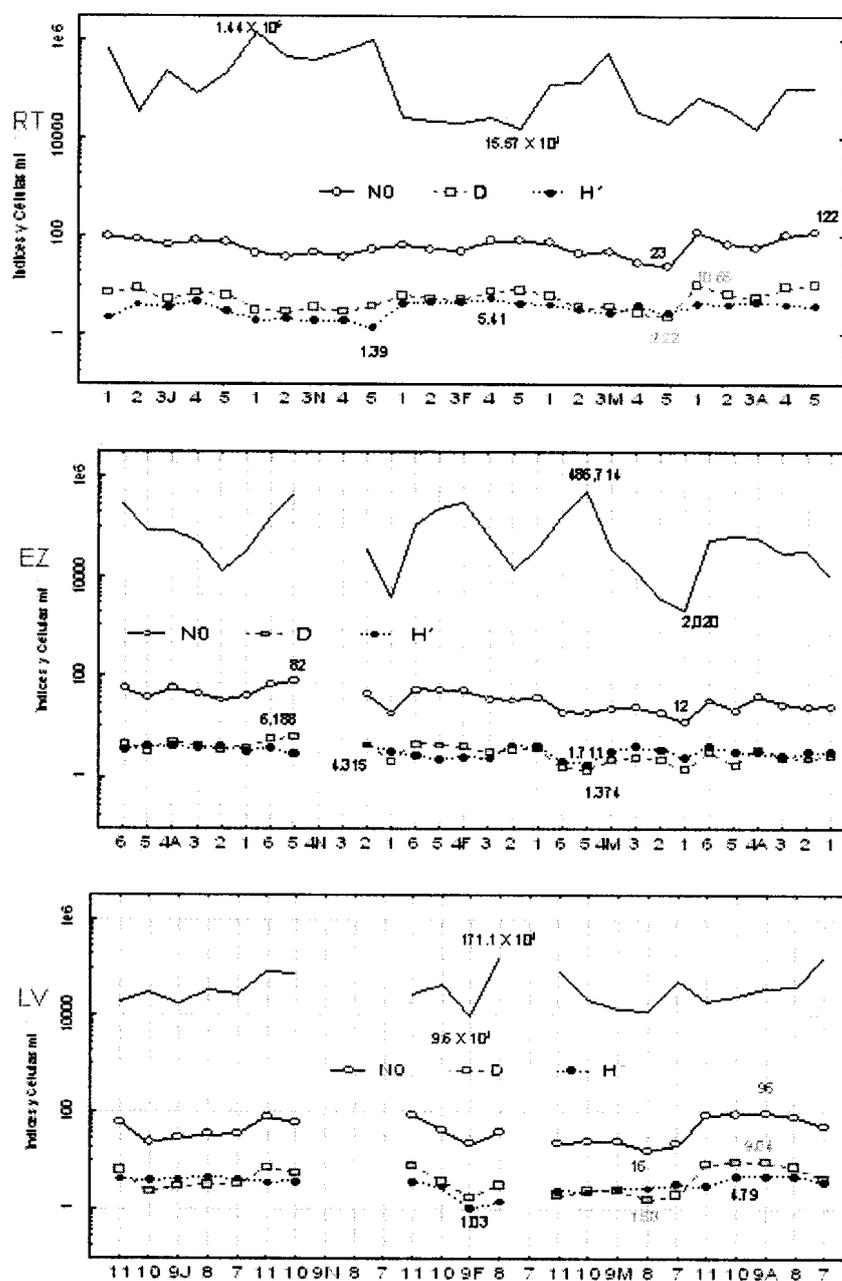


Fig. 5. Variaciones por muestreo de la densidad (células ml⁻¹), riqueza de especies (NO), riqueza de especies de Margalef (D) y diversidad (H') de las algas microscópicas del río Tehuantepec (RT), arroyo El Zanjón (EZ) y estero La Ventosa (LV) (julio 1997-agosto 1998).

un relativo incremento y decremento del número de taxa (97 y 80 respectivamente).

Las microalgas que dominaron en el río durante el período fueron 11 taxones:

Pseudanabaena limnetica a *Anabaena* cf. *wisconsinense* (Figs. 6-7).

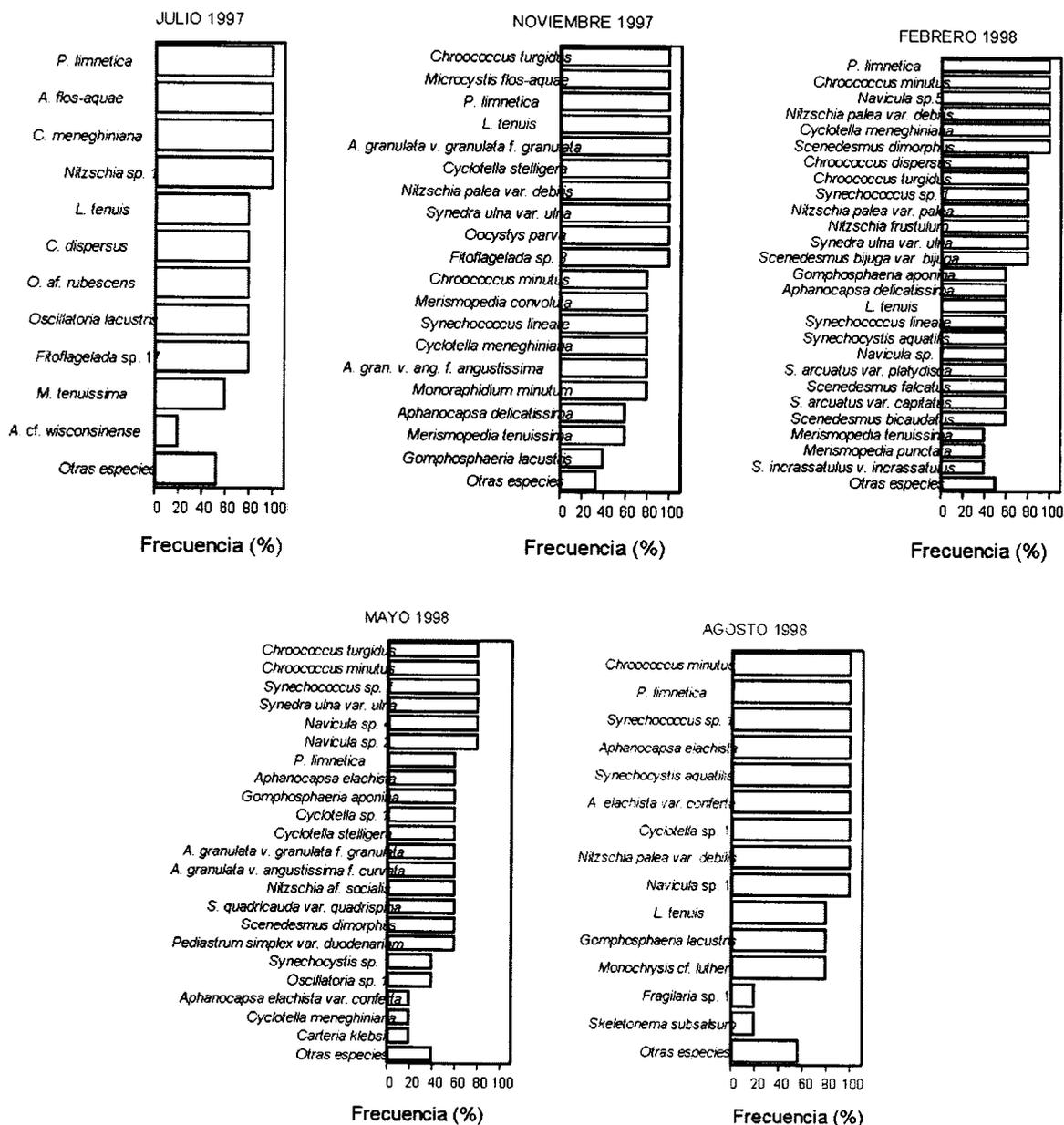


Fig. 6. Frecuencia (%) de las algas microscópicas en el río Tehuantepec.

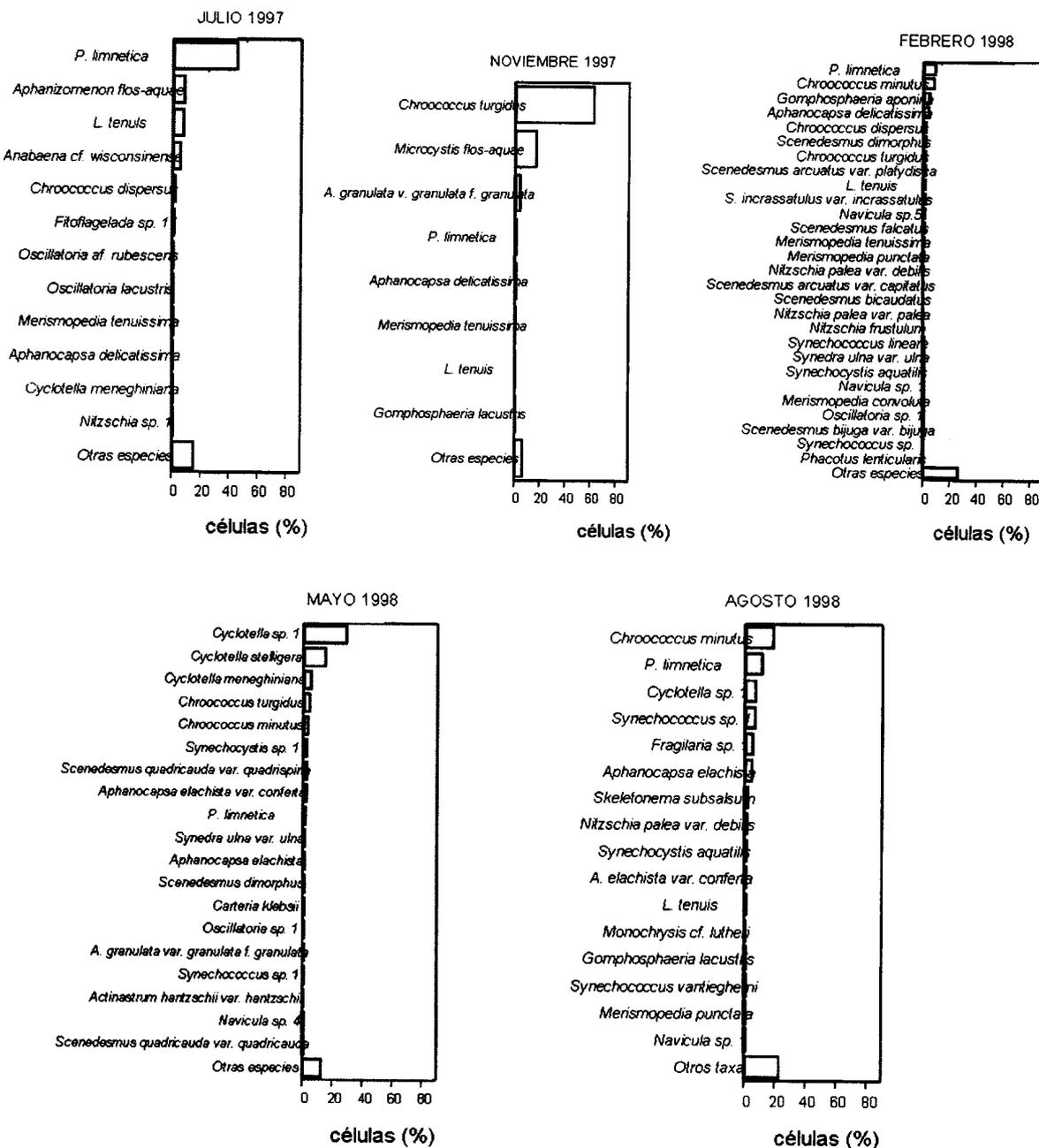


Fig. 7. Densidad (%) de las algas microscópicas en el río Tehuantepec.

Con el análisis de conglomerados (AC) y por componentes principales (ACP) (Figs. 8-9), sobresalió la asociación de los 40 taxa: *Aphanizomenon flos-aquae* a *Fitoflagelada sp. 17* (Tabla 1). Lo que muestra a julio 1997 constituido por dos grupos; el primero por la estación 1, y el segundo por las estaciones 2-4 y 3-5.

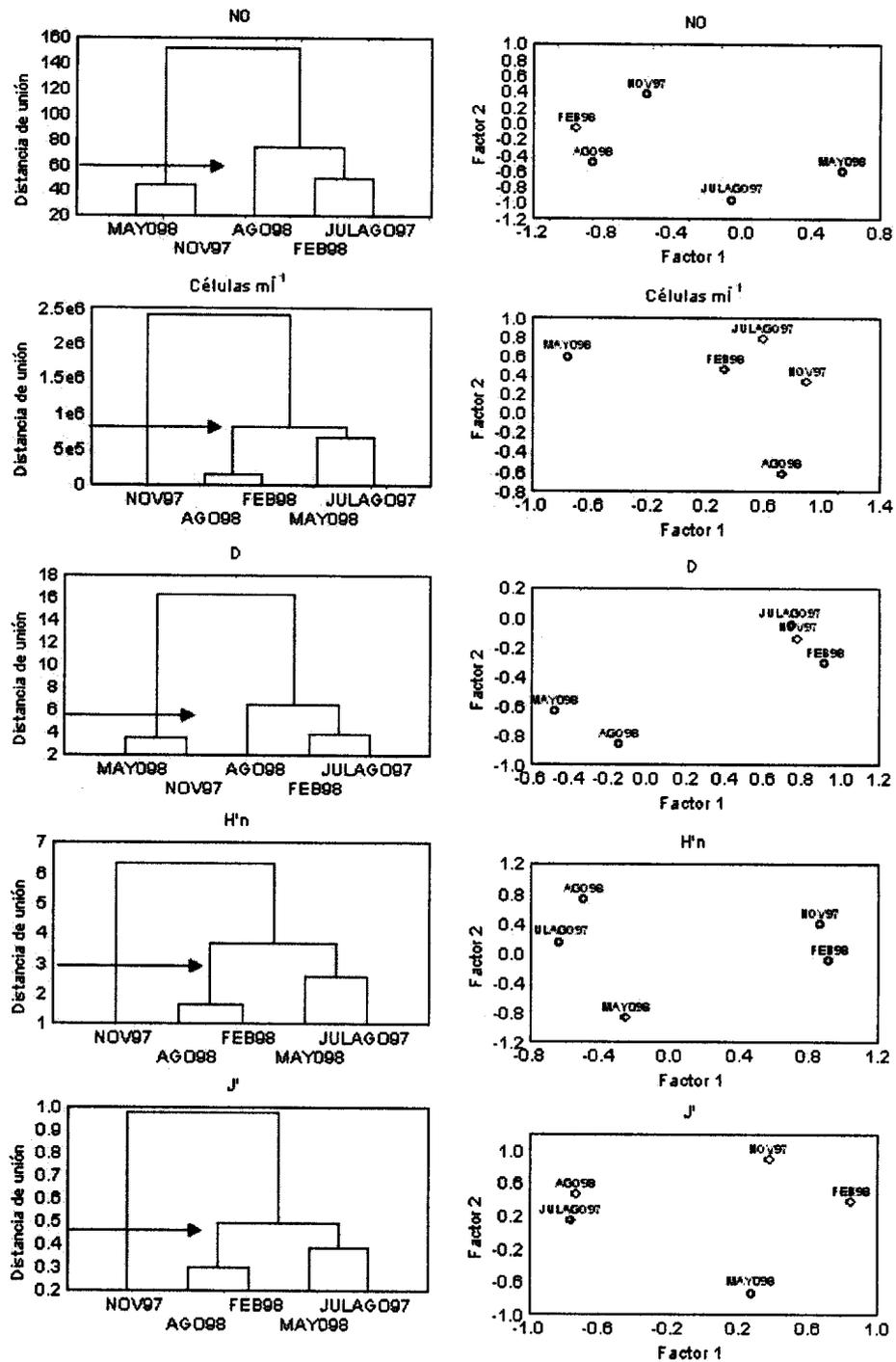


Fig. 8. Dendrogramas y análisis por componentes principales de la de la riqueza de taxa (NO), densidad (células ml^{-1}), riqueza (D), diversidad (H'n) y equitatividad (J') por período de las algas microscópicas en el río Tehuantepec (julio-agosto 1997 a agosto 1998). Las flechas muestran a la línea de separación de los grupos.

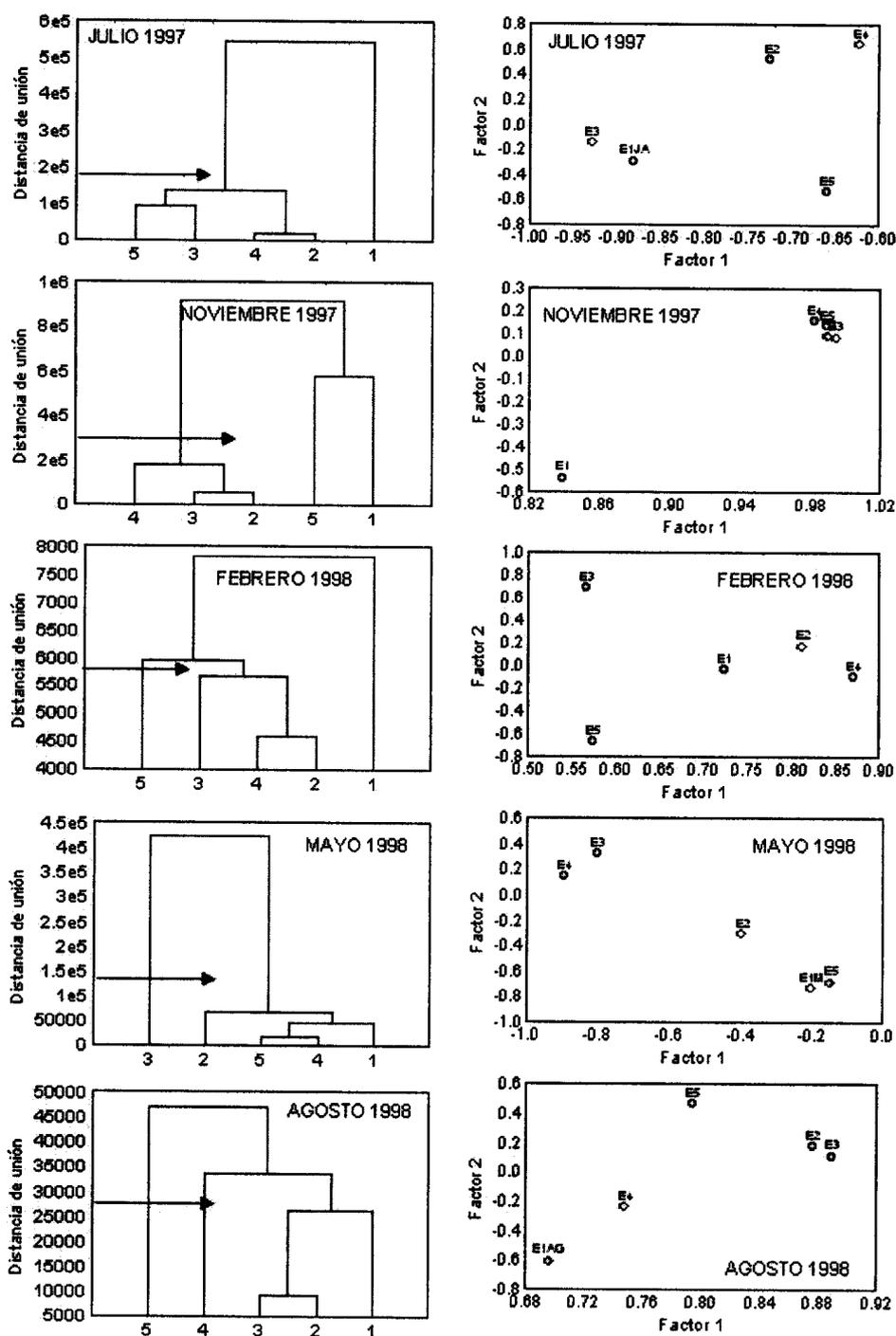


Fig. 9. Dendrogramas y análisis por componentes principales de la densidad (células ml^{-1}) por estaciones de muestreo de las algas microscópicas en el río Tehuantepec (julio-agosto 1997 a agosto 1998).

Noviembre, 1997

La temperatura fluctuó de 24.00 °C (estación 4) a 28.20 °C (estación 3); el oxígeno 6.50 (estación 3) a 11.20 ppm (estación 1); la salinidad de 0.0 (estaciones 1-2) a 0.50 ups (estación 3); el pH fue de 8.26 (estación 4) a 8.59 (estación 1); la dureza tuvo valores de 92 (estación 3) a 136 mg de CaCO₃ (estación 4). Los ortofosfatos 4.96 (estación 2) a 36.90 ppb (estación 1); nitratos 51.57 (estación 3) a 504.13 ppb (estación 1); amoníaco ND (estación 3) a 0.150 ppm (estación 2) (Figs. 2-3).

Se determinaron 93 *taxa*, con: 34 bacilariofitas, 23 cianoprocariontas, 21 clorofitas, cinco criptofitas, tres euglenofitas, tres fitoflageladas, dos crisofitas y dos dinofitas (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas osciló entre 388,716 células ml⁻¹ en la estación 3 a 1.44 millones de células ml⁻¹ en la estación 1 (Fig. 5).

Respecto a los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (38) se registró en la estación 2, así como el mayor (55) en la estación 5, la riqueza de especies varió de 2.85 (38 *taxa*) en la estación 2, a 3.90 (55 *taxa*) en la estación 5. El índice de Shannon y Wiener mostró valores de 1.39 bits/individuo en la estación 5 a 2.06 bits/individuo en la estación 2. En general, la menor y mayor diversidad correspondieron al valor más alto y al más bajo del número de *taxa* (55 y 38 respectivamente).

En el muestreo dominaron los 19 *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Merismopedia convoluta* (Figs. 6-7).

En la clasificación y ordenación de noviembre 1997, resaltó la asociación de los 35 taxones *Anacystis radiata*-Fitoflagelada sp. 3 (Tabla 1, Figs. 8-9). Se distinguieron tres grupos: el primero integrado por la estación 1, el segundo por la estación 5, y el tercero por las estaciones 2-3 y 4 (Fig. 9).

Febrero, 1998

La temperatura osciló de 23.30 °C (estación 4) a 30.40 °C (estación 5); el oxígeno disuelto 8.16 (estación 4) a 12.37 ppm (estación 2); la salinidad 0.01 (estación 1) a 16.77 ups (estación 5); el pH fue de 7.99 (estación 2) a 8.61 (estación 1); la dureza tuvo valores de 139.67 (estación 1) a 216.33 mg (estación 4). Los ortofosfatos 11.23 (estación 2) a 100.68 ppb (estación 3); nitratos 19.40 (estación 1) a 418.14 ppb (estación 2); amoniaco 0.01 (estación 2) a 0.03 ppm (estación 3) y la clorofila a 2.05 (estación 4) a 3.98 mg/m³ (estación 5) (Figs. 2-3).

Se determinaron 175 *taxa*; con 84 bacilariofitas, 41 clorofitas, 21 cianoprocarotas, siete criptofitas, siete fitoflageladas, seis euglenofitas, cinco dinofitas y cuatro crisofitas (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas varió entre 15,573 células ml⁻¹ en la estación 5 a 26,458 células ml⁻¹ en la estación 1 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (51) se presentó en la estación 3, así como el mayor (80) en las estaciones 4-5, la riqueza de especies varió entre 4.88 (51 *taxa*) en la estación 3, a 8.18 (80 *taxa*) en la estación

5. El índice de Shannon y Wiener mostró 4.45 bits/individuo en la estación 1 a 5.41 bits/individuo en la estación 4. En general, la mayor diversidad correspondió al mayor número de *taxa* (80) y la menor diversidad a la disminución de taxones (64).

Se presentaron los 26 taxones dominantes: *Chroococcus minutus* a *Scenedesmus arcuatus* var. *capitatus* (Figs. 6-7).

En febrero 1998, sobresalió la asociación de los 35 *taxa*: *Aphanocapsa delicatissima* a Fitoflagelada sp. 17 (Tabla 1, Figs. 8-9), con la exposición de tres grupos: el primero representado por la estación 1; el segundo por las estaciones 2-4 y 3; y el tercero con la estación 5 (Fig. 9).

Mayo de 1998

La temperatura osciló de 25.77 °C (estación 5) a 32.24 °C (estación 3); el oxígeno disuelto 6.16 en la estación 5 a 13.36 ppm (estación 3); la salinidad 0.20 (estación 3) a 8.98 ups (estación 5); el pH fue de 7.92 (estación 5) a 8.94 (estación 1); la dureza tuvo valores de 199.67 (estación 2) a 259.40 mg de CaCO₃ (estación 1). Los ortofosfatos 6.22 (estación 3) a 114.12 ppb (estación 2); nitratos 31.70 (estación 4) a 718.87 ppb (estación 3); amoníaco 0.05 (estación 2) a 0.14 ppm (estación 5) y la clorofila a 3.50 (estación 1) a 38.22 mg/m³ (estación 2) (Figs. 2-3).

Se determinaron 122 *taxa*, con: 49 bacilariofitas, 32 clorofitas, 26 cianoprocaritas, cinco criptofitas, cinco fitoflageladas, tres dinofitas, una crisofita y una euglenofita

(Tabla 1, Fig. 4). La abundancia fluctuó entre 20,155 células ml^{-1} en la estación 4 a 538,542 células ml^{-1} en la estación 3 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (23) se presentó en la estación 5, así como el mayor (73) en la estación 1, la riqueza de especies osciló de 2.22 (23 *taxa*) en la estación 5, a 6.14 (73 *taxa*) en la estación 1. El índice de Shannon y Wiener mostró valores de 2.66 bits/individuo en la estación 5 a 4.21 bits/individuo en la estación 1. En general, la menor y mayor diversidad coinciden con el menor y mayor número de *taxa* (23 y 73 respectivamente).

En el período dominaron los 22 *taxa*: *Chroococcus minutus*-*Pediastrum simplex* var. *duodenarium* (Figs. 6-7).

Sobresalió la asociación de los 21 *taxa*: *Chroococcus giganteus*-*Scenedesmus quadrispina* (Tabla 1, Figs. 8-9), tuvo al grupo integrado por las estaciones 1, 4-5 y 2; así como a la estación 3 (Fig. 9).

Agosto, 1998

La temperatura varió de 29.2 °C (estación 3) a 32.7 °C (estación 4); el oxígeno disuelto 5.03 (estación 3) a 16.62 ppm (estación 4); la salinidad 0.20 (estación 1) a 1.03 ups (estación 5); el pH fue de 6.80 (estación 2) a 8.07 (estación 1); la dureza tuvo valores de 27.00 (estación 2) a 36.00 mg de CaCO_3 (estación 5). Los ortofosfatos 14.58 (estación 2) a 178.35 ppb (estación 4); nitratos 148.70 (estación

1) a 2,780.20 ppb (estación 2); amoníaco ND y la clorofila a 2.46 (estación 2) a 5.64 mg/m³ (estación 1) (Figs. 2-3).

Se determinaron 227 *taxa*, con: 93 bacilariofitas, 56 clorofitas, 41 cianoprocarotas, 13 euglenofitas, nueve criptofitas, nueve fitoflageladas, tres crisofitas y tres dinofitas. (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de algas fluctuó entre 15,770 células ml⁻¹ en la estación 3 a 107,200 células ml⁻¹ en la estación 5 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (58) se presentó en la estación 3, así como el mayor (122) en la estación 5, la riqueza de especies tuvo 5.90 (58 *taxa*) en la estación 3, a 10.66 (119 *taxa*) en la estación 1. El índice de Shannon y Wiener mostró valores de 3.78 bits/individuo en la estación 5 a 4.65 bits/individuo en la estación 3. En general, la menor y mayor diversidad correspondieron al más alto y bajo número de *taxa* (122 y 58 respectivamente).

Se presentaron los 14 *taxa* dominantes: *Chroococcus minutus-Fragilaria* sp. 1 (Figs. 6-7).

Resaltó la asociación de los 14 *taxa*: *Aphanocapsa elachista* var. *Conferta* a Fitoflagelada sp. 1 (Tabla 1, Figs. 8-9), y exhibió al grupo constituido por las estaciones 1-3; así como la separación de las estaciones 4 y 5 (Fig. 9).

A través de la clasificación y ordenación el número de *taxa* (N0) se constituyó por

tres grupos: el primero con los períodos julio 1997-febrero 1998, el segundo por agosto 1998; el tercero con noviembre 1997-mayo 1998 (Fig. 8). En la densidad (Células ml⁻¹) se diferenciaron tres grupos; el primero integrado por julio 1997-mayo 1998, el segundo por febrero-agosto 1998; el tercero por la separación de noviembre 1997 (Fig. 8).

La riqueza mostró tres grupos; el primero formado por los períodos julio 1997-febrero 1998, el segundo por agosto 1998; el tercero con noviembre 1997-mayo 1998. El índice de Shannon y Wiener tuvo tres grupos; el primero se integró por los meses de julio 1997- mayo 1998, el segundo por febrero-agosto 1998; el tercero por la separación de noviembre 1997 (Fig. 8).

La equidad de manera similar al índice de Shannon y Wiener, exhibió al grupo integrado por los meses de julio 1997-mayo 1998, el segundo por febrero-agosto 1998; el tercero por noviembre 1997 (Fig. 8).

En suma, en el río Tehuantepec a través de los cinco muestreos resaltaron 427 *taxa* totales. De ellos, entre julio 1997 a agosto 1998 se presentó una baja riqueza de taxones (5.4 a 28.8%) (Fig. 4).

En la clasificación de los cinco períodos de muestreo se generaron dos hábitats: el primero con los seis *taxa* *Marssoniella elegans* a *Sellaphora pupula* var. *capitata* y el segundo por los 65 taxones *Spirulina spirulinoides* a *Thalassionema frauenfeldii* (Fig.

10).

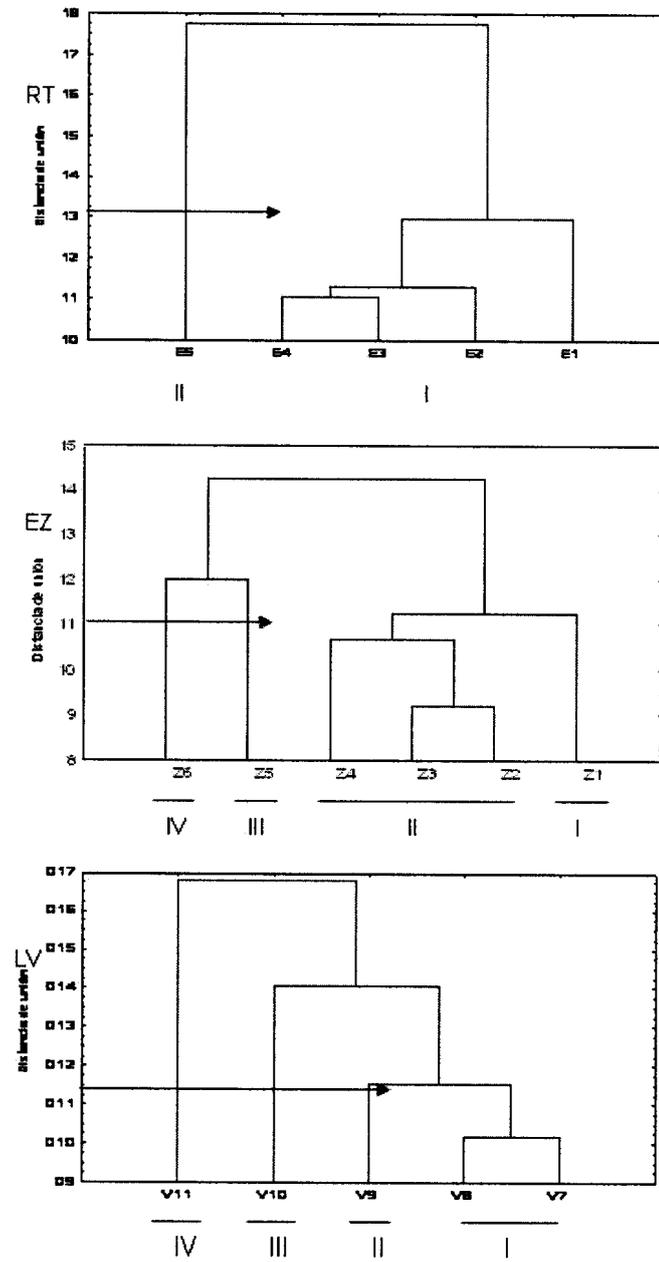


Fig. 10. Dendrogramas del análisis de las estaciones de muestreo del río Tehuantepec (RT), arroyo El Zanjón (EZ) y estero La Ventosa (LV) en cinco periodos y de acuerdo a la composición abundancia, frecuencia o distribución y dominancia. La flecha muestra la línea de división arbitraria que definió los hábitats.

Sistema Arroyo El Zanjón-Estero La Ventosa

Arroyo El Zanjón

Presenta la temperatura de 22.0°C (febrero) a 33.0 °C (febrero); el oxígeno disuelto 0.720 (mayo) a 16.570 ppm (agosto 1998); la salinidad 0.200 (agosto 1998) a 3.800 ups (mayo); el pH 6.210 (agosto 1997) a 8.420 (mayo); la dureza tuvo valores de 28.000 (agosto 1998), a 816.000 mg de CaCO₃ (noviembre). Los ortofosfatos 5.750 (agosto) a 1,089.440 ppb (febrero); nitratos 35.410 (febrero) a 5,370.300 ppb (agosto 1998); amoníaco 0.030 en la estación 1 a 0.920 ppm (ambos en noviembre) y la clorofila a 0.780 (agosto 1998) a 118.760 mg/m³ (mayo) (Figs. 2-3).

Agosto, 1997

La temperatura varió de 28.7 °C (estación 1) a 31.4 °C (estación 5); el oxígeno disuelto 1.76 (estación 5) a 7.96 ppm (estación 6); la salinidad (ups) no detectada (ND); el pH fue de 6.21 (estación 4) a 7.76 (estación 6); la dureza tuvo valores de 142.00 (estación 5) a 326.00 mg de CaCO₃ (estación 3). Los ortofosfatos 20.279 (estación 2) a 619.540 ppb (estación 1); nitratos 124.520 (estación 1) a 4,168.150 ppb (estación 2); amoníaco 0.120 (estación 4) a 0.390 ppm (estación 2) y la clorofila a 3.639 (estación 3) a 62.241 mg/m³ (estación 2) (Figs. 2-3).

Sobresalieron 126 *taxa*, con 49 bacilariofitas, 22 clorofitas, 19 cianoprocariotas, 14 euglenofitas, 10 criptofitas, cinco dinofitas y fitoflageladas, así como dos crisofitas (Tabla 1, Fig. 4). La abundancia de estas algas osciló entre 12,389 células ml⁻¹ en la estación 2 a 271,941 células ml⁻¹ en la estación 6 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (34) se presentó en la estación 2, así como el mayor (57) en la estación 6, la riqueza de especies varía de 3.181 (37 *taxa*) en la estación 5, a 4.848 (56 *taxa*) en la estación 4. El índice de Shannon y Wiener muestra valores de 3.132 bits/individuo en la estación 1 a 4.058 bits/individuo en la estación 2. En general, la menor y mayor diversidad corresponden a un relativo incremento y decremento del número de *taxa* (40 y 34 respectivamente).

Las microalgas que dominaron en el arroyo durante el período se estructuró por los 21 taxones *Synechococcus* sp. 1 a *Rhabdoderma lineare* (Figs. 11-12).

Por medio de la clasificación y ordenación (Figs. 13-14), en agosto 1997 sobresalió la asociación de los 36 taxones *Anabaena* cf. *cylindrica* a *Gymnodinium* af. *danicans* (Tabla 1), el período se constituyó por tres grupos; el primero por las estaciones 1-3; el segundo con las estaciones 4-5 y el tercero por la estación 6 (Fig. 13).

Noviembre, 1997

La temperatura osciló de 24.0 °C (estación 1) a 29.0°C (estación 6); el oxígeno 2.00 (estación 1) a 7.80 ppm (estación 2); la salinidad no detectada (ND) en las estaciones 1 y 5 a 3.20 ups (estación 6); el pH fue de 7.09 (estación 1) a 7.83 (estación 6); la dureza tuvo valores de 371.00 (estación 2) a 816.00 mg de CaCO₃ (estación 6). Los ortofosfatos 6.730 (estación 5) a 215.670 ppb (estación 1); nitratos 377.080 (estación 6) a 4,607.880 ppb (estación 1); amoníaco 0.030 (estación 1) a

0.920 ppm (estación 5) (Figs. 2-3).

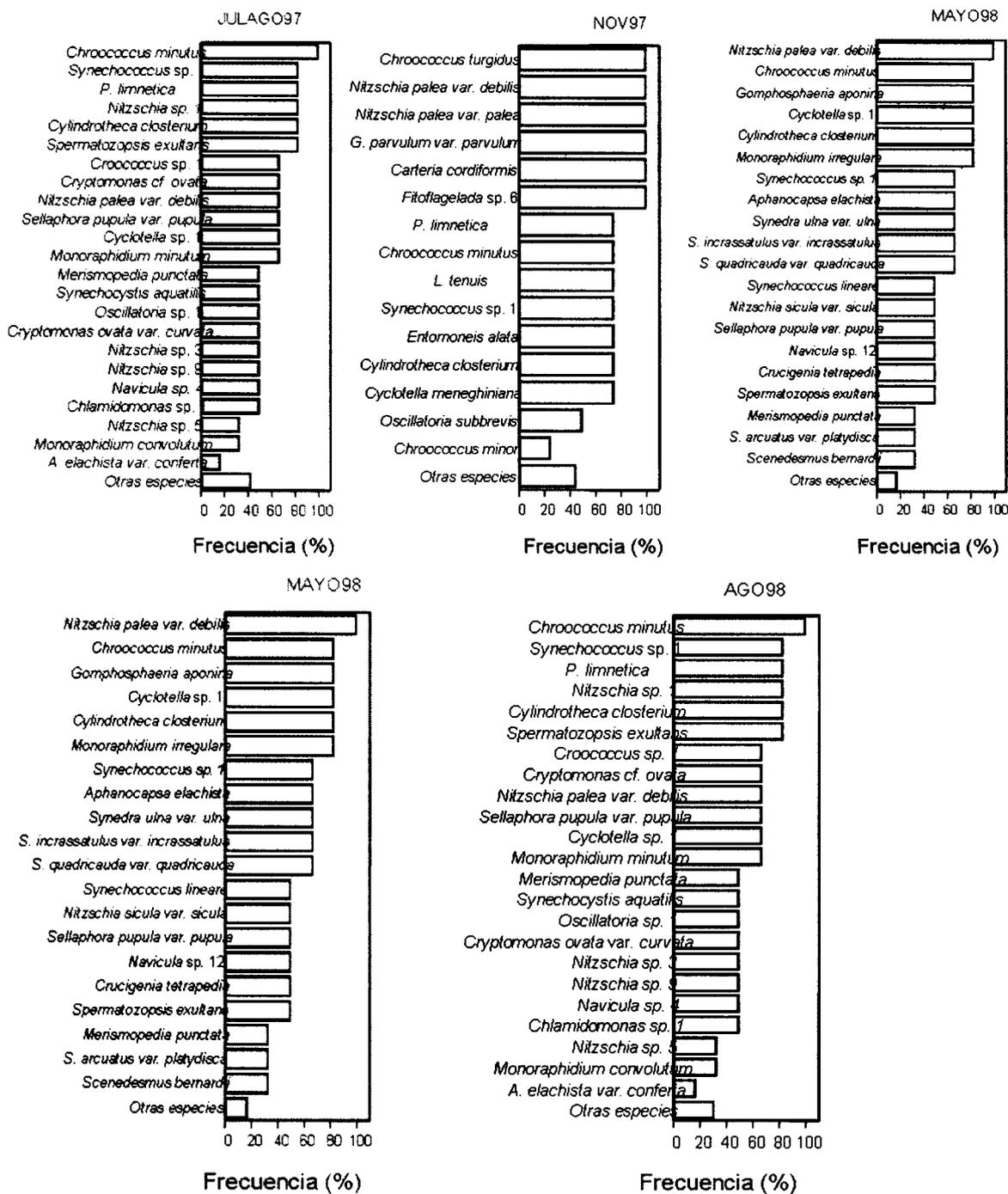


Fig. 11. Frecuencia (%) de las algas microscópicas en el arroyo El Zanjón

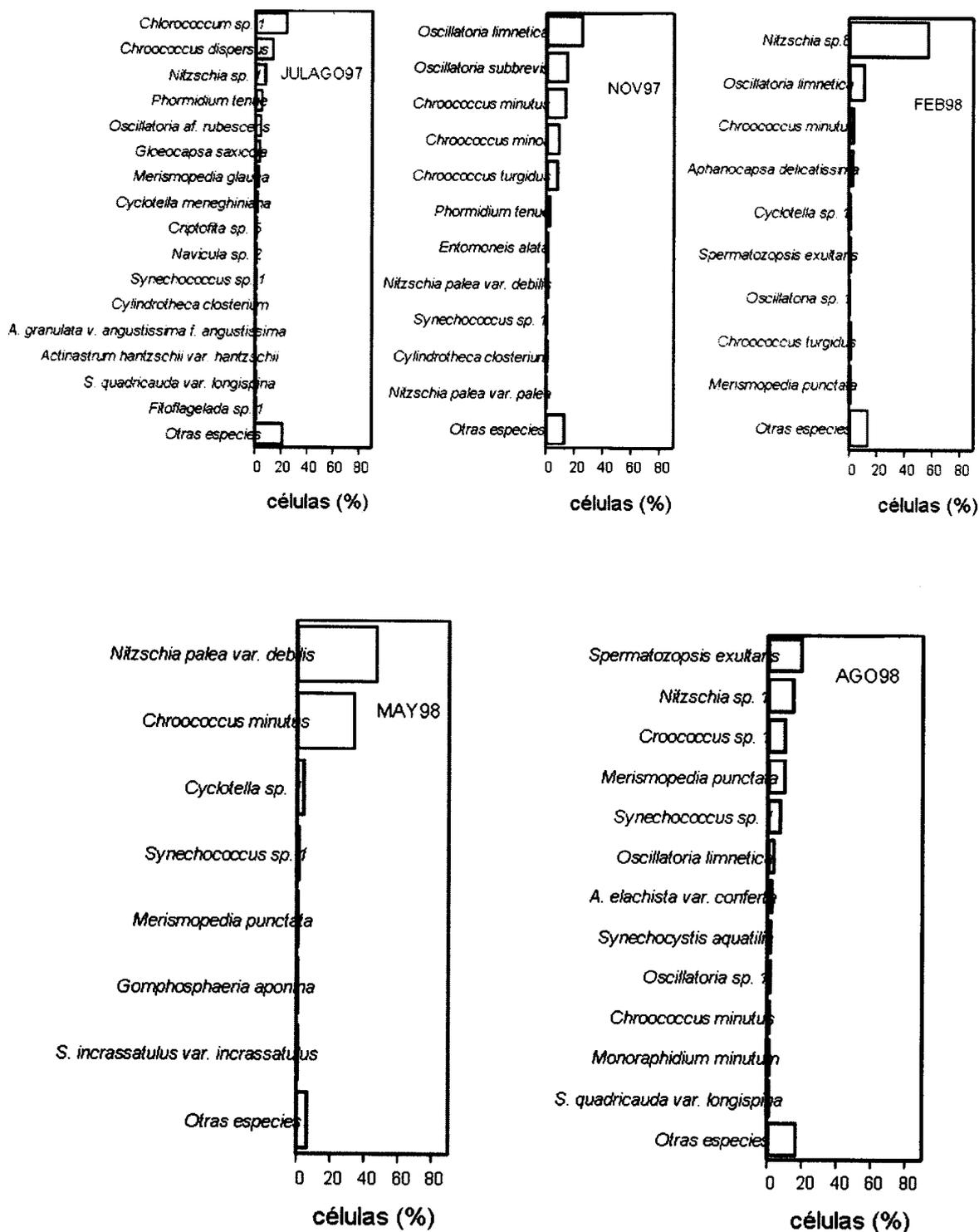


Fig. 12. Densidad (%) de las algas microscópicas en el arroyo El Zanjón.

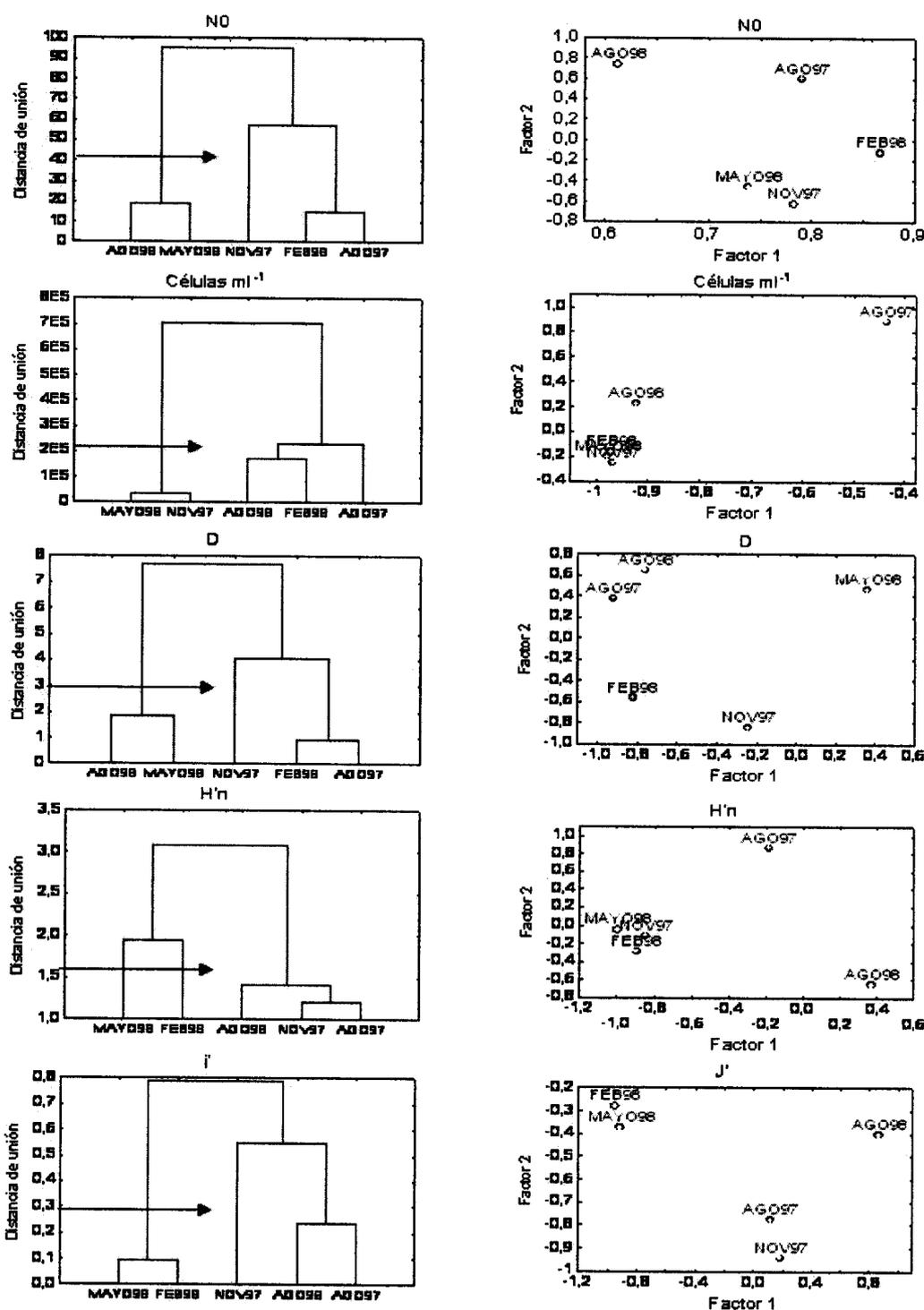


Fig. 13. Dendrogramas y análisis por componentes principales de la de la riqueza de taxa (NO), densidad (células ml⁻¹), riqueza (D), diversidad (H'n) y equitatividad (J') por período de las algas microscópicas en el arroyo El Zanjón (agosto 1997 a agosto 1998).

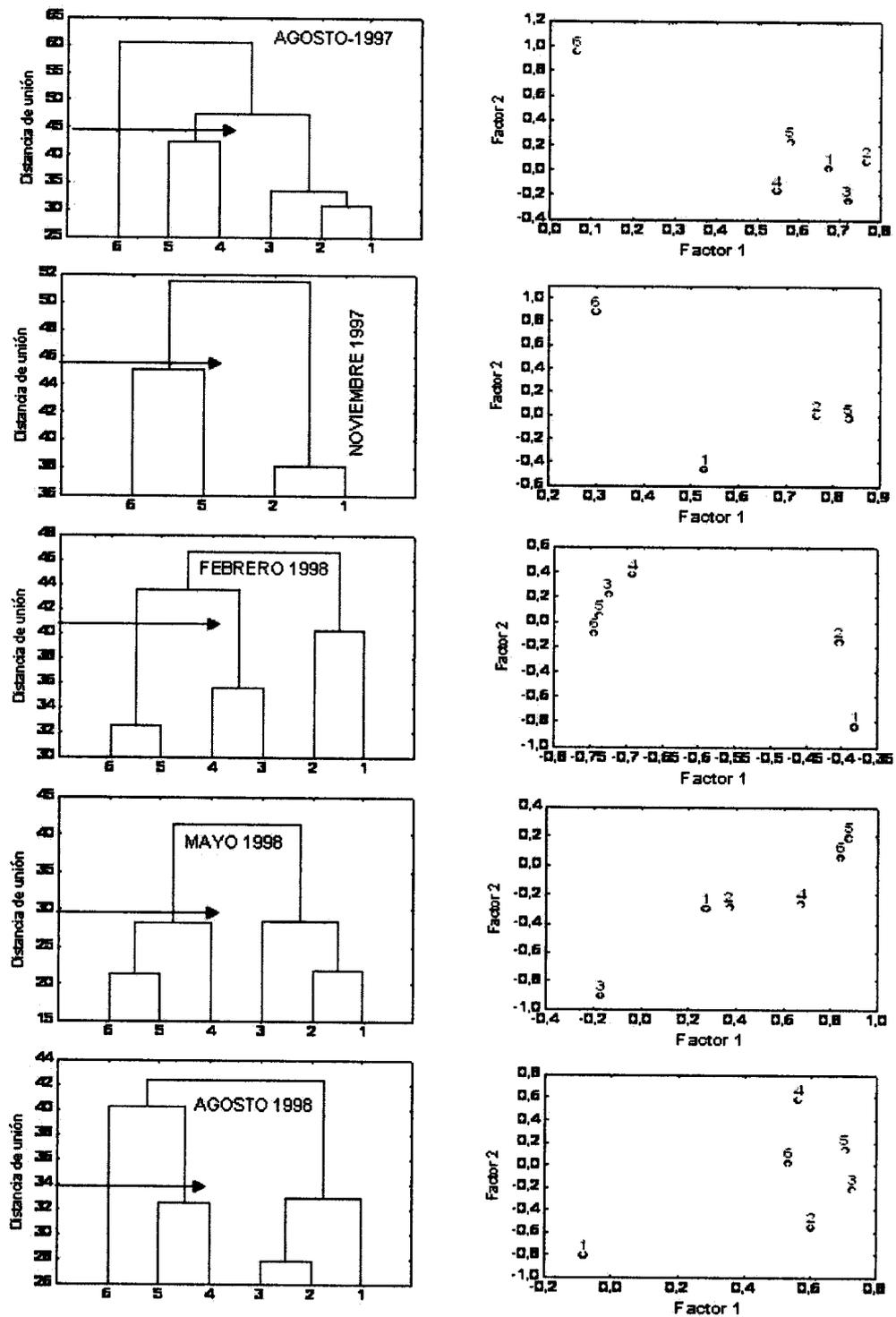


Fig. 14. Dendrogramas y análisis por componentes principales de la densidad (células ml^{-1}) por estaciones de muestreo de las algas microscópicas del arroyo El Zanjón (agosto 1997 a agosto 1998).

Se determinaron 112 *taxa*, con: 47 bacilariofitas, 22 clorofitas, 18 cianoprocariontas, ocho fitoflageladas, cinco criptofitas, cinco dinofitas, cuatro euglenofitas y una crisofita (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas fluctuó entre 3,800 células ml⁻¹ en la estación 1 a 483,851 células ml⁻¹ en la estación 5 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (18) se observó en la estación 11, así como el mayor (82) en la estación 5 (Fig. 10), la riqueza varió de 2.062 (18 *taxa*) en la estación 1, a 6.188 (82 *taxa*) en la estación 5. Shannon y Wiener mostró valores de 2.852 bits/individuo en la estación 5 a 4.315 bits/individuo en la estación 2. En general, la menor diversidad correspondió a la mayor abundancia de *taxa* (79) y la mayor a un descenso (45).

En el período dominaron los 15 *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Carteria cordiformis* (Figs. 11-12).

En noviembre 1997, destacó la asociación de los 26 taxones: *Chroococcus turgidus* a Fitoflagelada sp. 6 (Tabla 1, Figs. 13-14), se distinguieron dos grupos: el primero integrado por las estaciones 1-2 y el segundo por las estaciones 5-6 (Fig. 12).

Febrero, 1998

La temperatura fluctuó de 22.0 °C (estación 1) a 33.0°C (estación 6); el oxígeno 1.28 (estación 5) a 8.47 ppm (estación 4); la salinidad 1.95 (estación 6) a 2.50 ups (estación 2); el pH fue de 7.13 (estación 2) a 8.01 (estación 6); la dureza tuvo valores

de 187.00 en la estación 5 a 543.00 mg de CaCO_3 (estación 1). Los ortofosfatos 8.010 (estación 4) a 1,089.440 ppb (estación 1); nitratos 35.410 (estación 5) a 2,882.990 ppb (estación 3); amoníaco 0.031 (estación 2) a 0.091 ppm (estación 3) y la clorofila a 2.295 (estación 5) a 16.946 mg/m^3 (estación 1) (Figs. 2-3).

En este período se determinaron 113 *taxa*, con 42 bacilariofitas, 20 cianoprocarotas, 20 clorofitas, 11 euglenofitas, ocho fitoflageladas, siete criptofitas, tres dinofitas, una crisofita y una prasinofita (Tabla 1, Fig. 4). La cantidad de estas algas fue de 13,663 células ml^{-1} en la estación 2 a 304,688 células ml^{-1} en la estación 4 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (34) se presentó en la estación 2, así como el mayor (54) en la estación 6, la riqueza de especies varía de 3.147 (36 *taxa*) en la estación 3, a 4.582 (54 *taxa*) en la estación 6. El índice de Shannon y Wiener muestra valores de 2.119 bits/individuo en la estación 5 a 4.247 bits/individuo en la estación 2. En general, la menor y mayor diversidad corresponden a un relativo incremento y decremento del número de *taxa* (54 y 34 respectivamente).

Se presentaron los 22 taxones dominantes *Chroococcus minutus* a *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* (Figs. 11-12).

Febrero 1998 resaltó la asociación de los 33 *taxa* *Aphanocapsa delicatissima* a Fitoflagelada sp. 19 (Tabla 1, Figs. 13-14), mostró tres grupos: el primero

representado por las estaciones 1-2; el segundo por las estaciones 3-4; y el tercero a las estaciones 5-6 (Fig. 13).

Mayo, 1998

La temperatura osciló de 23.86 °C (estación 2) a 27.46°C (estación 3); el oxígeno disuelto 0.72 en la estación 1 a 12.57 ppm (estación 6); la salinidad 0.30 (estación 1) a 3.80 ups (estación 6); el pH de 7.80 (estación 1) a 8.42 (estación 6); la dureza tuvo valores de 190.00 (estación 6) a 282.00 mg de CaCO₃ (estación 3). Los ortofosfatos 20.100 (estación 3) a 416.410 ppb (estación 1); nitratos 269.380 (estación 1) a 1,037.510 ppb (estación 2); amoníaco 0.100 (estación 5) a 0.300 ppm (estación 6) y la clorofila a 2.760 (estación 1) a 118.760 mg/m³ (estación 6) (Figs. 2-3).

Se determinaron 48 *taxa*, con 14 bacilariofitas, 14 clorofitas, 12 cianoprocarotas, cuatro criptofitas, tres dinofitas y una fitoflagelada (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas fluctuó entre 2,020 células ml⁻¹ en la estación 1 a 486,714 células ml⁻¹ en la estación 5 (Fig. 5).

Respecto a los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (12) se registró en la estación 1, y el mayor (24) en la estación 3, la riqueza osciló de 1.37 (19 *taxa*) en la estación 5, a 2.44 (24 *taxa*) en la estación 3. Shannon y Wiener mostró valores de 1.71 bits/individuo en la estación 5 a 4.06 bits/individuo en la estación 3. En general, la menor diversidad correspondió a un bajo número de *taxa* (19) y la máxima al mayor incremento (24).

En el período dominaron los 21 *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Scenedesmus bernardii* (Figs. 11-12).

Destacó la asociación de los 10 taxones: *Chroococcus minutus* a *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* (Tabla 1, Figs. 13-14), expuso dos grupos: el primero integrado por las estaciones 1-3; así como el segundo por las estaciones 4-6 (Fig. 13).

Agosto, 1998

La temperatura varió de 28.1°C (estación 4) a 32.3 °C (estación 6); el oxígeno disuelto 4.66 (estación 5) a 16.57 ppm (estación 6); la salinidad 0.20 (estación 4) a 1.60 ups (estación 3); el pH fue de 6.47 (estación 4) a 7.69 (estación 6); la dureza tuvo valores de 28.00 (estación 4) a 39.00 mg de CaCO₃ (estación 1). Los ortofosfatos 5.750 (estación 4) a 312.020 ppb (estación 1); nitratos 712.200 (estación 4) a 5,370.300 ppb (estación 6); y la clorofila *a* de 0.780 (estación 4) a 59.790 mg/m³ (estación 3) (Figs. 2-3).

Se determinaron 87 *taxa*, con 32 bacilariofitas, 18 clorofitas, 16 cianoprocariontas, 13 euglenofitas, cuatro criptofitas, dos dinofitas y dos fitoflageladas (Tabla 1, Fig. 4). La abundancia de estas algas fluctuó entre 9,718 células ml⁻¹ en la estación 1 a 65,016 células ml⁻¹ en la estación 5 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (25) se tuvo en las

estaciones 1-2, así como el mayor (40) en la estación 4. La riqueza de especies varió de 1.81 (21 *taxa*) en la estación 5, a 3.55 (40 *taxa*) en la estación 4. El índice de Shannon y Wiener mostró valores de 2.68 bits/individuo en la estación 3 a 3.83 bits/individuo en la estación 6. En general, la menor y mayor diversidad se relacionaron a un bajo y relativo incremento del número de *taxa* (27 y 33 respectivamente).

Se presentaron los 23 *taxa* dominantes: *Chroococcus minutus* a *Chlamidomonas* sp. 1 (Figs. 11-12).

En agosto 1998 sobresalió la asociación de los 15 *taxa* *Chroococcus minutus* a *Spermatozopsis exultans* (Tabla 1, Figs. 13-14), exhibió tres grupos; el primero constituido por las estaciones 1-3; el segundo por las estaciones 4-5 y el tercero por la estación 6 (Fig. 12).

Por medio de la clasificación y ordenación, el número de *taxa* (N0) se integró por tres grupos: el primero con los períodos agosto 1997, febrero 1998, el segundo se formó por noviembre 1997 y el tercero por los períodos mayo 1998 y agosto 1998 (Fig. 12). En la densidad (Células ml⁻¹) se distinguieron tres grupos; el primero estuvo constituido por agosto 1997, el segundo por los meses de febrero 1998 y agosto 1998, así como el tercero por noviembre 1997 y mayo 1998. La riqueza mostró tres grupos; el primero se formó por los períodos agosto 1997- febrero 1998, el segundo se erigió con noviembre 1997, y el tercero con mayo 1998-agosto 1998. El índice de

Shannon y Wiener tuvo tres grupos; el más grande integrado por los meses de agosto 1997-noviembre 1997 y agosto 1998, el segundo se diferenció por febrero 1998 y el tercero por mayo 1998. La equidad se formó por tres grupos; el primero se integró por los meses de agosto 1997-agosto 1998, el segundo por noviembre 1997 y el tercero por febrero 1998-mayo 1998.

En síntesis, el arroyo El Zanjón exhibió 267 taxones. Por lo que entre agosto de 1997 y agosto de 1998, exhibió una baja riqueza de taxones (4.5 a 31.1%) (Fig. 4).

Por la clasificación de los cinco períodos de muestreo sobresalen los seis taxones *Leptplyngbya tenuis* a *Chroococcus dispersus* var. *dispersus*, y se exponen cuatro hábitats: el primero correspondió a la estación uno, el segundo a las estaciones 2-4 y los dos restantes a las estaciones 5 y 6 respectivamente (Fig. 10).

Estero La Ventosa

En este ambiente las variables físicas y químicas oscilaron entre los siguientes intervalos: temperatura de 27.0 °C (noviembre) a 33.0 °C (agosto); el oxígeno disuelto 6.08 (julio) a 15.50 ppm (noviembre); la salinidad 0.08 (febrero) a 34.04 ups (julio); el pH (escala TRIS) 7.57 (agosto) a 8.89 (mayo); la dureza tuvo valores de 37.00 (agosto), a 832.00 mg de CaCO₃ (noviembre). Los ortofosfatos 0.95 (julio) a 622.14 ppb (febrero); nitratos 14.17 (febrero) a 7,638.30 ppb (agosto); amoniaco 0.01 (julio y noviembre) a 0.43 ppm (febrero) y la clorofila a 4.50 (mayo) a 104.62 mg/m³ (agosto) (Figs. 2-3).

Julio, 1997

La temperatura fluctuó de 28.6 °C (estación 10) a 31.9 °C (estación 11); el oxígeno disuelto 6.08 (estación 10) a 11.36 ppm (estación 8); la salinidad no detectada (ND) (estación 7) a 34.04 ups (estación 10); el pH fue de 7.68 (estación 7) a 8.09 (estación 8); la dureza tuvo valores de 108.00 (estación 11) a 297.00 mg de CaCO₃ (estación 7). Los ortofosfatos ND (estación 10) a 265.634 ppb (estación 7); nitratos 35.840 (estación 11) a 972.440 ppb (estación 7); amoníaco <0.01 (estaciones 9-11) a 0.180 ppm (estación 7) y la clorofila a 8.832 (estación 9) a 104.354 mg/m³ (estación 8) (Figs. 2-3).

Se determinaron 94 *taxa* distribuidos entre 56 bacilariofitas, 12 cianoprocariontas, 10 fitoflageladas, ocho clorofitas, cinco dinofitas y tres euglenofitas (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas osciló entre 17,444 células ml⁻¹ en la estación 9 a 34,334 células ml⁻¹ en la estación 8 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (23) se registró en la estación 10, así como el mayor (61) en la estación 11, se registraron valores de la riqueza de especies entre 2.125 (23 *taxa*) en la estación 10, a 6.034 (61 *taxa*) en la estación 11. El índice de Shannon y Wiener fluctuó de 3.76 bits/individuo en la estación 10 a 4.40 bits/individuo en la estación 8. En general, la menor y mayor diversidad correspondieron a un relativo decremento del número de *taxa* (23 y 33 respectivamente).

Las microalgas que dominaron en el estero durante éste período abarcó a los 32 taxones: *Chroococcus minutus* a *Amphora* sp. 3 (Figs. 15-16).

En la clasificación y ordenación, resaltó la asociación de los 13 taxa: *Chroococcus minutus* a *Oocystys parva* (Tabla 1, Figs. 16-17). Así, en la clasificación por estaciones de muestreo, julio 1997 estuvo constituido por tres grupos: el primero por las estaciones 2-3, el segundo por las estaciones 9-10 y el tercero por la estación 11 (Fig. 17).

Noviembre, 1997

La temperatura osciló de 27.0 °C (estación 11) a 28.0 °C (estación 7); el oxígeno disuelto 12.20 (estación 11) a 15.50 ppm (estación 7); la salinidad no detectada (ND) (estaciones 7 y 9) a 2.00 ups (estación 11); el pH fue de 8.18 (estación 11) a 8.89 (estación 7); la dureza tuvo valores de 6.14 (estación 9) a 8.32 mg de CaCO₃ (estación 7). Los ortofosfatos 12.050 (estaciones 7 y 9) a 157.560 ppb (estación 11); nitratos 191.140 (estación 9) a 1,327.220 ppb (estación 11); amoniaco <0.01 (estación 9) a 0.290 ppm (estación 11) (Figs. 2-3).

Se determinaron 101 taxa, con: 69 bacilariofitas, 15 clorofitas, 11 cianoprocarotas, tres euglenofitas, dos dinofitas y una fitoflagelada (Tabla 1, Fig. 4). La cantidad de algas varió entre 73,156 células ml⁻¹ en la estación 10 a 80,940 células ml⁻¹ en la estación 11 (Fig. 5).

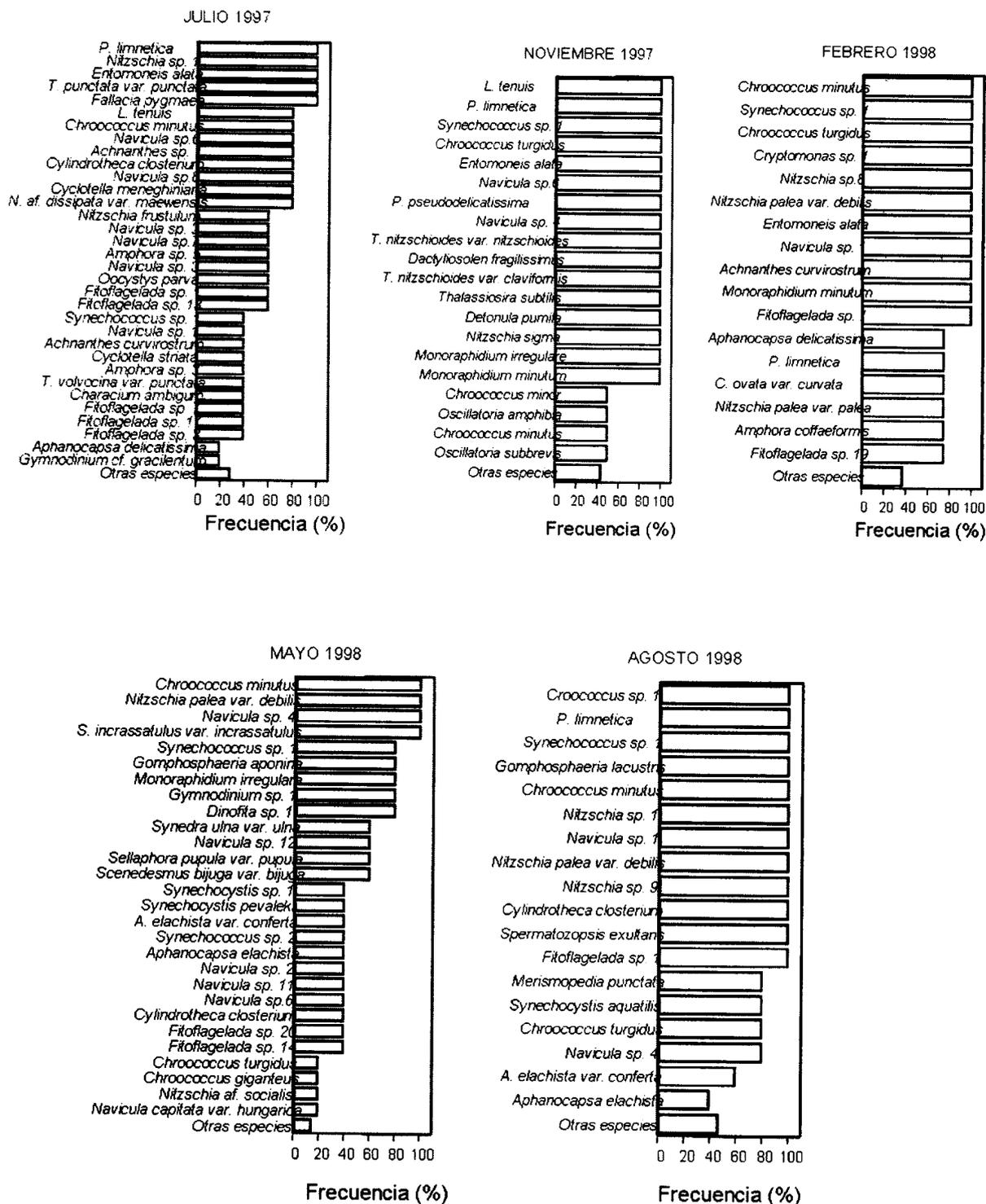


Fig. 15. Frecuencia (%) de las algas microscópicas en el estero La Ventosa.

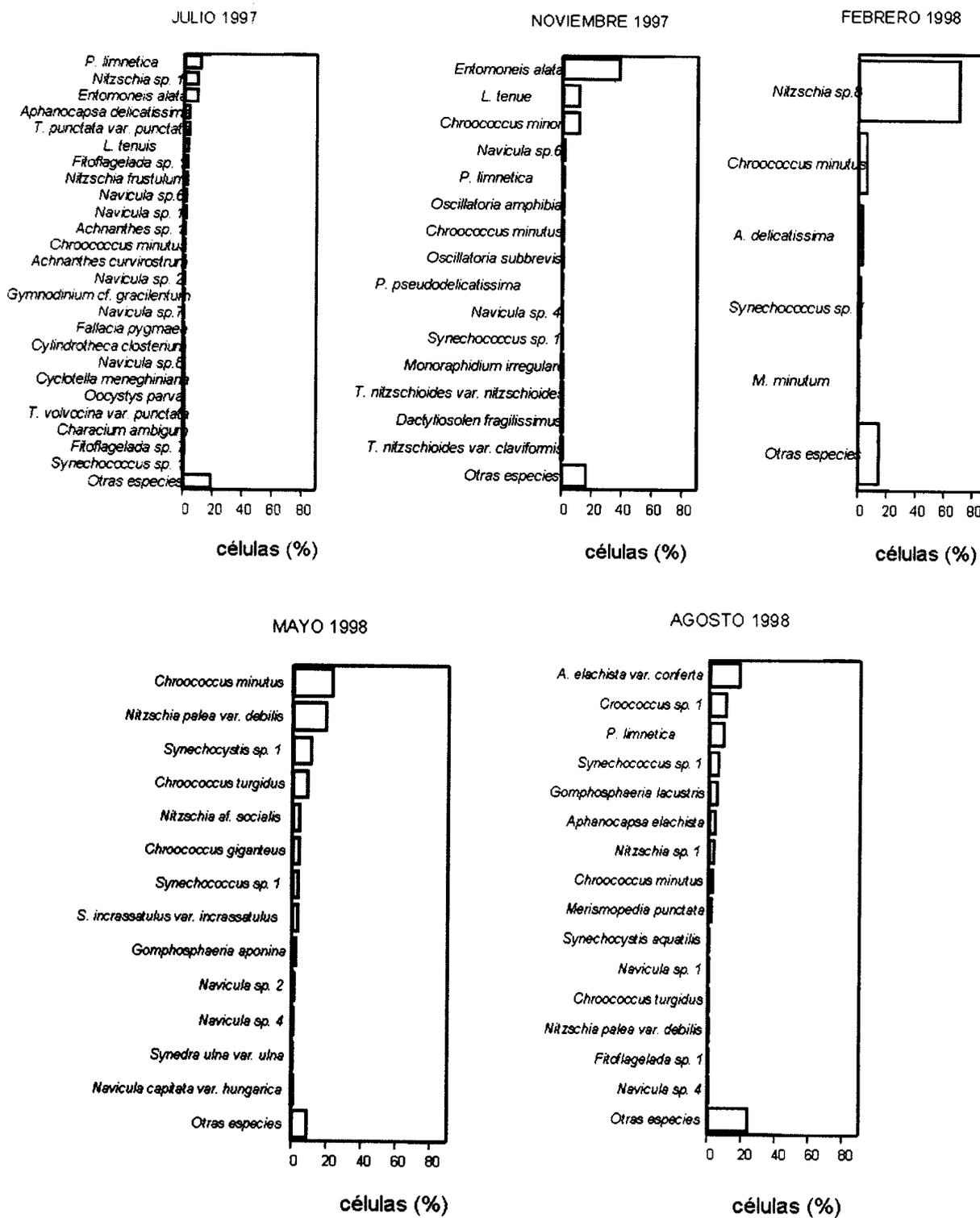


Fig. 16. Densidad (%) de las algas microscópicas en el estero La Ventosa.

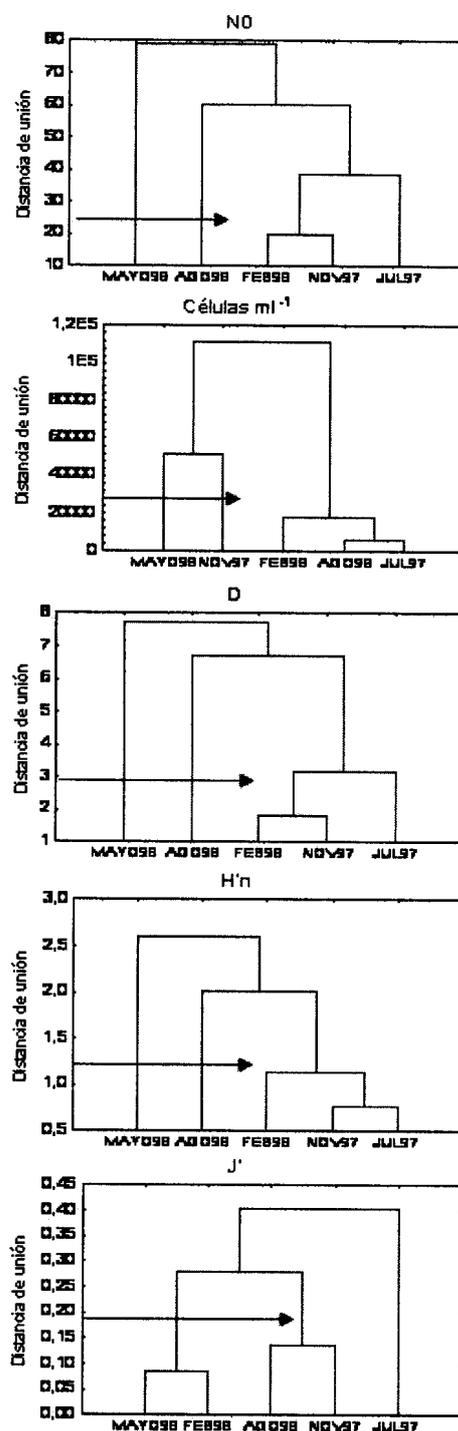


Fig. 17. Dendrogramas de la de la riqueza de taxa (N0), densidad (células ml⁻¹), riqueza (D), diversidad (H'n) y equitatividad (J') por período de las algas microscópicas en el estero La Vantosa (julio-agosto 1997 a agosto 1998).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (60) se presentó en la estación 10, así como el mayor (80) en la estación 11, la riqueza varió de 5.27 (60 *taxa*) en la estación 10, a 6.99 (80 *taxa*) en la estación 11. Shannon y Wiener tuvo 3.33 bits/individuo en la estación 11 a 3.65 bits/individuo en la estación 10. La menor y mayor diversidad correspondieron al mayor y menor número de *taxa* (80 y 60 respectivamente).

En el período dominaron los 20 *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Thalassiosira subtilis* (Figs. 15-16).

Destacó la asociación de los 16 taxones: *Amphora coffeaeformis* var. *coffeaeformis* a *Gymnodinium* af. *danicans* (Tabla 1, Figs. 17-18), se distinguieron dos grupos: el primero integrado por la estación 10 y el segundo por la estación 11 (Fig. 18).

Febrero, 1998

La temperatura fluctuó de 31.0 °C (estaciones 9 y 11) a 32.0 °C (estación 7); el oxígeno disuelto ND (estación 7) a 8.56 ppm (estación 8); la salinidad 1.50 (estación 7) a 22.50 ups (estación 9); el pH fue de 8.06 (estación 7) a 8.72 (estación 8); la dureza tuvo valores de 165.0 (estación 11) a 226.0 mg de CaCO₃ (estación 7). Los ortofosfatos 95.350 (estación 11) a 622.140 ppb (estación 7); nitratos 14.170 (estación 9) a 257.460 ppb (estación 7); amoníaco 0.010 (estación 9) a 0.430 ppm (estación 7) y la clorofila *a* (9.593 (estación 10) a 17.663 mg/m³ (estación 8) (Figs. 2-3).

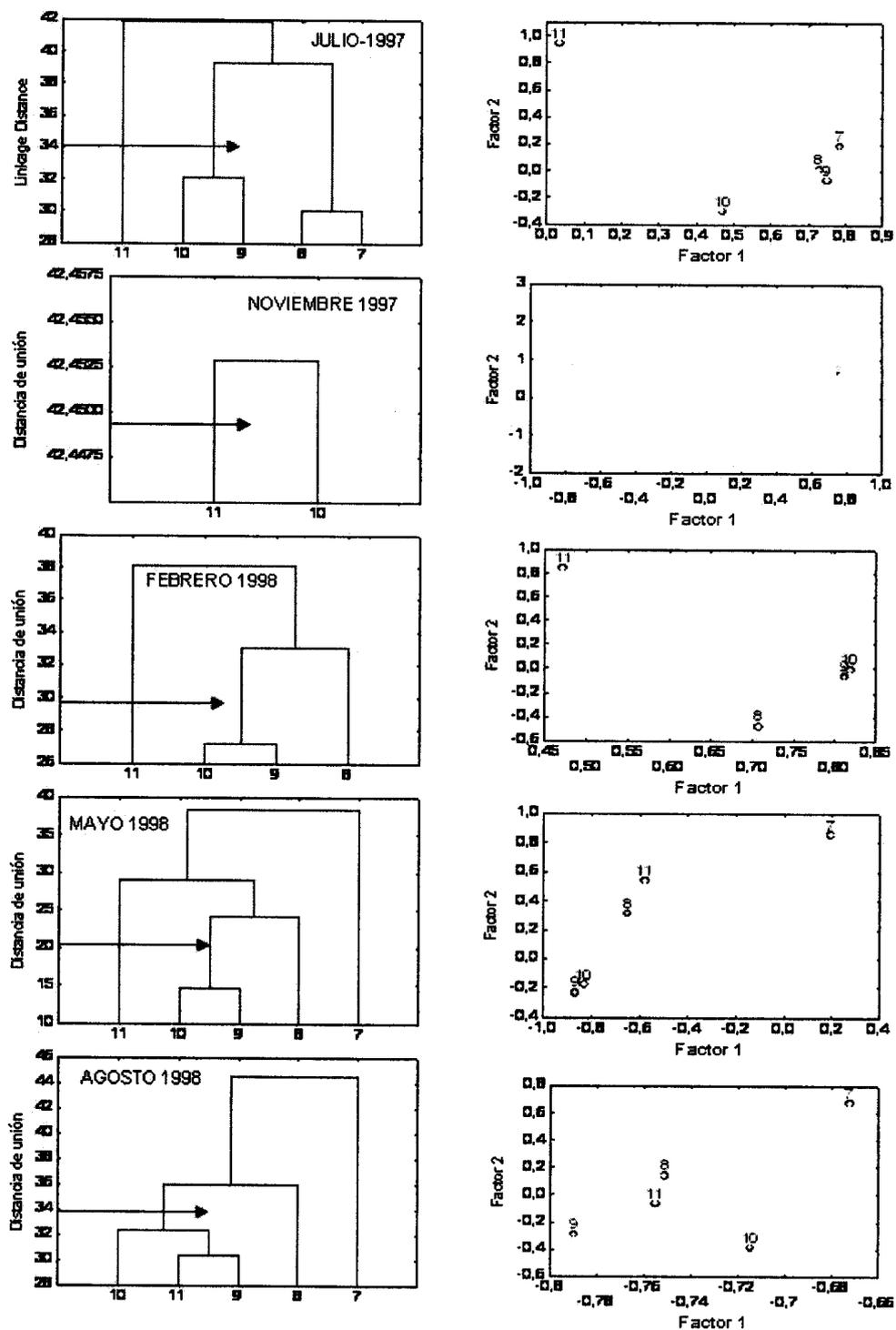


Fig. 18. Dendrogramas y análisis por componentes principales de la densidad (células ml^{-1}) por estaciones de muestreo de las algas microscópicas del estero La Ventosa (julio-agosto 1997 a agosto 1998).

Se determinaron 106 *taxa* distribuidos entre 58 bacilariofitas, 20 clorofitas, 17 cianoprocariotas, cinco fitoflageladas, cuatro dinofitas y dos criptofitas (Tabla 1, Fig. 4). La densidad de estas algas varió entre 9,660 células ml⁻¹ en la estación 9 a 171,067 células ml⁻¹ en la estación 8 (Fig. 5).

Los índices de diversidad (Fig. 5), mostraron el menor número de taxones (21) en la estación 9, así como el mayor (81) en la estación 11. Riqueza entre 1.67 (21 *taxa*) en la estación 9, a 7.83 (81 *taxa*) en la estación 11. Shannon y Wiener fluctuó de 1.03 bits/individuo en la estación 9 a 3.72 bits/individuo en la estación 11. La menor diversidad se asoció al menor número de *taxa* (21) y el mayor al máximo (81).

Se presentaron los 17 taxones dominantes: *Chroococcus minutus* a *Amphora coffeaeformis* var. *coffeaeformis* (Figs. 15-16).

Sobresalió la asociación de los 23 *taxa*: *Aphanocapsa delicatissima* a Fitoflagelada sp. 1 (Tabla 1, Figs. 17-18), mostró tres grupos: el primero representado por la estación 8, el segundo comprendió a las estaciones 9-10 y el tercero a la estación 11 (Fig. 18).

Mayo, 1998

La temperatura osciló de 28.23 °C (estación 11) a 30.01 °C (estación 9); el oxígeno disuelto 8.31 (estación 11) a 9.41 ppm (estación 8); la salinidad 10.270 (estación 8) a 10.830 ups (estación 11); el pH fue de 8.31 (estación 11) a 8.48 (estación 8); la

dureza tuvo valores de 189.33 (estación 9) a 241.00 mg de CaCO_3 (estación 10). Los ortofosfatos 183.920 (estación 8) a 326.190 ppb (estación 9); nitratos 108.120 (estación 11) a 358.830 ppb (estación 10); amoníaco 0.200 (estación 11) a 0.240 ppm (estaciones 8 y 10); y la clorofila *a* de 4.500 (estación 10) a 7.080 mg/m^3 (estación 9) (Figs. 2-3).

Se determinaron 50 *taxa*, con: 20 bacilariofitas, 13 cianoprocariotas, ocho clorofitas, cuatro fitoflageladas, tres dinofitas y dos criptofitas (Tabla 1, Fig. 4). La cantidad de estas algas varió entre 12,822 células ml^{-1} en la estación 8 a 77,519 células ml^{-1} en la estación 11 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (16) se presentó en la estación 8, y el mayor (24) en las estaciones 9-10. La riqueza varió de 1.59 (16 *taxa*) en la estación 8, a 2.41 (24 *taxa*) en la estación 9. Shannon y Wiener mostró valores de 2.20 bits/individuo en la estación 10 a 3.10 bits/individuo en la estación 7. En general, la menor diversidad correspondió al mayor incremento de *taxa* (24), y la máxima se relacionó a un ligero descenso (21).

En el período dominaron los 28 *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Navicula capitata* var. *hungarica* (Figs. 15-16).

El período resaltó la asociación de los nueve *taxa*: *Chroococcus minutus* a *Peridiniopsis cunningtonii* (Tabla 1, Figs. 17-18), tuvo cuatro grupos: el primero se

formó por la estación 7, el segundo por la estación 8, el tercero por las estaciones 9-10 y el cuarto por la estación 11 (Fig. 18).

Agosto, 1998

La temperatura osciló de 32.7 °C (estación 8) a 33.0 °C (estación 11); el oxígeno disuelto 9.38 (estación 10) a 10.20 ppm (estación 11); la salinidad 0.80 (estación 8) a 15.90 ups (estación 11); el pH de 7.57 (estación 8) a 7.81 (estación 10); la dureza tuvo valores de 37.00 (estación 10) a 44.00 mg de CaCO₃ (estación 8). Los ortofosfatos 2.33 en la estación 10 a 153.30 ppb (estación 9); nitratos 1838.30 (estación 11) a 7,638.30 ppb (estación 8); y la clorofila *a* 12.40 (estación 10) a 104.62 mg/m³ (estación 11) (Figs. 2-3).

Se determinaron 159 *taxa*, con: 67 bacilariofitas, 35 clorofitas, 32 cianoprocariotas, 10 euglenofitas, seis fitoflageladas, cinco criptofitas, tres dinofitas y una crisofita (Tabla 1, Fig. 4). La cantidad de algas varió entre 20,083 células ml⁻¹ en la estación 11 a 168,793 células ml⁻¹ en la estación 7 (Fig. 5).

En los índices de diversidad (Fig. 5), el menor número de taxones (49) se presentó en la estación 7, así como el mayor (96) en la estación 9. La riqueza osciló de 3.99 (49 *taxa*) en la estación 7, a 9.04 (96 *taxa*) en la estación 9. Shannon y Wiener mostró valores de 2.92 bits/individuo en la estación 11 a 4.79 bits/individuo en la estación 10. En general, la mayor diversidad correspondió a un bajo número de *taxa* y la menor con un incremento (76 y 82 respectivamente). Sobresalieron los 18 *taxa* dominantes: *Chroococcus minutus* a *Nitzschia* sp. 9 (Figs. 15-16).

Se asociaron los 27 taxones *Chroococcus minutus* a Fitoflagelada sp. 1 (Tabla 1, Figs. 17-18), exhibió tres grupos: el primero se constituyó por la estación 7, el segundo por la estación 8 y el tercero por las estaciones 9, 11 y 10 (Fig. 18).

En la clasificación y ordenación, el número de *taxa* (N0) se constituyó por cuatro grupos: el primero por julio 1997, el segundo con los períodos noviembre 1997-febrero 1998, el tercero por agosto 1998 y el cuarto por mayo 1998 (Fig. 16). En la densidad (Células ml⁻¹) se diferenciaron tres grupos: el más grande integrado por los meses de julio 1997-agosto 1998 y febrero 1998, el segundo por noviembre 1997 y el tercero por mayo 1998.

En suma, el estero La Ventosa a través de los cinco muestreos presentó 293 *taxa* totales. Con variaciones de una baja riqueza de taxones (5.5-32.8%) (Fig. 4).

De acuerdo a la clasificación de los cinco períodos de muestreo destacan los ocho taxones *Entomoneis alata* a *Chroococcus minutus*, y cuatro hábitats: el primero comprendió a las estaciones 7-8, y los tres restantes a las estaciones 9-11 respectivamente (Fig. 10).

DISCUSIÓN

Río Tehuantepec

Variables físicas, químicas y bióticas

De acuerdo a los datos de las variables físicas, químicas y bióticas del río

proporcionadas por Anónimo (2000), estas son heterogéneas (Figs. 2-3), similares a las que se han indicado en aguas continentales y salobres en áreas tropicales (Huszar *et al.*, 1998; Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2003). En el río Tehuantepec las fluctuaciones de las variables físicas y químicas no son críticas ya que la temperatura no excedió los 40°C que se consideran como límite por la NOM-001-Ecol. 1996 (23.3 °C en la estación 4 en febrero 1998 a 32.7 °C en la estación 4 en agosto 1998). El oxígeno disuelto no mostró valores inferiores de 5.0 ppm que refieren los Criterios Ecológicos de 1989 (5.027 en la estación 3 en agosto 1998 a 16.615 en la estación 4 en agosto 1998). De acuerdo al sistema de Venecia la salinidad va desde un ambiente limnético (0.010 ups en la estación 1 en febrero 1998) hasta α -mesohalino (16.770 ups en la estación 5 en febrero 1998), el incremento de la salinidad en la última estación aledaña al mar, resultó de la abertura de la boca-barra e influencia de la marea. El pH se ubicó entre los valores límite de 5.5-9.5 (6.800 estación 2, agosto 1998 a 8.944 estación 1, mayo 1998). La dureza, se incrementó con el pH y oxígeno (27.0 estación 2, agosto 1998 a 259.4 estación 1, mayo 1998), más el incremento de la salinidad, lo que puede deberse al incremento de la temperatura, nula precipitación, alta evaporación y posiblemente algunas actividades humanas que vierten sales al sistema (Caljon 1983, Boyd y Masuda, 1996). Los ortofosfatos, nitratos y amoníaco no rebasaron los niveles límite ($\geq 1 \text{ mgL}^{-1}$ y $\geq 50 \text{ mgL}^{-1}$, para los dos últimos) y la clorofila a resaltó entre γ -oligotrófica (agosto 97) y α -eutrófica (mayo 1998) (Caljon, 1983; Contreras-Espinosa *et al.*, 1994; Abarzúa *et al.*, 1995).

Algas microscópicas

Composición

Para el río Tehuantepec, se reportan por primera vez 427 *taxa* de algas microscópicas, resultado interesante, ya que no se habían estudiado a los componentes algales de este biotopo. Aunque es necesario considerar que solo en la zona marina adyacente se realizaron algunas investigaciones fitopláncticas (Tapia-García *et al.* 1998). El río presentó 66 cianoprocariotas (Tabla 1), de las cuáles, los 17 *taxa*: *Anabaena* cf. *wisconsinense* a *Synechocystis diplococcus* resultaron característicos, en virtud de que únicamente se les registró en este ambiente.

En el presente estudio, se reconoció a la división Cyanoprocaryota como un grupo integrado por algas procariontes. Por su parecido con las bacterias, algunos microbiólogos propusieron clasificar a estos organismos de acuerdo con el Código Bacteriológico (Stainer *et al.* 1978). Sin embargo, la propuesta aún no es clara por el problema de asociar las cepas de laboratorio con los referentes naturales de su hábitat (Bourrelly, 1979; Golubic, 1979). Por lo que es importante delimitar y consolidar al grupo de las cianobacterias con un conocimiento más amplio de sus variaciones, y hasta el momento, no generar un sesgo en la determinación e interpretación de las características ecológicas de cada especie cianoprocariota.

Con base en la revisión y actualización de los nombres válidos de algunas cianoprocariotas, el caso de *Dactylococcopsis* aún es incierto, por lo que se siguió el criterio de Komárek y Anagnostidis (1998) para denominar a *Rhabdogloea*

fascicularis y *Rhabdogloea smithii*; así como el criterio de Wehr y Sheath (2003) para *Dactylococcopsis raphidioides*, hasta que se aclare el nombre de los autores correspondientes de los dos primeros taxones y el del género de la última especie.

Se considera fundamental señalar, que las fitoflageladas constituyen a un grupo de algas que tienen la capacidad de multiplicarse en el estado flagelado (Tomas, 1997) y a pesar de que el término más adecuado debe ser “algas con undulipodios” (Lara-Villa *et al.*, 1996) por observarse típicas células eucariontes, debido a que su uso aún no se generaliza entre los especialistas, es posible manejar con restricciones el epíteto “Fitoflageladas”. Para el estudio de las fitoflageladas, hasta el momento la mayoría de los ecólogos del fitoplancton utilizan la microscopía de luz como el único equipo accesible para determinarlas (Thronsen, 1997) y, aunque estos organismos están integrados por las formas más variadas y difíciles de identificar (Tomas, 1997); al observar en el río Tehuantepec una tendencia de su distribución hacia la época lluviosa (julio 1997) y en las estaciones de mayor influencia dulceacuícola, es probable que pertenezcan principalmente a criptofitas y clorofitas. Sin embargo, aún se requieren aplicar análisis ultraestructurales intensivos para asignar el nombre correspondiente a las especies involucradas y descifrar sus propias características ecológicas.

De acuerdo con el análisis sistemático, en este cuerpo acuático se determinaron 19 fitoflageladas (Tabla 1), de las cuales, en el período de lluvias (julio 1997) destacaron los tres especímenes distintivos: Fitoflagelada sp. 5 (estación 1), Fitoflagelada sp. 10

(estación 2) y Fitoflagelada sp. 15 (estaciones 1-2 y 4-5); cuya distribución parece restringirse únicamente al río y con una preferencia limnobionte estenohalina (Montoya-Terreros *et al.*, 2007).

Con base en la composición microalgal relacionada a las oscilaciones de la salinidad, se determinó al río, como cuerpo acuático limnético (estaciones 1-4); a otro (estación 5) con fluctuaciones limnética (agua dulce con salinidad <0.5 ups) a oligohalina, con los *taxa* característicos: *Actinastrum hantzschii* var. *hantzschii* que es limnobionte débilmente eurihalina (se le encuentra en agua dulce, pero tolera condiciones oligohalinas 0.5-3 ups), *Cylindrotheca closterium* que es eurihalina salobre (se desarrolla entre 2-20 ups según Caljon, 1983), hasta oscilaciones eurihalinas en la boca del río, que se reconoció por la presencia de las especies de los géneros *Asterionellopsis*, *Bacteriastrium*, *Chaetoceros*, *Proboscia*, *Pseudo-nitzschia*, *Rhizosolenia* y *Thalassionema*. (Moreno-Ruiz *et al.*, 2008).

En la estación 5 del río y en el muestreo del período de secas (febrero 1998), entre otras algas se presentó *Chaetoceros diversus*, taxón en el que en un estudio previo Moreno-Ruiz *et al.* (1993) distinguieron cinco morfotipos y cuyas variaciones pudieron asociarse más a las oscilaciones de la salinidad (20.8-36.4 ups) que a la temperatura. Por lo que de acuerdo con las fluctuaciones de la salinidad en este cuerpo acuático, probablemente fueron también la causa de la diferenciación de *Chaetoceros peruvianus* morfotipo 2 (rimopórtula de la epivalva en forma de clava, con salinidad salobre superior eurihalina, en la estación 5) a partir de *Chaetoceros*

peruvianus morfotipo *peruvianus* (rimopórtula de la epivalva en forma de cono); así como en la presencia de unicélulas de *Chaetoceros seiracanthus* y *Chaetoceros subtilis* var. *subtilis* f. *knipowitzschii* (salobre superior eurihalina y limnobionte eurihalina, en la misma estación 5) en secas y lluvias (febrero y agosto 1998 respectivamente). Esta tendencia a formar células solitarias es interesante, ya que se ha referido que solo bajo ciertas condiciones ambientales o en cultivo, diversas especies de *Chaetoceros* tienden a formar unicélulas (Rines y Hargraves, 1988) y en la penúltima especie, hasta donde se tiene conocimiento, no se habían observado. Es importante resaltar que la hipótesis de fluctuaciones en la salinidad, se sustentó en el hecho de que la mayor parte de los *taxa* del género *Chaetoceros* (11, Tabla 1) se presentó en el segundo período de sequía (febrero 1998), con la boca del río abierta, el consecuente acarreo de esos especímenes por las aguas costeras adyacentes y el obvio incremento de la salinidad (salobre eurihalina).

Como en el caso de las algas anteriormente referidas, entre las clorofitas, Caljon (1983) separó a *Spermatozopsis* sp. 1 de *Spermatozopsis exultans* por tener únicamente dos flagelos (undulipodios). Esta separación se consideró improcedente, en virtud de que la especie nominal se caracteriza por poseer generalmente cuatro y en ocasiones dos de estas estructuras. En el río Tehuantepec en secas (febrero) ocurrió la misma situación, pero además se observaron ejemplares sin undulipodios en la estación 5, por lo que se elude su asignación en *taxa* separados; sustentándose la hipótesis de que las fluctuaciones de la salinidad (limnobionte estenohalina a salobre eurihalina en las estaciones 1 y 5 respectivamente, Fig. 2)

fueron las principales responsables de esa variación morfológica.

Entre las bacilariofitas, *Sellaphora pupula* es una especie que presenta muchas variedades y formas (36 de acuerdo a VanLandingham, 1975), por lo que en un intento de clarificar su sistemática, Schoeman y Archibald (1979) indicaron que solo representan sinónimos de la especie nominal. Sin embargo, las investigaciones de Mann (1984, 1988-1989) y Mann y Droop (1996) mostraron que estas fluctuaciones morfológicas posiblemente sean indicativas de la existencia de variaciones genéticamente distintas que justifican la existencia de varias especies (Cox, 1996). Por lo que de acuerdo a las oscilaciones ambientales y su relación con las algas microscópicas, se argumenta de acuerdo al criterio de Mann y Droop (1996), que si *Sellaphora pupula* es considerada un taxón cosmopolita no diferenciado, entonces, cualquier cambio físico o químico en el agua no tendrá efectos significativos.

No obstante lo anterior, aún persisten 119 taxones no determinados (Tabla 1); por lo que es importante en investigaciones posteriores, delimitar y consolidar a cada una de las especies involucradas con un conocimiento más amplio de sus variaciones morfológicas y composición ecológica, debido a que los taxones indicadores frecuentemente utilizados en la caracterización de los cuerpos acuáticos templados, es difícil de aplicar y precisan redefinirse en aguas tropicales (Huszar *et al.* 1998).

Abundancia

Se ha referido que los *taxa* más abundantes proporcionan valiosa información de las

fluctuaciones que se desarrollan en el agua (Bellinger, 1979; Whitton, 1979; Moreno-Ruiz *et al.* 1994); lo que ha llevado a referir que cantidades de 1,000 a más de 10,000 células ml^{-1} en ambientes dulceacuícolas (Oceviski *et al.* 1975; Schwoerbel, 1975; Chapman, 1980; Lepistö y Roseström, 1998) y 138 células L^{-1} en ambientes marinos (Licea y Santoyo, 1991), muestran florecimientos e indican eutroficación. Sin embargo, aunado a lo anterior, en este estudio se propone que la abundancia de 500 a menos de 1,000 células ml^{-1} , muestra a los taxones que pueden súbitamente incrementar esos valores con la capacidad de convertirse en eutróficos, proceso que se sustenta por el hecho de que en algunos casos el número de especies expone las diferencias del estado trófico de arroyos, ríos y lagos (Winner *et al.* 1975; Mason, 1977; Green, 1979), y se requiere adicionar la abundancia. De acuerdo a la presencia, número de taxones, cantidad de células, diversidad, dominancia y distribución resaltaron asociaciones entre estas algas microscópicas (Figs. 4-10).

En el análisis de conglomerados (AC) y análisis de componentes principales (ACP) del número de taxa, riqueza de especies de Margalef (1958), diversidad de Shannon y Wiener y equidad (Fig. 9), se caracterizó la época de lluvias (julio 1997 a agosto 1998) por un elevado número de taxa (23 a 122) con los especímenes distintivamente dulceacuícolas: *Pseudanabaena limnetica*, *Chroococcus minutus*, *Synechococcus* sp. 1, *Navicula* sp. 1 y *Monoraphidium minutum*, pero con la dominancia de la primera especie para el primer período y de la segunda especie para el último período. En contraste, se diferenció en particular a una de las fases de secas (noviembre) con la presencia del 50% de especies comunes: *Aphanothece*

nidulans a Fitoflagelada sp. 3 (Tabla 1), aunque con la mayor abundancia de células (Fig. 9) y la dominancia de *Chroococcus turgidus*; a diferencia del segundo período de sequía (febrero 1998) en donde dominó *Pseudanabaena limnetica*.

Las oscilaciones observadas en ambas épocas climáticas, se relacionaron a los cambios de alta abundancia en julio y noviembre (Fig. 5). Porque se presentaron condiciones ambientales que favorecieron la eutroficación, pero con un gradiente de mayor a menor enriquecimiento de materia orgánica en el río de la época de sequía hacia la de lluvias, con características particulares para cada estación de muestreo. Sin embargo, es importante destacar que se observó en general la separación de tres grupos de estaciones (Fig. 9). Con la presencia desde especies de baja distribución y poca frecuencia, hasta aquellas que exhibieron alta frecuencia y amplia distribución. Así, resaltó *Chroococcus turgidus*, como especie dominante en el período de sequía misma que puede ser indicadora de una moderada tendencia a la limitación de fósforo. A diferencia de *Pseudanabaena limnetica* como la especie dominante en el período de lluvias e indicativa de la limitación de fósforo (Fig. 2).

En relación a lo precedente, existen algunos reportes de contaminación en la cuenca del río Tehuantepec (Tapia-García *et. al.* 1998) y aunque no se tienen referencias de estudios fitoplácticos que permitan realizar comparaciones, surge la hipótesis de que con base en la composición, abundancia y distribución registradas, las especies sobresalientes tienen entre sus características distintivas la capacidad de tolerar aguas con elevadas concentraciones de materia orgánica y desechos industriales.

Por lo que en el río se distinguió a un grupo de euglenofitas tolerante o afín a la materia orgánica (Jaquet *et al.* 2002) para un período de lluvias (julio 1997), en particular: *Euglena* af. *pumila* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 3), *Lepocinclis* cf. *playfairiana* y *Phacus curvicauda* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la misma estación 3); *Phacus* sp. 2, *Trachelomonas volvocina* var. *punctata* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 1), *Trachelomonas* cf. *pulcherrima* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 4) y *Trachelomonas* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 5, Tabla 2). Con la diferencia del segundo período de lluvias (agosto 1998) en el que únicamente resaltó *Euglena* sp. 3 ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 5); se incluyó a los últimos seis *taxa*, porque a pesar de exhibir una relativa baja abundancia, es posible que con el tiempo puedan incrementar aún más esa cantidad y distribución, aunado al planteamiento de que 138 células L^{-1} revelan florecimientos (Licea y Santoyo, 1991).

De manera similar, sobresalió el grupo de las criptofitas, reconocidas también como indicadores de materia orgánica y desechos industriales (Quintana y Moreno-Amich, 2002). Así, en el período de lluvias (julio 1997) en el río, se encuentra la Criptofita sp. 5 ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 1, Tabla 1), hasta valores más acentuados en un período de sequía (noviembre 1997) con la mayor abundancia registrada para *Chroomonas* cf. *polychrysis* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 1), la Criptofita sp. 1 ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 5), y *Cryptomonas* af. *testacea* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 1).

Las bacilariofitas presentaron grupos tolerantes al enriquecimiento orgánico (van Dam *et al.* 1994), por lo que sobresalió en el período de lluvias (julio 1997) un grupo integrado por los 22 *taxa*: *Nitzschia cf. paleacea* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 1, Tabla 1) a *Nitzschia palea var. palea* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la misma estación 1), y dominancia de *Cyclotella meneghiniana* (menor y $\geq 1,000$ células ml^{-1} entre las estaciones 1-5). En contraste, durante el período de lluvias de mayo 1998 resaltaron los 34 taxones: *Cyclotella sp. 1* ($\geq 50,000$ células ml^{-1} en la estación 3) a *Synedra delicatissima* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 4), con el dominio del primer taxón. En el período de lluvias de agosto 1998 destacaron los 39 *taxa*: *Cyclotella sp. 1* ($\geq 10,000$ células ml^{-1} en la estación 4) a *Nitzschia sp. 3* ($< 1,000$ células ml^{-1} estación 3) y en el que dominó nuevamente el primer taxón.

En un período de sequía (noviembre 1997), el río se caracterizó con los 15 taxones: *Aulacoseira granulata var. granulata f. granulata* ($\geq 50,000$ células ml^{-1} en la estación 1) a *Skeletonema subsalsum* ($< 1,000$ células ml^{-1} estación 5, Tabla 1), pero con la dominancia del primer taxón. Sin embargo, en la etapa más avanzada de secas (febrero 1998) sobresalieron los nueve *taxa* *Navicula sp.5* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 2) a *Aulacoseira granulata var. angustissima f. curvata* ($< 1,000$ células ml^{-1} estación 1); aunque, en el período dominó la primera especie.

Las clorofitas, además de su asociación y variaciones cualitativas (Bellinger, 1979), cuantitativamente proporcionaron elementos útiles para diferenciar las oscilaciones

de los nutrimentos en el área, como ejemplo se reconoce el desarrollo óptimo y el límite superior de tolerancia a los fosfatos por *Scenedesmus* y *Ankistrodesmus* es de alrededor de 20 ppb. Asimismo, se ha referido que la introducción de altas concentraciones de nitratos repercute en la estructura de las comunidades fitopláncticas (Leonardson y Ripl, 1980), porque se inhibe la actividad nitrogenasa de las cianofitas fijadoras de nitrógeno y resulta una sucesión de clorofitas, euglenofitas y criptofitas.

La hipótesis anterior, se reforzó porque a través del presente estudio predominaron cianofitas no fijadoras de nitrógeno y las clorofitas florecieron ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) en el período de lluvias (julio 1997) en el río con los 10 taxa: *Pediastrum boryanum* (estación 4, Tabla 1) a *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* (estación 5).

Otra fase de lluvias (agosto 1998) mostró en el río al grupo: *Monoraphidium minutum* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 4, Tabla 2), con los ocho taxones ($< 1,000$ células ml^{-1}): *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* (estaciones 4 y 5) a *Tetraedron muticum* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 4). Sin embargo, en la estación 5 se distinguió la tolerancia de 27.00 ppb de $\text{PO}_4\text{-P}$ de: *Scenedesmus bijuga* var. *bijuga* y *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* que soportaron el excedente de 7.00 ppb. Además, en la estación 4 y la concentración de 178.35 ppb de ese mismo nutrimento, *Scenedesmus spinosus* y *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* toleraron 158.35 ppb. Esto se traduce en la tendencia al incremento de materia

orgánica, y en el caso del fitoplancton generar una mayor estabilidad de las poblaciones de menor tamaño a medida que se incrementa la concentración de fósforo en este ambiente acuático (Alvarez-Cobelas *et al.*, 2005).

Por los resultados anteriores, es fundamental conocer los cambios de las variables bióticas y abióticas en diversas épocas climáticas de los ambientes en estudio. Sobre todo, por las interacciones que se establecieron entre las algas microscópicas en esos cuerpos acuáticos en donde fueron notables las concentraciones de compuestos nitrogenados y fosfatados (Mee, 1977; Davila, 1986; Moreno *et al.* 1992). En particular, porque la relación de la abundancia y el número de especies microalgales puede exponer su estrecha asociación con las fluctuaciones de las concentraciones de nitrógeno y fósforo; observándose en general una tendencia de amplias variaciones en el área de estudio a través de los distintos períodos climáticos (Tabla 1). Al respecto, se han determinado lagos hipertróficos con intensos florecimientos de algas no fijadoras de nitrógeno (Leonardson y Ripl, 1980). Por lo que con base en la composición y fluctuaciones del número de células para la época de lluvias y secas en el área de estudio, se distinguieron grupos de algas verde-azules que entre otros nutrimentos, utilizaron el amoníaco (Figs. 6-7) como fuente de desarrollo, en virtud de que el amoníaco es un nutrimento que se incorpora al glutamato para la formación de glutamina en diversas cianoprocariotas (Lara-Villa *et al.* 1996) como sucede con las especies de *Oscillatoria* (Carpenter y Price, 1977) y *Anabaena* (Lara-Villa *et al.* 1996). Sin embargo, se ha referido que el amoníaco es muy tóxico para la mayoría de los organismos, por lo que la "European Inland

Fisheries Advisory Commission (EIFAC)” ha recomendado que la concentración de amoníaco no deberá exceder las 25.0 ppb (Abel, 2000).

Con base en lo anterior, en cuanto a la dinámica microalgal desarrollada en el río, se tuvo el registro en el primer período de sequía (noviembre 1997) en la estación 1, el florecimiento de las ocho cianoprocaritas: *Chroococcus turgidus* ($\geq 50,000$ células ml^{-1})-*Synechococcus nidulans* ($< 1,000$ células ml^{-1}); asimismo, resultaron beneficiadas las ocho bacilariofitas: *Aulacoseira granulata* var. *granulata* f. *granulata* ($\geq 50,000$ células ml^{-1})-*Nitzschia* cf. *paleacea* ($< 1,000$ células ml^{-1}), con la incorporación de la clorofita: *Monoraphidium minutum* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}); de las dos criptofitas: *Chroomonas* cf. *polychrysis* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) y *Cryptomonas* af. *testacea* ($< 1,000$ células ml^{-1}) y la fitoflagelada sp. 3 ($< 1,000$ células ml^{-1}). Por lo que claramente se distinguió que estas especies toleraron 45.0 ppb de amoníaco al teórico referido de 25.0 ppb; de esta manera, mostraron ser útiles como especies indicadoras del exceso de dicho nutrimento. En contraste, la estación 2 exhibió el florecimiento de las 10 cianoprocaritas: *Chroococcus turgidus* ($\geq 50,000$ células ml^{-1} , Tabla 1)-*Aphanothece nidulans* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}), las nueve bacilariofitas: *Aulacoseira granulata* var. *granulata* f. *granulata* ($\geq 10,000$ células ml^{-1})-*Achnanthes* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1}), las dos clorofitas: *Chlorella* sp. 1-*Scenedesmus acuminatus* ($< 1,000$ células ml^{-1}) y la Fitoflagelada sp. 3 ($\geq 1,000$ células ml^{-1}), taxa que resistieron la mayor concentración de amoníaco con 125 ppb.

Se ha referido que altas densidades de cianoprocariontes provocan valores bajos de oxígeno (Reynolds, 1987), con niveles menores a $0.1 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. Sin embargo, al aplicar este criterio en el área de estudio, las fluctuaciones del O_2 no fueron críticas, ya que solamente dos estaciones de muestreo (5 y 3) en el período de lluvias (mayo y agosto 1998 respectivamente) tuvieron concentraciones ligeramente menores a la concentración normal ($4.8\text{-}6.5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). Las especies que se asociaron principalmente a esa disminución del oxígeno comprendió a las cinco cianoprocariontes: *Synechococcus* sp. 1, *Synechocystis* sp. 1 y *Gomphosphaeria aponina* en la segunda fase de lluvias (mayo 1998); así como *Chroococcus minutus* y *Synechococcus* sp. 1 en la última fase de lluvias (agosto 1998).

De acuerdo a lo anterior, fue notable que los índices de diversidad mostraron en general la alta distribución de células entre pocas especies; misma que se evidenció en los conglomerados y en el ACP del número de taxones—equidad (Fig. 5), como resultado de las oscilaciones ambientales que repercutieron en el incremento de la abundancia y dominancia microalgal.

Se ha observado que en la época de sequía, la diversidad de las algas microscópicas es baja (Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2003), lo que se explica por el hecho de que las cianoprocariontes, compiten eficientemente por el carbono y luz con otros grupos fitoplácticos. De manera similar, los cuerpos acuáticos que muestran este patrón metabólico se caracterizan por ser predominantemente someros y utilizados frecuentemente como recipientes de aguas

residuales (Ripl, 1979).

Distribución

En cada período se detectaron algas microscópicas características con muy baja distribución total. Por lo que en la época de lluvias (con 60 *taxa*), julio exhibió al 30.0% de esos taxones, representados por: *Amphora ovalis* var. *pediculus*-*Surirella tenera*; mayo sólo tuvo el 28.3% con: *Amphipleura pellucida*-*Tetrademus smithii*. Sin embargo, más adelante en agosto emergió el 41.7% representado por *Amphora ostrearia*-*Trachelomonas hexangulata* var. *repanda* (Tabla 1). Estas especies se distinguen por su pequeño tamaño.

Aunado al grupo anterior (de lluvias), se diferenció al grupo estructurado por cinco *taxa* de alta distribución total: *Synechococcus* sp. 1 (100%), *Pseudanabaena limnetica*-*Navicula* sp. 1 (87%) y *Chroococcus minutus*-*Monoraphidium minutum* (80%). Algas que destacaron por su pequeña talla.

Para la época de sequía y vientos tehuantepecanos resaltaron las algas microscópicas distintivas de muy baja distribución total (24 taxones), de los cuales noviembre mostró al 12.5% de esos *taxa*, constituidos por: *Microglena* sp. 1, *Gyrosigma macrum* y *Amphidinium turbo*; pero, posteriormente en febrero surgió el 87.5% restante integrado por *Carteria* sp. 1-*Trachelomonas obovata* (Tabla 1). Taxones de pequeño tamaño.

En conjunto con las algas precedentes (de sequía), sobresalió el grupo estructurado por 10 taxa de alta distribución total (Tabla 1): *Nitzschia palea* var. *debilis*-*Pseudanabaena limnetica* (100%), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* f. *granulata*-*Synedra ulna* var. *ulna* (90%) y *Leptolyngbya tenuis*-*Nitzschia palea* var. *palea* (80%). Por lo que solamente los ocho taxa: *Pseudanabaena limnetica*, *Synechococcus* sp. 1, *Chroococcus minutus*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Chroococcus turgidus*, *Monoraphidium minutum* y *Aulacoseira granulata* var. *granulata* f. *granulata* mostraron la mayor distribución (92-76%) en los dos períodos. Estas algas también se caracterizan por ser pequeñas.

Entre las bacilariofitas, *Sellaphora pupula* var. *capitata* mostró su restringida distribución en la época de lluvias (estaciones 1-4, agosto 1998); mientras que *Sellaphora pupula* var. *pupula* y *Sellaphora pupula* var. *elliptica* parecieron indiferentes, ya que se distribuyeron en lluvias y sequía (estaciones 1-5, julio-febrero, agosto, y noviembre-mayo). Al respecto, se ha indicado que *Sellaphora pupula* es eurihalobia, parece no tener preferencia por componentes iónicos, es euritérmica y tolera o prefiere altas concentraciones de nitrógeno orgánico (Gasse, 1986). Lo que sugiere, que este elemento vital procedió de las distintas actividades humanas realizadas en el río Tehuantepec. Lo anterior, expuso la necesidad de continuar con análisis ultraestructurales posteriores que permitan reconocer variantes morfológicas entre los taxa microalgales que responden a fluctuaciones ambientales particulares.

Se ha mencionado, que el continuo suministro de compuestos nitrogenados, favorece el desarrollo de las especies de *Chaetoceros* y *Skeletonema* (Turpin y Harrison, 1979; Sancetta, 1995), proceso que puede relacionarse con la presencia de amoníaco en sequía (febrero) así como de los 11 taxa: *Chaetoceros borealis* a *Chaetoceros peruvianus* morfotipo 2, de las tres especies: *Skeletonema costatum*, *Skeletonema pseudocostatum* y *Skeletonema subsalsum* en la estación 5 del río (Tabla 1), como posible resultado de las oscilaciones de la concentración de este nutrimento en esa zona, ya que en este período no hubo limitación por nitrógeno. Asimismo, *Thalassionema frauenfeldii* y *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides* posiblemente resultaron beneficiadas en su incursión por la boca del río.

Es interesante reconocer, que el decremento de nitrógeno puede asociarse al descenso de fósforo, y en un momento dado entre las cianoprocaritas, estimular el desarrollo de diversas especies fijadoras de nitrógeno (Mague *et al.* 1977; Leonardson y Ripl, 1980) además de *Anabaena* cf. *wisconsinense* (en los períodos de sequía y lluvias) y *Aphanizomenon flos-aquae* (lluvias). Esta fijación es importante ya que puede participar de manera sustancial en la productividad del área; aunque se requieren más investigaciones para revelar en que grado contribuyeron con la energía de la región. Sin embargo, hasta el momento se puede identificar a un componente estructurado por *Geitlerinema amphibium*, *Oscillatoria proboscidea*, *Oscillatoria* cf. *rubescens* y *Oscillatoria subbrevis* en el período de lluvias; así como a *Trichodesmium lacustre*, *Oscillatoria princeps*, *Oscillatoria* sp. 1 y

posiblemente *Pseudanabaena limnetica* en ambos períodos como participantes en el proceso de fijación referido.

Con base en lo anterior, se ha mencionado que es posible caracterizar especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla (Lazinsky y Sicko-Goad, 1990). Así, en el río Tehuantepec se registraron dos fases en las que destacaron las euglenofitas; la primera en lluvias (agosto 1997) con los cinco *taxa*: *Euglena* cf. *proxima* a *Phacus curvicauda* (estación 1, 3 y 2); así como la segunda en otro período más avanzado de lluvias (agosto 1998) con los ocho *taxa*: *Euglena* af. *oxyuris* var. *minor* a *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* (estación 1, 2 y 4). Estas dos fases posiblemente resultan de la materia orgánica derivada de las actividades urbanas propias del área.

Aunado a las euglenofitas, es necesario considerar al grupo de las criptofitas (Jaquet *et al.* 2002; Quintana y Moreno-Amich, 2002), quienes exhibieron cuatro fases de incremento en el número de especies y en consecuencia de considerables cantidades de materia orgánica: la primera fase ocurrió en el primer período de lluvias (julio 1997) con los nueve *taxa*: *Chroomonas* cf. *minuta* a Criptofita sp. 5 (estaciones 1 y 2 del río). La segunda en secas (noviembre 1997) con las cinco algas: *Chroomonas* cf. *minuta* a Criptofita sp. 6 (entre las cinco estaciones de muestreo). La tercera en un intervalo más avanzado de secas (febrero 1998) con los siete *taxa*: *Cryptomonas ovata* var. *ovata* a Criptofita sp. 1 (estación 2-4). Así como la cuarta en lluvias (agosto 1998) con los siete *taxa*: *Chroomonas* sp. 2, *Cryptomonas*

cf. *ovata*, *Cryptomonas ovata* var. *curvata*, *Cryptomonas* sp. 1, *Cyanomonas americana*, *Hemiselmis* sp. 1 y Criptofita sp. 1 (estaciones 1- 4).

Las seis fases descritas en los párrafos anteriores, probablemente fueron la manifestación de elevadas concentraciones de materia orgánica y desechos industriales vertidos al río durante su paso por los poblados de Santo Domingo Tehuantepec y San Blas Atempa (estación 3), donde se le utiliza para descargas de aguas negras, tiradero de basura y otros desechos domésticos (Tapia-García *et al.* 1998); y del mismo modo aguas arriba (estación 1) por los desechos provenientes de Santa María Mixtequilla.

Las asociaciones anteriormente descritas, se resumen en la integración de los cinco períodos de muestreo, y por su clasificación se reconocen dos hábitats (Fig. 10). El hábitat estructurado por las estaciones uno-cuatro resaltó por la exclusiva distribución de los seis *taxa*: *Marssoniella elegans*, *Cephalomonas granulata*, *Gomphonema affine*, *Rhabdoderma lineare*, *Cryptomonas ovata* var. *ovata*, *Cryptomonas ovata* var. *curvata* y *Sellaphora pupula* var. *capitata*, especies limnobiontes a limnobionte eurihalinas de primer grado, más una baja riqueza de especies. De manera opuesta, el hábitat constituido por la estación cinco se diferenció por 65 especies únicas: entre las que sobresalió el componente limnético *Spirulina spirulinoides*-*Pinnularia cardinalis*, así como el componente marino *Amphora terroris*-*Thalassionema frauenfeldii* en el área de mayor riqueza de especies. Sin embargo, se exhibe un ambiente de alta tensión propiciado por las

actividades urbanas, ganaderas e industriales y naturales que aquí se desarrollan (Tapia-García *et al.* 1998).

Arroyo El Zanjón

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIÓTICAS

En el arroyo El Zanjón las variables físicas y químicas se caracterizaron en el nivel de normales (Figs. 2-3), porque en este biotopo la temperatura mínima (estación 1 en febrero 1998) ni la máxima (estación 6 en febrero 1998) rebasaron los 34°C que se han estimado para la zona costera del área según García (1981). Asimismo, fue notable observar que la temperatura registrada en el río se ubicó entre la reconocida en el arroyo; diferencias que resultaron por la menor profundidad del último cuerpo acuático. En contraste, la concentración del oxígeno disuelto mostró nueve valores inferiores de 5.0 ppm como señalan los Criterios Ecológicos de 1989 (0.720 estación 1 mayo 1998 a 4.66 estación 5 agosto 1998). Sin embargo, al comparar las concentraciones de este gas con las del río, resaltaron los menores valores en el arroyo, cuya causa principal corresponde a los desechos que en él se vierten. De acuerdo a la salinidad, el arroyo se caracterizó como β -oligohalino (estación 4, agosto 1998) a α -oligohalino (estación 6, mayo 1998), en contraste con la variación limnética y α -mesohalina del río (Caljon, 1983). El pH no fue cuestionable, debido a sus valores intermedios (6.210 estación 4, agosto 1997 a 8.420 estación 6, mayo 1998); sin embargo, estos valores fueron ligeramente menores a los registrados en el río. La dureza aumentó (816.000 en la estación 6, noviembre 1997) y coincidió con el

descenso del oxígeno e incremento de la salinidad; efecto que pudo resultar por el impacto natural del área, como fue el paso del huracán Paulina. Lo que derivó en el consecuente abatimiento de la densidad microalgal (febrero 1998), e incremento de los fosfatos; aunque estos últimos, al igual que los nitratos y el amoníaco no rebasaron los niveles límite ($\geq 1 \text{ mgL}^{-1}$ y $\geq 50 \text{ mgL}^{-1}$, para los dos últimos) y la clorofila a entre β -oligotrófica (agosto 98) y β -eutrófica (mayo 1998) (Caljon, 1983; Contreras-Espinosa *et al.*, 1994; Abarzúa *et al.*, 1995; Boyd y Masuda, 1996).

Algas microscópicas

Composición

En el arroyo El Zanjón, se obtuvo por primera vez el registro de 267 *taxa* de algas microscópicas, a diferencia de los 424 taxones presentes en el río.

El arroyo exhibió 42 cianoprocariontes (Tabla 1), un número de taxones relativamente menor, comparado con las 66 que se presentaron en el río, lo que pudo referir poca tolerancia ambiental de los 29 taxones que se restringieron a ese cuerpo acuático, en contraste con los tres que sólo se distribuyeron en el arroyo: *Dactylococcopsis raphidioides*, *Phormidium aerugineo-coeruleum* y *Spirulina meneghiniana*.

Sobresalieron 12 fitoflageladas, un número de *taxa* ligeramente menor al del río; por lo que fue notable la ausencia de las tres fitoflageladas: Fitoflagelada sp. 5, Fitoflagelada sp. 10 y Fitoflagelada sp. 15; cuya distribución parece restringirse

únicamente al río. Aspecto trascendental, ya que posiblemente mostró a *taxa* sensibles a las fluctuaciones de la salinidad existente en el arroyo. Esta hipótesis es interesante, en virtud de que el río y el arroyo se encuentran conectados por un acueducto, mismo que representa un medio de dispersión para las especies que habitan el río; y por ende, de los tres taxones referidos que no se registraron en el arroyo. De manera opuesta, los dos taxones: Fitoflagelada sp. 2 en el período de lluvias (estación 4, agosto 1998) y Fitoflagelada sp. 20 en el período de sequía (estación 5, febrero 1998) se registraron exclusivamente en el arroyo, por lo que es probable que tengan cierta tolerancia a los cambios de la salinidad que aquí se desarrollan.

La composición microalgal fue útil para reconocer oscilaciones en la salinidad, desde limnobionte estenohalina hasta limnobionte eurihalina de segundo grado, en particular, por la presencia de especies de los géneros *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Gomphosphaeria*, *Aulacoseira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Cylindrotheca* y *Entomoneis* (Caljon, 1983).

En las estaciones 3-4 del primer período lluvioso (agosto 1997) así como en las estaciones 4 y 6 del tercer período de lluvias (agosto 1998), se presentó la especie *Chaetoceros gracilis*, cuya principal característica es la de presentar células solitarias. Sin embargo, hasta el momento esta especie tiene grandes problemas en su delimitación sistemática debido a que exhibe variaciones morfológicas y cuyas diferencias pueden asociarse más a las oscilaciones de la salinidad (limnobionte

estenohalina-limnóbionte débilmente eurihalina) que a la temperatura (meso-politérmica) (Moreno-Ruiz, 1993), por lo que se evitó ubicar a estos ejemplares en distintas especies.

De manera similar, como ya se refirió para el río, la clorofita *Spermatozopsis exultans* mostró variantes morfológicas (con dos o cuatro undulipodios e incluso sin ellos) en las estaciones 1, 3-4 del arroyo (mayo 1998); 2-6 (agosto 1998). Sin embargo, no se asignaron a estos ejemplares en otras especies, ya que las oscilaciones de la salinidad (limnóbionte estenohalina-limnóbionte débilmente eurihalina, Fig. 2) probablemente representaron a los agentes responsables de esos cambios en la forma de las células.

En el arroyo aún se presentan 80 taxones no determinados (Tabla 1); de los cuales sólo una baja riqueza (18.5%) se distribuyó en este biotopo y, compartió una moderada riqueza de *taxa* (36.3%) con el río Tehuantepec. Así es trascendental continuar con la investigación de los especímenes referidos para definir y consolidar a cada uno de ellos con un mayor conocimiento de sus variaciones morfológicas y composición ecológica, ya que las especies indicadoras comúnmente utilizadas en la caracterización de los ambientes acuáticos templados, son inapropiadas y requieren redefinirse en aguas tropicales (Huszar *et al.* 1998).

Abundancia

Como se propuso para el río Tehuantepec, en el arroyo las cantidades de 1,000 a

más de 10,000 células ml^{-1} , indicaron eutroficación. Aunque se adoptó el criterio de que la abundancia alrededor de 500 a menor de 1,000 células ml^{-1} , expone a especies que en cualquier momento pueden incrementar su número, refiriéndoseles como *taxa* que tienden a la eutroficación. Por lo que fue posible distinguir la formación de asociaciones entre estas microalgas y estaciones de muestreo (Figs. 11-12).

El arroyo mostró un elevado número de *taxa* microalgales, que de acuerdo a los dendrogramas del número de *taxa*, células, riqueza de especies, diversidad de Shannon y Wiener y equidad, se caracterizaron por un bajo número de *taxa* y baja abundancia, pero con los taxones distintivamente dulceacuícolas: *Pseudanabaena limnetica*, *Chroococcus minutus*, *Nitzschia palea* var. *debilis* y *Aphanocapsa delicatissima*; así como por los taxones característicos de ambientes salobres y marinos *Entomoneis alata*, *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides* y *Thalassiosira subtilis*, entre otras (Figs. 11-12). Sin embargo, *Pseudanabaena limnetica* y la Fitoflagelada sp. 6 dominaron en el primer período y *Nitzschia* sp.8 y la Fitoflagelada sp. 19 en el segundo.

Las oscilaciones de la abundancia en ambas épocas climáticas, exhibieron la relativa baja densidad (Fig. 5) en noviembre y febrero, lo que puede interpretarse como variaciones en las condiciones ambientales que tendieron a una eutroficación relativamente alta, pero más baja a la que mostró el río; es decir, a un gradiente de

mayor a menor enriquecimiento de materia orgánica del río hacia el arroyo, con las características particulares de cada estación de muestreo. Pero, es importante destacar la separación de dos a tres grupos de estaciones (Fig. 14), en función de las especies de baja distribución y frecuencia, hasta aquellas que tuvieron alta frecuencia y distribución.

Se han referido algunos reportes de contaminación en la cuenca del río Tehuantepec (Tapia-García *et. al.* 1998) y aunque no existen reportes de estudios fitoplácticos para efectuar comparaciones en el arroyo, el hecho de que en la estación 1 exista un tiradero de basura a cielo abierto y a través de la estación 6 se realice el constante flujo y acción de la marea, es notable que entre ambas estaciones transportan diversos desechos orgánicos hacia el interior del arroyo. Por lo que con base en la composición, distribución y abundancia registradas, las especies sobresalientes tuvieron entre sus características distintivas la capacidad de tolerar aguas con elevadas concentraciones de materia orgánica y desechos industriales. Lo que derivó en el arroyo a reconocer en la temporada de lluvias (agosto 1997, Tabla 1), la asociación de los cuatro *taxa* abundantes: *Lepocinclis* cf. *playfairiana* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 5), *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 6, y $< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 5), *Phacus* af. *acuminatus* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} estación 6), *Lepocinclis glabra* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} estación 5). Con los especímenes que tienden a la eutroficación ($< 1,000$ células ml^{-1}) *Trachelomonas* cf. *granulosa* y *Euglena polymorpha* (ambas en la estación 4), *Phacus curvicauda* y

Phacus longicauda (ambas en la estación 5).

En la época de secas (1997-1998), destacó el grupo de las especies ($<1,000$ células ml^{-1}) *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* (estación 5, noviembre 1997; estación 1, febrero 1998), *Euglena polymorpha* y *Kolbeana ovoidea* (las dos últimas en la estación 1, febrero 1998). Aunque, en esta última parte del período de sequía (febrero 1998), dominó *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*.

De manera similar a las euglenofitas, destacó el grupo de las criptofitas, mismas, que se han reconocido como indicadoras de materia orgánica y desechos industriales (Jaquet *et al.* 2002; Quintana y Moreno-Amich, 2002). Precisamente, en la primer parte de sequía (noviembre 1997), florecieron ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) los cuatro taxones: *Cryptomonas ovata* var. *curvata* (estación 5), Criptofita sp. 1 (estación 6), *Cryptomonas* af. *testacea* (estación 5), *Cryptomonas ovata* var. *ovata* (estación 5); así como *Chroomonas* cf. *minuta* ($<1,000$ células ml^{-1} en la estación 6).

En la segunda parte de secas en el arroyo (febrero 1998, Tabla 1), apareció la especie dominante *Cryptomonas* sp. 1 ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 6; $<1,000$ células ml^{-1} en las estaciones 3-5), *Cryptomonas ovata* var. *curvata* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 4 a $<1,000$ células ml^{-1} en la estación 1), *Cryptomonas ovata* var. *ovata* $<1,000$ células ml^{-1} en la estación 1), *Cyanomonas americana* ($<1,000$ células ml^{-1} en la estación 4), *Cryptomonas reflexa* y *Cryptomonas* cf. *tetrapyrenoidosa*

(<1,000 células ml⁻¹, ambas en la estación 1, Tabla 1).

No obstante los valores anteriores, los más altos y por ende indicativos de mayor contaminación industrial, se presentaron en agosto 1997 (época de lluvias), con la especie dominante Criptofita sp. 5 ($\geq 1,000$ células ml⁻¹ en las estaciones 4-3 y 1 respectivamente), *Cryptomonas* af. *pseudobaltica* ($\geq 1,000$ células ml⁻¹ en las estaciones 5 y 4), Criptofita sp. 4 ($\geq 1,000$ células ml⁻¹ en la estación 4), las Criptofita sp. 1 y Criptofita sp. 2 (<1,000 células ml⁻¹ en la estación 5).

En la segunda parte de lluvias (mayo 1998, Tabla 1) sobresalieron los dos *taxa* (<1,000 células ml⁻¹) *Cryptomonas* sp. 1 (estación 5) y Criptofita sp. 1 (estación 4). En la tercera parte de lluvias (agosto 1998, Tabla 1) resaltaron los cuatro *taxa* (<1,000 células ml⁻¹) desde el espécimen dominante *Cryptomonas ovata* var. *ovata* (estación 5) a *Cyanomonas americana* (estación 4).

Entre las bacilariofitas se presentaron grupos tolerantes al enriquecimiento orgánico (van Dam *et al.* 1994); por lo que en un período de lluvias (agosto 1997), en el arroyo fue posible obtener la agrupación de 28 *taxa*, con: *Nitzschia* sp. 1 ($\geq 10,000$ células ml⁻¹ en la estación 6) a *Nitzschia sigma* (<1,000 células ml⁻¹ estación 3), entre estas algas destacó por su dominancia el primer taxón. En otra temporada de lluvias (mayo 1998), sobresalieron ocho *taxa* con: *Nitzschia palea* var. *debilis* ($\geq 50,000$ células ml⁻¹ en la estación 5 y especie dominante) a *Synedra ulna* var. *ulna* (<1,000 células ml⁻¹

estación 5). Lo que implica la tendencia a una mayor estabilidad de estas poblaciones por la reducción de su tamaño.

En otra etapa de secas (febrero 1998) el arroyo presentó a los tres *taxa*: *Spermatozopsis exultans* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en las estaciones 3, 6, 5 y 4 y especie dominante), *Scenedesmus acuminatus* y *Scenedesmus falcatus* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 6). Con los seis ($< 1,000$ células ml^{-1}) *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* a *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* (estación 6). Pero, en la estación 6, sobresalió la tolerancia de 402.4 ppb de $\text{PO}_4\text{-P}$ de: *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus falcatus*, *Scenedesmus abundans* y *Scenedesmus quadricauda* var. *quadricauda* que resistieron 382.4 ppb. Lo que ejemplifica que por su pequeño tamaño tienen mayor equilibrio (Alvarez-Cobelas *et al.*, 2005).

Con base en lo anterior, es importante remarcar, que se requieren conocer los cambios de otras variables bióticas y abióticas de los ambientes en estudio. En particular, por las relaciones que se establecieron entre las algas microscópicas del arroyo en donde fueron cruciales las concentraciones de los nutrimentos (fosfatos, nitratos, nitritos y amoníaco). Ya que la correspondencia entre el número de especies y la abundancia de cada una de ellas pudo exponer su estrecha asociación con las variaciones de la cantidad de nitratos y fosfatos; observándose en general una tendencia de amplias oscilaciones en el área de estudio en las diferentes épocas climáticas. Por lo que de acuerdo con la composición y fluctuaciones de la

abundancia, para la época de lluvias y secas fue posible diferenciar grupos de cianoprocariontes que utilizaron el amoníaco para su crecimiento, con la consideración de que el amoníaco se incorpora al glutamato para formar glutamina en varias cianoprocariontes (Carpenter y Price, 1977; Lara-Villa *et al.* 1996). Aunque, se ha mencionado que el amoníaco es muy tóxico para la mayoría de los organismos, se recomienda que su concentración no rebase las 25.0 ppb (Abel, 2000).

En el arroyo El Zanjón, el primer período de sequía (noviembre 1997), exhibió en la estación 1 el florecimiento de la cianoprocarionte: *Pseudanabaena limnetica* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}), especie que resistió el excedente de 5.0 ppb de amoníaco. La estación 2 de manera opuesta a la anterior, tuvo el florecimiento de las seis cianoprocariontes: *Chroococcus minutus* ($\geq 1,000$ células ml^{-1})-*Oscillatoria subbrevis* ($< 1,000$ células ml^{-1}), las nueve bacilariofitas: *Cylindrotheca closterium* ($\geq 1,000$ células ml^{-1})-*Navicula* sp. 10 ($< 1,000$ células ml^{-1}) y la clorofita: *Gonium* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1}), especies que toleraron 485.0 ppb de amoníaco. En la estación 5 existió el florecimiento de las 10 cianoprocariontes: *Pseudanabaena limnetica* ($\geq 50,000$ células ml^{-1})-*Synechococcus major* f. *crassior* ($< 1,000$ células ml^{-1}), las 10 bacilariofitas: *Nitzschia palea* var. *debilis* ($\geq 1,000$ células ml^{-1})-*Cyclotella* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1}), las tres criptofitas *Cryptomonas ovata* var. *curvata*-*Cryptomonas ovata* var. *ovata* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}), la euglenofita *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* ($< 1,000$ células ml^{-1}), las seis clorofitas: *Gonium pectorale* ($\geq 1,000$ células ml^{-1})-*Carteria cordiformis* ($< 1,000$ células ml^{-1}), las dos dinofitas: *Gymnodinium* cf. *Danicans* a *Gyrodinium dominans* ($< 1,000$

células ml^{-1}) y las tres fitoflageladas Fitoflagelada sp. 6- Fitoflagelada sp. 17 ($<1,000$ células ml^{-1}), quienes toleraron la elevada concentración de 895.0 ppb de amoníaco. La estación 6 presentó el florecimiento de las 10 cianoprocariontas *Chroococcus minor* ($\geq 50,000$ células ml^{-1}) a *Rhabdogloea smithii* ($<1,000$ células ml^{-1}), las 15 bacilariofitas *Entomoneis alata* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) a *Nitzschia bicapitata* ($<1,000$ células ml^{-1}), las dos criptofitas Criptofita sp. 1 ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) a *Chroomonas* cf. *minuta* ($<1,000$ células ml^{-1}), las cinco clorofilas *Scenedesmus abundans* (abundancia 2) a *Scenedesmus falcatus* ($<1,000$ células ml^{-1}) y la Fitoflagelada sp. 3, especies que se desarrollaron entre el excedente de 575.0 ppb de amoníaco.

Con base en las fluctuaciones cualitativas y cuantitativas, se observó en general que los índices de diversidad (Fig. 5), fueron indicativos de la alta distribución de células entre pocas especies. Misma que fue evidente en los grupos generados por el AC y ACP de la riqueza de especies (N_0) a diversidad ($H'n$) (Figs. 13-14); quienes mostraron desde la separación como unión de una a varias estaciones de muestreo en el arroyo como consecuencia de la abundancia de células registrada.

El análisis de la clasificación de las estaciones de muestreo, enfatizó los constantes cambios de las especies dominantes, al exhibir parte de la sucesión de las algas microscópicas (Padisák y Reynolds, 1998) en el arroyo El Zanjón, ambiente de alta tensión, ya que como se ha referido, en él se registraron oscilaciones de la salinidad (limnética a beta-oligohalina). El carácter limnético de la estación uno, respondió al

suministro de agua dulce hacia el arroyo a través del río Tehuantepec; aunque el incremento de la basura posiblemente fue propiciado por el basurero al aire libre que existe en sus inmediaciones.

Distribución

En virtud de que cada período exhibió algas microscópicas particulares de muy baja distribución total (alrededor del 10%). Para el arroyo en la época de sequía (noviembre 1997-febrero 1998) resaltaron los 62 taxa: *Spirulina spirulinoides*-Fitoflagelada sp. 20 (Tabla 1). No obstante, en la época de lluvias (mayo-agosto 1998) exhibió a los 74 taxones: *Gomphonema parvulum* var. *lagenula*-Fitoflagelada sp. 2. Taxones distintivamente pequeños.

A diferencia de los grupos anteriores, resaltó el grupo de sequía: estructurado por 11 taxa de alta distribución total: *Chroococcus turgidus* (100%), *Chroococcus minutus*-*Nitzschia palea* var. *palea* (90%) y *Cylindrotheca closterium*-*Cryptomonas ovata* var. *curvata* (80%). En contraste con *Cylindrotheca closterium* que fue la única especie de alta distribución en el período de lluvias. Así, únicamente las tres especies: *Cylindrotheca closterium*, *Chroococcus minutus* y *Monoraphidium irregulare* tuvieron la mayor distribución (82-78%) en ambos períodos. Estas algas se caracterizaron principalmente por tener una talla pequeña, por lo que pudieron influir en la exclusión de otras especies con células más grandes (Oviat *et al.* 1989; Moreno-Ruiz, 2005).

Entre las bacilariofitas, *Sellaphora pupula* var. *elliptica* pareció tener una mayor

sensibilidad a las fluctuaciones ambientales, ya que no se presentó en el arroyo. Por lo que se requiere continuar con la investigación de esta variante morfológica para detectar con mayor precisión su preferencia ecológica.

El constante suministro de compuestos nitrogenados incrementa el desarrollo de las especies de *Chaetoceros* (Turpin y Harrison, 1979), proceso que pudo relacionarse con la presencia en secas de los tres *taxa*: *Thalassionema nitzschioides* var. *lanceolata*, *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides* (ambas en febrero 1998 y en la estación 4) y *Thalassiosira subtilis* (noviembre 1997, estaciones 5-6), como probable resultado de cambios en las concentraciones de este nutriente en esa zona, ya que en este período no hubo limitación por nitrógeno. Por lo que se requiere continuar con el estudio de estas poblaciones microalgales y del ambiente circundante para reconocer de manera más precisa a las fuentes bióticas y abióticas de nitrógeno.

Aunado a lo anterior, como proceso constante, el descenso de nitrógeno puede asociarse al descenso de fósforo, y en algún momento incitar en las cianoprocariontas, el desarrollo de especies fijadoras de nitrógeno (Mague *et al.* 1977; Leonardson y Ripl, 1980) como: *Anabaena* cf. *cylindrica*, *Anabaena* cf. *variabilis*, *Aphanizomenon flos-aquae* y *Aphanizomenon* sp. 1 (todas ellas en el período de lluvias). Ese proceso de fijación es importante ya que posiblemente participó de manera sustancial en la productividad del área (Dong *et al.*, 2008). Aunque se requieren más investigaciones para revelar hasta que grado contribuyeron con la

energía de la región. Sin embargo, hasta el momento se reconoció a un componente fijador de nitrógeno tanto en el río como en el arroyo estructurado por *Trichodesmium lacustre* (en ambos períodos y lluvias respectivamente), *Oscillatoria cf. rubescens* (lluvias); así como: *Oscillatoria subbrevis*, *Oscillatoria* sp. 1 y probablemente *Pseudanabaena limnetica* (los últimos tres taxones en ambos períodos).

Entre las algas microscópicas, se ha referido la posibilidad de identificar especies tolerantes o afines a la materia orgánica y en su capacidad de descomponerla (Lazinsky y Sicko-Goad, 1990). Así, en el arroyo es interesante notar dos fases en las que destacaron las euglenofitas; la primera en sequía (febrero 1998) con los cinco taxa: *Peranema* sp. 1 a *Kolbeana ovoidea* (estaciones 1, 5-6). La segunda en el período de lluvias (agosto 1997, 1998) con los 15 taxones: *Euglena cf. minuta* a *Trachelomonas* sp. 2 en las seis estaciones de muestreo (Tabla 1). Sin embargo, se presentó una tercera fase, caracterizada por la asociación de los nueve taxones: *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* a *Lepocinclis* sp. 1 (Tabla 1), que se distribuyeron en ambos períodos y en las seis estaciones de muestreo. Estas tres fases posiblemente fueron el resultado del acarreo de considerables cantidades de materia orgánica derivadas de las actividades industriales aledañas al arroyo.

Entre las euglenofitas, se presentó el grupo de las criptofitas, quienes mostraron también tres fases del incremento de materia orgánica: la primera en el período de sequía (febrero 1998), manifestada por las dos especies: *Cryptomonas reflexa* y *Cryptomonas cf. tetrapyrenoidosa* en la estación 1 (Tabla 1); la segunda en el

período de lluvias (agosto 1997), con las seis especies: *Cryptomonas* af. *pseudobaltica* a Criptofita sp. 5 en las cinco primeras estaciones (Tabla 1). La tercera fase, abarcó a las seis especies que se distribuyeron en ambos periodos climáticos: *Cryptomonas ovata* var. *curvata* a *Chroomonas* cf. *minuta* en las seis estaciones de muestro (Tabla 1).

Los datos anteriores, se resumen en la integración de los cinco períodos de muestreo a través de su clasificación y determinación de cuatro hábitats (Fig. 10). El primer hábitat (estación uno) resaltó por su menor salinidad (limnética), dominancia de *Leptolyngbya tenuis* en la época de lluvias, incremento de la riqueza de especies y la biomasa microalgal, tendencia al asolvamiento de este hábitat debido el aporte constante de hojarasca y por ser utilizado como tiradero de basura a cielo abierto. En contraste, el segundo hábitat (estaciones dos-cuatro) se caracterizó por exhibir el ligero aumento de la salinidad (beta-oligohalina), pero con la dominancia de *Pseudanabaena limnetica* en el período de sequía, incremento de la biomasa de las algas microscópicas, así como una moderada riqueza de especies, resalta el hecho de que previo a la estación 2 se ubican varias industrias, que liberan sus desechos (de composición aún desconocida) hacia el arroyo y su mayor impacto en estas tres estaciones (2-4). El tercer hábitat (estación cinco) se diferenció por la tendencia al incremento de la salinidad (beta-oligohalina), dominio de *Chroococcus minutus* seguida por *Nitzschia palea* var. *debilis* en el período de lluvias, en el que fue notable el incremento de la biomasa microalgal y riqueza de especies; además, este hábitat mostró manchas aceitosas y sedimento limo-arcilloso con olor fétido intenso.

El cuarto hábitat (estación seis) se distinguió por el mayor incremento de la salinidad (beta-oligohalina); dominancia de *Nitzschia palea* var. *debilis* y *Chroococcus dispersus* var. *dispersus* en el período de lluvias, con el mayor aumento de la biomasa y riqueza de las algas microscópicas; asimismo, presentó considerables cantidades de basura, que proceden de las descargas de aguas residuales de las colonias aledañas a la refinería y que vierten sus desechos en un punto posterior a la estación 6 (Tapia-García *et al.* 1998).

Estero La Ventosa

VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIÓTICAS

En el estero La Ventosa, las oscilaciones de las variables físicas y químicas se consideran normales (Figs. 2-3) ya que la temperatura no excedió los 40°C que representan el límite por la NOM-001-Ecol. 1996 (27.0°C estación 9, noviembre 1997 a 33.0 °C estación 11, agosto 1998). El oxígeno disuelto no mostró valores inferiores a 5.0 ppm como señalan los Criterios Ecológicos de 1989 (6.080 en la estación 10 en julio 1997 a 15.500 en la estación 7 noviembre 1997). Según el sistema de Venecia la salinidad va desde un ambiente limnético (0.080 en la estación 8 en febrero 1998) a eurihalino (34.038 en la estación 10 en julio 1997. El pH no mostró problemas, ya que se registró entre los valores límite de 5.5-9.5 (7.570 estación 4, agosto 1998 a 8.890 estación 11, mayo 1998). En la dureza, es notable su incremento (37.000 en la estación 10 en agosto 1997 a 832.000 en la estación 7 en noviembre 1997 como el del pH, así como el decremento de la salinidad, lo que puede deberse a los efectos provocados por el huracán Paulina, posteriormente nula precipitación, alta

evaporación y arrastre a través del río que vierte su agua al sistema. Los ortofosfatos (622.140 ppb en la estación 7 en febrero 1998), nitratos (7,638.300 ppb en la estación 8 en agosto 1998) ni el amoníaco (0.430 ppm estación 7, febrero 1998) rebasaron los niveles límite ($\geq 1 \text{ mgL}^{-1}$ y $\geq 50 \text{ mgL}^{-1}$, para los dos últimos) y la clorofila a se caracterizó entre α -mesotrófica (mayo 1998) y β -eutrófica (agosto 1998) (Caljon, 1983; Contreras-Espinosa *et al.*, 1994; Abarzúa *et al.*, 1995).

Algas microscópicas

Composición

En el estero, se determinaron por primera vez 293 taxones de algas microscópicas, a diferencia de los 424 *taxa* del río y los 267 del arroyo (Tabla 1). Lo que mostró un número de taxones intermedio entre los dos últimos biotopos.

Al comparar los estudios previos realizados en áreas costeras aledañas con los resultados del presente trabajo (Tabla 1), fue notable observar que el estero tuvo la mayor riqueza de *taxa*. Aunque sobresalieron los estudios de Vilchis-Rodríguez *et al.* (1994) y Sotomayor-Navarro *et al.* (1994), quienes a pesar de que no proporcionaron listados florísticos para precisar la comparación microalgal, aunque analizaron los mismos materiales marinos, mostraron ligeras discrepancias respecto al número de *taxa* determinados (120 a 117 respectivamente). Así, los últimos autores indicaron la presencia de *Peridinium*, pero es necesario remarcar que este género es característico de agua dulce, y por la posición marina que tuvo la estación de

muestreo de los autores mencionados, probablemente este taxón correspondió a *Protoberidinium* Bergh 1881 (Licea *et al.* 1996), que es distintivamente marino (Balech, 1974).

En el estudio de Santoyo y Signoret (1979) destacó un bajo número de *taxa*, aspecto que se explicó en parte por el ambiente altamente fluctuante en el que se presentaron. Sin embargo, determinaron a una *Melosira* que requiere ubicarse en *Paralia* (Moreno *et al.* 1997) taxón fitobéntico ocasionalmente presente en el plancton nerítico (Hendey, 1964; Round *et al.* 1990). Así como una *Nitzschia* que correspondió a *Cylindrotheca closterium* (Moreno *et al.* 1997), taxón fitobéntico que puede ser transportado al plancton (Round *et al.* 1990), eurihalino salobre, euritrófico, mesosapróbico y euritérico (Caljon, 1983).

De manera similar, en la investigación de Benítez-Torres *et al.* (1988) se presentó un bajo número de *taxa*, entre los que destacó el género *Nitzschia* que es en su gran mayoría epipélico y poco abundante en el plancton, pero por la ubicación de las estaciones de muestreo de estos autores, el taxón referido posiblemente perteneció al género *Pseudo-nitzschia* H. Peragallo 1900 *in* Peragallo y Peragallo (1897-1908) que es fitopláctico (Hasle y Syvertsen, 1996).

El estero La Ventosa, se caracterizó por exhibir 42 cianoprocarotas (Tabla 1), riqueza similar a la del arroyo, pero menor a la del río (66), lo que puede mostrar poca tolerancia ambiental de los 29 especímenes que se restringieron a ese cuerpo

acuático, en contraste con *Anabaena spiroides* var. *longicellularis* que sólo se distribuyó en este biotopo (estación 10, agosto 1998).

En el estero se presentaron 16 fitoflageladas. Sin embargo, sólo la Fitoflagelada sp. 22 en el período de lluvias (estación 11, agosto 1998) se registró exclusivamente en este biotopo, por lo que es probable que tenga cierta tolerancia a los cambios de la salinidad que aquí se presentaron (salobre eurihalina superior).

En el período de sequía (estación 11, febrero 1998) se registró a la bacilariofita: *Chaetoceros diversus*, lo que expuso el transporte de esta especie por las aguas costeras adyacentes y de las subsecuentes fluctuaciones de la salinidad en ese ambiente (salobre eurihalina superior). Aunque también pudo ser la causa de la presencia de células solitarias de *Chaetoceros seiracanthus* (estación 11, febrero 1998) en secas y lluvias (agosto 1998, salobre eurihalina superior); así como de *Chaetoceros subtilis* var. *subtilis* f. *knipowitzschii* (estaciones 9-10 con oscilaciones: marina eurihalina y salobre eurihalina superior respectivamente). Cuya preferencia a formar células solitarias no es común, debido a que sólo en algunos ambientes o en cultivo, algunas especies de *Chaetoceros* forman unicélulas (Rines y Hargraves, 1988).

Como ya se mencionó para el río y el arroyo, la clorofita *Spermatozopsis exultans* mostró variantes morfológicas (con dos o cuatro undulipodios e incluso sin ellos) en las estaciones: 11 (febrero 1998), 7-11 (agosto 1998). Pero, no se asignaron estos

ejemplares en otras especies, ya que las oscilaciones de la salinidad (limnóbionte eurihalina-marina eurihalina, Fig. 2) probablemente fueron las responsables de esos cambios en la morfología de las células.

En el estero aún se presentaron 85 *taxa* no determinados (Tabla 1); de los cuales sólo una baja riqueza se exhibió exclusivamente en este biotopo (5.8%), de manera similar compartió una baja riqueza de *taxa* con el arroyo (7.1%) y con el río (17.4%). Asimismo, resaltó una baja riqueza entre los tres biotopos (24.5%), con la presencia exclusiva de baja riqueza en el arroyo (10.3%) y en el río (25.2%). Lo que mostró la importancia de extender la exploración de los taxones mencionados para delimitarlos y robustecerlos con un mayor conocimiento de los intervalos de variación morfológica y composición ecológica, en virtud de que las especies índice por lo común utilizadas en la caracterización de los ambientes acuáticos templados, no son apropiadas y es necesario definir las en los biotopos acuáticos tropicales (Huszar *et al.* 1998).

Distribución

Cada período exhibió algas microscópicas distintivas de baja distribución total (11-30%). Por lo que para el estero en la época seca (noviembre 1997-febrero 1998) resaltaron los 79 *taxa*: *Achnanthes* sp. 3- *Tryblionella hungarica* (Tabla 1). Pero, en la época de lluvias (mayo-agosto 1998) sobresalieron los 86 taxones de muy baja distribución (alrededor del 10%): *Aphanocapsa delicatissima* a *Tryblionella* sp. 2.

En contraste con los grupos anteriores, se diferenció al grupo de sequía: estructurado por 14 taxa de alta distribución total: *Chroococcus turgidus*-*Synechococcus* sp. 1 (100%), *Achnanthes curvirostrum*-*Tryblionella punctata* (83%). A diferencia de *Chroococcus minutus* (93%) y *Pseudanabaena limnetica* (80%) que fueron las únicas dos especies de alta distribución en el período de lluvias. Así, solamente las cinco especies: *Chroococcus minutus*, *Synechococcus* sp. 1, *Pseudanabaena limnetica*, *Cylindrotheca closterium* y *Entomoneis alata* tuvieron la mayor distribución (88-77%) en ambos períodos. Los primeros cuatro taxa se distinguieron principalmente por exhibir una talla pequeña, por lo que pudieron excluir a otras especies con células más grandes (Oviat *et al.* 1989; Moreno-Ruiz, 2005).

La bacilariofita: *Sellaphora pupula* var. *elliptica* parece tener una mayor sensibilidad a las fluctuaciones ambientales, ya que no se presentó en el estero ni en el arroyo. Por lo que se requiere continuar con la investigación de esta variedad para determinar su preferencia ecológica.

El suministro de compuestos nitrogenados beneficia el incremento de las especies de *Chaetoceros* y *Skeletonema* (Turpin y Harrison, 1979), por lo que fue trascendental que en el período de sequía se presentaran las cinco especies: *Chaetoceros affinis* var. *affinis* a *Chaetoceros lorenzianus* f. *forceps* (Tabla 1), más *Skeletonema pseudocostatum*; asociadas a las ocho especies: *Bacteriastrum delicatulum*-*Bacteriastrum hyalinum*, *Coscinodiscus radiatus* var. *radiatus*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Thalassiothrix longissima*, *Thalassiosira decipiens*, *Thalassiosira*

excéntrica y *Thalassiosira subtilis*, todas ellas caracterizadas como indicadoras de surgencias. Opuestamente, en el período de lluvias sobresalieron las dos especies: *Chaetoceros difficilis*-*Chaetoceros subtilis* var. *subtilis* f. *knipowitschii*, más las dos especies: *Skeletonema costatum* y *Skeletonema* af. *potamos*; mismas que se asociaron a las cuatro especies: *Proboscia alata* f. *alata*, *Proboscia alata* f. *gracillima*, *Rhizosolenia pungens* y *Thalassionema nitzschioides* var. *lanceolata*, taxones característicos de surgencias (Sancetta, 1995).

En contraste con lo precedente, destacaron en ambos períodos las cuatro especies: *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros lorenzianus* f. *lorenzianus* y *Chaetoceros seiracanthus*, más la especie: *Skeletonema subsalsum*; asociadas a las cinco especies: *Rhizosolenia clevei* var. *comunis*, *Rhizosolenia setigera*, *Thalassionema nitzschioides* var. *capitulata*, *Thalassionema nitzschioides* var. *claviformis* y *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides*, taxones distintivos de surgencias. Las tres asociaciones referidas, mostraron indirectamente la posibilidad de que en conjunto con *Chaetoceros* y *Skeletonema*, las especies de *Bacteriastrum*, *Coscinodiscus*, *Thalassionema*, *Thalassiothrix* y *Thalassiosira* también pudieron incrementar su desarrollo. De manera similar, otra especie que pudo beneficiarse fue *Entomoneis alata* que destacó por su abundancia en los dos períodos (julio y noviembre). Aunque hacia la estación 5 del río en lluvias (mayo 1998) se observó el incremento de *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* f. *angustissima*, quien pudo también resultar favorecida. Sin embargo, es necesario realizar cultivos para determinar con mayor precisión los requerimientos particulares de cada especie.

En relación a lo anterior, se debe reconocer que como proceso periódico, el decremento de nitrógeno puede asociarse al descenso de fósforo, que podría en un momento dado entre las cianoprocariotas, estimular el desarrollo de diversas especies fijadoras de nitrógeno (Mague *et al.* 1977; Leonardson y Ripl, 1980) además de las cinco especies: *Anabaena cf. cylindrica* y *Anabaena cf. variabilis* (arroyo y estero en lluvias), *Anabaena cf. sphaerica*, *Anabaena spiroides var. longicellularis*, y *Anabaena sp. 1* (las tres últimas sólo en el estero y en lluvias); ese proceso de fijación es importante ya que puede participar en la productividad del área. Aunque se requieren más investigaciones para revelar hasta que grado contribuyeron con la energía de la región, hasta el momento se puede reconocer un componente estructurado por: *Oscillatoria princeps* (estero y río en lluvias y ambos períodos respectivamente), *Geitlerinema amphibium* (estero y río en sequía y lluvias respectivamente), *Trichodesmium lacustre* (estero, río y arroyo en lluvias y ambos períodos), *Oscillatoria subbrevis* (estero, río y arroyo en sequía y ambos períodos) y posiblemente *Pseudanabaena limnetica* (estero, río y arroyo en ambos períodos). En contraste con las especies que únicamente fueron características del río, estero o ambas: *Oscillatoria proboscidea* (únicamente en el río en lluvias), *Oscillatoria cf. rubescens* (sólo en el río y arroyo en lluvias) y *Oscillatoria sp. 1* (río y arroyo en ambos períodos).

Se ha mencionado la factibilidad de distinguir especies tolerantes, afines o indicadoras de materia orgánica y en su capacidad de descomponerla (Lazinsky y

Sicko-Goad, 1990). Así, en el estero La Ventosa existieron tres fases en las que destacaron las euglenofitas; la primera en el período de sequía (noviembre 1997), con las dos especies: *Lepocinclis* cf. *playfairiana*-*Phacus* sp. 1 (Tabla 1), ambas en la estación 10. La segunda en lluvias (julio 1997 y agosto 1998), con las 11 especies: *Euglena* af. *Klebsii*-*Trachelomonas* sp. 1 (Tabla 1), entre las estaciones 7-11. La tercera fase se distinguió por la distribución en ambos períodos climáticos (noviembre 1997 y julio 1997-agosto 1998) de *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* en la estación 11, así como en las estaciones 9-10 respectivamente. Estas tres fases posiblemente fueron el resultado del acarreo de considerables cantidades de materia orgánica derivadas de las actividades conurbanas e industriales aledañas al estero.

Otro grupo trascendental en el reconocimiento del aumento de materia orgánica correspondió a las criptofitas (Tabla 1), quienes exhibieron dos fases de incremento; la primera en el período de lluvias con las cuatro especies: *Chroomonas* cf. *minuta* en las estaciones 7 y 11 (mayo 1998); *Cryptomonas ovata* var. *ovata*, *Cyanomonas americana* y Criptofita sp. 1 en las estaciones 7-11 (agosto 1998). La segunda, involucró la distribución en los dos períodos de las dos especies: *Cryptomonas ovata* var. *curvata* en las estaciones 8-11 (febrero 1998), estaciones 7-11 (agosto 1998); así como *Cryptomonas* sp. 1 en las estaciones 8-11 (febrero 1998), estaciones 7 y 11 (mayo 1998) y estación 9 (agosto 1998).

Esta hipótesis de alta concentración de materia orgánica se reforzó porque: entre las

estaciones 7-11 se presentaron grandes cantidades de basura acumulada, y en particular en las estaciones 2-3 existe la recepción de los aportes del arroyo El Zanjón y las aguas negras de olor fétido de las colonias aledañas a la refinería.

Abundancia

El alto número de *taxa* microalgales registrados, reveló en el dendrograma del número de taxones (N0) y riqueza de especies (D) por período de muestreo (Fig. 17) la mayor asociación del período de secas (noviembre 1997-febrero 1998) con una etapa de lluvias (julio 1997). Aunque la diversidad de Shannon y Wiener, mostró la mayor separación de dos períodos de lluvias (agosto 1998 y mayo 1998); de un período inicial de lluvias (julio 1997) y de los dos de secas (noviembre 1997 y febrero 1998). Que resultaron por las oscilaciones de la abundancia de estos microorganismos (Fig. 5).

En particular, la época de sequía (noviembre-febrero), se caracterizó por un relativo bajo número de *taxa* (21 a 81) e incremento de la abundancia, con los especímenes distintivamente dulceacuícolas: *Pseudanabaena limnetica* (especie dominante), *Chroococcus minutus*, *Monoraphidium irregulare*, *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Monoraphidium minutum*; así como por los taxones característicos de ambientes salobres y marinos: *Cylindrotheca closterium*, *Entomoneis alata*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides* y *Thalassionema nitzschioides* var. *lanceolata*, entre otros (Figs. 17-18).

Las oscilaciones registradas en ambas épocas climáticas, pueden relacionarse a los cambios del relativo incremento de la densidad (Fig. 5) en noviembre y febrero ($\geq 1,000$ células ml^{-1} a $\geq 50,000$ células ml^{-1}). Lo que se interpretó como variaciones ambientales que tendieron a la eutroficación; así como un gradiente de mayor a menor enriquecimiento de materia orgánica del arroyo hacia el estero ($\geq 50,000$ células ml^{-1}). Con la separación de dos a cuatro grupos de estaciones (Fig. 18).

Con base en lo anterior, se reconoció en el estero a un grupo tolerante o afín a la materia orgánica para el período de lluvias (julio 1997), formado por *Trachelomonas volvocina* var. *punctata* ($\geq 1,000$ células ml^{-1}) y *Trachelomonas* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1} , ambas especies en la estación 10).

En el período de sequía (febrero 1998), sólo se presentaron los taxones ($< 1,000$ células ml^{-1}) *Cryptomonas ovata* var. *curvata* y *Cryptomonas* sp. 1 (estación 8) y en lluvias (agosto 1998) *Cyanomonas americana* (estación 7).

Existen algunos reportes de contaminación en la bahía y estero La Ventosa (Tapia-García *et. al.* 1998). Sin embargo, no se tienen referencias en las que se aborde el estudio de las algas microscópicas para realizar comparaciones, pero como ocurrió en el río y el arroyo, fue posible reconocer que el estero tuvo especies características de aguas en donde se presentan desechos industriales.

Entre las bacilariofitas se presentan grupos tolerantes al enriquecimiento orgánico (Van Dam, 1994; Moreno-Ruiz, 2008); por lo que en un período de lluvias (julio 1997), sobresalieron 25 taxa, con: *Entomoneis alata* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 8) a *Navicula* sp. 3 ($< 1,000$ células ml^{-1} estación 7) y entre ellas la dominante *Nitzschia* sp. 1.

En otra temporada de lluvias (mayo 1998), el estero presentó a los 15 taxa: *Nitzschia palea* var. *debilis* ($\geq 10,000$ células ml^{-1} en la estación 11 y especie dominante) a *Nitzschia palea* var. *palea* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 8).

Se exhibieron en la siguiente fase lluviosa (agosto 1998) los 25 taxa: *Nitzschia* sp. 1 ($\geq 10,000$ células ml^{-1} en la estación 7 y taxón dominante) a *Tryblionella punctata* var. *punctata* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 7).

En el período de sequía (noviembre 1997) el estero mostró al grupo de 14 taxones: *Entomoneis alata* ($\geq 10,000$ células ml^{-1} en la estación 11) a *Nitzschia palea* var. *debilis* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 10 y taxón dominante).

Hacia la etapa más avanzada de secas (febrero 1998) el estero mostró 10 taxa con: *Nitzschia* sp. 8 ($\geq 50,000$ células ml^{-1} en la estación 8 y especie dominante) a *Nitzschia palea* var. *palea* ($< 1,000$ células ml^{-1} estación 8).

Las clorofitas también exhibieron grupos que posiblemente toleraron altas concentraciones de materia orgánica. De tal manera que en lluvias (julio 1997), el estero tuvo el florecimiento de *Characium ambigum* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en la estación 8) y en menor grado los dos taxa ($< 1,000$ células ml^{-1}) *Oocystis parva* (estación 9) y *Chlorococcum* sp. 1 (estación 8 y especie dominante).

Para un período de lluvias (mayo 1998), en el estero destacaron: *Scenedesmus incrassatulus* var. *incrassatulus* ($\geq 1,000$ células ml^{-1} en las estaciones 10, 7 y 11), entre ellas la especie dominante *Monoraphidium irregulare*, así como *Crucigenia tetrapedia* ($< 1,000$ células ml^{-1} en la estación 11, Tabla 1). Aunque, en las estaciones 10 y 11, sobresalió la resistencia de 306.530 y 322.830 ppb de $\text{PO}_4\text{-P}$ de *Scenedesmus incrassatulus* var. *incrassatulus* que vivió con el excedente de 286.53 a 302.83 ppb.

Se requieren determinar con mayor precisión los cambios de las variables bióticas y abióticas de los ambientes en estudio. En particular, por las relaciones que se establecieron entre las algas microscópicas del estero con las concentraciones de los nutrimentos (fosfatos, nitratos, nitritos y amoníaco); ya que la correspondencia entre el número de especies y la abundancia de cada una de ellas dependió de la cantidad de nitrógeno y fósforo disponibles, mismos que mostraron amplias oscilaciones en el área de estudio en las diferentes épocas climáticas. Por lo que de acuerdo con la composición y fluctuaciones de la abundancia para la época de lluvias

y sequía, fue posible diferenciar grupos de cianoprocariotas que utilizaron el amoníaco (0.01 a 0.43 ppb) para su crecimiento.

En relación a lo precedente y con otros *taxa*, cabe destacar, que el amoníaco es un producto que se incorpora al glutamato para la formación de glutamina en cianoprocariotas fijadoras de nitrógeno (Lara-Villa *et al.* 1996) como puede ocurrir en las especies de *Oscillatoria* (Carpenter y Price, 1977) y *Anabaena* (Lara-Villa *et al.* 1996). Por lo que en el estero, las especies beneficiadas correspondieron a *Pseudanabaena limnetica* (lluvias y sequía), *Geitlerinema amphibium* (sequía) y *Oscillatoria subbrevis* (sequía) y probablemente intervino en el desarrollo de las especies de *Pseudo-nitzschia* (lluvias y sequía) y *Gymnodinium* (lluvias y sequía), quienes pudieron participar de manera sustancial en la productividad del área. Aunque, el amoníaco es tóxico para la mayoría de los organismos, se ha referido que la concentración de amoníaco no deberá rebasar las 25.0 ppb (Abel, 2000).

Con base en las oscilaciones del nutrimento referido, destacó en el primer período de sequía (noviembre 1997) en la estación 11, el florecimiento de las cinco cianoprocariotas: *Leptolyngbya tenuis* ($\geq 1,000$ células ml^{-1})-*Synechococcus* sp. 1 ($< 1,000$ células ml^{-1}), las 10 bacilariofitas: *Entomoneis alata* ($\geq 10,000$ células ml^{-1})-*Navicula* sp. 4 ($< 1,000$ células ml^{-1}) y las dos clorofitas: *Monoraphidium minutum*-*Scenedesmus bijuga* var. *bijuga* ($< 1,000$ células ml^{-1}). taxones que toleraron 265.0 ppb de amoníaco.

Lo anterior mostró dos grupos tolerantes: el primero en secas entre las estaciones 1-2 (noviembre 1997), y estaciones 3-4 (febrero 1998); el segundo en la etapa inicial de lluvias que abarcó las cinco estaciones de muestreo (mayo 1998) y las estaciones 1-2, 5 (julio 1997). Aunado a este proceso, es importante remarcar, que se requiere determinar la composición ecológica de las algas microscópicas, debido principalmente a que los indicadores frecuentemente utilizados en la tipología de los cuerpos acuáticos templados, es difícil de aplicar y necesitan redefinirse en aguas tropicales (Huszar *et al.* 1998). Por lo que sobresalen con base en su dominancia, como especies características de elevadas concentraciones de amoníaco los seis taxones: *Pseudanabaena limnetica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Chroococcus turgidus*, *Chroococcus minutus*, *Leptolyngbya tenuis* y *Cyclotella stelligera*.

El continuo suministro de compuestos nitrogenados favorece el desarrollo de las especies de *Chaetoceros* y *Skeletonema* (Turpin y Harrison, 1979), por lo que es trascendental la presencia de los 16 taxa de *Chaetoceros* y *Skeletonema costatum* en el estero, y la confluencia de amoníaco en la zona costera adyacente. Otra especie que pudo beneficiarse fue *Entomoneis alata* quien destacó por su abundancia en lluvias y sequía (julio y noviembre 1997); asimismo, se ha mencionado que esta especie tiene preferencia mesohalina, además es eurihalina, eutrófica, mesosapróbica y béntica (Caljon, 1983).

Aunado a lo anterior, resultaron en general índices de diversidad proporcionales, a

excepción de la densidad, número de taxa y riqueza; aspecto indicativo de la alta distribución de células entre pocas especies. Misma que se evidenció en los grupos generados por el AC y ACP del número de taxones—diversidad de Shannon y Wiener (Figs. 17-18).

Las asociaciones anteriores se resumen en la integración de los cinco períodos de muestreo, por lo que en su clasificación se erigen cuatro hábitats (Fig. 10). El primer hábitat (estaciones 7 y 8) resaltó por su menor salinidad (beta-oligohalina a beta-mesohalina); dominancia de *Entomoneis alata* en el período de sequía con la menor riqueza de especies; así como la dominancia de *Chroococcus minutus* en la época de lluvias, cuando la biomasa y riqueza de especies fueron mayores. Opuestamente, el segundo hábitat (estación 9), mostró el incremento de la salinidad (alfa-mesohalina); en donde resaltó *Aphanocapsa delicatissima* en el período de sequía con la menor biomasa y riqueza de especies; así como la dominancia de *Pseudanabaena limnetica* en la época de lluvias, cuando la riqueza de especies fue mayor, pero con un ligero decremento de la biomasa. El tercer hábitat (estación 10) se distinguió por el mayor incremento de la salinidad (polihalina); enfatizó la dominancia de *Chroococcus minor* en el período de sequía con el incremento de la biomasa y riqueza de especies; la dominancia de *Entomoneis alata* en el período de lluvias, decremento de la biomasa microalgal y riqueza de especies. El cuarto hábitat (estación 11) sobresalió por el decremento de la salinidad (alfa-mesohalina); resaltó la dominancia de *Entomoneis alata* con la menor biomasa e incremento de la riqueza de especies en la época de sequía; así como la dominancia de *Chroococcus minutus*

en el período de lluvias, el mayor aumento de la biomasa, y el decremento de la riqueza de las algas microscópicas.

Los frecuentes cambios de las especies dominantes en el estero, expusieron parte de la sucesión de las algas microscópicas (Padisák y Reynolds, 1998); lo que mostró a un ambiente de alta tensión generado por los desechos que se vierten a sus aguas y por las oscilaciones de la salinidad. Al respecto, la elevada relación Nt:Pt registrada en el período de lluvias hacia el interior del estero fue indicativa del probable acarreo de materia orgánica que constantemente se desecha de un área conurbana a sus aguas (Tapia-García *et al.* 1998).

CONCLUSIONES

Río Tehuantepec

1. La comunidad de microalgas está constituida por 427 taxa, de las cuales 66 son cianoprocaritas, 26 euglenofitas, 16 dinofitas, 7 crisofitas, 16 criptofitas, 174 bacilariofitas, 103 clorofitas y 19 fitoflageladas.
2. Con base en la composición microalgal relacionada a las oscilaciones de la salinidad, se determinó al río, como cuerpo acuático limnético (estaciones 1-4); a otro (estación 5) con fluctuaciones limnética (agua dulce con salinidad <0.5 ups) a oligohalina, con los taxa característicos: *Actinastrum hantzschii* var. *hantzschii* (limnobionte, débilmente eurihalina 0.5-3 ups), *Cylindrotheca closterium* (eurihalina salobre 2-20 ups), hasta oscilaciones eurihalinas en la boca del río, donde son

frecuentes las especies de los géneros *Asterionellopsis*, *Bacteriastrum*, *Chaetoceros*, *Proboscia*, *Pseudo-nitzschia*, *Rhizosolenia* y *Thalassionema*. Asimismo, los 136 taxones *Aphanothece nidulans* a Fitoflagelada sp. 21 tipificaron al río por distribuirse únicamente en este ambiente.

3. La mayor abundancia se presenta en la parte del río correspondiente a la estación 1 y la más baja en la estación 5. Estacionalmente la mayor abundancia se presenta en noviembre 1997, y la más baja en febrero 1998.

4. La mayor diversidad y riqueza de especies corresponde a las estaciones 4 y 5 del río (5.407 bits.ind⁻¹, y 10.447 respectivamente), la menor diversidad y riqueza se ubicaron en la estación 5. Estacionalmente los máximos valores corresponden a febrero y agosto 1998, y los más bajos a noviembre 1997 y mayo 1998 respectivamente.

5. Por su amplia distribución y abundancia espacio-temporal durante el período de noviembre 1997 en el río, 19 taxones son dominantes: *Chroococcus turgidus* a *Monoraphidium minutum*.

6. El río se divide en dos subsistemas o biotopos que se caracterizan porque el primero se estructura con las estaciones uno-cuatro donde resalta la exclusiva distribución de los seis taxa: *Marssoniella elegans*, *Cephalomonas granulata*, *Gomphonema affine*, *Rhabdoderma lineare*, *Cryptomonas ovata* var. *ovata*,

Cryptomonas ovata var. *curvata* y *Sellaphora pupula* var. *capitata*, especies limnobiontes a limnobionte eurihalinas de primer grado, más una baja riqueza de especies. El segundo biotopo, se constituye por la estación cinco que se diferencia por 65 especies únicas, entre las que sobresalió el componente limnético *Spirulina spirulinoides*-*Pinnularia cardinalis*, así como el componente marino *Amphora terroris*-*Thalassionema frauenfeldii* en el área de mayor riqueza de especies.

7. De acuerdo a la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia las mejores condiciones ecológicas corresponden a la estación 4 del río y en el período de febrero de 1998. Y las peores condiciones se tuvieron entre las estaciones de muestreo 3-5 del período de noviembre de 1997.

8. En la época de lluvias (agosto 1998) se presentan las mejores condiciones ecológicas del río en cuanto a la comunidad microalgal, la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia, lo que se asocia al proceso de dilución y la mayor carga del río. Mientras que las especies indicativas de indeseables condiciones ecológicas, corresponde a la época de sequía, principalmente en mayo de 1998.

9. En el río Tehuantepec se presentan grupos de algas que por su distribución, abundancia y diversidad indican contaminación orgánica e industrial, por lo que en el período de sequía (noviembre 1997-febrero 1998) sobresale la composición de especies (indicadoras) de euglenofitas *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, a

Trachelomonas obovata, las criptofitas *Cryptomonas* af. *testacea* a *Criptofita* sp. 6, las bacilariofitas *Aulacoseira granulata* var. *granulata* f. *granulata* a *Synedra ulna* var. *aequalis*, las clorofitas *Phacotus lenticularis* a *Scenedesmus falcatus*.

Arroyo El Zanjón

1. La comunidad de microalgas está constituida por 267 taxa, de las cuales 42 son cianoprocariotas, 29 euglenofitas, 14 dinofitas, 2 crisofitas, una heterocontofita, 97 bacilariofitas, 55 clorofitas y 12 fitoflageladas.
2. La composición microalgal se relaciona a oscilaciones en la salinidad, desde limnobionte estenohalina hasta limnobionte eurihalina, en particular, por la presencia de especies de los géneros *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Gomphosphaeria*, *Aulacoseira*, *Navicula* y *Nitzschia*; así como oscilaciones eurihalinas caracterizadas por los géneros *Cylindrotheca* y *Entomoneis*. Sobresalieron los 43 taxones *Dactylococcopsis raphidioides* a Fitoflagelada sp. 2 por tipificar al arroyo debido a su distribución única en este cuerpo acuático.
3. La mayor abundancia se presenta en la parte del arroyo correspondiente a la estación 5 y la más baja en la estación 1. Estacionalmente la mayor abundancia se presentó en mayo 1998.
4. La mayor diversidad y riqueza de especies corresponde a las estaciones 2 y 3 del arroyo, la menor diversidad y riqueza se ubicaron en la estación 5. Estacionalmente

los máximos valores corresponden a noviembre 1997 y agosto 1997, y los más bajos a mayo 1998.

5. Por su amplia distribución y abundancia espacio-temporal hay 22 taxones dominantes: *Nitzschia* sp.8 (29.856) a *Cylindrotheca closterium* (1.019).

6. El arroyo se divide en cuatro subsistemas o biotopos que se caracterizan porque el primero, está integrado por: a) la estación uno, en donde existe la menor salinidad (limnética), la dominancia de *Leptolyngbya tenuis*, incremento de la riqueza de especies y la biomasa microalgal, tendencia al asolvamiento por el aporte constante de hojarasca y por ser utilizado como tiradero de basura a cielo abierto; b) las estaciones dos-cuatro, se caracteriza por tener el ligero aumento de la salinidad (beta-oligohalina), pero con la dominancia de *Pseudanabaena limnetica* e incremento de la biomasa; c) la estación cinco se diferencia por la tendencia al incremento de la salinidad (beta-oligohalina), donde dominan *Chroococcus minutus* y *Nitzschia palea* var. *debilis* con abundante biomasa microalgal y riqueza de especies, con manchas aceitosas y sedimento limo-arcilloso con olor fétido intenso; c) la estación seis se caracteriza por el mayor incremento de la salinidad (beta-oligohalina); dominancia de *Nitzschia palea* var. *debilis* y *Chroococcus dispersus* var. *dispersus* con la mayor biomasa y riqueza de las algas microscópicas; asimismo, presenta considerables cantidades de basura, que proceden de las descargas de aguas residuales de las colonias aledañas a la refinería y que vierten sus desechos en un punto posterior a la estación 6.

7. De acuerdo a la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia las mejores condiciones ecológicas corresponden a la estación 2 del arroyo y en el período noviembre 1997. Las peores condiciones se tuvieron en la estación de muestreo 5 del período de mayo de 1998.

8. En la época de lluvias (agosto 1998) se presentan las mejores condiciones ecológicas del arroyo en cuanto a la comunidad microalgal, la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia, lo que se asocia al proceso de dilución y la mayor carga del arroyo. Las especies indicativas de este proceso corresponde a *Spermatozopsis exultans*, *Nitzschia* sp. 1, *Croococcus* sp. 1, *Merismopedia punctata*, *Synechococcus* sp. 1 y *Pseudanabaena limnetica*. Mientras que las especies indicativas de indeseables condiciones ecológicas en la estación 5 (mayo 1998) se refieren a la mayor abundancia de células entre pocas especies, como *Nitzschia palea* var. *debilis*, *Chroococcus minutus* y *Cyclotella* sp. 1.

9. En el arroyo habitan grupos de algas que por su distribución, abundancia y diversidad son indicadoras de contaminación orgánica e industrial, por lo que en el período de sequía (noviembre 1997-febrero 1998) destaca la composición de especies (indicadoras) de euglenofitas *Peranema* sp. 1 a *Kolbeana ovoidea*, las criptofitas *Cryptomonas ovata* var. *curvata* a *Cryptomonas* cf. *tetrapyrenoidosa*, las bacilariofitas *Nitzschia* sp. 8 a *Tryblionella levidensis*, las clorofitas *Spermatozoopsis exultans* a *Kirchneriella contorta*. Para el período de lluvias (julio-agosto 1997, mayo y agosto 1998), el componente de euglenofitas *Euglena polymorpha* a

Trachelomonas sp. 2, las criptofitas *Cryptomonas* sp. 1 a *Cryptomonas* sp. 2, las bacilariofitas *Nitzschia palea* var. *debilis* a *Mastogloia delicatissima*, las clorofitas *Chlorococcum* sp. 1 a *Scenedesmus opoliensis* var. *contacta*.

Estero La Ventosa

1. La comunidad de microalgas está constituida por 293 taxa, de las cuales 42 son cianoprocariotas, 14 euglenofitas, 12 dinofitas, una crisofita, 144 bacilariofitas, 58 clorofitas y 16 fitoflageladas.

2. De acuerdo a la composición microalgal relacionada a las oscilaciones de la salinidad, se determinó al estero, como cuerpo acuático limnético (estaciones 8-10); hasta oscilaciones eurihalinas en la boca barra (estación 11). Las especies características son las correspondientes a los géneros *Asterionellopsis*, *Bacteriastrum*, *Chaetoceros*, *Proboscia*, *Leptocylindrus*, *Pseudo-nitzschia*, *Rhizosolenia* *Thalassionema* y *Tryblionella*. 49 taxones *Anabaena spiroides* var. *longicellularis* a Fitoflagelada sp. 22 caracterizan al estero por su distribución única en este ambiente.

3. La mayor abundancia se presenta en la parte del estero correspondiente a la estación 8 (171,067 células ml⁻¹) y la más baja en la estación 9 (9,660 células ml⁻¹). Estacionalmente la mayor y menor abundancia se presentan en febrero 1998.

4. La mayor diversidad y riqueza de especies corresponde a las estaciones 10 y 9 del

estero, la menor diversidad y riqueza se ubicaron en las estaciones 10 y 9. Estacionalmente los máximos valores corresponden a agosto 1998, y los más bajos a febrero y mayo 1998 respectivamente.

5. De acuerdo a su amplia distribución y abundancia espacio-temporal durante el período de febrero 1998 en el estero, destacaron 17 taxones dominantes: *Nitzschia* sp.8 (36.748) a *Amphora coffaeiformis* (1.022).

6. El estero se divide en cuatro subsistemas o biotopos: a) las estaciones 7 y 8 que sobresalen por su salinidad β -oligohalina a β -mesohalina, dominancia de *Entomoneis alata* en el período de sequía con la menor riqueza de especies, así como la dominancia de *Chroococcus minutus* en la época de lluvias; b) la estación 9 con salinidad α -mesohalina donde sobresale *Aphanocapsa delicatissima* en el período de sequía y la dominancia de *Pseudanabaena limnetica* en la época de lluvias; c) la estación 10 se distingue por el mayor incremento de la salinidad (polihalina), donde domina *Chroococcus minor* en el período de sequía y *Entomoneis alata* en el período de lluvias; d) la estación 11 sobresale por el decremento de la salinidad (alfa-mesohalina), resalta la dominancia de *Entomoneis alata* en la época de sequía y la dominancia de *Chroococcus minutus* en el período de lluvias.

7. De acuerdo a la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia las mejores condiciones ecológicas corresponden a la estación 10 del arroyo y en el

período agosto 1998. Y las peores condiciones se presentan en las estaciones de muestreo 8-9 del período de febrero de 1998.

8. En la época de lluvias (julio 1997) se presentan las mejores condiciones ecológicas del río en cuanto a la comunidad microalgal, la composición de especies, diversidad, distribución y abundancia, lo que se asocia al proceso de dilución y la mayor carga del estero. Las especies indicativas de este proceso corresponden a *Pseudanabaena limnetica*, *Nitzschia* sp. 1, *Entomoneis alata*, *Tryblionella punctata* var. *punctata* y *Leptolyngbya tenuis*. Mientras que las especies indicativas de indeseables condiciones ecológicas (estaciones 8-9, febrero 1998) se refieren a la mayor abundancia de células entre pocas especies como *Cyclotella meneghiniana*, *Synechocystis* sp. 1, *Aphanocapsa elachista* var. *conferta* y *Oscillatoria* sp. 1.

9. En el estero se determinaron grupos de algas que por su distribución, abundancia y diversidad indican contaminación orgánica e industrial, por lo que en el período de sequía (noviembre 1997-febrero 1998) resalta la composición de especies (indicadoras) de euglenofitas *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina* a *Phacus* sp. 1, las criptofitas *Cryptomonas* sp. 1 a *Cryptomonas ovata* var. *curvata*, las bacilariofitas *Nitzschia* sp. 8 a *Thalassionema nitzschioides* var. *nitzschioides*, las clorofitas *Monoraphidium minutum* a *Monoraphidium irregulare*.

LITERATURA CITADA

ABARZÚA, R.M., BASUALTO, M.S. y URRUTIA, B.H., 1995. Relación entre la

- abundancia y biomasa de fitoplancton y bacterioplancton heterotrófico en aguas superficiales del Golfo de Arauco, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 23: 67-74.
- ABEL, P.D., 2000. Water pollution biology. Taylor & Francis, UK. 1-286.
- ALVAREZ-COBELAS, M., GARCÍA-AVILÉS, J. y ORTEGA-MAYAGOITIA, E., 2005. El plancton de las lagunas de gravera y el fósforo: el enriquecimiento de las paradojas. *Limnetica*, 24 (1-2): 67-82.
- ANAGNOSTIDIS, J. and KOMÁREK, J., 1985. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. I. Introduction. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 71/ Algal. Stud.*, 38-39: 291-302.
- ANÓNIMO, (1998) *Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho*. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Díaz de Santos, Madrid. pp. 302.
- ANÓNIMO, 2000. "Estudio Ambiental Integral De La Region De Salina Cruz, Oaxaca, Mexico". Arroyo Zanjón y Estero La Ventosa. Marzo 2000, Instituto Mexicano del Petróleo.
- ARENAS, V. y TORAL, S., 1980. Conclusiones generales del estudio oceanográfico del Golfo de Tehuantepec, Secretaría de Marina. 33-49.
- AYALA-DUVAL, E., MALDONADO-MONROY, M. DEL C., BECERRIL-MARTÍNEZ, J.A., AYALA-FERNÁNDEZ, X.M., BARRIOS-OROSCO, V., GARCÍA-TAMAYO, D.T. and JUÁREZ-ORTÍZ, C. 1996. Spatial and temporal distribution of zooplankton biomass in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Pacific Science*, 50 (4): 415-426.

- BALECH, E., 1974. El género *Protoperidinium* Bergh 1881 (*Peridinium* Ehr., 1831, partim). Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat. "B. Rivadavia", *Hidrobiol.*, 4(1): 1-79.
- BELLINGER, E.G., 1979. The response of algal populations to changes in lake water quality. In: James, A. and Evison, L. (eds.), *Biological Indicators of Water Quality*. 9-1 a 9-27. Wiley-Interscience Pub., New York.
- BENITEZ-TORRES, J.A., DAVILA-ARTEAGA, C.F. y MONTALVO-ARRIETA, A., 1988. Ciclo anual del plancton en la bahía de Salina Cruz, Oax. y bahías adyacentes (febrero 84-enero 85). In: *Compendio de Estudios Oceanográficos*. Estación de Investigación Oceanográfica, Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. 1-20.
- BOURRELLY, P., 1979. Les Cyanophycées, algues ou bacteries ?. *Rev. Algol. N.S.*, 14: 5-9.
- BOYD, C.E. y MASUDA, K., 1996. Características de materiales de encalado usados en estanques acuícolas. *Boletín nicovita* 1: 12.
- CALJON, A., 1983. Brackish-water phytoplankton of the Flemish lowland. *Developments in Hydrobiology*, 18: 1-272.
- CARPENTER, E.J. and PRICE, C.C., 1977. Nitrogen fixation, distribution and production of *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) spp. in the western Sargasso and Caribbean Seas. *Limnology and Oceanography*, 22: 60-72.
- CARRANZA-EDWARDS, A., 1980. Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera sur del Istmo de Tehuantepec. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7 (2): 13-66.
- CHAPMAN, M. A., 1980. The summer limnology of lake Waahi, New Zealand. In:

- Barica, J. and Mur, R. (eds.), *Hypertrophic Ecosystems, Developments in Hydrobiology*, 2: 1-12.
- COX, E.J., 1996. *Identification of Freshwater Diatoms from Live Material*. Chapman & Hall. 1-158. London.
- DAVILA, Z.J.J., 1986. Distribución y abundancia del fitoplancton durante el ciclo estacional verano-83 verano-84 en la laguna de Coyuca de Benitez, Edo de Guerrero y su posible detección por medio de técnicas de percepción remota. Tesis Licenciatura, Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México. 1-66, 45 figs. 23 tabs.
- DAWES, C., 1991. *Botánica Marina*. Limusa. 1-673. México.
- DESIKACHARY, T.V., 1959. Cyanophyta. *Bot. Dept. Univ. Med. Ind. Couns. Agric. Res. New Delhi*, 2: 1-686.
- DONG, J., ZHANG, Y., WANG, Y., ZHANG, S. and WANG, H., 2008. Spatial and seasonal variations of Cyanobacteria and their nitrogen fixation rates in Sanya Bay, South China Sea. *Scientia Marina*, 72 (2): 239-251.
- EKPENYONG, E., 2000. Algal biomasa and pigment diversity in typical tropical fish ponds. *Tropical Ecology*, 41(1): 89-94.
- ETTL, H., 1978. Xanthophyceae. 1/3. Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pascher, A., Ettl. H., Gerloff, J., Heynig, H. y Mollenhauer, D. (eds.). 1-554. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- ETTL, H., 1983. Chlorophyta I. Phytomonadina 9. Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pascher, A., Ettl. H., Gerloff, J., Heynig, H. y Mollenhauer, D. (eds.). 1-807. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

- ETTL, H., und GÄRTNER, G., 1988. Chlorophyta II. Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. 10. Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pascher, A., Ettl. H., Gerloff, J., Heynig, H. (eds.). 1-436. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- FIGUEROA-TORRES, M.G. 1994. Florecimiento de *Trichodesmium erithraeum* Ehr. ex Gomont, en las lagunas Inferior y Oriental, Oaxaca. *Serie Grandes Temas de la Hidrobiología: Los Sistemas Litorales. UAMI, UNAM*, (2): 15-21.
- FIGUEROA-TORRES, M.G. y MORENO-RUIZ, J.L., 2003. Dinoflagelados dulceacuícolas de México. In: *Planctología Mexicana* (Barreiro-Güemes, M.T., Meave del Castillo, M.E., Signoret-Poillon, M. y Figueroa-Torres, M.G., eds.). *Sociedad Mexicana de Planctología, México*, 4: 85-102.
- FLOEDER, S., and BURNS, C.W., 2004. Phytoplankton diversity of shallow tidal lakes: Influence of periodic salinity changes on diversity and species number of a natural assemblage. *Journal of Phycology*, 40(1): 54-61.
- FOGED, N., 1993. Some diatoms from Siberia especially from Lake Baikal. *Diatom Research*, 8 (2): 231-279.
- FRANCO, J., DE LA CRUZ, G., CRUZ, A., ROCHA, A., NAVARRETE, N., FLORES, G., KATO, E., SÁNCHEZ, S., ABARCA, L.G. y BEDIA, C.M., 1985. *Manual de Ecología*. Trillas. 1-266. México.
- GAMBOA, V.M., 1982. Fitoplancton del Golfo de Tehuantepec. *Secretaría de Marina*, 1 (1): 21-45.
- GARCÍA, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Talleres Larios, S.A. México. 1-252.
- GASSE, F., 1986. East african diatoms: taxonomy, ecological distribution. *Bibliotheca*

- Diatomologica*, 11, 1-201.
- GOLUBIC, S., 1979. Cyanobacteria (blue-green algae) under the Bacteriological Code ?. An ecological objection. *Taxon*, 28: 387-389.
- GRAHAM, J.M., KENT, A.D., LAUSTER, G.H., YANNARELL, A.C., GRAHAM, L.E., KRATZ, T.K. and TRIPLETT, E.W., 2002. Species diversity of microbial communities in a northern temperate humic lake. *Journal of Phycology*, 38(S1): 13-13.
- GREEN, R.H., 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*. Wiley. 1-225. New York.
- HARGRAVES, P.E., 1986. The relationship of some fossil diatom genera to resting spores. *In: Eighth Diatom Symposium 1984*. 62-30.
- HASLE, G.R., 1978. Using the inverted microscope. *In: Sournia, A. (ed.), Phytoplankton Manual*: 191-196. UNESCO, Paris.
- HASLE, G.R. and SYVERTSEN, E.E., 1996. Marine diatoms. *In: Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates* (C. Tomas, ed.). 5-385. Academic Press, San Diego.
- HENDEY, N.I., 1964. *An introductory account of the smaller algae of british coastal waters*. Part 5, *Bacillariophyceae (Diatoms)*. H.M.S.O., London. 1-317.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. and MEAVE DEL CASTILLO, M.E., 1996. The marine planktonic diatom *Rhizosolenia robusta* (Bacillariophyta): morphological studies support its transfer to a new genus, *Calyptrella* gen. nov. *Phycologia*, 35 (3): 198-203.
- HOEK, C.V.D., MANN, D. and JAHNS, H.M., 1995. *Algae an introduction to*

- phycology. 1-576. Koeltz Sci. Books. Germany-USA.
- HUSZAR, V.L.M., SILVA, LHS., DOMINGOS, P., MARINHO, M. and MELO, S., 1998. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian tropical lakes. *Hidrobiologia*, 369/370: 59-71.
- JACQUET, S., HAVSKUM, H., THINGSTAD, T.F. and VAULOT, D. 2002. Effects of inorganic and organic nutrient addition on a coastal microbial community (Isefjord, Denmark). *Marine Ecology Progress Series*, 228: 3-14.
- JORDÁN, E., DE LA TORRE, R., VÁZQUEZ, A. y SANTOYO, H., 1973. Informe final sobre el estudio de reconocimiento de producción primaria en la laguna del Mar Muerto en los estados de Oaxaca y Chiapas, Méx. Informe técnico (inérito) Universidad Nacional Autónoma de México. 1-35.
- KOMÁREK, J., 1979a. Änderungen in der Taxonomie der Chlorokokkalalgen. *Arch. Hydrobiol. Suppl. 56/Algol. Stud.*, 24: 239-263.
- KOMÁREK, J., 1979b. Changes in taxonomy of Chlorococcal algae. *Arch. Hydrobiol. Suppl./Algol. Stud.*, 24: 239-263.
- KOMÁREK, J., 1989. Studies on the cyanophytes of Cuba 4-6. *Folia Geobot. Phytotax.*, 24: 57-97.
- KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. (1989). Modern approach to the classification system of cyanophytes 4. Nostocales. *Arch. Hydrobiol./ Algolog. Stud.* 56: 247-345.
- KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. (1998). Cyanoprokaryota: 1. Teil: Chroococcales. Elsevier, Italy. pp. 759.

- KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. (2005). Cyanoprokaryota: 2nd part: Oscillatoriales. Gustav Fischer, Germany. pp. 548.
- LARA-VILLA, M.A., MORENO-RUIZ, J.L. y AMARO-MAURICIO, E.J., 1996. *Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. 1-227. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- LAZINSKY, D. and SICKO-GOAD, L., 1990. Morphometric analysis of phosphate and chromium interactions in *Cyclotella meneghiniana*. *Aquatic Toxicology*, 16 (2): 127-140.
- LEONARDSON, L., and RIPL, W., 1980. Control of undesirable algae and induction of algal successions in hypertrophic lake ecosystems. *Developments in Hydrobiology*, 2: 57-65
- LEWIN, R.A., 1976. Naming the blue-greens. *Nature*, 259: 360.
- LEPISTÖ, L., and ROSENSTRÖM, U., 1998. The most typical phytoplankton taxa in four types of boreal lakes. *Hydrobiol.* 369/370: 89-97.
- LICEA, S., MORENO, J.L., SANTOYO, H. y FIGUEROA, G., 1996. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES/PROMARCO. 1-165.
- LICEA, S. y SANTOYO, H., 1991. Algunas características ecológicas del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 18 (2), 157-167.
- LÓPEZ-RAMOS, E., 1974. Carta geológica del Estado de Oaxaca, 2a. Ed., Escala 1:500,000. *Inst. Geol. Univ. Nal. Autón. México*.
- LUDWIG, J. A. and REYNOLDS, J.E., 1988. *Statistical ecology, a primer on methods*

- and computing*. 1-337. Wiley, New York.
- LUND, J.W.G., KILPLING, C. and LE CREN, E.D., 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers, and the statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, 11 (2): 143-170.
- MAGUE, T.H., MAGUE, F.C. and HOLM-HANSEN, O., 1977. Physiology and chemical composition of nitrogen-fixing phytoplankton in the central north Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 41: 213-227.
- MANN, D.G., 1984. Auxospore formation and development in *Neidium* (Bacillariophyta). *British Phycological Journal*, 19: 319-331.
- MANN, D.G., 1988. The nature of diatom species: analyses of sympatric populations. In: *Proceedings of the 9th. International Diatom Symposium*. (F.E.Round, ed.). Biopress and Koeltz. 384-412. Bristol and Koenigstein.
- MANN, D.G., 1989. The diatom genus *Sellaphora*: separation from *Navicula*. *British Phycological Journal*, 24: 1-20.
- MANN, D.G. and DROOP, S.J.M., 1996. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336: 1-17.
- MARGALEF, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36-71.
- MASON, C.F., 1977. The performance of a diversity index in describing the zoobenthos of two lakes. *J. appl. Ecol.*, 14: 363-367.
- MEAVE DEL CASTILLO, M. E., 2006. Diatomeas (Bacillariophyceae), dinoflagelados (Dinophyceae) y silicoflagelados (Dictyochophyceae) marinos del Pacífico Mexicano, con énfasis en la porción tropical. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. BA008

México D. F.

- MEE, L.D., 1977. The chemistry and hydrography of some tropical coastal lagoons-Pacific Coast of Mexico. Thesis submitted in accordance with the requirements of the University of Liverpool for the degree of Doctor in Philosophy. 1-15. 7 figs., 6 tabs.
- MÉNDEZ-GONZÁLEZ, M.E., 1988. Evaluación de los efectos sobre el medio físico-biótico asociados a la construcción de la presa Benito Juárez en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis Licenciatura, Fac. Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-72.
- MONTOYA-TERREROS, H., GÓMEZ-CARRIÓN, J., ASTOCONDOR, M.M. y BENAVENTE-PALACIOS, M., 2007. Euglenoides fotosintéticos de los humedales de Puerto Viejo, departamento de Lima. I. *Amaldea*, 14 (2): 239-250.
- MORENO, L., GARCIA-MONTES, J. y LICEA, S., 1992. Estudio del fitoplancton de las lagunas de Coyuca y Mitla, Gro., agosto 1991. *In*: Ruiz, P. (ed.), Seguimiento y Evaluación de Recursos Naturales en Programas Costeros (Agua y Vegetación Circundante), Mediante la Utilización de Datos Simultáneos "*in situ*" y Remotos. Proyecto PADEP FC-9108, UNAM/CONACyT.
- MORENO, J.L., LICEA, S. y SANTOYO, H. (1997). Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEP-FOMES/PROMARCO. 1-273
- MORENO-RUIZ, J. L., 1992. Estudio del fitoplancton de la laguna de Chacahua,

- Oax. *In*: Estudio del impacto sobre el ambiente marino. Informe técnico (Inédito) IMASA/SEPESCA.
- MORENO-RUIZ, J. L., 2000. Fitoplancton. *In*: *Organismos Indicadores De La Calidad Del Agua y De La Contaminación* (G. De La Lanza Espino, S. Hernández-Pulido, y J.L. Carbajal-Pérez, eds.), 43-108. SEMARNAP, CNA, UNAM, INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM, PLAZA Y VALDEZ EDITORES.
- MORENO-RUIZ, J.L., 2001. Fitoplancton. *In*: *Guía para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad del agua: Manual de Bioindicadores de la Calidad del Agua* (I.C. Escalante, coord.), 10-38. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. México.
- MORENO-RUIZ, J.L., 2003. Fitoplancton. *In*: *Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad del agua* (G. De La Lanza-Espino y S. Hernández-Pulido, eds.), 13-45. CNA/AGT EDITOR, S.A. México.
- MORENO-RUIZ J.L. 2005. Fitoplancton. *In*: Bueno-Soria J.S. y Álvarez-Noguera F. (eds.), Biodiversidad de Tabasco. INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM/Comisión Nacional de la Biodiversidad, México, pp. 33-64.
- MORENO-RUIZ, J.L., TAPIA-GARCÍA, M., GONZÁLES-MACIAS, M.C. y FIGUEROA-TORRES, M.G., 2008. Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (1): 27-54.
- MORENO-RUIZ, J.L. y CARREÑO, A.L., 1993. Morfología de *Thalassionema nitzschioides* var. *Claviformis* (Schradler) Moreno-Ruiz nov. comb. *In*: *Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile, Serie*

Ocasional, 2, 141-148.

- MORENO-RUIZ, J.L. and LICEA, S., 1995. Observations on the valve morphology of *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Hustedt. In. *Proceedings of the 13th International Diatom Symposium Acquafredda di Maratea* (PZ), Italy, 1994. 393-413.
- MORENO-RUIZ, J. L., LICEA, S. y ALVAREZ-RUBIO, M., 1994. Contenido fitoplanctónico en el tubo digestivo de *Crassostrea virginica* Gmelin, en la laguna de Tamiahua (Diciembre 1985-noviembre 1986). *Grandes temas de la Hidrobiología*, UAMI-UNAM, 2, 1-14.
- MORENO-RUIZ, J.L., SOTO, P.J., ZAMUDIO, M.E., HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. and LICEA, S., 1993. Morphology and taxonomy of *Chaetoceros diversus* (Bacillariophyceae) based on material from the southern Gulf of Mexico. *Diatom Research*, 8, 419-428.
- MORENO-RUIZ, J.L., TAPIA-GARCÍA, M., GONZÁLEZ-MACIAS, M.C. y FIGUEROA-TORRES, M.G., 2008. Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (1): 27-54.
- NOGUEIRA, M.G., 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), Sao Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 431(2-3): 115-128.
- NUCCIO, C., MELILLO, C. and INNAMORATI, M., 2003. Phytoplankton abundance, community structure and diversity in the eutrophicated Orbetello lagoon (Tuscany) from 1995 to 2001. *Oceanologica Acta*, 26(1): 15-25.
- OCEVSKI, B., KOZAROV, G. and SERAFIMOVA-HADZISCE, J., 1975. Distribution

- and characteristics of bacteria, phytoplankton and zooplankton in lake Castoria. *Symp. Biol. Hung.*, 15: 233-245.
- ODUM, E.P., 1972. *Ecología*. Interamericana. 1-546. México.
- OKOLODKOV, Y. and GÁRATE-LIZÁRRAGA, I., 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Botanica Mexicana*, 74: 1-154.
- OVIAT, C., LANE, P., FRENCH III, F. and DONAGHAY, P., 1989. Phytoplankton species and abundance in response to eutrophication in coastal marine mesocosms. *Journal of Plankton Research*, 11 (6): 1223-1244.
- PADISÁK, J. and REYNOLDS, C.S., 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special referente to the cyanoprocaryotes. *Hidrobiologia*, 384: 41-53.
- PANTLE, R. und BUCK, H., 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas-au. Wasserfach*, 96: 604.
- PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1966. The diatoms of the United States. *Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 1 (13): 1-688.
- PATRICK, R. and REIMER, C. W., 1975. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Monographs of the *Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 2(13): 1-213.
- PERAGALLO, H. et PERAGALLO, M.H. (1897-1908). *Diatomées marines de France, et des districts maritimes voisins*. 1-493. Grez sur Loing.
- PIELOU, E.C., 1977. *Mathematical Ecology*. 1-385. Wiley. New York.

- PRESCOTT, G.W. 1962. *Freshwater algae*. 1-977. Brown, Dubuque.
- QUINTANA, X.D. and MORENO-AMICH, R. 2002. Phytoplankton composition of Empordà salt marshes, Spain and its response to freshwater flux regulation. *Journal of Coastal Research*, 36: 581-590.
- REYNOLDS, C.S., 1987. Cyanobacterial water-blooms. *Advances in Botanical Research*, 13: 67-143.
- RILEY, J.P. y CHESTER, R., 1989. Introducción a la química marina. 1-459. AGT Editor, México.
- RINES, J.E.B. and HARGRAVES, P.E., 1988. The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. *Bibliotheca Phycologica*, 79: 1-196.
- RIPL, W., 1979. Förslag till restaurering av sjön Flaten. Institute of Limnology, Lund. 1-34.
- RODEN, G.I., 1961. Sobre la circulación producida por el viento en el Golfo de Tehuantepec y sus efectos sobre las temperaturas superficiales. *Geofis. Inter.*, (3): 55-72.
- ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. and MANN, D.G., 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press. 1-747. Cambridge.
- RZEDOWSKY, J., 1978. La Vegetación de México. Limusa, México.
- SANCETTA, C.A., 1995. Diatoms in the Gulf of California: seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15,000 years. *Paleoceanography*, 10 (1), 62-34.
- SANTOYO, H. y SIGNORET, M., 1979. Fitoplancton de la laguna del Mar Muerto en

- el sur del Pacífico de México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 6(2): 71-80.
- SCHOEMAN, F.R. and ARCHIBALD, R.E.M., 1979. The diatom flora of southern Africa. 5. CSIR. Special Report WAT 50, Pretoria.
- SCHWOERBEL, J., 1975. *Métodos de Hidrobiología (Biología del Agua Dulce)*. 1-262. Blume, Madrid.
- SIEVERS, H.A. y VEGA, S.A., 2000. Respuesta físico-química de la bahía de Valparaíso a la surgencia generada en punta Curaumilla y al fenómeno El Niño. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35 (2): 153-168.
- SOTOMAYOR-NAVARRO, O., 1994. Desarrollo de la marea roja tóxica producida por *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, en el Golfo de Tehuantepec México. 1989-1990. In: *Compendio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec 1994*. Estación de Investigación Oceanográfica, Salina Cruz, Oaxaca. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. 87-113.
- SOTOMAYOR-NAVARRO, O., DAVILA-ARTEAGA, C.F. y DOMÍNGUEZ-CUELLAR, E., 1994. Influencia del eclipse de sol del 11 de julio de 1991, en la distribución vertical del fitoplancton en el Golfo de Tehuantepec. In: *Compendio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec 1994*. Estación de Investigación Oceanográfica, Salina Cruz, Oaxaca. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. 69-86.
- STAINER, R.Y., SISTROM, W.R., HANSEN, T.A., WHITTON, B.A., CASTENHOLZ, R.W., PFENNIG, N., GORLENKO, V.N., KONDRATIEVA, E.N., EIMHJELLEN, K.E., WHITTENBURY, R., GHERNA, R.L. and TRÜPER, H.G., 1978. Proposal

- to place the nomenclature of the cyanobacteria (blue-green algae) under the rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria. *International Journal of Systematics and Bacteriology*, 29 (4): 335-336.
- STEIDINGER, K.A., 1972. Dinoflagellate distribution. *In: Serial Atlas of the Marine Environment* (V.C. Bushnell, ed.). American Geographical Society., 14-15.
- STEIDINGER, K.A. and WILLIAMS, J., 1970. Dinoflagellates. *Memoirs of Hourglass Cruises*, 2: 1-251.
- STOERMER, E.F., KOCIOLEK, J.P., SCHELSKE, C.L. and CONLEY, D.J., 1987. Quantitative analysis of siliceous microfossils in the sediments of lake Erie's central basin. *Diatom Research*, 2 (1): 113-134.
- SUGIURA, N., WEI, B. and MAEKAWA, T., 2002. The discrimination of the response pattern of Inter.-phylum phytoplankton diversity to long-term eutrophication trends in Lake Kasumigaura, Japan. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 5(4): 403-410.
- TAPIA-GARCÍA, M., 1997. Estructura e interacciones ecológicas de las comunidades de peces de la plataforma continental y la laguna del Mar Muerto, en el Golfo de Tehuantepec al sur del Pacífico mexicano. Tesis Doctorado, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 1-135.
- TAPIA-GARCÍA, M., RAMOS-SANTIAGO, E. y AYALA-CORTÉS, A., 1998. La actividad humana y su impacto en la zona costera con énfasis en el Istmo de Tehuantepec. *In: El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos* (M.

- Tapia, ed.). Universidad Autónoma Metropolitana, México. Cap. 15: 209-228.
- THRONDSSEN. J., 1997. The planktonic marine flagellates. *In: Identifying marine phytoplankton* (C.R. Tomas, ed.). Academic Press, San Diego, California. 591-831.
- TOLEDO, A., 1995. Geopolítica y Desarrollo en el Istmo de Tehuantepec. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México. 1-265.
- TOMAS. C.R. 1997., Introduction. *In: Identifying marine phytoplankton* (C.R. Tomas, ed.). Academic Press, San Diego, California. 585-589.
- TURPIN, D.H. and HARRISON, P.J., 1979. Limiting nutrient patchiness and its role in phytoplankton ecology. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 39: 151-166.
- VALERO, G.M., 1982. Fitoplancton del Golfo de Tehuantepec. *Investigaciones Oceanográficas, Secretaría de Marina, México*. 1 (1): 1-30.
- VAN DAM, H., MERTENS, A. and SINKELDAM, J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Neth. J. Aquatic Ecol.* 28: 117-133.
- VANLANDINGHAM, S.A., 1975. *Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. V: Navicula*. J. Cramer, Lehre. 2,386-2,963. Germany.
- VARONA-CORDERO, F. y GUTIÉRREZ-MENDIETA, F.J., 2003. Estudio multivariado de la fluctuación espacio-temporal de la comunidad fitoplanctónica en dos lagunas costeras del estado de Chiapas. *Hidrobiológica*, 13(3): 177-194.
- VILCHIS-RODRIGUEZ, D., DAVILA-ARTEAGA, C.F. y CHULA-TORREBLANCA, D., 1994. Observaciones oceanográficas relacionadas con el eclipse total de sol

- del 11 de julio de 1991, en el Golfo de Tehuantepec. *In: Compendio Oceanográfico del Golfo de Tehuantepec 1994*. Estación de Investigación Oceanográfica, Salina Cruz, Oaxaca. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. 49-68.
- WARD, J., 1963. Hierarchical grouping to optimise an objective function. *J. Amer. Statist. Ass.*, 58: 236-244.
- WASHINGTON, H.G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18: 653-694.
- WEHR, J.D. and SHEATH, R.G., 2003. Freshwater algae of North America, ecology and classification. Academic Press, San Diego. pp. 918.
- WINNER, R.W., VAN DYKE, J.S., CARIS, N. and FARREL, M.P., 1975. Response of the macro-invertebrate fauna to a copper gradient in an experimentally-polluted stream. *Verh. int. verein. Limnol.*, 19: 2121-2127.
- WHITTON, B.A., 1979. Plants as indicators of river water quality. *In: James, A. and Evison, L. (eds.), Biological indicators of water quality*. 5-1 a 5-34. Wiley Interscience Pub., New York.
- YAMAMOTO, T. and HATTA, G., 2004. Pulsed nutrient supply as a factor inducing phytoplankton diversity. *Ecological Modelling*, 171(3): 247-270.
- ZHANG, S. SHAO, J. and DAI, X., 2001. Studies on eutrophication and phytoplankton diversity in Hangzhou Bay. *Journal of Fisheries of China/Shuichan Xuebao, Shangai*, 25(6): 512-517.

Tabla 1. Composición, abundancia y distribución de las algas microscópicas en las estaciones de muestreo durante cinco etapas de recolecta en el río Tehuantepec (E), arroyo El Zanjón (Z) y estero La Ventosa (V) (julio 1997 a agosto 1998). No.=clave del taxón, %FREC=porcentaje de frecuencia, IMP=importancia o dominancia, (N0)=número de taxones, X=presencia.

No.	Taxa	E					Z					V					%FREC	IMP	
		E1	E2	E3	E4	E5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	V7	V8	V9	V10			V11
DIVISIÓN: CYANOPROKARYOTA																			
Familia Synechococcaceae Komárek et Anagnostidis																			
A15	<i>Aphanothece ellipsoidea</i> (Schröder) Bourrelly		X	X		X									X	X	X	8.1	0.08
A8	<i>Aphanothece nidulans</i> Richter	X	X															2.7	0.04
A9	<i>Anacystis radiata</i> Gardner	X			X	X												4.1	0.14
A59	<i>Synechococcus aeruginosus</i> Nägeli		X															1.4	0.01
A60	<i>Synechococcus cedrorum</i> Sauvageau				X													1.4	0.01
A61	<i>Synechococcus elongatus</i> Nägeli	X	X	X					X		X			X		X		12.2	0.14
A62	<i>Synechococcus lineare</i> (Schmidle et Lauterborn) Komarek	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	36.5	0.51
A63	<i>Synechococcus major</i> f. <i>crassior</i> Lagerheim				X		X		X	X								5.4	0.07
A64	<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komarek	X									X					X		4.1	0.05
A65	<i>Synechococcus vantieghemi</i> Pringsheim		X		X													2.7	0.05
A66	<i>Synechococcus</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	78.4	1.50
A67	<i>Synechococcus</i> sp. 2	X	X	X	X			X	X					X		X		14.9	0.17
Familia Merismopediaceae Elenkin																			
A12	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West et West	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	25.7	0.91
A13	<i>Aphanocapsa elachista</i> West et West var. <i>elachista</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	23.0	0.48
A14	<i>Aphanocapsa elachista</i> var. <i>conferta</i> West et West	X	X	X	X	X				X		X	X	X	X			16.2	0.63
A36	<i>Merismopedia convoluta</i> Brébisson in Kützing	X	X	X	X	X												6.8	0.17
A37	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Nägeli	X	X	X	X	X			X	X					X	X		17.6	0.28
A38	<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	X			X	X			X	X	X		X	X	X	X		23.0	0.55
A39	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	X	X		X	X												12.2	0.50
A68	<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		35.1	0.55
A69	<i>Synechocystis diplococcus</i> (Pringsheim) Bourrelly		X															1.4	0.02
A70	<i>Synechocystis pevalekii</i> Ercegovic	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		23.0	0.30
A71	<i>Synechocystis</i> sp. 1	X		X	X									X	X			6.8	0.31
A35	<i>Marssoniella elegans</i> Lemmermann	X	X	X	X													5.4	0.06
A54	<i>Rhabdoderma gorskii</i> Woloszynska	X						X	X					X		X		6.8	0.08
A55	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Lauterborn in Schmidle	X	X	X	X	X		X	X	X	X							12.2	0.14
A26	<i>Rhabdogloea fascicularis</i> Lemmermann (Dactylococcopsis) unrevised ?		X	X										X	X	X		6.8	0.07
A27	<i>Dactylococcopsis raphidioides</i> Hansgirg (Rhabdogloea Schröder) ?									X								1.4	0.01
A28	<i>Rhabdogloea</i> (<i>Dactylococcopsis</i>) <i>smithii</i> (Chodat et Chodat) ?	X	X								X							4.1	0.05
A31	<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		32.4	0.49
A32	<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		25.7	0.65
Familia Microcystaceae Elenkin																			
A29	<i>Gloeocapsa saxicola</i> Wartmann in Rabenhorst										X					X		2.7	0.14
A30	<i>Gloeocapsa</i> sp. 1				X													1.4	0.01
A40	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing ex Elenkin					X												1.4	0.02

Tabla 1. (Continuación 138)

A41	<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	33.8	3.71	
A42	<i>Microcystis viridis</i> (A. Braun) Lemmermann		X	X	X									5.4	0.11	
Familia Chroococcaceae Nägeli																
A17	<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann var. <i>dispersus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27.0	0.89
A18	<i>Chroococcus giganteus</i> W. West		X	X	X							X		5.4	0.10	
A19	<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	X		X	X	X		X						6.8	0.20	
A20	<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli			X	X							X		5.4	0.50	
A21	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	83.8	3.75

Tabla 2. (Continuación)

A22	<i>Chroococcus pallidus</i> Nägeli				X	X							X	X	5.4	0.06
A23	<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	60.8	13.16
A24	<i>Croococcus</i> sp. 1	X					X	X	X	X	X	X	X	13.5	0.44	
A25	<i>Croococcus</i> sp. 2	X												1.4	0.01	
Familia Pleurocapsaceae Geitler																
A43	<i>Cyanosarcina burmensis</i> (Skuja) kováčik		X	X									X	X	5.4	0.07
Familia Pseudanabaenaceae Anagnostidis et Komárek																
A47	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	74.3	5.74
A45	<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Anagnostidis		X										X		2.7	0.05
A53	<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	51.4	1.73
A57	<i>Spirulina laxissima</i> G.S. West	X	X					X	X			X	X	X	10.8	0.11
A56	<i>Spirulina abbreviata</i> Lemmermann ex Klebahn et Lemmermann (unrevised taxa)	X		X	X	X		X	X	X			X		17.6	0.19
A58	<i>Spirulina meneghiniana</i> Zanardini ex Gomont					X			X						2.7	0.03
A33	<i>Phormidium aerugineo-coeruleum</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek					X									1.4	0.02
A34	<i>Phormidium</i> cf. <i>taylorii</i> (Drouet et Strickland) Anagnostidis	X		X											2.7	0.03
Familia Oscillatoriaceae (S.F. Gray) Harvey ex Kirchner																
A46	<i>Trichodesmium lacustre</i> Klebahn	X	X	X	X	X				X			X		12.2	0.21
A48	<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont		X	X							X				5.4	0.09
A49	<i>Oscillatoria proboscidea</i> Gomont ex Gomont			X											1.4	0.02
A50	<i>Oscillatoria</i> cf. <i>rubescens</i> De Candolle ex Gomont		X	X	X	X	X	X	X	X					12.2	0.35
A51	<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle		X				X		X				X		6.8	0.60
A52	<i>Oscillatoria</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X		X	X					18.9	0.37
Familia Nostocaceae Dumont																
A1	<i>Anabaena</i> cf. <i>cylindrica</i> Lemmermann	X			X				X		X		X		6.8	0.08
A2	<i>Anabaena</i> cf. <i>sphaerica</i> Bornet et Flahault	X		X	X	X							X		8.1	0.10
A3	<i>Anabaena spiroides</i> var. <i>longicellularis</i> Pankow												X		1.4	0.01
A4	<i>Anabaena</i> cf. <i>variabilis</i> Kützing	X					X				X	X	X		8.1	0.09
A5	<i>Anabaena</i> cf. <i>wisconsinense</i> Prescott	X			X										5.4	0.46
A6	<i>Anabaena</i> sp. 1	X	X		X	X							X		8.1	0.09
A7	<i>Anabaenopsis circularis</i> (G.S. West) Miller ex West	X	X												2.7	0.03
A10	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (Linnaeus) Ralfs	X	X	X	X	X		X							9.5	0.63
A11	<i>Aphanizomenon</i> sp. 1				X				X						2.7	0.03
A16	<i>Spirulina spirulinoides</i> (Ghose) Geitler				X				X						5.4	0.09
A44	<i>Nostoc</i> af. <i>cameum</i> Agardh	X	X	X									X		5.4	0.06

Tabla 1. (Continuación 139)

DIVISIÓN: EUGLENOPHYTA														
Familia Euglenaceae Stein em. Klebs														
A333	<i>Euglena acus</i> Ehrenberg var. <i>acus</i>									X	2.7	0.03		
A334	<i>Euglena acus</i> var. <i>rigida</i> Huebner									X	1.4	0.01		
A335	<i>Euglena</i> af. <i>elastica</i> Prescott										X	1.4	0.01	
A336	<i>Euglena</i> af. <i>klebsii</i> (Lemmermann) Mainx											X	2.7	0.03
A337	<i>Euglena</i> cf. <i>minuta</i> Prescott									X	X	X	6.8	0.07
A338	<i>Euglena</i> af. <i>oxyuris</i> var. <i>minor</i> Prescott	X									X	X	8.1	0.08
A339	<i>Euglena</i> cf. <i>pisciformis</i> Klebs										X		2.7	0.03
A340	<i>Euglena polymorpha</i> Dangeard										X	X	5.4	0.06
A341	<i>Euglena</i> cf. <i>proxima</i> Dangeard	X	X									X	6.8	0.07
A342	<i>Euglena</i> af. <i>pumila</i> Campbell											X	1.4	0.02
A343	<i>Euglena</i> cf. <i>sanguinea</i> Ehrenberg											X	2.7	0.03
A344	<i>Euglena texta</i> (Dujardin) Hubner											X	1.4	0.01
A345	<i>Euglena</i> sp. 1	X	X									X	8.1	0.08
A346	<i>Euglena</i> sp. 2											X	1.4	0.01
A347	<i>Euglena</i> sp. 3											X	1.4	0.01
A348	<i>Kolbeana ovoidea</i> Skvotzov											X	1.4	0.02
A349	<i>Lepocinclis</i> cf. <i>fusiformis</i> (Carter) Lemmermann ex Conrad											X	6.8	0.07
A350	<i>Lepocinclis glabra</i> Drezepolski											X	2.7	0.03
A351	<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann											X	1.4	0.01
A352	<i>Lepocinclis</i> cf. <i>playfairiana</i> Deflandre											X	5.4	0.07
A353	<i>Lepocinclis</i> sp. 1	X	X	X	X							X	17.6	0.18
A354	<i>Lepocinclis</i> sp. 2	X										X	1.4	0.01
A355	<i>Lepocinclis</i> sp. 3											X	4.1	0.04
A356	<i>Lepocinclis</i> sp. 4											X	1.4	0.01
A357	<i>Peranema</i> sp. 1											X	6.8	0.07
A358	<i>Phacus</i> af. <i>acuminatus</i> Stokes											X	1.4	0.02
A359	<i>Phacus curvicauda</i> Swirenko	X	X									X	4.1	0.04
A360	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin											X	1.4	0.02

Tabla 2. (Continuación)

A361	<i>Phacus</i> sp. 1											X	1.4	0.01
A362	<i>Phacus</i> sp. 2											X	2.7	0.03
A363	<i>Rhabdomonas</i> sp. 1	X										X	2.7	0.03
A364	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>bullata</i> (Stein) Deflandre											X	1.4	0.01
A365	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>granulosa</i> Playfair	X										X	5.4	0.06
A366	<i>Trachelomonas hexangulata</i> var. <i>repanda</i> Prescott											X	1.4	0.01
A367	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hispida</i> (Perty) Stein	X										X	6.8	0.07
A368	<i>Trachelomonas lacustris</i> Drezepolski	X										X	2.7	0.03
A369	<i>Trachelomonas obovata</i> (Stokes) Deflandre											X	1.4	0.02
A370	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>pulcherrima</i> Playfair											X	2.7	0.03
A372	<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg var. <i>volvocina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	27.0	0.29
A371	<i>Trachelomonas volvocina</i> var. <i>punctata</i> Playfair	X	X									X	9.5	0.11
A373	<i>Trachelomonas</i> sp. 1											X	4.1	0.05
A374	<i>Trachelomonas</i> sp. 2											X	1.4	0.01
DIVISIÓN: DINOPHYTA														
Familia Prorocentraceae Stein														
A515	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg											X	2.7	0.03
Familia Dinophysiaceae Stein														
A492	<i>Dinophysis doryphora</i> (Stein) Abé											X	2.7	0.03
Familia Gymnodiniaceae Lankester														
A491	<i>Amphidinium turbo</i> Schiller											X	1.4	0.01
A498	<i>Gymnodinium</i> af. <i>boguensis</i> Campbell											X	16.2	0.17
A499	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>danicans</i> Campbell	X	X	X	X							X	18.9	0.22

Tabla 1. (Continuación 141)

A84	<i>Cryptomonas ovata</i> var. <i>curvata</i> Lemmermann	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	36.5	0.41
A85	<i>Cryptomonas reflexa</i> Skuja		X		X														4.1	0.04
A86	<i>Cryptomonas</i> af. <i>pseudobaltica</i> Butcher	X						X	X	X									5.4	0.07
A87	<i>Cryptomonas</i> af. <i>testacea</i> Campbell	X	X	X	X		X	X	X	X	X								18.9	0.22
A88	<i>Cryptomonas</i> cf. <i>tetrapyrenoidosa</i> Skuja	X	X		X														5.4	0.06
A89	<i>Cryptomonas</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	33.8	0.37
A90	<i>Cryptomonas</i> sp. 2						X												1.4	0.01
A91	<i>Cyanomonas americana</i> (Davis) Oltmanns	X			X		X	X			X	X		X	X				14.9	0.16
A93	Criptofita sp. 1	X		X	X	X			X	X	X		X	X					16.2	0.19
A94	Criptofita sp. 2					X				X									2.7	0.03
A95	Criptofita sp. 3						X	X	X	X									5.4	0.06
A96	Criptofita sp. 4		X							X									4.1	0.05
A97	Criptofita sp. 5	X				X	X	X	X										6.8	0.12
A98	Criptofita sp. 6	X			X														2.7	0.03
DIVISIÓN: HETEROCONTOPHYTA																				
Familia Ophiocytiaceae G.M. Smith sensu Ettl																				
A78	<i>Ophiocitium cochleare</i> (Eichw.) A. Brawn							X		X									2.7	0.03
DIVISIÓN: BACILLARIOPHYTA																				
Familia Thalassiosiraceae Lebour																				
A320	<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) Jørgensen																	X	1.4	0.01
A321	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve																	X	1.4	0.01

Tabla 2. (Continuación)

A322	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran						X		X	X			X	X					6.8	0.07
Familia Skeletonemaceae Lebour, sensu em. Round <i>et al.</i>																				
A299	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve				X								X	X					4.1	0.04
A300	<i>Skeletonema</i> af. <i>potamos</i> (Weber) Hasle				X									X					2.7	0.03
A301	<i>Skeletonema pseudocostatum</i> Medlin in Medlin <i>et al.</i>				X									X					2.7	0.03
A302	<i>Skeletonema subsalsum</i> (A. Cleve) Bethge				X							X	X	X	X				13.5	0.20
A177	<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Schütt in litt. (de acuerdo a F. W. Mills)				X				X				X	X					6.8	0.07
Familia Stephanodiscaceae Glezer et Makarova																				
A160	<i>Cyclotella litoralis</i> Lange et Syvertsen																	X	1.4	0.01
A161	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	66.2	1.16
A162	<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve et Grunow	X	X	X	X	X											X		20.3	0.92
A163	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow in Cleve et Grunow											X	X	X	X	X			6.8	0.07
A164	<i>Cyclotella</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	55.4	2.17
Familia Lauderiaceae (Schütt) Lemmermann, em. Round et Crawford																				
A210	<i>Lauderia annulata</i> Cleve						X		X										2.7	0.03
Familia Melosiraceae Kützing sensu em. Round <i>et al.</i>																				
A216	<i>Melosira moniliformis</i> (O. F. Müller) Agardh				X														2.7	0.03
Familia Aulacoseiraceae Crawford in Round <i>et al.</i>																				
A127	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i> f. <i>granulata</i>	X	X	X	X	X	X			X				X	X				33.8	1.29
A125	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen f. <i>angustissima</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X									28.4	0.43

Tabla 1. (Continuación 142)

A126	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> f. <i>curvata</i> (Grunow) Simonsen	X	X	X	X	X				20.3	0.29	
	Familia Coscinodisceaceae Kützing											
A159	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg ex Moreno in Moreno et al. var. <i>radiatus</i>						X		X	4.1	0.04	
	Familia Hemidiscaceae Hendey ex Simonsen											
A106	<i>Actinocyclus curvatulus</i> Janish in Schmidt et al.								X	1.4	0.01	
	Familia Triceratiaceae (Schütt) Lemmermann											
A276	<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow								X	1.4	0.01	
	Familia Biddulphiaceae Kützing											
A131	<i>Biddulphia alternans</i> (Bailey) Van Heurck				X					1.4	0.02	
	Familia Hemiaulaceae Heiberg											
A208	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in Van Heurck					X				1.4	0.01	
A209	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville								X	1.4	0.01	
A187	<i>Eucampia comuta</i> (Cleve) Grunow in Van Heurck				X					1.4	0.01	
A156	<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow								X	1.4	0.01	
A139	<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey			X			X	X	X	X	9.5	0.10
	Familia Streptothecaceae Crawford in Round et al.											
A304	<i>Helicotheca thamesis</i> (Shrubsole) Ricard			X						1.4	0.01	
	Familia Anaulaceae (Schütt) Lemmermann											
A188	<i>Eunotogramma laeve</i> Grunow in Cleve et Möller								X	X	4.1	0.04
	Familia Lithodesmiaceae Round in Round et al.											
A214	<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg								X	1.4	0.01	
	Familia Rhizosoleniaceae De Toni											
A291	<i>Rhizosolenia clevei</i> var. <i>comunis</i> Sundström			X					X	X	5.4	0.05
A292	<i>Rhizosolenia pungens</i> Cleve-Euler			X			X			2.7	0.03	
A293	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell			X					X	4.1	0.04	
A287	<i>Proboscia alata</i> f. <i>alata</i> (Brightwell) Sundström			X					X	2.7	0.03	
A288	<i>Proboscia alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve in Cleve et Möller)								X	1.4	0.01	
Tabla 2. (Continuación)												
A201	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle in Hasle et Syvertsen			X					X	X	5.4	0.05
A175	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle et Syvertsen								X	X	2.7	0.03
	Familia Chaetocerotaceae Ralfs in Pritchard											
A140	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder var. <i>affinis</i>			X					X	X	5.4	0.06
A141	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey			X							1.4	0.01
A142	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve			X					X	X	5.4	0.06
A143	<i>Chaetoceros debilis</i> Cleve								X		1.4	0.02
A144	<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve			X							1.4	0.01
A145	<i>Chaetoceros difficilis</i> Cleve			X					X		2.7	0.03
A146	<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve morfotipo <i>diversus</i>			X					X		2.7	0.03
A147	<i>Chaetoceros gracilis</i> Schütt			X		X	X	X	X	X	13.5	0.14
A148	<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt								X		1.4	0.02
A149	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> f. <i>forceps</i> Meunier			X					X		2.7	0.03

Tabla 1. (Continuación 145)

A279	<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W. Smith				X	X			X										5.4	0.06
A280	<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith	X	X	X															4.1	0.04
A281	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve							X		X									2.7	0.03
A282	<i>Pinnularia af. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	X								X									2.7	0.03
A283	<i>Pinnularia</i> sp. 1													X	X				2.7	0.03
A133	<i>Caloneis alpestris</i> (Grunow) Cleve													X					1.4	0.01
A134	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve			X	X														2.7	0.03
A135	<i>Caloneis permagna</i> (Bailey) Cleve							X	X	X				X	X	X			10.8	0.11
A136	<i>Caloneis</i> sp. 1	X	X		X														6.8	0.08
A137	<i>Caloneis</i> sp. 2	X																	1.4	0.01
A138	<i>Caloneis</i> sp. 3													X					1.4	0.01
Familia Diploneidaceae D.G. Mann in Round <i>et al.</i>																				
A178	<i>Diploneis decipiens</i> Cleve var. <i>decipiens</i>								X	X									2.7	0.03
A179	<i>Diploneis decipiens</i> var. <i>parallela</i> Cleve-Euler	X	X		X	X	X	X	X	X	X								10.8	0.11
A180	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve									X									1.4	0.01
A181	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve							X											1.4	0.01
A182	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson ex W. Smith) Cleve			X															1.4	0.01
A183	<i>Diploneis weissflogii</i> (Schmidt) Cleve														X				1.4	0.02
A184	<i>Diploneis</i> sp. 1	X					X	X					X	X					6.8	0.07
A185	<i>Diploneis</i> sp. 2								X										1.4	0.01
Familia Naviculaceae Kützing																				
A217	<i>Navicula abunda</i> Hustedt				X												X		2.7	0.03
A218	<i>Navicula af. accomoda</i> Hustedt	X			X								X	X	X	X			8.1	0.08
A219	<i>Navicula capitata</i> (Grunow) Ross var. <i>hungarica</i>				X								X						4.1	0.05
A220	<i>Navicula capitoradiata</i> (Grunow) Germain	X	X		X	X													5.4	0.07
A221	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard				X												X		4.1	0.04
A222	<i>Navicula crucicula</i> (W. Smith) Donkin				X														1.4	0.01
A225	<i>Navicula af. directa</i> (Wm. Smith) Ralfs var. <i>directa</i>														X				1.4	0.01
A226	<i>Navicula af. directa</i> var. <i>subtilis</i> (Gregory) Cleve												X	X	X		X		5.4	0.06
A227	<i>Navicula af. distans</i> (Wm. Smith) Ralfs in Pritchard				X														2.7	0.03
A229	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing var. <i>cryptocephala</i>	X								X									2.7	0.03
A228	<i>Navicula halophila</i> (Grunow in Van Heurck) Cleve				X												X		2.7	0.03
A230	<i>Navicula</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	54.1	0.69
A231	<i>Navicula</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	33.8	0.44
A232	<i>Navicula</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	29.7	0.33
A233	<i>Navicula</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	40.5	0.51
A234	<i>Navicula</i> sp. 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X									32.4	0.37
A235	<i>Navicula</i> sp. 6	X	X		X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	27.0	0.33
A236	<i>Navicula</i> sp. 7						X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	12.2	0.13
A237	<i>Navicula</i> sp. 8			X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	20.3	0.22
A238	<i>Navicula</i> sp. 9					X		X	X	X							X		6.8	0.08
A239	<i>Navicula</i> sp. 10	X	X		X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	25.7	0.28
A240	<i>Navicula</i> sp. 11	X	X		X	X							X				X		16.2	0.18
Tabla 2. (Continuación)																				
A241	<i>Navicula</i> sp. 12				X	X			X	X			X	X	X				9.5	0.10
Familia Stauroneidaceae D.G. Mann																				
A223	<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D.G. Mann								X	X									4.1	0.04
A224	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Kützing var. <i>cuspidata</i>																X		1.4	0.02

Tabla 1. (Continuación 146)

Familia Pleurosigmataceae																			
Mereschkowsky																			
A286	<i>Pleurosigma diverse-striatum</i> Meister	X	X	X	X	X											X	9.5	0.10
A202	<i>Gyrosigma</i> cf. <i>acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst				X	X		X									X	6.8	0.07
A203	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst										X	X				X	4.1	0.04	
A204	<i>Gyrosigma macrum</i> (W. Smith) Cleve	X															1.4	0.01	
A205	<i>Gyrosigma spencerii</i> (Quekett) Griffith et Henfrey	X			X			X		X							6.8	0.07	
Familia Plagiotropidaceae D.G. Mann in Round et al.																			
A284	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (Gregory) Reimer var. <i>lepidoptera</i>				X	X							X	X			5.4	0.06	
A285	<i>Plagiotropis lepidoptera</i> var. <i>minor</i> (Cleve) Reimer				X												1.4	0.01	
A303	<i>Meuniera membranaceus</i> (Cleve) P.C. Silva in Hasle et Syvertsen															X	1.4	0.01	
Familia Catenulaceae Mereschkowsky																			
A109	<i>Amphora coffeaeformis</i> (Agardh) Kützing var. <i>coffeaeformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	40.5	0.43	
A108	<i>Amphora coffeaeformis</i> var. <i>acutiuscula</i> Kützing (Kützing) Rabenhorst				X												2.7	0.03	
A110	<i>Amphora ostrearia</i> Brébisson ex Kützing var. <i>ostrearia</i>				X												1.4	0.01	
A112	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing var. <i>ovalis</i>	X		X		X			X	X					X	8.1	0.09		
A111	<i>Amphora ovalis</i> var. <i>affinis</i> (Kützing) Van Heurck ex DeTony	X			X					X					X	5.4	0.06		
A113	<i>Amphora ovalis</i> var. <i>pediculus</i> (Kützing) Van Heurck				X											1.4	0.01		
A114	<i>Amphora terroris</i> Ehrenberg				X				X	X	X		X	X	X	13.5	0.14		
A115	<i>Amphora wisei</i> (Salah) Simonsen														X	1.4	0.01		
A116	<i>Amphora</i> sp. 1	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	31.1	0.33		
A117	<i>Amphora</i> sp. 2	X	X		X	X	X	X		X		X	X		X	24.3	0.28		
A118	<i>Amphora</i> sp. 3				X						X				X	4.1	0.05		
A119	<i>Amphora</i> sp. 4				X					X						4.1	0.04		
A120	<i>Amphora</i> sp. 5									X		X	X	X		8.1	0.09		
A121	<i>Amphora</i> sp. 6								X							1.4	0.01		
A122	<i>Amphora</i> sp. 7			X												1.4	0.02		
A123	<i>Amphora</i> sp. 8				X										X	2.7	0.03		
Familia Bacillariaceae Ehrenberg																			
A128	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. F. Müller) Hendey				X	X	X	X	X						X	9.5	0.10		
A206	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow var. <i>amphioxys</i>	X			X								X			4.1	0.04		
A207	<i>Hantzschia amphioxys</i> var. <i>vivax</i> (Hantzsch) Grunow in Cleve et Grunow				X											2.7	0.03		
A324	<i>Tryblionella calida</i> (Grunow in Cleve et Grunow) D.G. Mann in Round et al.	X		X			X	X	X	X						8.1	0.08		
A325	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann in Round et al.														X	1.4	0.01		
A326	<i>Tryblionella levidensis</i> Wm. Smith						X			X	X					4.1	0.05		
A327	<i>Tryblionella</i> cf. <i>litoralis</i> (Grunow in Cleve et Grunow) D.G. Mann in Round et al.										X					1.4	0.01		
A329	<i>Tryblionella punctata</i> Wm. Smith f. <i>punctata</i>				X		X				X	X	X	X	X	24.3	0.29		
A328	<i>Tryblionella punctata</i> f. <i>minor</i> (Hustedt)														X	1.4	0.02		
A330	<i>Tryblionella umbilicata</i> (Hustedt) D.G. Mann in Round et al.	X			X											2.7	0.03		
A331	<i>Tryblionella</i> sp. 1		X		X									X		4.1	0.04		
A332	<i>Tryblionella</i> sp. 2	X												X		2.7	0.03		

Tabla 1. (Continuación 148)

DIVISIÓN: CHLOROPHYTA																
Familia Asteromonadaceae Péterfi in Péterfi et Ionescu																
A386	<i>Aulacomonas submarina</i> Skuja	X	X	X		X	X	X		X	X	X	12.2	0.13		
Familia Tetraselmiaceae Stein																
A375	<i>Tetraselmis</i> sp. 1					X							1.4	0.02		
Familia Polyblepharidaceae (Blackman et Tansley) Oltmanns																
A479	<i>Spermatozopsis exultans</i> Korschikoff	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35.1	0.81
Familia Chlamydomonadaceae G.M. Smith																
A393	<i>Chlainomonas ovalis</i> Christensen									X					1.4	0.01
A387	<i>Carteria cordiformis</i> (Carter) Diesing		X			X	X			X	X				6.8	0.07
A388	<i>Carteria klebsii</i> (Dangeard) Dill		X	X	X	X	X						X		9.5	0.17
A389	<i>Carteria</i> sp. 1					X									1.4	0.01
A390	<i>Carteria</i> sp. 2		X			X	X								4.1	0.04
A394	<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow				X										4.1	0.04
A395	<i>Chlamydomonas</i> cf. <i>pseudopertyi</i> Pascher		X			X	X								1.4	0.01
A396	<i>Chlamydomonas snowii</i> Printz		X												1.4	0.01
A397	<i>Chlamydomonas</i> sp. 1		X	X	X	X			X	X		X		X	14.9	0.17
A398	<i>Chlamydomonas</i> sp. 2					X	X	X	X						5.4	0.06
A425	<i>Haematococcus lacustris</i> (Girod.) Rostafinski				X										1.4	0.01
A404	<i>Chlorogonium acutiformis</i> (Matw.) Bourrelly			X	X	X		X	X			X	X	X	12.2	0.13
A405	<i>Chlorogonium fusiforme</i> Matw.			X					X		X	X	X		6.8	0.08
Familia Phacotaceae (Butschli) Oltmanns																
A391	<i>Cephalomonas granulata</i> Higinbotham	X	X	X	X			X	X			X	X		16.2	0.18
A449	<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Stein	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	35.1	0.42
A385	<i>Arnoldiamonas ocellata</i> Skvortzow	X	X	X									X		6.8	0.07
Familia Volvocaceae Cohn																
A423	<i>Gonium pectorale</i> Mueller						X		X						2.7	0.05
A424	<i>Gonium</i> sp. 1						X		X						2.7	0.04
Familia Chlorococcaceae Blackman et Tansley																
A483	<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	X	X	X	X	X			X	X		X			24.3	0.26
A484	<i>Tetraedron muticum</i> (A. Braun) Hansgirg	X	X		X	X		X	X						13.5	0.14
A485	<i>Tetraedron pentaedricum</i> West et West			X	X	X									4.1	0.04
A486	<i>Tetraedron quadratum</i> (Reinsch) Hansgirg									X					1.4	0.01
A487	<i>Tetraedron regulare</i> var. <i>incus</i> Teiling				X										1.4	0.01
A488	<i>Tetraedron tumidulum</i> (Reinsch) Hansgirg		X	X											2.7	0.03
A478	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann				X										1.4	0.01
A392	<i>Characium ambigum</i> Hermann				X						X	X			4.1	0.05
A402	<i>Chlorococcum</i> sp. 1		X	X				X	X	X		X			8.1	0.73
Familia Chlorellaceae (Wille) Brunthaler																
A399	<i>Chlorella saccharophila</i> var. <i>ellipsoidea</i> (Gerneck) Fott et Nováková in Fott				X	X		X				X			5.4	0.06
A400	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck				X	X									2.7	0.04
A401	<i>Chlorella</i> sp. 1		X	X									X		5.4	0.06
A421	<i>Golenkinia paucispina</i> West et West		X						X						2.7	0.03
A422	<i>Golenkinia radiata</i> (Chodat) Wille					X				X					4.1	0.04
A441	<i>Nannochloris bacillaris</i> Naumann		X	X											2.7	0.03
Familia Oocystaceae Bohlin																
A443	<i>Oocystys parva</i> West et West	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		24.3	0.28

Tabla 1. (Continuación 150)

A457	<i>Scenedesmus bernardii</i> G.M. Smith	X	X	X	X				X	X					9.5	0.13	
A458	<i>Scenedesmus bicaudatus</i> (Hansgirg) Chodat	X	X	X									X		6.8	0.08	
A460	<i>Scenedesmus bijuga</i> (Turpin) Lagerheim var. <i>bijuga</i>	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	36.5	0.40
A459	<i>Scenedesmus bijuga</i> var. <i>alternans</i> (Reinsch) Hansgirg	X							X		X	X				5.4	0.06
A461	<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim	X	X	X	X	X							X		12.2	0.18	
A462	<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	24.3	0.34	
A463	<i>Scenedesmus falcatus</i> Chodat	X		X	X				X	X			X	X	14.9	0.17	
A464	<i>Scenedesmus incrassatulus</i> Bohlin var. <i>incrassatulus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	32.4	0.46
A465	<i>Scenedesmus incrassatulus</i> var. <i>mononae</i> G.M. Smith	X			X										2.7	0.03	
A470	<i>Scenedesmus longispina</i> Chodat var. <i>longispina</i>	X	X	X	X			X	X		X	X	X		14.9	0.19	

Tabla 2. (Continuación)

A466	<i>Scenedesmus longus</i> Meyen var. <i>longus</i>	X											X		2.7	0.03	
A467	<i>Scenedesmus longus</i> var. <i>naegelii</i> (Brébisson) G.M. Smith												X	X	X	4.1	0.04
A469	<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>contacta</i> Prescott	X	X	X					X							5.4	0.06
A472	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson in Brébisson et Godey var. <i>quadricauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	37.8	0.48
A471	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i> West et West	X	X	X					X	X		X			10.8	0.12	
A474	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>westii</i> G.M. Smith	X	X												2.7	0.03	
A475	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. 1				X										1.4	0.01	
A473	<i>Scenedesmus quadrispina</i> Chodat	X	X	X	X	X	X	X	X						17.6	0.33	
A476	<i>Scenedesmus spinosus</i> Chodat			X	X	X				X			X		8.1	0.09	
A477	<i>Scenedesmus</i> sp. 1			X					X						2.7	0.03	
A468	<i>Scenedesmus</i> sp. 2	X	X	X	X								X		6.8	0.07	
A482	<i>Tetradesmus smithii</i> Prescott	X													1.4	0.01	
A377	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim var. <i>hantzschii</i>	X	X	X					X		X	X	X		17.6	0.29	
A376	<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>fluvatile</i> Schröder	X	X								X	X	X	X	8.1	0.09	
A489	<i>Tetralantus lagerheimii</i> Teiling Familia Hydrodictyaceae (S.F. Gray) Dumortier orth. mut. Cohn	X	X	X											4.1	0.04	
A445	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	X	X	X											4.1	0.08	
A446	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>cohaerens</i> Bohlin	X													1.4	0.02	
A448	<i>Pediastrum simplex</i> (Meyen) Lemmermann var. <i>simplex</i>	X													1.4	0.02	
A447	<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i> (Bailey) Rabenhorst Familia Peniaceae Silva	X	X	X	X										9.5	0.13	
A406	<i>Closterium acerosum</i> Schrank ex Ralfs	X													0.0	0.00	
A407	<i>Closterium setaceum</i> var. <i>vittatum</i> Grönblad	X	X	X											1.4	0.01	
A408	<i>Closterium</i> sp. 1 Familia Desmidiaceae Ralfs sensu Silva	X													1.4	0.01	
A410	<i>Cosmarium contractum</i> var. <i>indentatum</i> (Grönblad) Krieger et Gerloff	X													1.4	0.01	
A411	<i>Cosmarium</i> af. <i>lobatum</i> Børgesen	X											X		2.7	0.03	
A412	<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson var. <i>punctulatum</i> f. <i>punctulatum</i>	X													4.1	0.04	
A413	<i>Cosmarium tenue</i> Archer var. <i>tenue</i>	X													1.4	0.02	

