D.R. © TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 15(2):85-96, 2012

Consideraciones sobre las algas del Valle de Tehuacán–Cuicatlán

Eberto Novelo
Algas Continentales, Ecología y Taxonomía, Depto. de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad Universitaria, Apdo. Postal 70-474, C.P. 04510, Deleg. Coyoacán, México, D.F. E-mail: novelo@unam.mx, enm@ciencias.unam.mx

Resumen
El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una zona semiárida que presenta una flora de algas rica en los cuerpos de agua temporales y permanentes, consta de 357 especies, muchas de ellas no registradas previamente en México: 183 especies de Bacillariophyta representan cerca del 50 % de la flora; 81 especies de Cyanoprokaryota constituyen el 22 % de la misma, 77 especies de Chlorophyta aportan el 20 % de la riqueza; complementan la flora 10 especies de Euglenophyta (2.8 %), 5 especies de Heterokontophyta (1.4 %) y una especie de Rhodophyta (0.2 %). Las especies más frecuentes y más ampliamente distribuidas son en su mayoría alcalífilas y eurihalobias. Sin embargo, la mayoría de las especies se distribuyen principalmente en una o dos localidades y en dos tipos de ambientes (canales de riego y charcos). Se discute sobre la heterogeneidad de la composición tomando en cuenta la frecuencia de aparición en las muestras y en las cuatro zonas del Valle y el significado de esa distribución. El análisis de distribución y dominancia de las especies sugiere que las condiciones acuáticas del Valle son muy cambiantes y ello promueve la proliferación de especies de un espectro ecológico amplio, dentro de los límites generales de alcalinidad y salinidad moderadas.
Palabras Clave: Algas continentales, biodiversidad, Oaxaca, Puebla.

Abstract
The Valley of Tehuacán-Cuicatlán is a semi-arid area that has a rich flora of algae in temporary and permanent water bodies, consisting of 357 species, many of them not previously registered in Mexico. The richness of this flora is distributed as follows: 183 species of Bacillariophyta (nearly 50%), 81 species of Cyanoprokaryota (22%), 77 species of Chlorophyta (20%); 10 species of Euglenophyta (2.8%), 5 species of Heterokontophyta (1.4%) and one species of Rhodophyta (0.2%). The most frequent and widely distributed are mainly alkaliphilous and euryhalobous algae. However, the majority of them are distributed in one or two localities and in two types of environments (irrigation canals and ponds). We discuss the heterogeneous composition by taking into account the frequency of occurrence in samples and in the four zones of the Tehuacán-Cuicatlán Valley as well as the significance of that distribution. Analysis of distribution and species dominance suggests that water conditions of this valley are very changeable and promote the proliferation of species of broad ecological range, within the overall limits of moderate alkalinity and salinity.
Key Words: Continental algae, biodiversity, Oaxaca, Puebla.

Introducción
El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es una Reserva de la Biosfera y cuenta con una diversidad biológica importante por ser el extremo sur de los desiertos de Norteamérica. Sin embargo, en el recuento de esa diversidad no se han considerado, hasta ahora, las especies pertenecientes a las Divisiones algales, presentes no sólo en los cuerpos de agua permanentes y temporales, sino también en condiciones subaéreas (costras microbióticas, algas de suelo, algas epilíticas, etc.). Las algas acuáticas y subaéreas, a pesar de su presencia evidente y constante en el Valle no habían sido objeto de estudio, sino hasta recientemente; al trabajo pionero

Nota: Artículo recibido el 28 de mayo de 2012 y aceptado el 25 de septiembre de 2012.

de Sámano[1] se han incorporado tesis de licenciatura, maestría y doctorado y algunas publicaciones[2-12]. Novelo [13-15] ha reunido las descripciones morfológicas y ecológicas, así como las ilustraciones de las Cyanoprokaryota, Chlorophyta y Bacillariophyta del Valle.

Una de las metas de la florística es la de dar explicaciones sobre el desarrollo histórico del conjunto de plantas de un lugar, haciendo énfasis en las especies endémicas, las que se encuentran amenazadas, en peligro de extinción o el grado de conservación en el que se encuentran las poblaciones. En la realización de una flora, la presencia de las plantas califica a la región donde se encuentran, sin embargo, las delimitaciones geográficas, políticas y ambientales son necesarias por cuestiones prácticas, especialmente en el caso de las algas en el que no existen elementos suficientes para ubicar orígenes regionales o afinidades ecológicas de la mayoría de las especies. Por ello es necesario tratar de conocer el grado de interrelación que establecen las poblaciones algales en una región amplia: ¿existen patrones de distribución en esta región? ¿las condiciones ambientales generales son los factores primordiales en la distribución de las especies?, o ¿son las condiciones particulares en cada microambiente las que determinan la presencia de las algas? ¿se pueden reconocer los espectros ecológicos registrados en la bibliografía para las especies presentes en el Valle? Éstas son las preguntas que nos hicimos al completar el registro y documentación de las especies en el Valle para su publicación[13-15]. En este trabajo iniciamos un primer acercamiento a la flora algal de esta zona vista como un todo, en especial en lo que se refiere a la distribución global de las especies dentro del Valle, en los ambientes y su comparación con la flora de otras regiones del país.

Área de estudio

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán está situado entre los 17° 39' y los 18° 53' N y los 96° 55' y los 97° 44' O. Limita al este con la Sierra de Zongolica, al oeste con la Sierra de Zapotitlán, la Sierra de Zoltepec al norte y al sur con la Sierra de Tepeaca. El Valle se extiende en dirección NO-SE con un área de más de 10,000 km^2. Al norte está comunicado con La Mesa de Puebla y tiene una altitud media de 1200 msnm. Los principales ríos de esta zona son el Tehuacán, el Tonto, el Zapotitlán, el Chilac y el Salado y son parte de la cuenca alta del Río Papaloapan que también incluye las Lagunas Mayor y Menor de San Bernardino Lagunas. Todo el Valle está comunicado por canales de irrigación. El clima predominante es semiárido con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 18 °C; el índice de aridez (Emberger modificado) es de 53 a 118 (semiárido), pero existen dos áreas con un índice mayor, indicando zonas áridas como parte del Valle[16]. La vegetación original es selva baja caducifolia en las laderas de la Sierra de Zongolica y selva baja espinosa caducifolia y matorral crasicaule en la Sierra de Zapotitlán. En el centro del Valle predomina el matorral crasicaule y el matorral desértico rosetifolio. Caracterizaciones detalladas del Valle se encuentran en múltiples publicaciones entre las que destacan las de Dávila *et al*.[17] y Valiente-Banuet *et al*.[18]

Los sitios de recolección fueron los cuerpos de agua del centro del Valle y aquéllos que se señalan como permanentes en las cartografías accesibles. Los sitios se muestran en la Figura 1 y sus nombres, tipos de ambientes y localizaciones en la Tabla I.

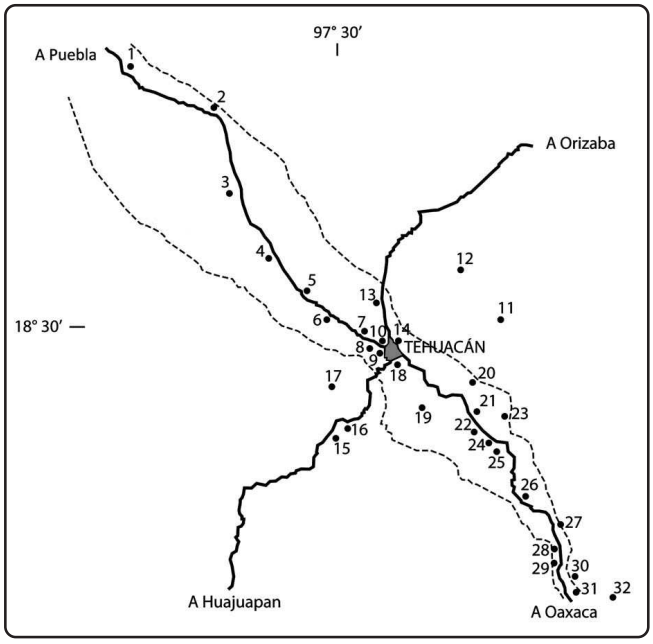

Figura 1. Localización de los sitios de muestro en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. La línea punteada marca la cota de los 2,000 msnm.

Métodos

La flora fue compilada de los trabajos de Ávila[2-3], Cuesta[4], Ibarra[5-6], Navarro[8] y Novelo[9-11,13-15], las muestras correspondientes están depositadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME) y fueron recolectadas en el periodo 1977-1987. Los datos ambientales y composición específica de las muestras analizadas se encuentran en Novelo[11]. Las especies se identificaron con los sistemas taxonómicos propuestos por Anagnostidis y Komárek[19] y Komárek y Anagnostidis[20-22] para las Cyanoprokaryota; Hoek *et al*.[23] para las Chlorophyta y grupos menos representados y Round *et al*.[24] para las Bacillariophyta. Para todos los grupos hubo adecuaciones a la sistemática considerando las propuestas recientes. Los nombres científicos fueron corroborados con el Index Nominum Algarum[25] y actualizados en AlgaeBase[26]. La documentación bibliográfica para cada especie fue revisada y se registraron las condiciones ambientales y distribución geográfica de cada una en una base de datos[27], la cual se utilizó para la interpretación de las condiciones ambientales y los espectros ecológicos de cada especie.

Localidad	Latitud N, longitud O	Municipio, Estado
1. San Hipólito Xochiltenango: río, pozas, rápidos, remansos	18° 54' 14.39'', 97° 54' 17.97''	Tepeaca, Pue.
2. Tecamachalco: canal de concreto	18° 52' 59.35'', 97° 44' 47.17''	Tecamachalco, Pue.
3. Tlacotepec: estanque	18° 39' 56.85'', 97° 38' 53.36''	Tehuitzingo, Pue.
4. Cacaloapan: charco	18° 35' 03.08'', 97° 35' 13.21''	Tepanco de López, Pue.
5. Tepanco: canal de riego	18° 33' 19.44'', 97° 32' 58.17''	Tepanco de López, Pue.
6. Granja porcina: aspersores en un cultivo	18° 32' 06.60'', 97° 31' 43.93''	Tepanco de López, Pue.
7. Francisco I. Madero: tanque de concreto, canales de riego	18° 30' 24.95'', 97° 29' 05.88''	Tepanco de López, Pue.
8. Francisco I. Madero: río	18° 30' 01.31'', 97° 28' 02.01''	Tepanco de López, Pue.
9. San Lorenzo: albercas y estanques	18° 28' 24.74'', 97° 26' 10.81''	Tehuacán, Pue.
10. Tehuacán-San Lorenzo: arroyo, canales y charcos	18° 28' 26.04'', 97° 25' 46.18''	Tehuacán, Pue.
11. San Bernardino Lagunas: lagos	18°36' 20.19'', 97° 15' 56.10''	Vicente Guerrero, Pue.
12. Nicolás Bravo: arroyo	18° 36' 20.50'', 97° 17' 44.89''	Nicolás Bravo, Pue.
13. El Carmen: canal de riego, suelo seco	18° 35' 29.65'', 97° 26' 57.87''	Santiago Miahuatlán, Pue.
14. Ex Hda. Garci Crespo: canal de riego, represa	18° 29' 07.26'', 97° 24' 38.55''	Tehuacán, Pue.
15. Río el Gavilán, Zapotitlán: río	18° 19' 28.82'', 97° 29' 41.04''	Zapotitlán, Pue.
16. Zapotitlán de las Salinas: salinas, estanque	18° 20' 48.53'', 97° 26' 57.91''	Zapotitlán, Pue.
17. San Antonio Texcala: arroyo y manantial	18° 24' 33.86'', 97° 26' 51.31''	Zapotitlán, Pue.
18. Tehuacán: represa, canal de riego	18° 26' 27.83'', 97° 23' 53.89''	Tehuacán , Pue.
19. El Humilladero: canal de riego	18° 22' 48.86'', 97° 20' 17.35''	Altepexi, Pue.
20. Ajalpan: charco, canal de riego	18° 23' 49.67'', 97° 15' 37.38''	Ajalpan, Pue.
21. San Sebastián Zinancatepec: canal, suelo húmedo	18° 19' 35.16'', 97° 14' 10.85''	San Sebastián Zinancatepec, Pue.
22. Zicastla: río, charcos	18° 17' 36.26'', 97° 11' 44.58''	Coxcatlán, Pue.
23. San Luis Puin: suelo seco y charco	18° 21' 53.68'', 97° 12' 54.91''	Ajalpan, Pue.
24. Calipan-Ajalpan: canal de riego	18° 23' 25.88'', 97° 18' 25.88''	Coxcatlán, Pue.
25. Ajalpan: canal de riego	18° 21' 46.66'', 97° 15' 02.04''	Ajalpan, Pue.
26. Río San Martín: río, charcos, remansos	18° 04' 53.23'', 97° 04' 00.28''	Teotitlán, Oax.
27. Ajalpan-San Sebastián: canal de riego, represa	18° 21' 14.53'', 97° 14' 55.72''	Ajalpan, Pue.
28. San Juan: arroyo	18° 02' 46.45'', 97° 04' 03.90''	San Juan Los Cues, Oax.
29. Tecomavaca-Tehuacán: arroyo	17° 56' 45.88'', 97° 01' 12.57''	Toxpalan, Oax.
30. Río Salado: río, charcos aislados	17° 55' 09.83'', 96° 59' 14.28''	Santa María Ixcatlán, Oax.
31. Río Santo Domingo: río	17° 55' 10.31'', 96° 58' 19.43''	Santa María Ixcatlán, Oax.
32. Unión Salado y Santo Domingo: ríos	17° 55' 06.97'', 96° 58' 23.79''	Santa María Ixcatlán, Oax.

Tabla I. Localización de los sitios de recolección en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y tipos de ambientes presentes. Localidades 1-10: zona NO; localidades 11-14: zona NE; localidades 15-18: zona SO; localidades 19-32: zona SE.

La importancia de las especies en el Valle de acuerdo con su presencia en las muestras y en las localidades se determinó según la escala de Wasylik[28]:

- las especies dominantes aparecen en 61-100 % de las muestras,
- las especies subdominantes aparecen en 21-60 % de las muestras,
- las especies adominantes aparecen en 1-20 % de las muestras,
- las especies distribuidas regionalmente aparecen en 61-100% de las localidades,
- las especies distribuidas localmente aparecen en 21-60 % de las localidades y
- las especies con distribución restringida aparecen en 1-20 % de las localidades.

Las afinidades florísticas fueron evaluadas utilizando el coeficiente de Jaccard y una matriz de contingencia de dos vías para datos de presencia. Después se utilizó un método de agrupamiento secuencial, aglomerativo, jerárquico y anidado

(SAHN, por sus siglas en inglés) con el método de agrupamiento de grupos de pares no ponderados y promedios aritméticos (UPGMA), que se representa gráficamente. Esas operaciones fueron hechas con la versión 2.2 de NTSYS-pc[29]

Resultados

Se registraron las especies de 153 muestras provenientes de 32 localidades, con un promedio de 4.7 muestras por localidad. Once localidades (34 %) con una o dos muestras fueron de ambientes temporales, presentes durante las estaciones de lluvias (verano).

Registros por localidad y riqueza de especies

En la localidad Ex Hacienda Garci-Crespo se presentaron más de 95 especies, mientras que en las Salinas de Zapotitlán sólo 12 especies fueron encontradas. En las muestras de la localidad donde se unen los ríos Salado y Santo Domingo no se encontraron ejemplares vivos, sólo frústulas rotas de diatomeas. El promedio de especies presentes por localidad fue de 40 y el número de especies por muestra fue de 1 a 85.

Se obtuvieron 2,793 registros de la presencia de 357 especies, incluyendo 23 morfotipos de *Oedogonium*, *Mougeotia* y *Spirogyra* que no presentaron estructuras reproductoras necesarias para su identificación. Se registraron 183 especies (51.2 %) de Bacillariophyta, 81 especies (22.6 %) de Cyanoprokaryota, 77 especies (21.5 %) de Chlorophyta, 10 especies (2.8 %) de Euglenophyta, 5 especies (1.5 %) de Heterokontophyta y 1 especie (0.2 %) de Rhodophyta.

Ochenta y dos géneros estuvieron presentes con una especie, mientras que los géneros con más especies fueron *Nitzschia* con 27 especies, *Navicula* con 23 especies y *Phormidium* con 17 especies. Del total de especies, 65 no habían sido registradas previamente en México.

Las especies más frecuentes de Cyanoprokaryota en las muestras fueron *Planktothrix agardhii*, *Spirulina major* y *Chroococcopsis gigantea*. Las Chlorophyta más frecuentes en las muestras fueron *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Cladophora glomerata* y *Chlamydocapsa ampla*. Las Heterokontophyta más frecuentes fueron *Vaucheria geminata*, *Tribonema aequale* y *Tribonema gayanum* y las Bacillariophyta más frecuentes fueron *Ulnaria ulna, Gomphonema parvulum* y *Nitzschia frustulum*. La dominancia de las especies más frecuentes en las muestras se enlista en la Tabla II.

Frecuencia y distribución de especies

En cuanto a su frecuencia, 142 (39.7 %) especies estuvieron presentes en una localidad solamente y 34 se encontraron en más de 10 localidades. Es de notar que la suma de las recolectadas en una a tres localidades corresponde a más del 66 % de la riqueza florística del Valle (Figura 2). También es de notar que en la zona NO se presentó el mayor número de especies de Cyanoprokaryota, en la zona NE de Chlorophyta y en la zona SE de Bacillariophyta (Figura 3); además, en cada una de estas zonas hay un componente único de especies de cada División que no aparece en las otras zonas (Tabla III).

La zona noroeste del Valle tiene un mayor número de especies totales, pero al ordenar la aportación de cada localidad a la flora, tenemos que en cada una de las zonas NO, NE y SE aparecen el 50 % o más del total de los taxones presentes en todo el valle (Tabla IV, Figura 4).

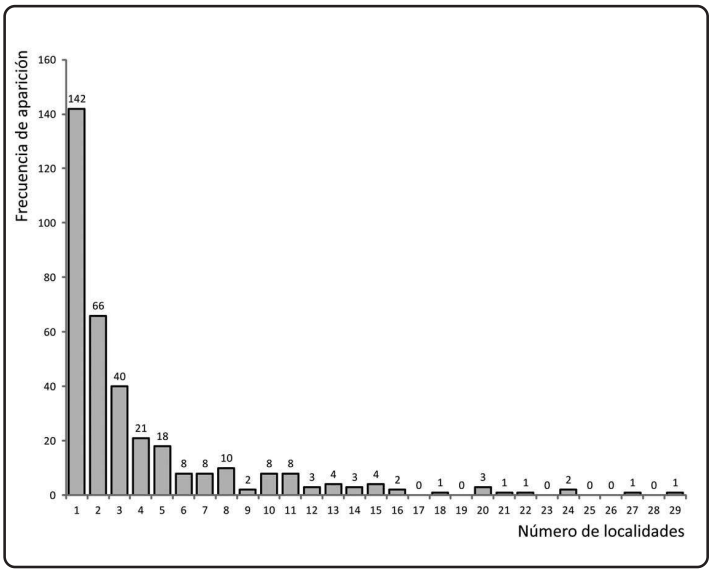

Figura 2. Número de localidades en los que aparecen las especies, ordenadas por frecuencia de aparición.

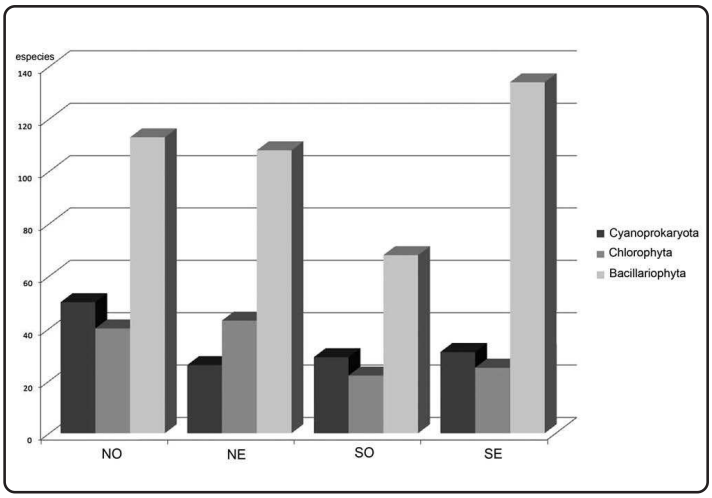

Figura 3. Número de especies por División presentes en cuatro zonas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Especie	Af ecol	Nm	Dm	Nl	Dl	Z
Gomphonema parvulum Kützing	neutrófila, oligohalobia	77	S	28	R	NO, NE, SO, SE
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	alcalífila, eurihalobia	85	D	27	R	NO, NE, SO, SE
Nitzschia frustulum (Kützing) Grunow	alcalífila, eurihalobia	47	S	24	R	NO, NE, SO, SE
Denticula kuetzingii Grunow	alcalífila, oligohalobia	75	S	24	R	NO, NE, SO, SE
Achnanthidium affine (Grunow) Czarnecki	alcalífila, eurihalobia	40	S	23	R	NO, NE, SO, SE
Tryblionella apiculata Gregory	neutrófila, oligohalobia	39	S	20	R	NO, NE, SO, SE
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	ph ind., oligohalobia	41	S	20	R	NO, NE, SO, SE
Planothidium dubium (Grunow) Round & Bukhtiyarova	alcalífila, eurihalobia	40	S	19	L	NO, NE, SO, SE
Halamphora veneta (Kützing) Levkov	alcalífila, oligohalobia	40	S	19	L	NO, NE, SO, SE
Gomphonema gracile Ehrenberg	alcalífila, oligohalobia	27	S	19	L	NO, NE, SO, SE
Cyclotella meneghiniana Kützing	alcalífila, oligohalobia	39	S	17	L	NO, NE, SO, SE
Navicula cryptocephala Kützing	alcalífila, eurihalobia	20	A	15	L	NO, NE, SO, SE
Hantzschia amphioxys (Ehrenberg) Grunow	alcalífila, eurihalobia	24	A	15	L	NO, NE, SE
Cocconeis placentula var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve	alcalífila, eurihalobia	15	A	15	L	NO, NE, SO, SE
Rhizoclonium hieroglyphicum (Agardh) Kützing	alcalífila, eurihalobia	23	A	14	L	NO, NE, SO, SE
Amphora pediculus (Kützing) Grunow	alcalífila, eurihalobia	15	A	14	L	NO, NE, SO, SE
Luticola goepperiana (Bleisch) D.G. Mann	alcalífila, oligohalobia	15	A	14	L	NO, NE, SE
Cladophora glomerata (L.) Kützing	alcalífila, eurihalobia	19	A	13	L	NO, NE, SO, SE
Nitzschia clausii Hantzsch	alcalífila, eurihalobia	28	A	13	L	NO, NE, SO, SE
Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot	neutrófila, oligohalobia	29	A	13	L	NO, NE, SO, SE
Gomphonema clavatum Ehrenberg	neutrófila, oligohalobia	14	A	13	L	NO, SO, SE
Craticula cuspidata (Kützing) D.G. Mann	alcalífila, eurihalobia	14	A	13	L	NO, NE, SO, SE
Halamphora coffeaeformis (Agardh) Levkov	alcalífila, mesohalobia	15	A	12	L	NO, NE, SO, SE
Surirella tenera Gregory	neutrófila, oligohalobia	18	A	11	L	NO, NE, SE
Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis & Komárek	neutrófila, mesohalobia	26	A	10	L	NO, NE, SE
Cocconeis placentula Ehrenberg	alcalífila, oligohalobia	27	A	10	L	NO, NE, SO, SE
Navicula capitatoradiata Germain	neutrófila, oligohalobia	32	A	10	L	NO, NE, SO, SE
Luticula mutica (Kützing) D.G. Mann	alcalífila, oligohalobia	20	A	10	L	NO, NE, SO, SE
Navicula veneta Kützing	neutrófila, mesohalobia	21	A	10	L	NO, NE, SE
Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot	alcalífila, oligohalobia	28	A	10	L	NO, NE, SE
Gomphonema affine Kützing	alcalífila, oligohalobia	17	A	9	L	NO, NE, SE
Chlamydocapsa ampla (Kützing) Fott	neutrófila, oligohalobia	12	A	8	L	NO, NE, SE
Spirulina major Kützing ex Gomont	alcalífila, eurihalobia	13	A	7	L	NE, SO, SE
Ulva intestinalis L.	alcalífila, eurihalobia	13	A	7	L	NO, NE, SO, SE
Chroococcopsis gigantea Geitler	neutrófila, oligohalobia	15	A	6	r	NO, SO, SE

Tabla II. Dominancia y distribución de los taxones más frecuentes. Af. ecol. = afinidad ecológica: alcalífila = se desarrolla mejor en pH mayor a 8; neutrófila = se desarrolla mejor en pH cercano a 7; oligohalobia = se desarrolla mejor en salinidades menores de 500 ups; mesohalobia = se desarrolla mejor en salinidades entre 500 y 30 000 ups; eurihalobia = se desarrolla en un amplio rango de salinidad. Nm = Número de muestras en las que se presenta; Dm = Dominancia en las muestras: D= Dominantes, 61 a 100 %; S=subdominantes, 21 a 60 %; A= adominantes, 1 a 20 %; Nl = Número de localidades en las que se presenta; Dl = Distribución de las especies en las localidades: R= Distribución regional: 61 a 100 %; L= distribución local: 21 a 60 %; R=restringida, 1 a 20 %.

CYANOPROKARYOTA en NO

Calothrix parietina (Näg.) Thur.
Cylindrospermum stagnale (Kütz.) Born. & Flah.
Chamaecalyx swirenkoi (Sirsov) Kom. & Anag.
Chlorogloea cuauhtemocci Kom. & Mont.
Chroococcus minor (Kütz.) Näg.
Ch. minutus (Kütz.) Näg.
Ch. mipitanensis (Wolos.) Geitler
Ch. polyedriformis Schmid.
Gomphosphaeria multiplex (Nyg.) Kom.
Jaaginema geitleri (Frémy) Anag. & Kom.
Leptolyngbya tenuis (Gom.) Anag. & Kom.
Merismopedia punctata Meyen
Microcoleus paludosus Kütz. ex Gom.
Oscillatoria princeps Vaucher ex Gom.
Phormidium corium Gom.
Ph. hamelii (Frémy) Anag. & Kom.
Ph. papyraceum Gom.
Ph. tinctorium Kütz. ex Gom.
Schizothrix lardacea Gom.
Spirulina nordstedtii Gom.

CHLOROPHYTA en NE

Coelastrum microporum Näg.
Cosmarium polygonum f. *rectum* Bic.
Desmodesmus brasiliensis (Böh.) Heg.
D. abundans (Kirch.) Heg.
Microspora stagnorum (Kütz.) Lagerh.

CHLOROPHYTA en NE

Monoraphidium minutum (Näg.) Kom.-Legn.
Oocystis parva West & West
Scenedesmus acutus Meyen
Tetraedron minimum (A. Br.) Hansg.

BACILLARIOPHYCEAE en SE

Amphipleura pellucida (Kütz.) Kütz.
Amphora delicatissima Krasske
A. eximia Carter
Caloneis silicula (Ehr.) Cl.
Conticriba weissflogii (Grun.) Stach.-Such. & Will.
Ctenophora pulchella (Kütz.) Will. & Round
Cyclotella ocellata Pant.
Cymbella affinis Kütz.
Navicula cryptotenella L.-Bert.
N. gregaria Donk.
N. viridula var. *rostellata* (Kütz.) Cl.
Nitzschia brevissima Grun.
N. compressa var. *vexans* (Grun.) L.-Bert.
N. scalpelliformis (Grun.) Grun.
Pinnularia appendiculata (Ag.) Cl.
Placoneis clementis (Grun.) Cox
P. elginensis (Greg.) Cox
Stauroneis obtusa Lang.
Tryblionella calida (Grun.) Mann
T. compressa var. *elongata* (Grun.) L.-Bert.
T. levidensis W. Smith

Tabla III. Especies presentes sólo en alguna de las zonas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Especies de Cyanoprokaryota presentes sólo en el NO; especies de Chlorophyta presentes sólo en el NE y especies de Bacillariophyta presentes sólo en el SE.

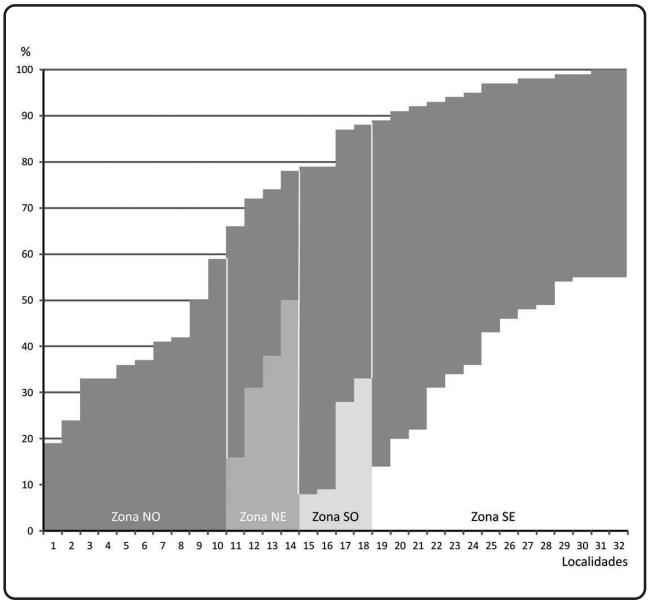

Figura 4. Porcentajes de especies acumulados por zonas y en total en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Al comparar las similitudes de la composición específica entre las localidades, tanto con el total de las especies como sólo con las diatomeas (Figura 5a, b), se obtuvieron agrupaciones poco relevantes. Al descartar de la matriz original las 9 especies más ampliamente distribuidas tampoco se obtuvieron agrupaciones definidas (Figura 5c, d).

Afinidades ecológicas

Las Bacillariophyta fueron principalmente metafíticas y perifíticas en todas las localidades asociadas a crecimientos de *Cladophora* spp., *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Ulva intestinalis* e *Hydrodictyon reticulatum*. Sólo algunas diatomeas fueron especies epilíticas o planctónicas en el Valle. Las Cyanoprokaryota epilíticas fueron poco evidentes o raras comparadas con las de otras regiones de México[30] y fueron principalmente organismos filamentosos subaereofíticos, esos filamentos crecen como películas en ambientes estacionales. Las Chlorophyta fueron planctónicas, subaerofíticas o edáficas y principalmente de formas coccoides, pero los filamentos de ese grupo forman matas muy abundantes cubriendo grandes extensiones en lugares con aguas corrientes. Un ejemplo de

Localidad	Tax. nuevos	Tax. acum.	% total	Tax. nuevos reg.	Acum. reg.	% reg.
ZONA NO						
1	71	71	19			
2	17	88	24			
3	30	118	33			
4	2	120	33			
5	10	130	36			
6	4	134	37			
7	14	148	41			
8	5	153	42			
9	38	181	50			
10	30	211	59			
ZONA NE						
11	25	236	66	59	59	16
12	24	260	72	55	114	31
13	6	266	74	22	136	38
14	13	279	78	43	179	50
ZONA SO						
15	4	283	79	29	29	8
16	2	285	79	6	35	9
17	27	312	87	66	101	28
18	5	317	88	20	121	33
ZONA SE						
19	2	319	89	51	51	14
20	6	325	91	21	72	20
21	4	329	92	9	81	22
22	4	333	93	30	111	31
23	5	338	94	13	124	34
24	2	340	95	7	131	36
25	8	348	97	23	154	43
26	1	349	97	12	166	46
27	1	350	98	6	172	48
28	2	352	98	4	176	49
29	4	356	99	20	196	54
30	0	356	99	1	197	55
31	1	357	100	2	199	55
32	0	357	100	0	199	55

Tabla IV. Localidades y sus taxones acumulados. Tax. nuevos: número de taxones que aparecen por primera vez en la zona; Tax. acum: suma de taxones que aparecen por primera vez en el Valle; Tax. nuevos reg.: suma de taxones que aparecen por primera vez en la región; Acum. reg.: suma de los que aparecen por primera vez en la zona; % total, % reg.: porcentajes totales y regionales. En sombreado obscuro se muestra el porcentaje regional.

afinidades se muestra en la Tabla V con las especies que se presentaron solamente en un ambiente. En general, la mayoría de las especies son euriahalobias y afines a condiciones alcalinas.

Discusión

Registros por localidad y registros de especies

El promedio de especies por muestra (40) nos podría indicar que en cada sitio existen condiciones propicias, no limitantes, para el desarrollo de las algas. Las muestras monoespecíficas fueron principalmente de *Chara* y por su condición macrofítica no fueron analizadas para el registro de algas metafíticas o epífitas, lo que explica que el promedio sea tan alto. Una muestra con 85 especies indica un sitio relativamente rico en nutrientes. Si el intervalo de especies presentes en las muestras es tan amplio en todo el Valle, significa que los microambientes son heterogéneos entre sí, pero constantes en sus condiciones particulares. Esta explicación también se puede aplicar a las localidades. Una localidad con 12 especies significa que existen condiciones limitantes respecto de otra en la que aparecieron 95 especies (más del 25 % de la riqueza total). Si consideramos que

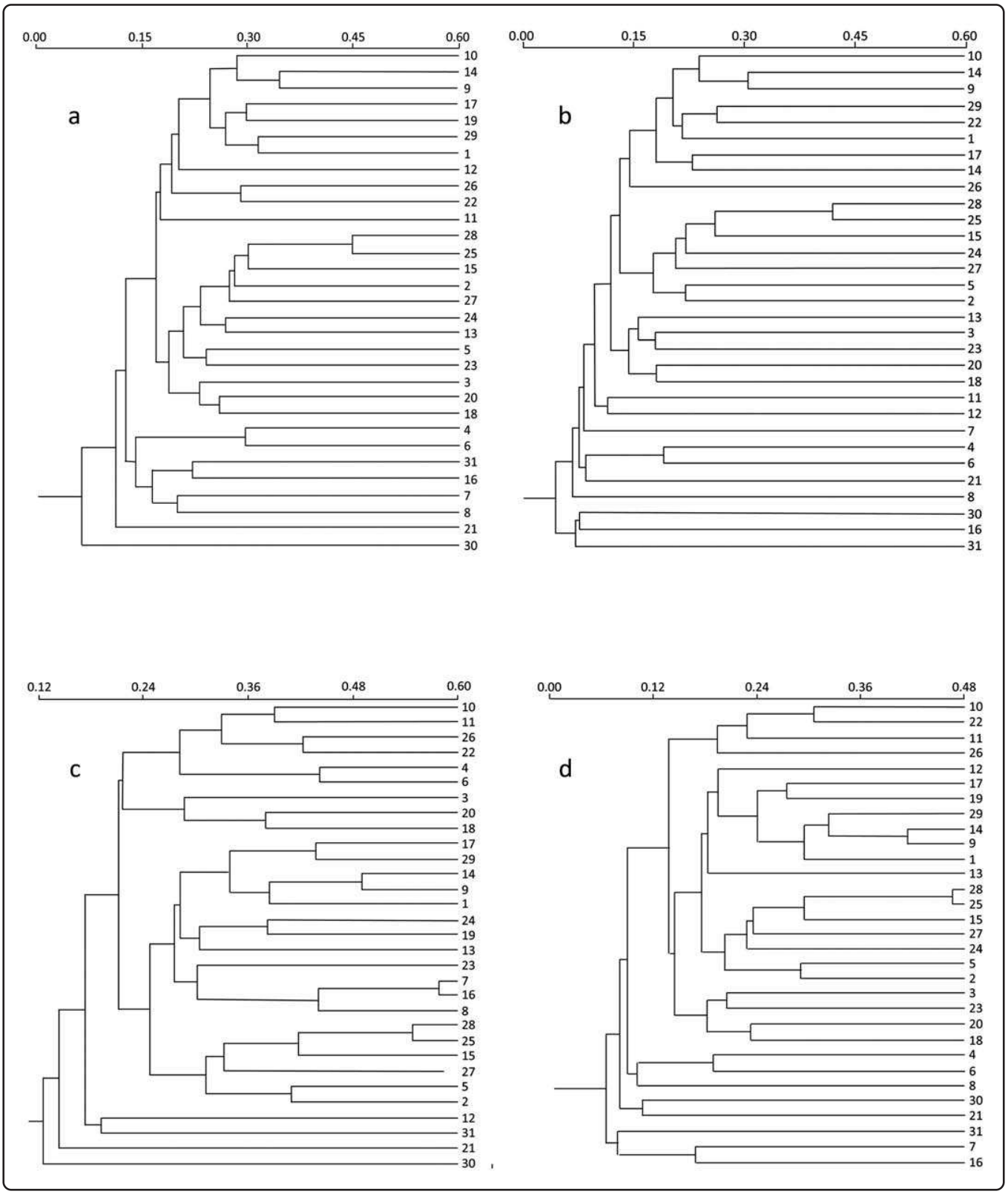

Figura 5. Afinidades en la composición entre localidades según el coeficiente de Jaccard. a) Con la totalidad de las especies; b) sólo con la totalidad de diatomeas; c) eliminando las 9 especies más frecuentes en las muestras; d) sólo diatomeas, sin las 9 especies más frecuentes en las muestras.

RÍOS
(12 especies)
Aphanocapsa pulchra (Kütz.) Rabenh.
Cosmarium angulosum Bréb.
Gloeocystis vesiculosa Näg.
Mastogloia lacustris (Grun.) Grun.
Mougeotia sp. 3
Oedogonium sp. 6
Phormidium willei (Gard.) Anag. & Kom.
Placoneis gastrum (Ehr.) Mers.
Planothidium frecuentissimum (L.-Bert.) Round & Buth.
Scenedesmus aculeatus Reinsch
Stauroneis obtusa Lag.
Synechocystis sp.

ARROYOS
(15 especies)
Amphora delicatissima Krasske
Conticriba weisflogii (Grun.) Stach.-Such. & Will.
Cymbella tumidula Grun.
Cymbopleura amphicephala (Näg.) Krammer
Gyrosigma exilis (Grun.) Reimer
Jaaginema quadripunctulatum (Brüh. & Bis.) Anag. & Kom.
Mougeotia sp. 2
Navicula cryptotenella L.-Bert.
Oedogonium sp. 5
Ophiocityum arbuscula (A. Br.) Rabenh.
Placoneis clementis (Grun.) Cox
P. elginensis (Greg.) Cox
Psammothidium kryophilum (Peters.) Reich.
Sellaphora hustedtii (Krass.) L.-Bert. & Wer.
Stauroneis smithii var. *smithii* Grun.

CANALES
(31 especies)
Amphipleura lindheimeri Grun.
Caloneis westii (W. Smith) Hendey
Chroococcus minor (Kütz.) Näg.
Cylindrospermum stagnale (Kütz.) Born. & Flah.
Cymbella affinis Kütz.
Euglena sp. 2
Follicularia sp.
Geitlerinema claricentrosum (Gard.) Anag.

CANALES
Gongrosira lacustris Brand
Halamphora acutiuscula (Kütz.) Levkov
Komvophoron minutum (Sku.) Anag. & Kom.
Microcoleus paludosus (Kütz.) Gom.
Navicula gregaria Donkin
N. subrhynchocephala Hust.
Nitzschia brevissima Grun.
N. scalpelliformis (Grun.) Grun.
N. sigmoidea (Nitzsch.) W. Smith
Oedogonium sp. 7
Oedogonium sp. 8
Oedogonium sp. 9
Oedogonium sp. 10
Pandorina morum (Müller) Bory
Parlibellus protracta (Grun.) Wit.
Phormidium ambiguum Gom.
Pseudostaurosira brevistriata (Grun.) Will. & Round
Schizotrhix lardacea (Ces.) Gom.
Sellaphora stroemii (Hust.) Kob.
Stigeoclonium nanum (Dill.) Kütz.
Tribonema monocloron Pasch. & Geitl.
Tryblionella compressa var. *compressa* (Bail.) Poulin
T. compressa var. *elongata* (Grun.) L.-Bert.

LAGOS
(10 especies)
Anabaena sp.
Aphanothece elabens (Bréb.) Elenk.
Bulbochaete sp.
Cosmarium polygonum f. *rectum* Bic.
Epithemia adnata (Kütz.) Bréb.
Euglena sp. 1
Microspora stagnorum (Kütz.) Lagerh.
Monoraphidium minutum (Näg.) Kom.-Legn.
Oocystis parva West & West
Tetraedron minimum (A. Braun) Hansg.

CHARCOS TEMPORALES
(29 especies)
Chroococcus polyedriformis Schm.
Closterum moniliferum (Bory) Ehr.
Ctephora pulchella (Kütz.) Will. & Round
Cyclotella ocellata Pant.
Cymatopleura solea (Bréb.) W. Smith

CHARCOS TEMPORALES
Cymbella lanceolata (Ehr.) Kirch.
Cymbopleura inaequalis (Ehr.) Kramm.
Euglena sp. 3
Euglena sp. 4
Euglena sp. 6
Euglena sp. 5
Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills
Gomphonema sp. 1
Leptolyngbya tenuis (Gom.) Anag. & Kom.
Navicula radiosa Kütz.
Nitzschia commutata Grun.
N. palea var. *tenuirostris* Grun.
Nitzschia sp. 1
Oedogonium sp. 2
Phacus acuminatus Stokes
P. pleuronectes (Müller) Dujar.
Pinnularia microstauron (Ehr.) Cleve
Spirogyra sp. 3
Spirogyra sp. 4
Spongiochloris sp. 1
Stauroneis anceps Ehr.
Trachelomonas bernadinensis Visch.
*T. hisp*ida (Perty) Stein
Tryblionella calida (Grun.) Mann

REPRESAS
(5 especies)
Cymbella cistula (Emp. & Ehr.) Kirch.
Chaetoceros muelleri Lemm.
Gomphonema olivaceum Lyng.
Nannochloris sp.
Phormidium simplicissimum (Gom.) Anag. & Kom.

Tabla V. Especies presentes en un tipo de ambiente del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

cada especie tiene requerimientos particulares, el número de especies nos da una idea de las condiciones presentes en un sitio: abundancia y variedad de nutrientes, variación cíclica de condiciones ambientales, etc.

Que 65 especies no se conocían previamente en México, aunque está relacionado con el hecho de ser un área no estudiada, también indica que la distribución de cada una de ellas puede no ser tan amplia y, por ello, no había sido registrada previamente; por ejemplo, para algunas de ellas es el segundo registro en el mundo (como el caso de *Chlorococcum nova-angliae* Archibald & Bold y *Chlorosarcinopsis bastropiensis* Groover & Bold), otras no se han vuelto a registrar en México (como *Trichosarcina polimorpha* Nichols & Bold y *Protosiphon botryodes* (Kützing) Klebs). Para el Valle, su presencia nos indica que existen condiciones particulares en los sitios donde fue recolectada. Como un elemento más, para una región poco estudiada es notable el número reducido de especies nuevas para la ciencia[31]; esto también nos indica que existen condiciones muy particulares en cada una de las localidades o en los crecimientos visibles de donde provienen las muestras.

Frecuencia y distribución de especies

De las 35 especies más frecuentes en las muestras 26 son alcalífilas, 9 neutrófilas , 18 oligohalobias, 14 eurihalobias y 3 mesohalobias (Tabla II). Estos datos podrían sugerir que las condiciones generales del Valle son de aguas con pH de neutros a alcalinos y con salinidades moderadas, pero cambiantes. Si las especies más frecuentes nos ofrecen poca información o indicios de las condiciones generales o los gradientes en las que se desarrollan mejor, entonces ellas no nos permiten caracterizar de manera general, las condiciones más comunes del Valle: todas han sido registradas en condiciones contrastantes de pH, salinidad, estado trófico de agua, etc. Asimismo, las especies dominantes o subdominantes y de distribución regional o local tienen espectros ecológicos muy amplios y con distribución cosmopolita (Tabla II).

Por otro lado, si casi 40 % de la riqueza total se presentó en una localidad y sólo 34 especies estuvieron en más de 10 localidades, podríamos suponer una variación ambiental en las 32 localidades que permiten el desarrollo localizado de esas especies y sólo en ese sitio, también puede argüirse que la dispersión de las algas no es eficiente, pero ese es un tema no estudiado suficientemente. En general, la presencia de estas especies con distribución local o restringida nos ofrece más información sobre el tipo de ambiente en el que viven que las de distribución más amplia. Como cada muestra fue tomada de un microambiente, el hecho de que una especie se encuentre sólo en un lugar implica que existen condiciones particulares para el desarrollo de esas algas; podríamos asumir, por la distribución mostrada en las Figuras 3 y 4, que más de la mitad del Valle está poblado por especies de distribución restringida; sin embargo, la mayoría de las diatomeas y de las clorofitas registradas son de distribución mundial y ello no nos permite asignar ninguna característica ambiental particular a cada una de las zonas ni a cada microambiente en particular; esa distribución parece producto de una colonización y dispersión de muy largo plazo que ha permitido un mosaico de especies en condiciones particulares, sin un componente autóctono claro, también parece que las condiciones extremas (en cuanto a temperatura, desecación y procesos químicos asociados) de la región ejercen presiones ecológicas muy diferenciadas en cada microambiente, permitiendo el desarrollo de algas con intervalos de resistencias muy amplios (aquellas especies con distribución regional y dominantes en las muestras) y favoreciendo sólo aquellas que soportan los cambios en condiciones muy estrechas y durante poco tiempo. La Figura 4 muestra que la riqueza de cada zona es relativamente alta con respecto al total de especies y, a pesar de esta riqueza, el Valle no puede caracterizarse ambientalmente por el alto número de especies que se presenta en una localidad que junto con las que están presentes en dos localidades, son más del 58 % de las especies; de tal modo que 69.5 % de ellas están en una a tres localidades (Figura 2).

Otra de las características notables en la distribución de las especies está relacionada con la presencia diferencial de Cyanoprokaryota en el NO, de Chlorophyta en el NE y de Bacillariophyta en el SE. En general, es difícil asociar condiciones ambientales a los niveles taxonómicos altos, pero revisando las especies en particular que aparecen en la Tabla III podemos sugerir que en la Zona NO se desarrollan más las especies resistentes a la desecación y formadoras de películas perifíticas o subaéreas, en el NE se desarrollan Chlorophyta asociadas a condiciones de eutrofización de las aguas y en el SE las Bacillariophyta que son principalmente resistentes a los cambios de salinidad y de aguas alcalinas, en general, esa caracterización corresponde con los tipos de cuerpos de agua en el período estudiado.

Si la mitad de la riqueza total está presente en cada una de las tres zonas más ricas en localidades, podríamos volver a preguntarnos sobre la eficiencia en la dispersión de las algas y nuevamente tendremos que sugerir que esa distribución está relacionada con los cambios generales y cíclicos en las condiciones químicas del agua, en particular variaciones relacionadas con la temperatura (cambios en la salinidad, concentración de nutrientes, cambios en el pH, etc.). Sin embargo, al utilizar las similitudes entre las localidades a partir de su composición (Figura 5) es notoria la falta de consistencia y la poca relevancia de esas similitudes entre localidades y aquellas que son más similares entre sí, no son cercanas ni pertenecen a la misma zona. Éste es otro elemento para considerar al Valle como una región con condiciones generales no selectivas y microambientes particulares más selectivos y cambiantes.

Afinidades ecológicas

De la mayoría de las especies algales no se conocen bien las condiciones ecológicas donde mejor se desarrollan y su

presencia (sin datos de densidad) no siempre nos da la información necesaria para calificar sus afinidades. Las Bacillariophyta han sido el grupo con más estudios al respecto, sin embargo, los constantes cambios en la taxonomía han dificultado el registro de las condiciones ambientales donde mejor proliferan las especies. En el caso de las Cyanoprokaryota, el sistema taxonómico propuesto por Anagnostidis y Komárek[19] incorpora como elementos importantes en la caracterización específica el componente ecológico y la distribución biogeográfica, para ese sistema la noción de cosmopolitismo para las algas es puesta en duda, mientras que en los sistemas taxonómicos para clorofitas y diatomeas esa valoración no se ha utilizado todavía. En nuestros resultados afloran esas diferencias, mientras que el componente tropical es evidente en las Cyanoprokariota, en el caso de los otras Divisiones algales son en su mayoría consideradas como de amplia distribución tropical y templada o sin registros e información suficientes para asignarles una distribución geográfica confiable.

Con los datos florísticos obtenidos podemos decir que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es distinto de otras regiones del país por su riqueza (por ejemplo, número de taxones por km^2); aun cuando los números son provisionales tanto por la amplitud y cobertura de los estudios utilizados, como por la estimación de las áreas estudiadas. Si tomamos en cuenta los 3,256 registros de algas continentales para México[27], el Valle contiene el 10 % de la ficoflora mexicana. Esto significa que una región con restricciones en el acceso al agua y una presión social muy alta sobre ese recurso, con temperaturas altas y humedad relativa baja durante todo el año contiene una parte significativa de la riqueza de algas mexicanas, sobre todo si la comparamos con la parte alta de la cuenca del Papaloapan (sierras de Juárez y Mixes) o con la Huasteca Potosina, con condiciones hídricas que podríamos considerar como favorables al desarrollo algal. La comparación general se muestra en la Tabla VI.

Esta primera aproximación a la flora algal del Valle de Tehuacán-Cuicatlán permite reconocer algunas líneas de trabajo futuro, en primer lugar la necesidad de ampliar el número de localidades; en segundo lugar, reunir información sobre las características fisicoquímicas y químicas del agua o de los sustratos donde crecen las algas; en tercer lugar, avanzar en el estudio de las particularidades ambientales relacionadas con los crecimientos algales y su correlación con las respuestas poblacionales de cada una de las especies y en cuarto lugar explorar mejor la distribución de las especies en el interior del Valle, pues quizá se trate no de una sino de cuatro regiones dentro de una unidad aparentemente homogénea.

Agradecimientos

A la Dra. Rosaluz Tavera por sus valiosos comentarios que enriquecieron el texto original.

Referencias

1. Sámano Bishop, A. *Chara tehuacanensis* Sámano ad interim. *An. Inst.Biol. UNAM* **3,** 233-234 (1932).
2. Ávila Nava, J. Ficoflora manifiesta del suelo del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 147 p. (1985).
3. Ávila Nava, J. Ficoflora potencial de suelo húmedo del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 93 p. (1989).
4. Cuesta Zarco, I. J. Ecología de la ficoflora de los manantiales de San Lorenzo, Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 119 p. (1993).
5. Ibarra Vázquez, C. Flora diatomológica de la localidad de Texcala, Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias.

Grupo	Tehuacán	Cuenca alta Papaloapan[32-34]	Cuenca Pánuco[35-36]	Huasteca Potosina[37]	Cuenca baja Amacuzac[38-39]
Cyanoprokaryota	81	41	69	52	71
Rhodophyta	1			9	
Chlorophyta	77	16	167	38	4
Euglenophyta	10		40		44
Dinophyta			2		
Chrysophyceae		2			
Xanthophyceae	5			3	
Bacillariophyta	183	91		131	69
Totales	357	150	278	233	188
Área en km^2 ([a])	2700	3800	2600	2000	12
Taxa / km^2	0.132	0.039	0.106	0.116	? [(b)]

Tabla VI. Riqueza ficológica comparada entre varias regiones de México. ([a]) Áreas colectadas, estimadas de la cartografía de los trabajos citados. ([b]) Área reducida para comparar con otras cuencas, los trabajos se refieren a dos localidades principalmente.

Universidad Nacional Autónoma de México, México, 80 p. (1992).
6. Ibarra Vázquez, C. Análisis de la estructura de los crecimientos algales de tres ambientes distintos en la localidad de San Antonio Texcala, Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 93 p. (1998).
7. Ibarra Vázquez, C. & Novelo, E. Diatomeas de Texcala, Puebla. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **61**, 49-57 (1997).
8. Navarro Jiménez, L. E. Un estudio tónico de *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun. ex Rabh. var. *curvata* en el Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 96 p. (1988).
9. Novelo Maldonado, E. Diseño y ensayo de una metodología para estudios de la flora ficológica del suelo en zonas áridas, realizada en Tehuacán, Puebla. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 113 p. (1978).
10. Novelo Maldonado, E. Flora dinámica del suelo del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 151 p. (1985).
11. Novelo Maldonado, E. Floras ficológicas del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 599 p. (1998).
12. Rivera-Aguilar, V., Montejano Zurita, G., Rodríguez-Zaragoza, S., & Durán-Díaz, A. Distribution and composition of cyanobacteria, mosses and lichens of the biological soil crusts of the Tehuacán Valley, Puebla, México. *Jour. Arid. Environ.* **67,** 208-225 (2006).
13. Novelo, E. Cyanoprokaryota J. Komárek. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2011).
14. Novelo, E. Chlorophyta Pascher. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2012a).
15. Novelo, E. Bacillariophyta Hustedt. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, en prensa, 2012b).
16. Jáuregui, E. Mesoclima de la región Puebla - Tlaxcala. México (Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1968).
17. Dávila, P. *et al.* X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados Florísticos de México (Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1993).
18. Valiente-Banuet, A. *et al*. Guía de la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. (Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Fundación para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, México, 2009).
19. Anagnostidis, K. & Komárek, J. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. 1. Introduction. *Algol. Stud.* **38/39,** 291-302 (1985).
20. Komárek, J. & Anagnostidis, K. Modern approach to the classification systems of cyanophytes. 4 - Nostocales. *Algol. Stud.* **56**: 247-345 (1989).
21. Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Gustav Fischer, Jena, 1999).
22. Komárek, J. & Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd. Part: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa (Elsevier GmbH., München, 2005).
23. Hoek, C. v. d., Mann, D. G., & Jahns, H. M. Algae. An introduction to Phycology (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
24. Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. The diatoms. Biology and morphology of the genera (Cambridge University Press, Cambridge, 1990).
25. Silva, P.C. Index Nominum Algarum. University Herbarium, University of California, Berkeley. 2012). Available on line at: http://ucjeps.berkeley.edu/INA.html, 2012. Último acceso 30 de agosto de 2012.
26. Guiry, M. D. & Guiry, G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication (National University of Ireland, Galway, 2012) Available on line at: http://www.algaebase.org . Último acceso 30 agosto 2012.
27. Novelo, E. & Tavera, R. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* **21,** 333-341 (2011).
28. Wasylik, K. Communities of algae form the Sola river and its tributaries. *Acta Hydrobiol., Kraków* **7,** 9-60 (1965).
29. Rohlf, F. J. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivarite Analysis System. V. 2.2. Exeter Software - Applied Biostatistics Inc, New York (2005).
30. Komárek, J., Montejano, G., Gold-Morgan, M., & Tavera, R. Taxonomic identity and distribution of tropical cyanoprokaryotes (Cyanophyta, Cyanobacteria): An example from central Mexico. *Beih. Nova Hedwigia* **112**: 49-54 (1996).
31. Komárek, J. & Novelo, E. Little known tropical *Chroococcus* species (Cyanoprokaryotes). *Preslia, Praha* **66**, 1-21 (1994).
32. Tavera-Sierra, R. L. & González-González, J. Caracterización ficoflorística de los paredones de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Importancia de las formas de crecimiento algales en la tipificación de un ambiente. *Bol. Soc. Bot. Méx.* **50,** 121-133 (1990).
33. Tavera, R., Elster, J., & Marvan, P. Diatoms from Papaloapan basin communities, Mexico. *Algol. Stud.* **74,** 35-65 (1994).
34. Tavera, R., Kovácik, L., & Komárek, J. Ecophysiological and morphological characterization of some oscillatorialean species from the Papaloapan basin in Mexico. *Algol. Stud.* **73,** 23-41 (1994).
35. Margain Hernández, R. M. Flora ficológica de los cuerpos de agua temporales de la región oriental y sur de la cuenca del río Pánuco. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 422 p. (1981).
36. Margain-Hernández, R. M. Lista ficoflorística de la cuenca del río Pánuco, México. I. Cuerpos de agua temporales (Regiones Oriental y Sur). *Biotam* **1,** 24-38 (1989).
37. Montejano, G., Carmona-Jiménez, J., & Cantoral-Uriza, E. A. In: Aquatic Ecosystems of Mexico. Status & scope (eds. Munawar, M., Lawrence, S. G., Munawar, I. F. & Malley, D.F.) 135-149 (Backhuys Pub., Leiden, 2000).
38. Valadez Cruz, F. Flora ficológica de ambientes lóticos de la cuenca baja del río Amacuzac, Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 239 p. (1992).
39. Valadez-Cruz, F., Carmona Jiménez, J., & Cantoral Uriza, E. Algas de ambientes lóticos en el Estado de Morelos, México. *An. Inst. Biol. UNAM* **67,** 227-282 (1996).