

Fitoplancton de las lagunas Barba, Fraijanes y San Joaquín, Costa Rica*

Gerardo Umaña Villalobos

CIMAR, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

(Rec. 9-III-1988. Acep. 9-VI-88)

Abstract: The phytoplankton was studied in three small lakes located at different altitudes and climates, San Joaquín (10m), Fraijanes (1660m) and Barba (2840 m). They are similar in area and basic morphology. A total of 132 different taxa were found. The number of taxa decreased at higher altitude: San Joaquín 71, Fraijanes 63 and Barba 31. Chlorophyta was the richest group in the three lakes. Substantial differences were detected in the phytoplankton composition among the lakes. The global similarity at the lowest taxonomic level separation was 41.7%, San Joaquín and Fraijanes are the most similar lakes with 17% Jaccard similarity.

Los lagos, lagunas y embalses de Costa Rica, aunque pocos y de tamaño pequeño, se hallan localizados en zonas muy variadas. Se encuentran desde los climas cálidos y secos de la cuenca del Río Tempisque, hasta las zonas húmedas y frías de los picos volcánicos y del Cerro Chirripó.

Este trabajo es el primero de una serie de informes sobre la composición del fitoplancton de algunos lagos y lagunas del país. Se ha hecho con el fin de empezar a entender un poco estos ambientes lénticos, en general de poca profundidad. Estos ambientes son poco conocidos en el medio científico mundial, que ha concentrado sus esfuerzos principalmente en lagos mucho mayores en área y profundidad de otras regiones tropicales (Payne 1986).

Costa Rica, por su quebrada topografía muestra una amplia y marcada variación en el clima de las diferentes regiones. Esta variación incluye tanto la temperatura promedio anual y la precipitación anual, como la variación estacional de la pluviosidad (Herrera 1986) y la fuerza y dirección de los vientos (Laporte

1979). Está formado por rocas de diferente origen geológico, aunque predominan las de origen volcánico y sedimentario marino, con amplias zonas de aluviones muy recientes (Castillo 1984). Todo estos factores influyen directa o indirectamente sobre las poblaciones del plancton, ya sea a través de la dinámica de las masas de agua de los lagos, o en la composición química de las sustancias disueltas en el agua (Margalef 1983).

El objetivo primordial de esta serie de artículos es dar respuesta de si existe algún patrón de variación en el fitoplancton de lagos y lagunas en diferentes regiones de Costa Rica.

MATERIAL Y METODOS

Los lagos incluidos en este estudio fueron muestreados en la primera mitad de 1983. Se hallan localizados a diferente altitud y en diferentes regiones climáticas. La laguna San Joaquín (más conocida como L. Pájaros) es una laguna somera, con un área máxima de 5.0 Ha, localizada en las llanuras del Río Tempisque (10°16'44" lat. N y 85° 6'25" long. W), a una altura de 10msnm, cerca del poblado del mis-

*CIMAR: contribución No. 142.

mo nombre. Suele secarse casi en su totalidad durante el verano, época en que fue visitada. Se halla en una zona climática subhúmeda húmeda, con una estación seca prolongada conocida como B1 según el sistema de Herrera (1986).

La laguna de Fraijanes (10°7'38" lat. N y 84° 11'35" long. W) está localizada a 1660 msnm, con un área de 1.0 Ha y una profundidad máxima de 6.0m. Se halla dentro de una zona climática que corresponde al tipo G8 o clima muy húmedo templado, con una estación seca moderada (Herrera 1986).

La laguna de Barba es una laguna volcánica, formada en el antiguo cráter de un volcán extinto. Tiene un área de 1.0 Ha, con una profundidad máxima de 5.0 m. Se encuentra a 2840 msnm (10° 8' 9" N y 84° 6' 27" W), en una zona climática tipo G12, muy húmeda fría, con una estación seca corta. Sus aguas son transparentes y de color rojizo debido a la presencia de ácidos húmicos disueltos.

En cada laguna se midió la profundidad de Secchi y se tomaron muestras con una botella lastreada de un galón. La botella se bajó hasta una profundidad de 2.5 veces la profundidad de Secchi y se subió a la superficie a una velocidad constante de modo que no se llegara a llenar por completo. Mediante este procedimiento se tomó una muestra representativa de toda la columna de agua en la zona eufótica. Del volumen total obtenido se extrajo una alícuota de 150 ml luego de homogenizarlo, y se preservó con solución de Lugol acética (UNESCO 1978).

De Fraijanes se lograron tomar y contar dos muestras, de las otras dos lagunas sólo una. El fitoplancton se observó y contó mediante el método de Utermöhl (Lund *et al.* 1959). Con el fin de obtener alguna medida de variabilidad, se efectuaron dos conteos extra de réplica en sendas submuestras de una muestra de cada laguna. Para la identificación se separó el fitoplancton por morfotipos y se identificó con las claves de Huber Pestalozzi (1941, 1955, 1961, 1968), West y West (1904, 1905, 1908, 1912, 1923), Prescott (1962) y Hustedt (1930).

RESULTADOS

Tanto San Joaquín como Fraijanes son de aguas bastante turbias, con profundidades de Secchi muy pequeñas (Se = 0.15 m y 0.66 m respectivamente). La laguna de Barba es más transparente (Se = 2.5m), con una zona eufó-

tica que llega casi hasta el fondo. La temperatura superficial fue de 28 C en San Joaquín, 25 C en Fraijanes y 15.2 C en Barba.

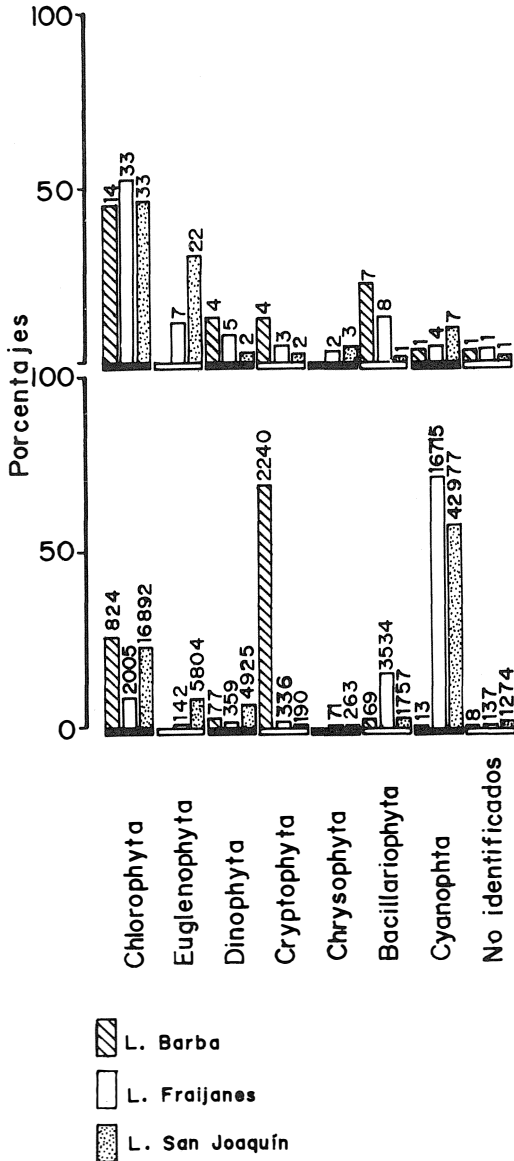
Se observó un total de 132 taxa. En San Joaquín se encontraron 71 taxa, en Fraijanes 63 taxa uniendo las dos muestras (se observaron 49 taxa en cada muestra) y en Barba 31, lo cual se desvía significativamente de la hipótesis nula de no diferencia ($X^2 = 16.28$, $p < .01$).

En las tres lagunas el grupo de algas con un mayor porcentaje del total de taxa fue Chlorophyta, que alcanzó alrededor de un 50% en los tres casos (Fig. 1a). Euglenophyta fue el segundo grupo más importante en San Joaquín con un 31% (estuvo ausente en Barba). Las diatomeas fueron el segundo grupo con 23% en Barba y 1.5% en San Joaquín. Otros grupos como Dinophyta y Cryptophyta tuvieron menos representación en general, con mayor porcentaje en Barba que en Fraijanes y San Joaquín; Cyanophyta mostró un comportamiento inverso (Fig. 1a).

La riqueza de especies por grupo taxonómico mostró diferencias significativas entre las tres lagunas ($X^2 = 36.84$, $p < .01$). Las diferencias en la distribución de Euglenophyta y Bacillariophyta fueron las principales responsables de este resultado.

También se hallaron diferencias en la abundancia total por grupo taxonómico, las cuales se deben a la extrema variación en la abundancia de los grupos, que puede oscilar por dos o tres órdenes de magnitud de una laguna a otra. Todos los grupos con excepción de Chrysoophyta (menos abundante) mostraron diferencias en distribución (Fig. 1b). Las más marcadas fueron las observadas para Cyanophyta que no apareció en Barba pero se hallaba en grandes cantidades en San Joaquín y Fraijanes. Cryptophyta fue muy abundante en Barba; Bacillariophyta muy abundante en Fraijanes y Euglenophyta muy abundante en San Joaquín (ausente en Barba).

La variación obtenida en los conteos de réplica fue mayor para la densidad total que para el número de taxa observado por conteo. Con la muestra de Barba se obtuvo un 4% de variación para el número de taxa y un 66% de variación para la densidad total entre los tres conteos de réplica. Con la muestra de Fraijanes se obtuvo un 8% y un 10% respectivamente y con la de San Joaquín 15% y 12% para las mismas variaciones. Pese a la alta variación observa-



taxa que no se pudo identificar. La similitud en la composición del fitoplancton, al mínimo nivel taxonómico identificado fue calculada utilizando el índice de Jaccard. La similitud entre San Joaquín y Fraijanes es 17%, entre San Joaquín y Barba 4%, y entre Fraijanes y Barba 9%. Solamente dos especies *Ankistrodesmus convolutus* y *Scenedesmus bijiga* fueron halladas en las tres lagunas (Cuadro 1). Un índice sencillo para medir la similitud entre las tres lagunas en conjunto se puede tomar como el inverso del índice para medir diversidad beta de Whittaker (1972), que correspondería

CUADRO 1

Lista de taxa, identificados al mínimo nivel taxonómico posible alcanzado, de tres lagunas de Costa Rica ubicadas a diferente altitud: San Joaquín (SJ), Fraijanes (Fr) y Barba (Ba). (Los taxa marcados con un asterisco se muestran en los dibujos esquemáticos de la Figura 3).

	SJ	Fr	Ba
Chlorophyta			
O. Volvocales			
F. Chlamydomonadaceae			
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	X	X	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	X		X
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3	X		X
<i>Chlamydomonas</i> sp. 4			X
<i>Chlamydomonas</i> sp. 5		X	
<i>Chlamydomonas</i> sp. 8	X	X	
<i>Sphaerellopsis</i> sp.	X	X	
F. Phacotaceae			
<i>Pteromonas</i> sp.*	X		
F. Volvovaceae			
<i>Eudorina</i> sp.	X		
<i>Pandorina</i> sp.	X	X	
O. Chlorococcales			
F. Chlorococcaceae			
<i>Desmatractum</i> sp.			X
<i>Schroederia setigera</i>	X	X	
<i>Tetraedron minimum</i>		X	X
<i>T. planctonicum</i>	X		
<i>T. regulare</i>	X	X	
<i>T. regulare</i> var. <i>ircus</i>	X		
<i>T. trigonum</i>	X	X	
<i>T. tumidulum</i>	X		
F. Palmallaceae			
<i>Sphaerocystis</i> sp. 1	X	X	
<i>Sphaerocystis</i> sp. 2	X		
F. Oocystaceae			
<i>Ankistrodesmus convolutus</i>	X	X	X
<i>A. falcatus</i>	X	X	
<i>Chlorella</i> sp.			X
<i>Chodatella ciliata</i>		X	
<i>Franceta ovalis</i>		X	
<i>Kirchneriella obesa</i>		X	
<i>Oocystis</i> sp. 1	X		
<i>Oocystis</i> sp. 2	X		
<i>Selenastrum vestii</i>	X	X	
F. Dictyosphaeriaceae			
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X		
F. Scenedesmaceae			
<i>Coelastrum cambricum</i>		X	
<i>C. microporum</i>	X		
<i>C. sphaericum</i>	X		
<i>Crucigenia crucifera</i>	X		
<i>C. tetrapedia</i>		X	
<i>Scenedesmus</i> sp. 1*	X		

da entre réplicas, el análisis de Kruskal-Wallis comparando muestras de las tres lagunas para cada variable, resultó significativo ($H = 7.26$, $p < .04$ para el número de taxa y $H = 12.76$, $p < .04$ para la densidad total).

La lista de taxa se da en el Cuadro 1 y en la Figura 3 se muestran diagramas de algunos

	SJ	Fr	Ba		SJ	Fr	Ba
<i>Scenedesmus bijuga</i>	X	X	X	Chrysophyta			
<i>S. brasiliensis</i>	X			Xantophyceae			
<i>S. dimorphus</i>	X	X		O. Mischococcales			
<i>S. javanensis</i>		X		F. Scidaceae			
<i>S. quadricauda</i>	X	X		<i>Centritarcus belanophorus</i>	X	X	
F. Hydrodictyaceae				Chrysophyceae			
<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i>		X		O. Ochromonadales			
O. Zignematales				F. Dinobryaceae			
F. Zignemataceae				<i>Dynobryon divergens</i>			
<i>Mougeotia</i> sp.			X	<i>Epipyxis</i> sp.	X		
F. Desmidiaceae				<i>Pseudokephyrton</i> sp.	X		
<i>Arthrodesmus incus</i>			X	Bacillariophyceae			
A. octocornis		X		O. Centrales			
<i>Closterium</i> sp. 3			X	F. Coscinodiscaceae			
<i>Closterium</i> sp. 5		X		<i>Cyclotella</i> sp. 2	X		
<i>Closterium</i> sp. 6		X		<i>Cyclotella</i> sp. 3			X
<i>C. cornum</i>		X		<i>C. meneghiniana</i>		X	
<i>Cosmarium</i> sp. 4*			X	<i>Melostra granulata</i>		X	
<i>C. humile</i> var. <i>substriatum</i>		X		O. Pennales			
<i>C. moniliforme</i>		X		F. Fragilariaceae			
<i>C. sphaerostomicum</i>		X		<i>Fragilaria</i> sp. 4			X
<i>Sphaerzosma granulata</i>		X		<i>Synedra acus</i>		X	X
<i>Staurastrum cuspidatum</i>		X		F. Naviculaceae			
<i>S. gracile</i>		X	X	<i>Navicula</i> sp. 1		X	X
<i>S. natator</i>		X		<i>Navicula</i> sp. 2		X	X
<i>Xanthidium smithii</i>		X		<i>Navicula</i> sp. 3			X
				<i>Navicula</i> sp. 4			X
Euglenophyta				F. Gomphonemaceae			
F. Euglenaceae				<i>Gomphonema</i> sp.		X	
<i>Cryptoglena</i> sp.	X			F. Cymbellaceae			
<i>Euglena</i> sp. 1*	X			<i>Cymbella</i> sp.		X	
<i>Euglena</i> sp. 2	X			Diatomea desconocida 1		X	
<i>E. acus</i>	X			Cyanophyta			
<i>E. minuta</i>	X			O. Chroococcales			
<i>E. proxima</i>	X			F. Chroococcaceae			
<i>Lepocinclis</i> sp.	X			<i>Chroococcus</i> sp.	X	X	
<i>Phacus</i> sp. 2	X			<i>Gloeothece</i> sp.			X
<i>Phacus</i> sp. 3	X			<i>Merismopedia</i> sp.	X		
<i>P. acuminatus</i>	X	X		<i>Microcystis flos-aquae</i>	X		
<i>P. contortus</i>	X			Colonias compactas de células coccoides	X		
<i>Strombomonas fluvialtilis</i>	X			O. Oscillatoriales			
<i>S. verrucosa</i> var. <i>zmiewika</i>	X			F. Oscillatoriaceae			
<i>Trachelomonas</i> sp. 3		X		<i>Arthrospira</i> sp.	X		
<i>Trachelomonas</i> sp. 5	X			<i>Oscillatoria</i> sp. 2	X		
<i>Trachelomonas</i> sp. 6		X		<i>O. obscura</i>		X	
<i>Trachelomonas</i> sp. 7		X		<i>Spirulina gigantea</i>			
<i>T. acanthophora</i> var. <i>speciosa</i>	X			<i>Anabaena</i> sp. 6	X		
<i>T. armata</i>	X			Taxa no identificados			
<i>T. armata</i> var. 2	X			Desconocido No. 1*		X	
<i>T. curta</i>	X			No. 2*	X		
<i>T. dubia</i>	X			No. 3*			X
<i>T. hispida</i>	X			No. 5*	X		
<i>T. oblonga</i> var. <i>attenuata</i>	X	X		No. 6*	X		
<i>T. cf. superba</i> var. 1*	X			No. 7*	X		
<i>T. cf. superba</i> var. 2*	X			No. 23*		X	
Dinophyta							
Dinophyceae							
F. Gymnodiniaceae							
<i>Gymnodinium</i> sp. 2		X					
<i>Gymnodinium</i> sp. 3	X						
<i>Gymnodinium</i> sp. 6		X					
<i>G. bogoriense</i>	X	X					
F. Glenodiniaceae							
<i>Glenodinium</i> sp.			X				
F. Peridiniaceae							
<i>Peridinium cunningtonii</i>		X	X				
<i>P. inconspicuum</i>		X					
<i>P. volzii</i>			X				
Dinoflagelado desconocido*			X				
Cryptophyta							
O. Cryptomonadales							
F. Cryptochrysidaceae							
<i>Cryptochrysis minor</i>			X				
F. Cryptomonadaceae							
<i>Cryptomonas</i> sp. 6		X					
<i>Cryptomonas</i> sp. 7		X					
<i>Cryptomonas</i> sp. 8	X						
<i>Cryptomonas</i> sp. 9	X						
<i>Cryptomonas</i> sp. 10			X				
<i>Cryptomonas</i> sp. 11			X				
<i>Cryptomonas</i> sp. 12			X				
<i>C. erosa</i>		X					

a dividir el promedio del número de taxa por laguna (\bar{S}) por el total de taxa de todos los lagos (S_c). En este caso se obtuvo una similitud de 41.7%.

A nivel de géneros, las similitudes entre lagunas es de 32% entre San Joaquín y Fraijanes, 5% entre San Joaquín y Barba y de un 23% entre Fraijanes y Barba. La similitud global entre las tres lagunas a nivel de géneros es de un 58%.

Los taxa con abundancias mayores del 1% ordenados de mayor a menor se muestran en la Figura 2. Un reducido número de taxa mostró abundancias mayores del 1%, y sólo

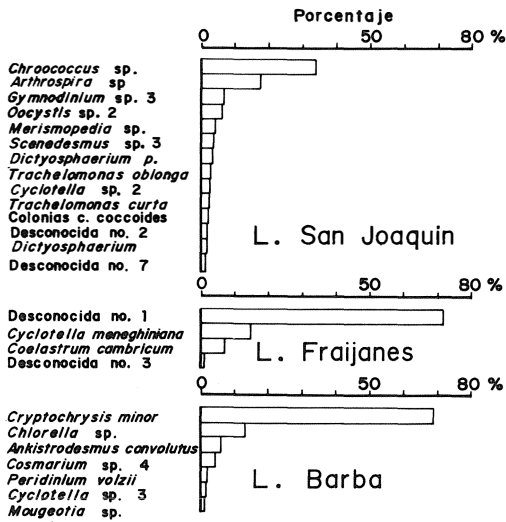


Fig. 2. Distribución de la abundancia de las especies con una abundancia promedio mayor de 1% en el fitoplancton de las lagunas San Joaquín, Fraijanes y Barva. Las respectivas densidades totales medias fueron 74.2×10^6 ; 23.3×10^6 ; 3.2×10^6 células por litro.

una especie alcanzó un alto porcentaje. En San Joaquín 14 taxa representaron un 80% de la abundancia total, en Fraijanes tres taxa representaron un 93% y en Barba siete taxa totalizaron un 96% de la abundancia total. San Joaquín tuvo la mayor densidad con 74.2×10^6 células por litro (Fraijanes 23.3×10^6 y Barba 3.2×10^6). Estas densidades se desvían significativamente de la hipótesis nula de no diferencia ($X^2 = 79.20$, $p < .01$).

DISCUSION

Las tres lagunas estudiadas son similares en cuanto a forma y tamaño, su orilla actual es casi circular y son poco profundas. Las tres, sin embargo, muestran diferencias muy marcadas en algunas variables ambientales como resultado de factores climáticos y geológicos que determinan la composición y dinámica de sus aguas. Es difícil precisar si se pueden tomar como ejemplos representativos del tipo de laguna que se da en las diferentes regiones donde se hallan localizadas, pues aún lagos muy cercanos entre sí pueden mostrar diferencias importantes (Schindler 1971). No obstante se puede afirmar que su limnología es el resultado de la influencia del tipo de clima, del tipo de rocas de su cuenca y del tamaño de su cuenca de drenaje.

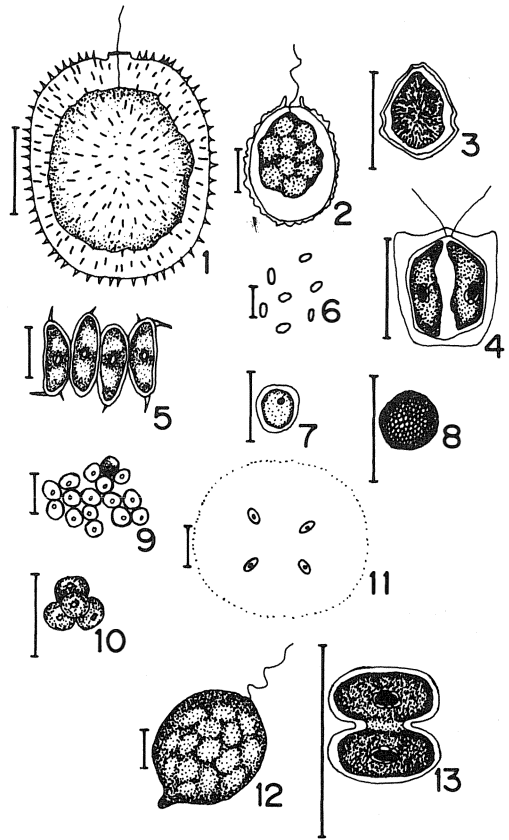


Fig. 3. Dibujos esquemáticos de algunas especies de algas observadas en las lagunas San Joaquín, Fraijanes y Barva: 1) *Trachelomonas superba* No. 1; 2) *T. superba* No. 2; 3) Dinoflagelado desconocido; 4) *Pteromonas* sp.; 5) *Scenedesmus* sp. No. 1; 6) Desconocida No. 1; 7) Desconocida No. 2 (de color verde pálido uniforme); 8) Desconocida No. 3 (de color verde); 9) Desconocida No. 5; Desconocida No. 6; 11) Desconocida No. 7; 12) *Euglena* sp. No. 1; 13) *Cosmarium* sp. No. 4. (Las barras indican 10 μ m de longitud).

Lagos a mayor altura, sobre todo de origen volcánico, suelen tener cuencas más pequeñas (Margalef 1983), menor temperatura del agua y bajos niveles de electrolitos (Löffler 1972). Los lagos localizados en las llanuras de inundación de grandes ríos reciben la influencia de lo que ocurre en toda la cuenca del río corriente arriba y tienen por tanto una cuenca de drenaje mayor y mayor temperatura. En nuestro caso, hay un factor más que consiste en el grado de deterioro humano de la cuenca. Esto se debe sobre todo a la entrada desmedida de nutrientes y contaminantes orgánicos y químicos al agua. Fraijanes y en mayor grado San Joaquín, han

estado bajo la acción directa del hombre por mucho tiempo, mientras que la laguna del Barba se halla aún rodeada de bosque prácticamente intacto. La profundidad de Secchi es un buen indicador de esto. San Joaquín está expuesta a recibir incluso deposiciones de plaguicidas y fertilizantes utilizados en las fincas aledañas.

Las tres lagunas muestran una clara disminución del número de taxa y de la densidad total del fitoplancton a mayor altura, dándose también una marcada diferencia en la composición taxonómica del plancton de estas llanuras (Fig. 1 y Cuadro 1); cambian los grupos dominantes y algunas especies o grupos enteros desaparecen a mayor altura, apareciendo otras especies. Lewis (1978) predijo que entre lagos tropicales, aún de una misma región geográfica, hay una gran diferencia en la composición de especies ó lo que él llama una alta diversidad beta, aunque hay un alto traslape, a nivel de géneros, en las regiones tropicales.

Para medir la diversidad beta, Lewis (1978) usó la misma fórmula de Whittaker (1972) que se utilizó aquí. El valor obtenido por Lewis para 15 lagos de la región de Las Islas de la Sonda (Indonesia) estudiados por Ruttner en 1928-29, fue de 6.4, bastante más alto que el observado entre las tres lagunas estudiadas aquí, de 2.4. Sin embargo la similitud a nivel de género en nuestro caso fue mayor que al nivel mínimo de separación de los taxa.

Se observó, por tanto, un alto grado de cambio en la composición del fitoplancton de las tres lagunas que puede ser en parte el resultado de condiciones climáticas, geológicas y geográficas diferentes. A este punto no se puede atribuir los cambios a un factor o combinación de factores dada, aunque se pudiera dar una lista de factores determinantes. La altitud tampoco puede ser considerada como un factor importante por sí misma, sino que viene a determinar los valores o ámbitos de variación de variables de mayor influencia en la ecología del fitoplancton como temperatura (Löffler 1972), radiación solar, ventosidad, tamaño y condición de la cuenca. Hace falta comprobar si este resultado se cumple para otras lagunas.

La densidad por especie mínima detectada fue de 163 células por litro para Barba, 44 en Fraijanes y 981 en San Joaquín con la metodología utilizada. La densidad mínima detec-

table, habiéndose observado el volumen total de las muestras, era de 7 células por litro; especies con densidades menores escaparon del análisis. Con todo se asume que las especies observadas, por ser las más abundantes reflejan mejor las condiciones de cada laguna, pues habían logrado alcanzar altas densidades. De hecho los principales taxa por abundancia fueron totalmente diferentes en las tres lagunas (Figura 1b).

Queda por último mencionar que los datos presentados aquí corresponden a un muestreo único en el año, y no se incluye la posible variación temporal que pudiera existir. Los muestreos se efectuaron con un mes de diferencia entre el primero y el último, lo que asegura su comparabilidad. Cabe esperar que durante el año puedan ocurrir cambios importantes, sobre todo en los ambientes con una mayor estacionalidad como San Joaquín (y Fraijanes en menor grado).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo, parte de una tesis de Maestría realizada en Brock University, Ontario, fue posible gracias a una beca otorgada en parte por el National Science Research Council de Canadá a Mike Dickman y en parte por Brock University durante el período 1984-1985. Mi agradecimiento a Mike Dickman por su guía y apoyo durante las distintas facetas de este trabajo, así como a Ricardo Soto, José Vargas y Renán Chaves por su apoyo con el trabajo de campo.

RESUMEN

Se estudió el fitoplancton de tres lagunas de Costa Rica localizadas a diferente altitud y clima: San Joaquín (10m), Fraijanes (1660 m) y Barba (1840m). Estas tres lagunas se semejan en cuanto a su área y morfología.

En total se encontraron 132 taxa. Se observó una disminución del número de taxa al aumentar la altitud de la laguna. En San Joaquín se observaron 71 taxa, en Fraijanes 63 y en Barba 31. Chlorophyta fue el grupo más abundante en las tres lagunas, pero se detectaron diferencias apreciables en la composición del plancton. La similitud global al nivel inferior de separación de los taxa fue de 41.7%, siendo las dos lagunas más similares San Joaquín y Fraijanes, con un 17% de similitud de Jaccard.

REFERENCIAS

- Bumby, M. J. 1982. A survey of aquatic macrophyte and chemical qualities of nineteen locations in Costa Rica. *Brenesia* 19/20: 487-535.
- Castillo, R. 1984. Geología de Costa Rica. Una sinopsis. Edit. Universidad de Costa Rica. San José. 182 pp.
- Gocke, K. 1981. Morphometric and basic limnological data of Laguna Grande of Chirripó, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29: 165-174.
- Herrera, W. 1986. Clima de Costa Rica. In L. D. Gómez (ed.). *Vegetación y clima de Costa Rica*. Vol. 2. EUNED. San José. 118 pp.
- Huber-Pestalozzi, G. 1941. Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie. In A. Thienemann (ed.). *Die Binnengewässer*. 16(2, 1): Chrysophyceen. (1955) 16(4): Euglenophyceen. (1961) 16(5): Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung, Volvocales. (1968) 16(2): Chryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae, Reimpresos por E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae) In A. Pascher (ed.). *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*. Reimpreso en 1976 por Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, Rep. Fed. Alemana 10: 466 pp.
- Laporte, S. 1979. Análisis de la información de vientos en Costa Rica, p. 129-145 In *Energía solar, fundamentos y aplicaciones*. 1er. Simposio sobre Tecnología Apropriada. Edt. Tecnológica de Costa Rica.
- Lewis, W. M. Jr. 1978. A compositional, phytogeographical and elementary structural analysis of the phytoplankton in a tropical lake: Lake Lanao, Phillipines. *J. Ecol.* 66: 213-226.
- Löffler, H. 1972. Contribution to the limnology of high mountain lakes in Central America. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 57: 397-408.
- Lund, J. W. G., C. Kipling & E. D. LeCreen. 1959. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hidrobiología* 11: 143-170.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010 p.
- Payne, A. I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. Wiley. 301 pp.
- Prescott, G. W. 1962. *Algae of the western Great Lakes Area*. Wm. C. Brown Co., Iowa. 977 pp.
- Schindler, R. S. 1971. A hypothesis to explain differences and similarities in the Experimental Lakes Area: Northwestern Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 28: 259-261.
- Sournia, A. (ed.). 1978. *Phytoplankton manual*. UNESCO. 337 pp.
- West, W. & G. S. West. 1904. A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. I: (1905) Vol. II; (1908) Vol. III; (1912) Vol. IV; (1923) Vol. V. Ray Society. Londres (reimpresión en 1971).
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.