

CONDICION AMBIENTAL Y BIOLOGICA EN LAS ISLETAS DE GRANADA

Saavedra-Chamorro, R. & J. Guatemala-Herrera

RESUMEN

Para valorar la situación ambiental de las Isletas de Granada se analizó la estructura comunitaria y la densidad poblacional del fitoplancton, zooplancton y bentos en los meses de Julio y Noviembre de 1995. Se determinó también la concentración de nutrientes y la calidad físico-química del agua. La comunidad planctónica estuvo conformada por 88 especies de fitoplancton y 31 especies de zooplancton. El bentos estuvo pobremente representado con 5 especies. La riqueza de especies del plancton fue mayor en el mes de Julio, clorofitas y los rotíferos presentaron mayor riqueza de especies, 43 clorofitas y 23 rotíferos. En Noviembre se observó un incremento sustancial en la abundancia promedio del zooplancton (297 952 Ind. m⁻³) y en la biomasa promedio del fitoplancton (10.17 mg L⁻¹), con una reducción considerable en el número de especies, en especial el de la comunidad algal. Se observó también cambios de dominancia de las especies del fitoplancton, por el aumento en biomasa de los géneros *Anabaenopsis* y *Aulacoseira*. El zooplancton no presentó esta variación, pero fue notorio el dominio del grupo Copépoda durante el estudio en la mayoría de los puntos aunque alrededor del 50% de la abundancia correspondió a nauplios. El Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica (CANOCO) mostró que la distribución y abundancia del zooplancton fueron afectados por los parámetros fósforo total, sílice y sólidos totales en Julio, mientras que en Noviembre, la turbidez y DQO ejercieron mayor influencia. Los valores de clorofila-a, fósforo total y disco secchi ubican al área de las Isletas de Granada como oligomesotrófico en la escala trófica.

INTRODUCCION

El plancton compuesto por el fitoplancton y zooplancton viven en toda la columna de agua, por el contrario el zoobentos lo conforman los organismos que viven en el fondo. Cada cuerpo de agua posee su propia distribución en dependencia de sus características medio ambientales. Los cambios que estos sufren por factores externos tales como introducción de efluentes domésticos e industriales provocan variación en la calidad y cantidad del plancton, incrementando la abundancia de algunos organismos más resistentes o adaptables a los cambios y disminuyendo a otros, caso específico es el dominio de cianofitas (King, 1970; Shapiro, 1973), en detrimento de los demás grupos de algas y hasta la desaparición de algunas especies filtradoras del zooplancton, tal es el caso de los rotíferos que viven casi siempre en aguas bien oxigenadas y son escasos en zonas con deficiencia de oxígeno, aún cuando las otras condiciones sean favorables (Infante, 1988)

Hasta la fecha no existen trabajos realizados sobre el fitoplancton en las Isletas de Granada, la información más reciente es el Informe Final Proyecto Generación de las Bases Científicas Técnicas Y Sociales para la Formulación de un plan de Saneamiento de Granada y su Area de Influencia. Este estudio abarca las Isletas de Granada y en el aspecto biológico no menciona nada referente al fitoplancton y muy poco del zoobentos y zooplancton , siendo este

una de las razones para aportar e incrementar la poca información que existe de la ecología acuática. Los pocos estudios que existen solo hacen una breve descripción de las especies; Swain y Gilby (1964) De Rider (1966), Hartmann (1959), Hewrbst (1960), INFONAC (1974). El CIRA ha iniciado los estudios de este cuerpo de agua, Moreno (1992) hace mención de especies encontradas en el área de las isletas. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo valorar las condiciones ambientales de las isletas de Granada por medio de indicadores biológicos y parámetros físico químicos.

AREA DE ESTUDIO

El lago Cocibolca está localizado en los departamento de Managua, Boaco, Chontales, Río San Juan, Rivas y Granada con una ubicación de 11° 36' y 12° 14' latitud Norte, y entre los 85° 47' y 86° 30' longitud Oeste del meridiano de Greenwich (Poessy , 1940). El lago Cocibolca (lago de Nicaragua) es uno de los mayores del mundo, mide 160 km de longitud de NO a SE por 70 de ancho, encerrando una extensión de 8 000 km², de elevación de 31.40 msnm. A la distancia de 1 km de la ciudad de Granada la costa irregular forma una península rocosa en forma de arco, rodeada por numerosas Isletas, estas Isletas son consideradas el resultado de masivas avalanchas precipitadas de los alrededores del volcán Mombacho, (McBirney & Williams, 1965), forman un archipiélago de más de 300 pequeñas islas consistentes en bloques de basalto y andesita distribuidos irregularmente cerca de la costa Oeste del Lago (Fig. 1). Ellas están separadas por canales de agua calma y están cubiertas con varios tipos de árboles frutales sirviendo de refugio y comida para muchas especies de aves. La región entera con abundantes escenarios y a menudo un interesante potencial para el desarrollo del turismo en ésta parte de Nicaragua, sin embargo éstas se ven sometidas a usos de carácter conflictivo como:

- ◆ El vertido de aguas residuales, alta densidad poblacional y la insuficiente letrinización del área han aumentado las Concentraciones de coliformes fecales (12,500 en el punto 3 y 37,000 por cada 100 ml en el punto 10) y *Escherichia coli* sobrepasando la mayoría de los puntos (7 puntos) las concentraciones permisibles donde se registraron valores de 10,000 *Escherichia coli* por cada 100 ml (Vammen, 1997).
- ◆ La preservación de la biota acuática del área se encuentra amenazada con el tráfico de lanchas y botes deportivos, sometiendo a la zona a una fuerte presión contaminante por la combustión de hidrocarburos, así lo muestran (Vammen, 1997) las concentraciones de plomo (26.64 µg g⁻¹ y 59.2 µg g⁻¹) en puerto Asese lo cual podría ser una problemática del futuro sí la acumulación continua.
- ◆ La exposición de la zona a probables filtraciones de lixiviados debido a la existencia del basurero municipal La Joya desde 1983, puede estar relacionado con el fenómeno de pobreza y ausencia del zoobentos en los sedimentos (Vammen, 1997).

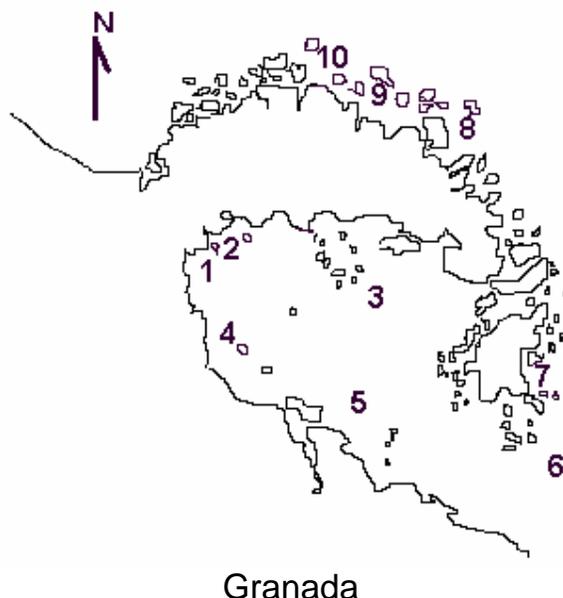


Fig. 1: Ubicación de los puntos de muestreo en las Isletas de Granada

Puntos	Profundidad		Coordenadas (UTM)	
	Jul.	Nov.	N	E
1 Asese	3	2.5	1315 457	616 676
2 Isla Baja	3	4	1315 456	617 407
3 Las limas	3	2.5	1314 837	618 787
4 Punta Caliente	4	6	1314 293	616 933
5 Corozo	4	6	1312 887	617 890
6 Armado	6	8.5	1311 221	620 252
7 La Concha	2	3	1312 169	620 316
8 El Comején	2	3	1315 359	620 365
9 Astillero	2	3	1316 395	619 666
10 Club Náutico	2	2.5	1317 240	616 872

METODOLOGIA

Las muestras del fitoplancton fueron captadas con una botella Van Dorn (2.5 L) en dos fechas representativas 12 de Julio de 1995 (después de las primeras lluvias) y 22 de Noviembre del mismo año (finalización de las lluvias).

Las muestras se preservaron con solución lugol, para los conteos se integró la muestra con las diferentes profundidades del punto, el tiempo de sedimentación fue de 6 horas en una cámara de 10 ml. La estimación de la biomasa peso húmedo se realizó a través del cálculo de biovolumen de cada especie del fitoplancton utilizando fórmulas geométricas similares a las especies y asumiendo una gravedad específica del alga igual a uno. Los resultados se expresaron en mg L^{-1} peso húmedo. Los organismos se contaron mediante el uso del microscopio invertido de acuerdo al método de sedimentación de Utermöhl (1958). La determinación de clorofila-a se realizó según el método de Nusch y Palme (1975). Los resultados se expresaron en $\mu\text{g L}^{-1}$ de clorofila-a.

Las muestras de zoobentos fueron tomadas con una draga Van veen, en cada estación se extrajeron tres muestras que se guardaron en bolsas plásticas. En el laboratorio se tamizaron y conservaron en formalina al 4%, posteriormente

fueron analizadas con ayuda de microscopio estereoscópico y clasificadas mediante las claves taxonómicas.

Las muestras de zooplancton se tomaron con el muestreador Schindler (12 L), consistió en 3 capturas verticales a intervalos desde 1 m por encima del fondo, en el centro y en la superficie, se obtuvo concentración de los tres niveles por cada punto, estas se vertieron en frascos de plástico rotulados de 250 ml y preservadas con formalina a una concentración del 4%.

En el laboratorio se estandarizó a un volumen conocido en un balón de 250 ml, se empleo una pipeta de Hensel - Stempel de 1 ml para extraer por separado 3 alicuotas y contarlas en su totalidad en una cámara de tipo Bogorov.

Los conteos de organismos se realizaron a través de un microscopio estereoscópico de 6-50X de magnificación y para la identificación se utilizaron las claves taxonómicas de Koste 1978, Pennak 1978. La abundancia se calculó utilizando la fórmula

$$N = \frac{nvc}{v_f \cdot d}$$

Donde:

- n: promedio de organismos contados
- v_c: Volumen concentrado de la muestra
- v_f: Volumen filtrado por la Schindler
- d: Numero de capturas

En base a los conteos realizados se estimó la abundancia relativa de cada estación mediante la expresión matemática usada por diversos autores (Rodríguez- Romero et al, 1994)

$$\%N = N / NT \times 100$$

Donde:

- N: Número de individuos de cada especie contada
- NT: Número de individuos de todas las especies.

La valoración de la riqueza específica se elaboró usando el índice de Margalef (Rodríguez – Romero et al, 1994), este para reflejar cambio en el número de las especies relacionadas con el tamaño de la muestra.

$$D = (S-1)/\ln N$$

Donde:

- S : Número de especies
- N : Número de organismos

Se correlacionaron las variables ambientales registradas en los muestreos con el número de especies y puntos utilizando el programa CANOCO (Canonical Community Ordination); este permite discriminar variables que afectan a las especies del zooplancton.

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos físicos y químicos

En julio el promedio de temperatura superficial en los diez puntos fue 30.33 °C, ± 0.36 y en el mes de Noviembre con un promedio de 29.29 °C, ± 0.57 registrando la temperatura más alta (30 °C) el punto 7. Es probable que la diferencia de temperatura entre puntos (Julio, 1 °C y Noviembre 1.2 °C) se deba a la diferencia en las horas de los registros y que no sean diferencias reales. Sin embargo, sí se registró diferencias de 1 °C en la temperatura superficial en las Isletas de Granada de 1 °C entre el mes de Julio y el mes de Noviembre.

La concentración de oxígeno disuelto en los puntos muestreados siempre fue superior a 5 mg L^{-1} con una diferencia de 0.5 mg L^{-1} entre superficie y fondo en el mes de Julio y una diferencia de 0.9 mg L^{-1} en el mes de Noviembre. Fue interesante el hecho de que en ninguno de los puntos y en los períodos de muestreos se registró condiciones anóxicas en el fondo con excepción del punto diez, con 2 mg L^{-1} en el mes de Noviembre. En Julio la concentración de oxígeno disuelto en superficie y fondo siempre fue mayor respecto a Noviembre.

El promedio de los sólidos totales disueltos en Julio fue $158.50 \text{ mg L}^{-1} \pm 3.93$ y Noviembre $133.90 \text{ mg L}^{-1} \pm 14.67$. Se registró un ligero aumento en los sólidos totales disueltos en Julio.

Los niveles de fósforo total durante este estudio fueron bajos con valores promedios de $18 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ y $16 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ en Julio y Noviembre respectivamente con diferencias mínimas entre los dos períodos. El fósforo total aumento considerablemente entre Julio y Noviembre en el punto 10, concentración de $30 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ a $54 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$.

Fitoplancton

Composición y riqueza de especies

La comunidad del fitoplancton de las Isletas de Granada estuvo conformada por 88 especies, y representada por los grupos, Chlorophyta (43 especies), Bacillariophyta (23 especies), Cyanophyta (17 especies) y en menor número por Dinophyta, Euglenophyta y Cryptophyta. Chlorophyta fue el grupo más diverso en todos los puntos y en ambos muestreos.

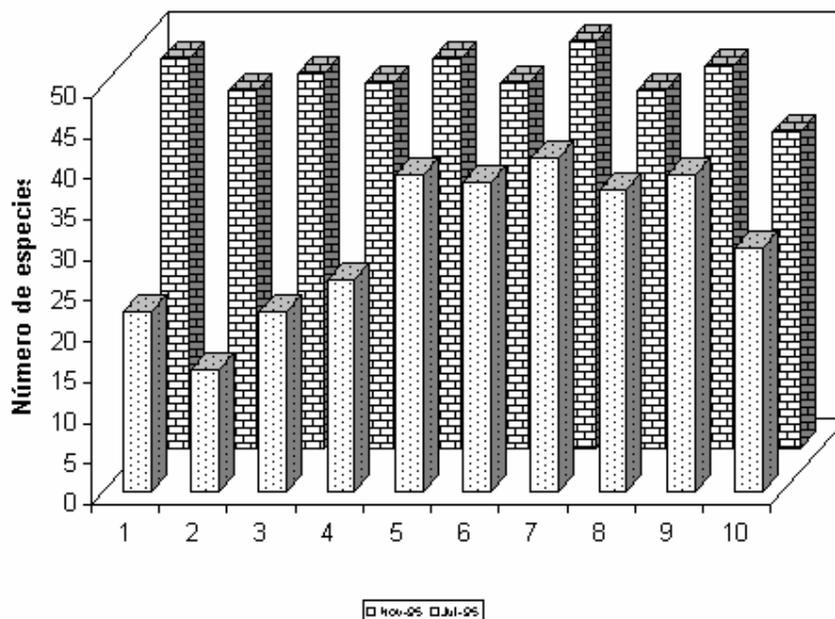


Fig. 2 : Riqueza de especies del fitoplancton en las Isletas de Granada

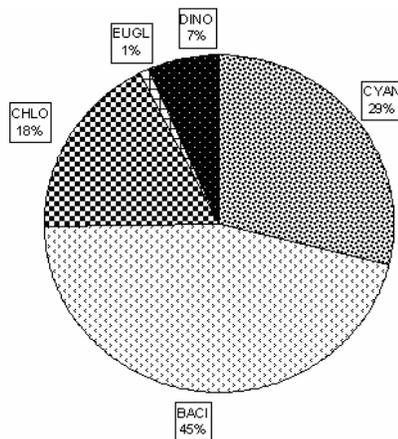
La mayor riqueza de especies (Fig. 2) durante el estudio se registró en Julio y la menor en Noviembre. En ambos muestreos el mayor número de especies se obtuvo en la Concha, y la menor en Club Náutico y Isla Baja (Julio y Noviembre respectivamente). El número de especies cambió drásticamente entre muestreos por la desaparición en Noviembre de ciertas especies de

clorofita y bacillariofita. La diferencia en el número de especies del fitoplancton entre puntos de muestreo fue más notorio en Noviembre que en el mes de Julio, sin embargo esta variación solamente fue importante en los puntos ubicados en la Bahía de Asese (1, 2, 3, y 4). El grupo taxonómico con mayor riqueza de especies fue clorofita en los diez puntos y en ambos muestreos. Sin embargo, en el mes de Noviembre fue evidente la disminución de las especies de clorofitas y bacillariofitas. Los puntos ubicados en la bahía de Asese (1, 2, 3 y 4) mostraron la menor riqueza de especies del fitoplancton. Estos puntos se localizan cerca del basurero municipal La Joya, los lixiviados de este basurero pudieran ser los que estén afectando la calidad del agua y causando el inicio del proceso de eutrofización. Edmondson & Litt (1982) afirman que éste proceso produce cambios que se manifiestan en la comunidad planctónica provocando un aumento de algas verdes azules lo cual incide en la disminución de otras especies. Keatin (1976) menciona que la presencia de algas verdes azules inhibe el crecimiento y presencia de otros grupos del fitoplancton debido a la competencia que se establece por espacio, nutrientes y condición lumínica.

Distribución de la Biomasa del Fitoplancton

Biomasa porcentual

La abundancia relativa por peso varió tanto en composición de especies como entre puntos de muestreo y época del año. La contribución porcentual de los grandes grupos a la biomasa total del fitoplancton (peso-húmedo) se ilustra en la Fig. 3 y 4. Las diatomeas contribuyeron en un 30% a la biomasa total del fitoplancton en el mes de Julio, las especies dominantes fueron *Aulacoseira granulata* y *Aulacoseira distans*. Por su parte las clorofitas fueron el segundo grupo de importancia con 28%, seguido por cianofitas con un 22 %. Las clorofitas dominantes incluyeron *Pediastrum simplex* y *Staurastrum leptocladium*. y entre las cianofitas dominantes se hallaron *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena sp* y *Oscillatoria sp*.



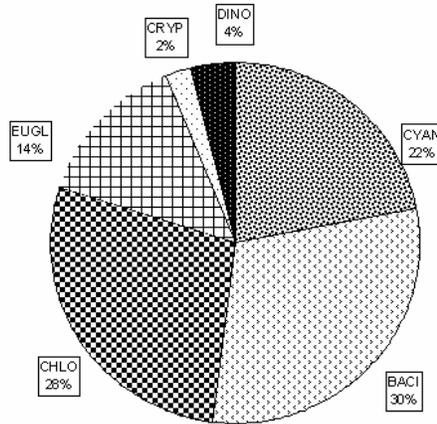


Fig. 3 y 4: Contribución porcentual de los grandes grupos a la biomasa peso húmedo

En Noviembre se observó un descenso en las poblaciones de clorofitas, que cambió la contribución de este grupo a la biomasa total (18%), *Pediastrum simplex* fue la especie que contribuyó en mayor proporción a la biomasa total. La reducción en biomasa de clorofitas coincidió con el incremento en las poblaciones de diatomeas y cianofitas con aportes porcentuales de un 45% y 29%. Las diatomeas que contribuyeron a este aumento fueron *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira distans* y *Aulacoseira sp.* Las algas verdes azules que también contribuyeron fueron *Anabenopsis sp* y *Microcystis aeruginosa*. Los grupos minoritarios, por dinofitas, euglenofitas y criptofitas aportaron muy poco a la biomasa durante las dos campañas de muestreos. La mayor biomasa porcentual en ambos muestreos fue aportada por el grupo de las bacillariofita, sobresaliendo las especies planctónicas: *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira distans* y *Aulacoseira sp.* La presencia de estas algas en la columna de agua sugiere una alta turbulencia. Wetzel (1981) y Lund (1965) afirman que los movimientos del agua son importantes para la resuspensión de las diatomeas. Reynolds (1984) demostró posteriormente en sus experimentos que la eficacia de la turbulencia permite a las diatomeas permanecer en suspensión influyendo de manera crítica sobre la velocidad de sedimentación de sus células.

Biomasa peso húmedo y clorofila-a

La biomasa total del fitoplancton, fue mucho más alta en Noviembre que en Julio. Las estaciones localizadas en la península de Asepe presentaron las biomásas más bajas comparadas con las ubicadas en el resto de puntos (Fig. 5)

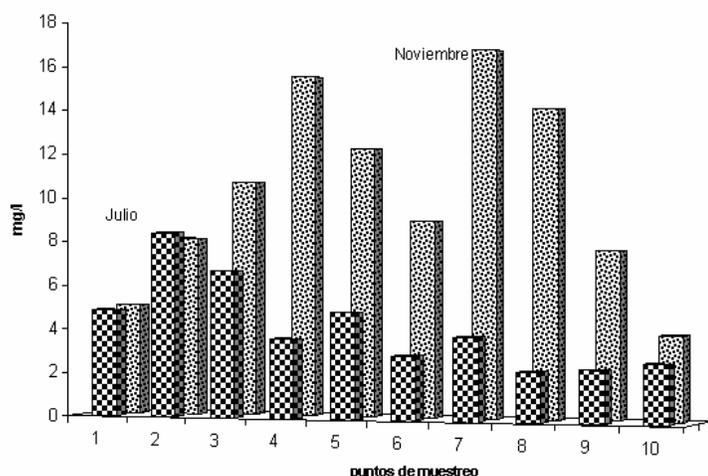


Fig. 5: Cantidad de biomasa aportada por las diferentes taxa.

La biomasa (peso húmedo) del fitoplancton fue mucho menor en Julio que en Noviembre en las 10 estaciones de muestreo, con un promedio de $4.2 \pm \text{mg L}^{-1}$. La biomasa más alta se obtuvo en Isla Baja (8.4 mg L^{-1}) y la menor en El Comején (2.26 mg L^{-1}). Las algas verde - azules dominaron la comunidad en los puntos Armado y Astillero, con biomazas de 1.61 mg L^{-1} y 1.05 mg L^{-1} respectivamente. Las diatomeas fueron dominantes en Isla Baja, Punta Caliente y La Concha, mientras que las clorofitas dominaron en Asepe, Las Limas y El Comején. En Noviembre se observó un aumento sustancial en la biomasa algal en todos los puntos, con un valor promedio de $10.3 \pm \text{mg L}^{-1}$. Fue obvio el incremento de la biomasa en los puntos Las Limas, Punta Caliente, Corozo, Armadao, La Concha, El Comején y Astillero. Las cianofitas dominaron en Asepe, Isla Baja, Las Limas y Punta Caliente, la especie que más contribuyó a este aumento en la biomasa fue *Anabaenopsis sp* ($2.25 - 12.58 \text{ mg L}^{-1}$). Las diatomeas fueron más abundantes en los seis puntos restantes, con la excepción de Club Náutico, en el cual dominó la dinofita, *Gymnodinium sp*. *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira distans* y *Aulacoseira spp* fueron las especies cuantitativamente más importantes de las diatomeas registrados en los puntos 5, 6, 7, 8 y 9.

La biomasa algal expresada como clorofila-*a* presentó un comportamiento muy similar al presentado por la biomasa peso húmedo en cuanto a la distribución entre puntos y muestreos. El promedio de clorofila-*a* en Julio fue $11.51 \pm 13.32 \mu\text{g L}^{-1}$ y en Noviembre $19.0 \pm 7.29 \mu\text{g L}^{-1}$ ($n=10$). En Asepe se presentó los valores más altos de clorofila-*a* en los dos períodos muestreados. La mayor turbidez (promedio 10.20 UNT) registrada durante la estación lluviosa (Julio) coincide con los bajos valores de biomasa clorofila-*a* y peso húmedo. Caso contrario ocurre en el mes de Noviembre. Estos resultados sugieren que la turbidez fue un factor regulador de la comunidad del fitoplancton. Según Jewson (1976), el material no algal incrementa la tasa de absorción y dispersión de la luz, suficiente para aumentar la turbidez del agua lo cual representa condiciones desfavorables que evitan el crecimiento autótrofo.

Abundancia Relativa Numérica

La abundancia numérica de las cianofitas se observó en todos los puntos y en las dos campañas de muestreo. *Microcystis aeruginosa* y *Anabaena sp* fueron las especies con el más elevado porcentaje de contribución a la densidad de la comunidad fitoplanctónica. Las bacillariofita y clorofita aportaron muy poco a la comunidad fitoplanctónica, con porcentajes del 1% hasta 0.6% respectivamente.

En el mes de Julio la abundancia relativa de las cianofitas fue en promedio (n=10) 99.4%. La especie dominante en los diez puntos fue *Microcystis aeruginosa*. La mayor densidad se registró en el punto 9 (Astillero) con 1660×10^6 ind. L⁻¹ y la menor en el punto 4 (Punta Caliente), 48×10^6 ind. L⁻¹. La cianofita *Microcystis aeruginosa* fue la que más aportó a la densidad, en todos los puntos, con un promedio de 94.9%.

En noviembre la situación fue diferente, las especie dominante fue *Anabenopsis sp*. esta especie contribuyó en un 87% a la abundancia total y estuvo presente en los puntos 1 (Asese); 2 (Isla Baja); 3 (Las Limas) y 4 (Punta Caliente). La mayor densidad poblacional se registró en el punto 4 con 116×10^6 ind.L⁻¹ y la menor en el punto 2 con 30×10^6 ind.L⁻¹. En los puntos 5 (Corozo); 6 (Armado); 7 (La Concha); 8 (El Comején); 9 (Astillero) y 10(Club Náutico), la especie que dominante fue *Microcystis aeruginosa* con una abundancia relativa promedio de 97.2%. La mayor densidad poblacional se registró en el punto 6 (armado) con $1556 \times 10 \times$ ind. L⁻¹ y la menor en el punto 7 (La Concha) con un valor de $187 \times 10 \times$ ind. L⁻¹. El valor promedio de los diez puntos fue 98% en Noviembre, con una dominancia absoluta de las cianofitas. La abundancia relativa y dominancia de las cianofitas *Microcystis aeruginosa* y *Anabenopsis sp*. coincidió con el comienzo y finalización de la época lluviosa donde los nutrientes arrastrados por escorrentía superficial proveniente de la cuenca favorecen su desarrollo. Fogg, Stewart, Fay & Walsby (1973) sugieren que la abundancia de cianofitas puede ser debido al efecto de altas cantidades de material orgánico en el agua. Se registró la mayor densidad poblacional de *Microcystis aeruginosa* al inicio de las lluvias y en todos los puntos de muestreos. Un comportamiento similar reportó Grass et al 1967; Iltis, 1977; Compère & Iltis, 1983, para los lagos tropicales Turkana y Chad.

Índice de similitud

Del total de especies reportadas en este estudio, 53 especies fueron similares, es decir que fueron afines a ambos muestreos. En los meses de Julio y Noviembre se encontró 35 y 9 especies diferentes. Se aplicó el índice de similitud (Krebs, 1985), el cual establece un rango de 0 a 1; a medida que el valor resultante se aproximó a la unidad la similitud fue mayor y viceversa. El resultado de este estudio fue 0.71, indicando una buena similitud para las especies de las Isletas de Granada en dos muestreos realizados al inicio y final de las lluvias.

Estado trófico

Se aplicó el índice del estado trófico (IST) según Carlson (1977), para establecer la condición trófica en las Isletas de Granada, las variables analizadas fueron clorofila-a (CL-a) fósforo total (P-T) y Disco secchi (DS). Los resultados obtenidos para cada una de las variables fueron 59.30 para Clorofila-a, Fósforo Total 5.94 y Disco secchi 67. De acuerdo a este índice se ubica en un estado Oligotrófico a Mesotrófico. También se utilizó la concentración de fósforo con la adaptación de Vollenweider y Kerekes, 1981 de la cual resultó una probabilidad del 60% mesotrófico, 32% eutrófico, 7% oligotrófico y 1% hipertrófico.

Comunidad Zoobéntica Y Zooplanctónica

En los puntos muestreados se encontraron 31 especies de zooplancton: 23 pertenecen al grupo de los rotíferos, 5 al grupo de los cladoceros y 3 de los copépodos, El zoobentos estuvo pobremente representado por 5 géneros; 1 de la familia Tubificidae y 4 de Chironomidae (Tabla 1). Estos en su mayoría son los mismos reportados por Cole (1968), De Rider (1966), y Moreno (1992) en el muestreo realizado en las isletas en 1992.

ESPECIES	Jul-95		Nov-95		TOTAL	
	N	%N	N	%N	N	%N
ZOOPLANCTON						
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0	0.0	41888	1.4	41888	0.9
<i>Asplanchna sieboldi</i>	1323	0.1	13228	0.4	14551	0.3
<i>Brachionus angularis</i>	47178	3.0	49605	1.7	96783	2.1
<i>Brachionus caudatus</i>	882	0.1	11023	0.4	11905	0.3
<i>Brachionus falcatus</i>	15432	1.0	24251	0.8	39683	0.9
<i>Brachionus havanaensis</i>	22046	1.4	4410	0.1	26456	0.6
<i>Brachionus patulus</i>	1764	0.1	20946	0.7	22710	0.5
<i>Brachionus quadridendatus</i>	2205	0.1	0	0.0	2205	0.0
<i>Conochilus sp</i>	0	0.0	4410	0.1	4410	0.1
<i>Epiphanes sp</i>	882	0.1	0	0.0	882	0.0
<i>Filinia longiseta</i>	3968	0.3	24252	0.8	28220	0.6
<i>Filinia opoliensis</i>	2646	0.2	2205	0.1	4851	0.1
<i>Filinia terminalis</i>	23377	1.5	6615	0.2	29992	0.7
<i>Gastropus sp.</i>	5291	0.3	0	0.0	5291	0.1
<i>Hexarthra intermedia</i>	26896	1.7	93695	3.1	120591	2.7
<i>Keratella americana</i>	83333	5.4	402338	13.5	485671	10.7
<i>Keratella cochlearis</i>	882	0.1	109127	3.7	110009	2.4
<i>Lecane luna</i>	441	0.0	2205	0.1	2646	0.1
<i>Lecane sp.</i>	1764	0.1	0	0.0	1764	0.0
<i>Polyarthra vulgaris</i>	7496	0.5	82673	2.8	90169	2.0
<i>Ptygura sp</i>	2205	0.1	0	0.0	2205	0.0
<i>Trichocerca capucina</i>	2205	0.1	27560	0.9	29765	0.7
<i>Trichocerca sp.</i>	3968	0.3	0	0.0	3968	0.1
TOTAL ROTIFEROS	256182	16.5	920431	30.9	1176613	26.0
<i>Alona sp</i>	1323	0.1	0	0.0	1323	0.0
<i>Bosmina longirostris</i>	140212	9.0	126765	4.3	266977	5.9
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	6173	0.4	35273	1.2	41446	0.9
<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	24691	1.6	11024	0.4	35715	0.8
<i>Moina micrura</i>	9259	0.6	26456	0.9	35715	0.8
TOTAL CLADOCEROS	181658	11.7	199518	6.7	381176	8.4
Nauplios	751764	48.4	1253308	42.1	2005072	44.2
Copepoditos	289683	18.7	362654	12.2	652337	14.4
	1041446	67.1	1615962	54.2	2657408	58.6
<i>Arctodiaptomus dorsalis(M)</i>	7055	0.5	23150	0.8	30205	0.7
<i>Arctodiaptomus dorsalis(H)</i>	24250	1.6	17637	0.6	41887	0.9
<i>Mesocyclops nicaraguensis(H)</i>	882	0.1	0	0.0	882	0.0
<i>Thermocyclops inversus(M)</i>	20723	1.3	98105	3.3	118828	2.6
<i>Thermocyclops inversus(H)</i>	20723	1.3	104720	3.5	125443	2.8
TOTAL COPEPODOS	73633	4.7	243612	8.2	317245	7.0
TOTAL ZOOPLANCTON	1552919	100	2979523	100	4532442	100
ZOOBENTOS (Ind/m²)						
<i>Limnodrilus sp</i>	894	35.0	251	53.4	1145	37.9
TOTAL FAM. TUBIFICIDAE	894	35.0	251	53.4	1145	37.9
<i>Coelotanypus sp.</i>	217	8.5	164	34.9	381	12.6
<i>Cryptochironomus sp.</i>	1232	48.3	55	11.7	1287	42.6
<i>Procladius sp.</i>	186	7.3	0	0.0	186	6.2
<i>Tanypus sp</i>	22	0.9	0	0.0	22	0.7
TOTAL FAM. CHIRONOMIDAE	1657	65.0	219	46.6	1876	62.1
TOTAL ZOOBENTOS	2551	100	470	100	3021	100

Tabla 1: Abundancia relativa y numérica de especies del zooplancton y zoobentos en las Isletas de Granada (Ind. m⁻³)

La abundancia del zoobentos fue baja; en el mes de Julio se encontraron 5 géneros y en Noviembre 3 (fig. 6). Del total de géneros reportados (5) solo el género **Limnodrilus** dominó en Noviembre con 251 ind. m⁻² (53.4%), este pertenece a la familia Tubificidae (oligoqueto). En Julio se reportaron 4 géneros del grupo quironómidos, entre los que se destaca **Cryptochironomus** con 1 232 ind. m⁻² (48.3%).

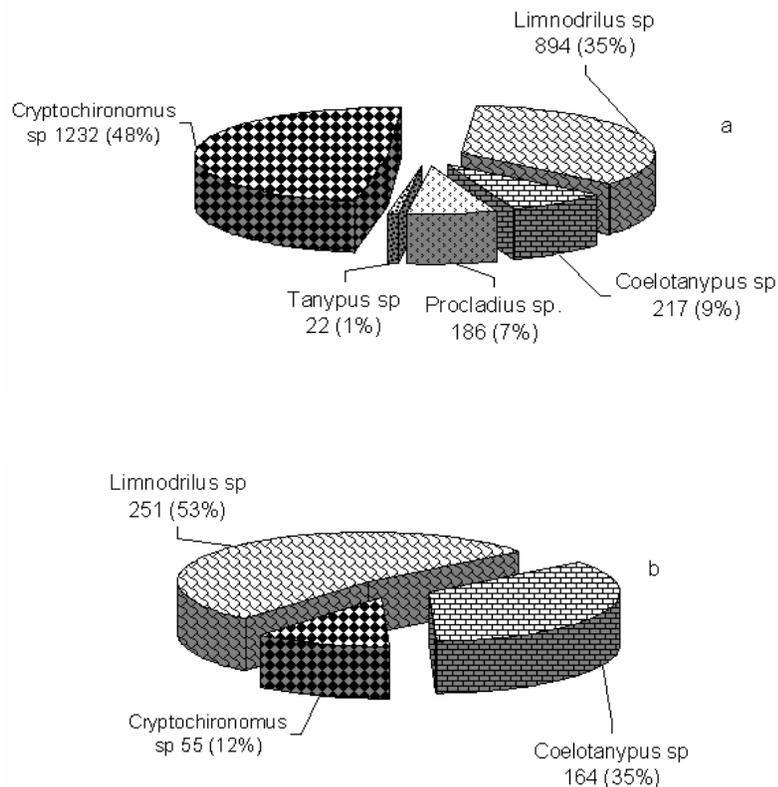


Fig. 6: Zoobentos en las isletas de Granada a) Julio y b) Noviembre, 1995. García (1993) realizó un estudio del zoobentos en el área litoral del lago Cocibolca y no reportó ningún organismo en esta zona del lago, según algunos autores, el zoobentos presenta fluctuaciones de abundancia muy grandes, desde la ausencia total de organismos hasta valores altos de oligoquetos o de quironómidos. En lagos eutróficos los quironómidos dominan sobre los oligoquetos, como es el caso del lago Esrom (Dinamarca), Margalef 1980. Esto podría explicar el dominio de **Limnodrilus** en Noviembre, mes influenciado por el fin de la época lluviosa, donde las sustancias químicas se encontraron menos concentradas. Además hay que considerar los muestreos poco

intensivos que siempre están asociados con reportes de poca abundancia en el zoobentos. En este estudio solo se llevaron a cabo dos muestreos, de tal forma que no se logró una representatividad confiable de los organismos presentes y con costumbres migratorias.

La mayor abundancia del zooplancton se presentó en Noviembre, con pocas variaciones de cladóceros y copépodos en los primeros 6 puntos ubicados en la zona Oeste de la península, exceptuando el punto 5 que se encontraba distante del litoral de la península. Los puntos de la zona Este (7 al 10) presentaron menor número de individuos del zooplancton (Fig. 7). Esto evidencia que hay zonificación con respecto al comportamiento de la abundancia y podría suponer que hay distintas condiciones ambientales para cada zona. Hay que destacar que en la zona Este existe influencia directa de la acción del viento además de la descarga de los desechos que se vienen distribuyendo desde la zona de Zacate Ligüe, efluente doméstico muy cercano al punto Club Náutico (10). La parte Oeste se encuentra protegida del viento y de la actividad directa de las olas, sin embargo con influencia de la actividad doméstica de habitantes de las isletas y del tráfico de lanchas.

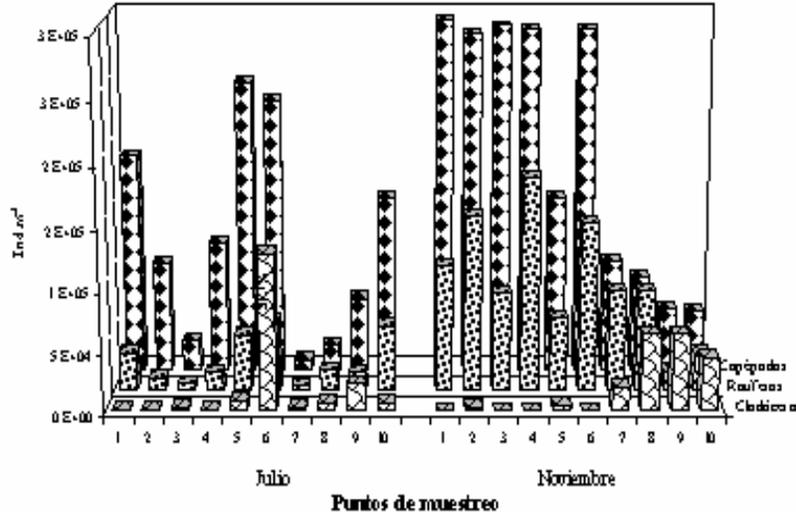


Fig. 7: Zooplancton en las Isletas de Granada, Julio y Noviembre 1995. En el mes de Julio se observaron diferencias en la distribución de la abundancia del zooplancton a lo largo del área de muestreo, La abundancia mas baja se observó en el punto 7 y la mas alta en el punto 6 (fig. 7). Nuevamente se evidencia la zonificación de los puntos. En la zona Oeste el comportamiento de la abundancia tiende a disminuir partiendo del punto Asese (1) hacia el punto las Limas (3), sin embargo los puntos que se ubicaron distante del litoral de la península presentaron mayor abundancia de organismos(5 y 6), de el punto 7 al 10 (zona Este) se observó un aumento gradual en las cantidades del zooplancton. La abundancia disminuyó a medida que se llega al extremo de la península, esto parece estar relacionado con la zona poblada de las isletas y

del distanciamiento del litoral del lago asociado a la dilución de material detrítico.

Los copépodos fueron los que presentaron mayor cantidad de individuos en los dos períodos muestreados, destacándose la zona Oeste de la península con influencia directa del atracadero. La mayoría de los copépodos lo conformaron los estadios juveniles; nauplios y copepoditos con mas del 50%, mientras que los copépodos adultos con menos del 10% de la abundancia total.(fig. 8) Esto es común ya que en el desarrollo larvario de nauplios a adultos ocurre alta mortalidad, por otro lado el tiempo de desarrollo de los nauplios es largo comparado con la duración de vida del adulto, llegando a acumularse formas larvarias de varias generaciones aumentando así su número (Margalef, 1983).

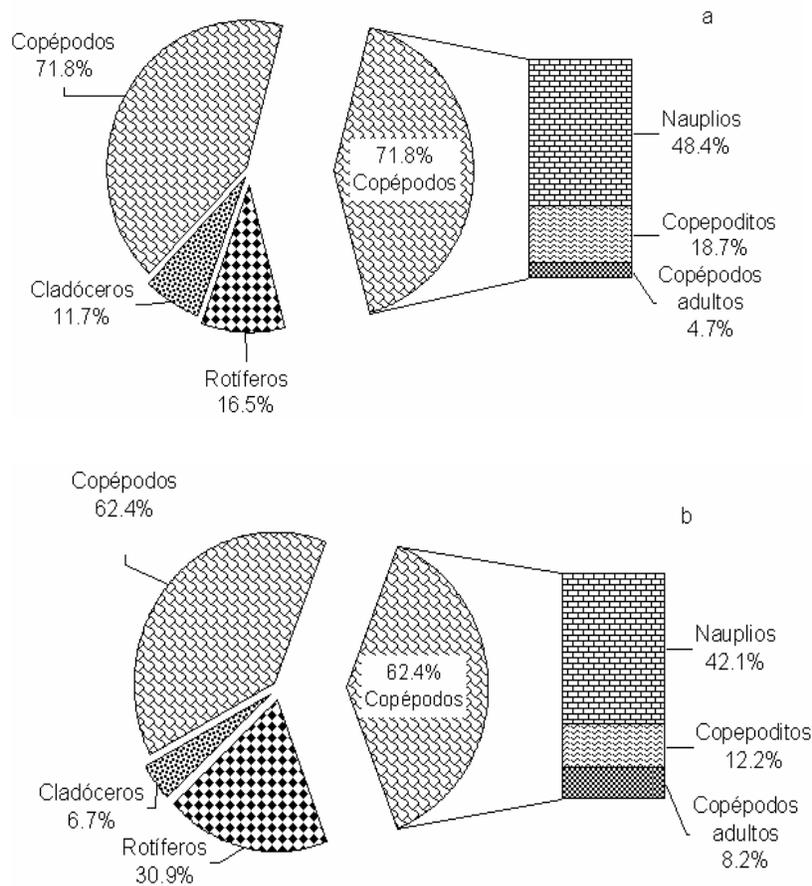


Fig. 8: Abundancia relativa del zooplankton en las Isletas de Granada a)Julio b)Noviembre, 1995 (ind. m⁻³)

Los rotíferos fue el segundo grupo dominante en ambos muestreos, con 256 182 ind. m⁻³ (16.5%) en Julio y 920 431 ind. m⁻³ (30.9%) en Noviembre. La abundancia refleja el mismo grado de zonificación al igual que los otros grupos del zooplankton. Sobresales el dominio de *Keratella americana*, este es un organismo ampliamente distribuido en aguas dulces del continente americano,

su dominio obedece al origen dulceacuícola de los rotíferos los que exhiben gran diversificación y abundancia en las aguas continentales (Infante 1980). Los cladóceros fue el grupo con menor abundancia, En Julio fue mínima en todos los puntos exceptuando el punto 6 que alcanzo 129 189 ind. m⁻³ (31.1%). La abundancia en Noviembre se destacó en la zona Este con el mayor número de individuos (punto 7 al 10). Las especies que dominaron fueron *Bosmina longirostris* y *Diaphanosoma fluviatile*, aunque presentaron menor número en Noviembre. La dinámica de estos organismos filtradores en las isletas se caracterizó por el mayor número de individuos en los puntos mas influenciados de contaminación orgánica, según Margalef (1983) estos grupos tienen amplia dispersión en aguas tropicales y tienden a dominar en lagos en proceso de eutrofización.

En la Tabla 2 se refleja el comportamiento de la riqueza específica de los dos periodos de muestreo. Esta fue ligeramente mayor en Julio, destacándose los puntos 5, 6 y 10 y en Noviembre los puntos 5, 7 y 8. Estas variaciones de riqueza dependen de las diferentes condiciones ambientales en cada punto. Odum (1972) expresa que un amplio ambiente físico riguroso, contaminación y otras tensiones es un componente de la diversidad de especies y que ocasionan variaciones entre especies y número de ellas.

PUNTOS	Jul-95			Nov-95		
	ORG.	ESP.	Dn	ORG.	ESP.	Dn
1	41446	11	0.94	149912	10	0.76
2	13668	5	0.42	160940	12	0.92
3	11905	12	1.17	101413	9	0.69
4	36155	11	0.95	231484	12	0.89
5	68342	18	1.53	100314	14	1.13
6	202381	19	1.47	194005	9	0.66
7	6614	6	0.57	112436	13	1.03
8	24259	12	1.09	149913	13	1.01
9	39242	14	1.23	85980	9	0.70
10	67460	16	1.35	77164	12	0.98

Tabla 2: Riqueza de especies en el zooplancton de las Isletas de Granada, muestreos realizados en Julio y Noviembre 1995 (ind.m⁻³).

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) se analizaron un total de 26 variables ambientales (parámetros físico - químicos) en la campaña de Julio y 23 para Noviembre.

Julio 1995

Este análisis (ACC) dio como resultado que del total de variables ambientales analizadas para el mes de Julio, las que explicaron la varianza de especies con respecto a los factores físico - químicos fueron el fósforo total (PT), sólidos totales (ST) y el sílice (Si) Fig. 9.

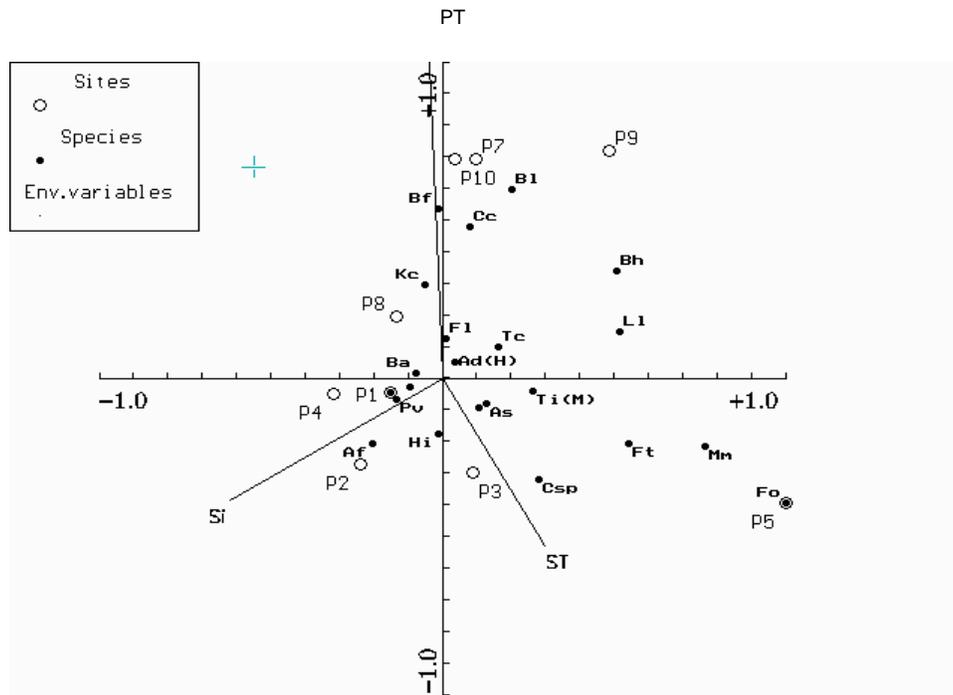


Fig. 9: Correlación canónica entre variables ambientales, especies y puntos de muestreo, Julio 1995.

El primer eje representado por el fósforo total (PT) explicó el 50% de la varianza. En este eje se agruparon los puntos que estuvieron más influenciados por el fósforo total (7, 8 y 10) esta zona se caracterizó por la tendencia a el aumento en las concentraciones de zooplancton, sobresaliendo ***Bosmina longirostris*** y ***Ceriodaphnia cornuta***.

El segundo eje se originó por la influencia del sílice (Si) y explicó junto con el primer eje el 92% de la varianza debida a los parámetros físicos - químicos y la composición de especies del zooplancton. Alrededor de este eje se agruparon los puntos 1, 2 y 6.

El tercer eje influenciado por los sólidos totales (ST) explicó junto a los dos anteriores el 100% de la varianza de especies con respecto a las variables físico - químicas. El punto que se encontró asociado a este eje fue el 3.

El fósforo total y el sílice estuvieron asociados a la productividad. Cuando estos se agregan a los lagos ya sea por causa experimental o con el propósito de fertilizarlos resulta el incremento de la productividad algal (Vollenweider, 1981, Wetzel, 1981), por el contrario al reducir los aportes se disminuye el crecimiento, estas oscilaciones provocan variaciones en los niveles superiores de la cadena trófica como el zooplancton. Con respecto a los sólidos totales, estos están asociados a la presencia de partículas en suspensión en la columna de agua, constituidos por materia orgánica e inorgánica las que son también utilizadas por los productores y reincorporándolos a la cadena trófica.

El ACC mostró que las variables que explican el 100% de la varianza con respecto a los factores físico - químicos fueron turbidez (TB) Y demanda química de oxígeno (DQO) fig. 10

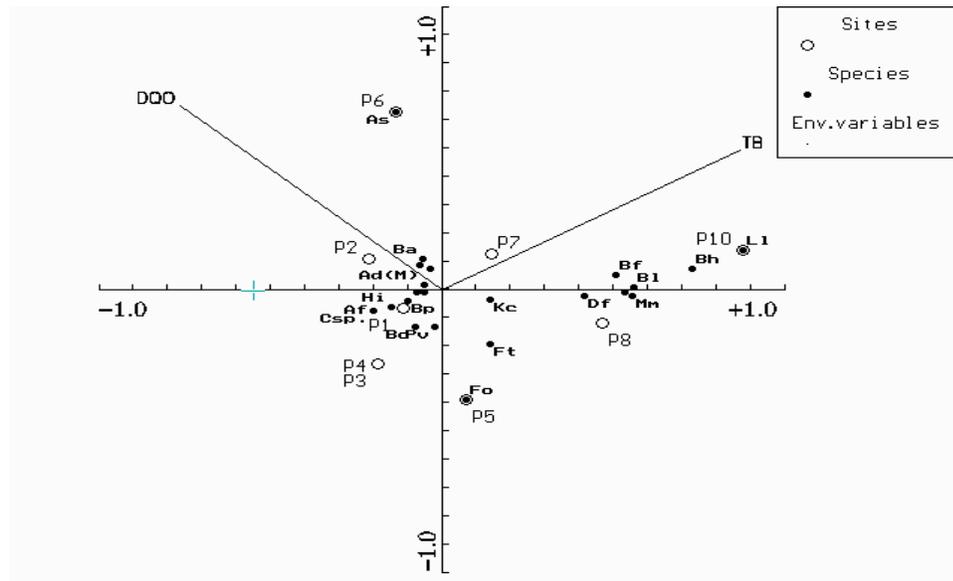


Fig. 10: Correlación canónica entre variables ambientales, especies y puntos de

muestreo, Noviembre 1995.

El primer eje se debió a la turbidez (TB), este explicó el 88.5% de la varianza total de las especies del zooplancton con respecto a las variables físico químicas, este eje agrupa a los puntos 7,8 y 10 asociados al aumento de ***Brachionus falcatus*** y la presencia de cladoceros en la zona Este ***Ceriodaphnia cornuta***, ***Diaphanosoma fluviatile*** y ***Moina micrura***.

El segundo eje se originó por la influencia de la demanda química de oxígeno (DQO) que asocia a los puntos de la zona Oeste con el dominio de ***Brachionus angularis*** y de copépodos. Estas dos variables confirman la dinámica descrita por las dos zonas de la península, la parte Este con mucha mezcla de la columna de agua por la acción del viento y la Oeste protegida, generando para la primera mayor turbidez y para la segunda deficiencia de oxígeno para los procesos oxidativos.

Aunque en Noviembre no se destaca la mayor abundancia de organismos suponemos que la dinámica de lluvias y el viento favoreció el desarrollo de especies capaces de prosperar cuando hay más cantidad de materia orgánica en suspensión, el incremento de la materia orgánica exige mayor cantidad de oxígeno para los procesos oxidativos reduciendo el espacio habitable por los organismos aeróbicos (Infante, 1988).

CONCLUSIONES

Se encontró diferencias significativas en la composición de especies, diversidad y biomasa del fitoplancton en las estaciones ubicadas en la bahía de Asese y las localizadas en aguas abiertas.

La abundancia numérica de cianofitas en la bahía de Asese se puede explicar por los posibles lixiviados provenientes del basurero municipal La Joya.

Las diferencias observadas en la biomasa (peso húmedo) del fitoplancton entre campañas fue producto del incremento en la abundancia de *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira distans* y *Aulacoseira sp.*, resultado de la mezcla permanente de la columna de agua la cual favoreció el desarrollo de las diatomeas.

El índice de similitud en este estudio fue relativamente alto (0.71) indicando que la mayor parte del total de especies estuvo presente en ambas campañas.

El índice trófico calculado con los datos de clorofila-a, disco secchi y fósforo total establecen una condición oligotrófica a mesotrófica.

La probabilidad de nivel trófico basado en fósforo total ubican a las Isletas de Granada en un 60% mesotrófico, 32% eutrófico, 7% oligotrófico y 1% hipertrófico.

Las comunidades del zooplancton y del zoobentos presentaron una marcada estacionalidad y zonificación de los puntos muestreados.

Los puntos con aparente afectación de las actividades antropogénicas presentaron disminución de especies, siendo ligeramente menor en Noviembre.

La abundancia del zooplancton estuvo mayormente influenciado por los parámetros físico - químicos; fósforo total, sílice y sólidos totales en Julio, turbidez y demanda química de oxígeno en Noviembre.

BIBLIOGRAFIA

CANOCO (Canonical Community Ordination). TNO. Institute of Applied computer Science, Statistics department Wageningen, Version 2.1. Netherlands.

Carlson, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 22: 361-9.

Cisneros, R., E.I. Mangas and M. Van Maren. 1991. Natural Diet of Herbivorous Zooplankton in Lake Xolotlán (Managua). *Hidrobiological Bulletin*. Vol. 25(2).

Cole, G.A. 1968. *Limnology of Great Lakes of Nicaragua* in: T.B. Thorson ed. 1979. *Investigations of Nicaragua Lakes*. University of Nebraska. pág. 9-15.

Compère, P. & A. Iltis, 1983. The phytoplankton, G. In J-P Carmouze, J-R Durand & C. Léveque (eds), *Lake Chad. Ecology and Productivity of shallow tropical ecosystem*. Monogr. Biol. (Junk) 53: 145-197.

De Rider, M. 1966 Rotifers from Nicaragua. *Hidrobiologia* 27: 238-247.

Edmondson, W.T. & A.H. Litt. 1982. 'Daphnia in Lake Washington', *Limnol. Oceanogr.* 29: 272-293.

Fogg, G.E. W.D.P. Stewart. P. Fay. A.E. Walsby. 1973: *The blue-green algae*. Academic Press, London /New York. 459 pág.

García R. 1993. Fauna béntica de la zona litoral occidental del lago Cocibolca (sometido)

- Grass, R.A. & S. Ittis . Léveque - Duwat, 1967. Le plancton du Bas chari et de la partie. Est. du lac Tchad Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol. 1:25-100.
- Guatemala, H.J. 1996. Abundancia y Biomasa del Zooplancton en la Zona Noroeste del Lago Cocibolca. Monografía. 31 pág.
- Harbott, B.J. 1982. Studies on algal dynamics and primary productivity in Lake Turkana. A report on the findings of the lake Turkana Project 1972-1975. Overseas Development Administrations Lond: 109-161.
- Hartmann, g. 1959 Beitrag zur Kenntris des Nicaragua-Wees unter Besonder Berücksichtigung Seiner Ostracoden Zool anz 162: 270-294.
- Herbst, H. V. 1960 Copepoden (Custacea, Entomostraca aus Nicaragua und südperu, Gewässer. 27-54.
- Ittis, A. 1977. Peuplements phytoplantoniques du lac Tchad II. (Avril 1974, Novembre 1974 et Fevrier 1975). Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol. II. 53-72.
- Incer, J. 1970. Geography of Lake Nicaragua. In T.B. Thorson Ed. 1979. Investigations of Nicaragua Lakes. University of Nebraska. pág. 3-7.
- Infante, A. 1980. Rotíferos del Lago de Valencia. Acta Científica Venezolana 31:30-47.
- Infante, A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Monografía No. 33. Serie de Biología OEA 130 pág.
- INFONAC. 1974 Informe Sobre Resultados del Programa de Investigación de los Recursos Pesqueros del Lago de Nicaragua. Instituto de Fomento Nacional, División de Pesca. Managua.
- Jewson D. H, 1976. The interaction of components controlling net phytoplankton photosynthesis in a wellmixed Lake (Lough Neagh, Northern Ireland). Freshwater Biology 6: 551-576.
- Keatin, K.I. 1976. 'Algal Metabolite influence on Bloom sequence in Eutrophied Freshwater ponds', U.S. EPA Ecol. Res., EPA-600/3-76-81.
- Krebs, Ch. 1985. Ecología estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición. Ed. HARLA. 753 pág.
- Koste, W. 1978, Rotatoria, Die Rädertiere Mitteleuropas, Monogonta I 673 pág. y II Tafelband, 234 pág.
- Lund, J.W.G., 1965. The ecology of the freshwater phytoplankton Biol. rev. 40: 231- 293. Margalef, R. 1983. Limnología. Edic. Omega. Barcelona, España. 951 pág.
- Margalef, R. 1980. Oecologia aquatica. Departamento de Ecología Univ. Barcelona No. 4.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega. 963. pág.
- Merritt, R. W. & K. W. Cummins. 1984. An introduction to the Aquatic Insects of North America. Second edition. 722 pág.
- McBirney, A.R. and H, Williams. 1965. Volcanic history of Nicaragua, In T.B. Thorson Eda. 1979. Investigations of the Ichthyofauna of Nicaragua Lakes, University of Nebraska. 3-7 pág.
- Moreno, L. H. García,, L. Pacheco. H. Seger. A. Infante. 1992 Rotifers(Monogononta) of Nicaragua. Acta Científica Venezolana 43: 243 – 247.

- Nush E.A. & G.Palme., 1975. Biologische Methoden für die Praxis der Gewässeruntersuchung. Bestimmung des Chlorophyll-a und phaeopigmentgehaltes in oberflächenwasser. *Wasser/Abwasser* 116: 562-565.
- Odum, E. P. 1972. *Ecología*. tercera edición. 637 pág.
- Pennak, R.W. 1978. *Freshwater Invertebrates of the United States*. Willey . Nueva York. N.Y 803 pág.
- Poessy, R. 1939 - 1940. *Guía Ilustrada de Granada*. Anuario de Información General Escuela Tipográfica Salesiana. 114 pág.
- Reynolds, C. S. 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rodríguez-Romero. 1994. Composición, Abundancia y Riqueza Específica de la Ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur. Mexico. *Ciencias Marinas* 20(3):321-350.
- Salas, Henry J. & P. Martino. 1990. Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en los lagos cálidos tropicales. Programa regional CEPIS /OPS/HPE.
- Swain, F.M. and J.M. Gilby. 1964. Ecology and Taxonomy of Ostracoda and alga from Lake Nicaragua. *P-B Stat. Zool. Napoli, Suppl. 33: 361 – 386*: In T.B Thorson.
- Thorson, T. B. 1976, *Investigations of the Ichthyofauna of Nicaragua Lakes*, University of Nebraska Lincoln, Nebraska. 663 pág.
- Utermoehl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. *Mitt. internat. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.
- Vammen, K., 1997. Informe Final. Proyecto Generación de las Bases Científico Técnicas y Sociales para la Formulación de un Plan de Saneamiento de Granada y su Area de Influencia.
- Vollenweider, R.A. & J. Kerekes. 1981. Background and summary results of the OECD cooperative program on eutrophication. IN: restoration of lakes and inland waters. EPA/440/5-81-010. p. 25-36.
- Wetzel, R. G. 1981. *Limnología*. Edic. Omega. Barcelona, España. 679 pág.