

EL ZOOPLANCTON DEL LAGO DE NICARAGUA Y LA INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS.

MORENO D., LUIS y PACHECO P., LORENA

RESUMEN

Durante el mes de Junio de 1997 se llevo a cabo una campaña de tres días (de 12 al 14) de muestreo en el Lago Nicaragua o Cocibolca. Durante ese período se colectaron un total de 46 muestras. En estas se encontraron representantes de los tres principales grupos que componen el zooplancton (copépodos, cladóceros y rotíferos). De estos grupos se identificaron tres especies de copépodos (un calanoida y dos cyclopoidas), cinco especies de cladóceros y 12 especies de rotíferos.

Se encontró en las muestras al menos una especie del género *Daphnia*. Este quizás sea uno de los hallazgos más interesantes desde el punto de vista taxonómico, ya que según la literatura las especies de este género prefieren aguas menos cálidas.

Desde el punto de vista cuantitativo se observó que el punto que presenta mayor abundancia de especies fue punto N97-11, esto en gran parte debido al aporte de los nauplios de cyclopida ($> 100,000 \text{ ind.L}^{-1}$) y copepoditos de cyclopida (alrededor de $40,000 \text{ ind.L}^{-1}$). Se observaron diferencias en la distribución espacial del zooplancton tanto en el plano horizontal (entre puntos), como en el plano vertical (dentro de un mismo punto a diferentes profundidades).

La variable ambiental que explicó el 100% de la varianza del zooplancton con respecto a los factores físico químicos resultó ser el pH.

INTRODUCCIÓN

El papel y la importancia del zooplancton en los ecosistemas acuáticos han sido citados en innumerables ocasiones en la literatura (Tait 1971; Wicksted 1979; Goldman & Horne 1983; Margalef 1983, Infante 1988).

La gran cantidad de animales del zooplancton constituye una comunidad en sí mismo y entre ellos hay carnívoros, comedores de carroña y filtradores, además de herbívoros. Los grupos principales que componen el zooplancton de los lagos son tres: Los copépodos, cladóceros y rotíferos. No se debe descartar a los protozoarios los cuales bajo ciertas condiciones pueden alcanzar muy altas densidades de población.

Los miembros del zooplancton juegan un papel muy importante en la ecología de los cuerpos de agua, ya que son los encargados de transformar el alimento producido por el fitoplancton en proteína animal, siendo de esta manera un eslabón intermedio entre el fitoplancton y los organismos acuáticos a una escala superior. (Wicksted 1979). La importancia de su estudio se basa además en su rol como organismos indicadores de la calidad del agua, se estiman densidades por encima de los 500 ind.L^{-1} para lagos eutróficos y de hasta menos de 1 ind.L^{-1} para lagos oligotróficos (Goldman & Horne 1983). Este aspecto nos es muy útil a la hora de evaluar las condiciones ambientales de nuestros recursos acuáticos.

La composición, abundancia y distribución del zooplancton en los lagos depende en gran medida de los factores físico - químicos. Así, parámetros tales como el

oxígeno, luz, temperatura y pH, entre otros, influyen el número y distribución de especies en un cuerpo de agua.

El lago de Nicaragua o Cocibolca es nuestra mayor reserva de agua dulce y está entre los 10 lagos más grandes del mundo. Quizás la paradoja más grande de esta situación es que a pesar de su importancia los estudios limnológicos y específicamente los concernientes a las comunidades zooplantónicas realizados en este cuerpo de agua han sido pocos. Estos no han sido sistemáticos y se han limitado en el mejor de los casos a muestreos de una zona específica del lago o simplemente a un único muestreo el cual en muchos casos a consistido de una sola muestra tomada con fines taxonómicos. (Herbst 1960; De Ridder 1966; Moreno et al 1992). En el mes de Septiembre de 1994 el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN) presentó un informe sobre los resultados de las investigaciones realizadas para establecer las causas del fenómeno masivo de peces muertos en el lago Cocibolca observado en el mes de Mayo 1994. Durante esta actividad se hizo un muestreo en un total de 30 puntos y se midieron una serie de parámetros físico - químicos y biológicos dentro de los cuales estaba el zooplancton. Este a sido quizás el muestreo más extensivo que se ha realizado en este lago.

En Junio de 1997 se llevo a cabo una campaña de tres días de muestreo, durante los cuales se tomaron muestras de agua y sedimento para la medición de diferentes parámetros físico – químicos y biológicos. Este trabajo presenta los resultados de la composición cualitativa y cuantitativa del zooplancton del lago Cocibolca y la influencia de los factores físico químicos sobre su distribución.

METODOS

Muestreo:

Se muestrearon un total de 19 puntos (ver mapa) durante una campaña de tres días de muestreo (12, 13 y 14 de Junio de 1997). Los códigos de los puntos, así como su ubicación, hora y fecha de muestreo se listan en la tabla 1.

Durante este período se tomaron dos juegos de muestras de zooplancton, una para análisis cualitativo y otro para análisis cuantitativo.

Las muestras cualitativas se tomaron usando una red de zooplancton del tipo Wisconsin; para tal efecto se hicieron arrastres desde un metro sobre el fondo hasta la superficie. Esta operación se repitió 3 veces.

Las muestras cuantitativas de zooplancton fueron tomadas usando una Cámara de Schindler de 12 litros, estas muestras en los primeros 5 puntos se tomaron de forma integrada, debido a que la profundidad no superaba los 10 metros, en los restantes puntos se tomaron por estratos.

Las muestras integradas (las de los primeros 5 puntos) se componen del volumen de agua filtrado por la Cámara de Schindler a tres diferentes niveles de profundidad; procurando que cada nivel fuera representativo del estrato superior, el medio y el más profundo del punto de muestreo, el cual fue fijado a un metro sobre el fondo.

Las muestras por estratos consistieron en muestras de un mismo punto a diferentes profundidades, para tal fin se tomaron muestras en tres diferentes niveles o estratos de la columna de agua (superficie, medio y fondo). En cada nivel

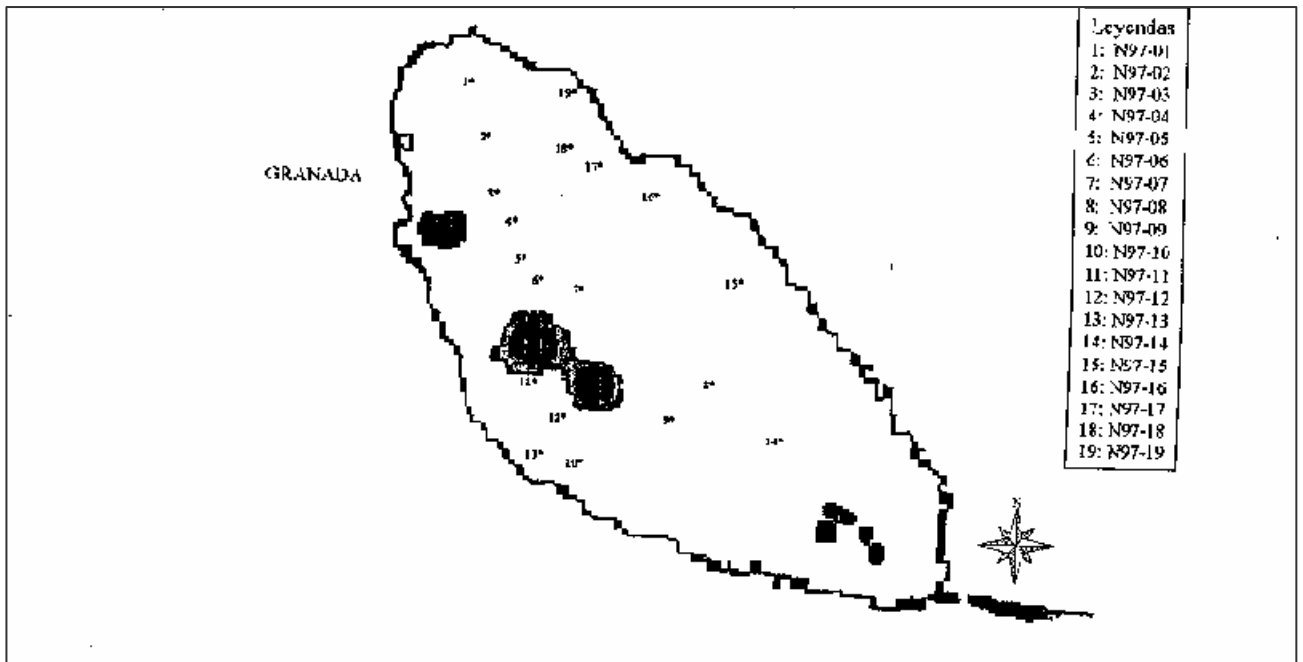
se filtro el volumen de agua equivalente a tres Cámaras de Schindler (36 litros). En total se tomaron 46 muestras cuantitativas.

Todas las muestras se fijaron con formalina, procurando que la concentración final de ésta en el frasco de la muestra fuera de aproximadamente el 4%.

La correcta ubicación de los puntos de muestreo fue determinada mediante el uso de un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS).

Laboratorio:

El análisis cualitativo se realizó agrupando a los organismos por grandes grupos, para su posterior identificación hasta el nivel de especie, cuando esto fuese posible. Las identificaciones se llevaron a cabo usando claves taxonómicas y con la ayuda de un microscopio *Leitz LABORLUX D*. Cuando fue necesario se efectuaron disecciones usando para tal efecto agujas de 1 y 0.15 milímetros de diámetro.



Mapa: Area de muestreo

Pto de	Fecha	Hora	Latitud	Longitud
N97-01	12/6/97	9: 30	N 12°02.806	W 85°51.638
N97-02	12/6/97	10: 55	N 11°58.6	W 85°50.4
N97-03	12/6/97	12: 40	N 11°52.1	W 85°47.8
N97-04	12/6/97	13: 46	N 11°49.8	W 85°44.5
N97-05	12/6/97	14: 50	N 11°47.3	W 85°40.9
N97-06	12/6/97	15: 47	N 11°44.8	W 85°40.9
N97-07	12/6/97	17: 02	N 11°42.1	W 85°37.0
N97-08	13/6/97	6: 47	N 11°31.827	W 85°15.64
N97-09	13/6/97	8: 35	N 11°31.5	W 85°17..3
N97-10	13/6/97	11: 35	N 11°20.6	W 85°26.1
N97-11	13/6/97	18: 07	N 11°27.5	W 85°39.4
N97-12	13/6/97	19: 17	N 11°25.3	W 85°35.0
N97-13	13/6/97	21: 25	N 11°15.5	W 85°31.2
N97-14	14/6/97	5: 20	N 11°18.25	W 85°08.5
N97-15	14/6/97	10: 10	N 11°42.704	W 85°18.132
N97-16	14/6/97	11: 35	N 11°51.052	W 85°25.052
N97-17	14/6/97	13: 20	N 11°56.914	W 85°35.045
N97-18	14/6/97	14: 22	N 11°55.464	W 85°40.100
N97-19	14/6/97	15: 37	N 12°01.637	W 85°42.806

Tabla 1: Puntos de Muestreo.

Para el análisis cuantitativo, las muestras se contaron en su totalidad, exceptuando las muestras N97-02, N97-03, N97-04 y N97-05; las cuales fueron contadas llevándolas hasta un volumen conocido de 100 mililitros, y extrayendo alíquotas de tres mililitros mediante la ayuda de una pipeta Hensen Stemple. El conteo de las muestras se llevó a cabo en una Cámara de tipo Bogorov. Un total de tres alíquotas de tres mililitros se contaron en el caso de estas muestras y se reportó el promedio de organismos encontrados en ellas como resultado. Posteriormente se efectuaron los cálculos necesarios para obtener el número de organismos por metro cúbico (ind.m^{-3}) usando la siguiente fórmula:

$$(((n/3) * Vc)/Vf) * 1000$$

Donde :

n : Es el promedio de individuos en las tres alíquotas.

Vc : Es el Volumen concentrado. En nuestro caso 100 ml.

Vf : El volumen filtrado. En nuestro caso 36 litros.

Sé dividió **n** entre 3 para obtener el número promedio de individuos en 1 mililitro y se multiplicó por 1000 para obtener el resultado final en metros cúbicos.

Para las muestras que se contaron en su totalidad la fórmula que se empleó fue la siguiente:

$$(N/Vf)*1000$$

Donde :

N : Total de individuos en la muestra

Vf : Volumen filtrado

Todos los resultados de los análisis cuantitativos se expresaron en individuos por metro cúbico.

Análisis estadísticos y multivariados

Análisis estadísticos t - student se aplicaron con el fin de conocer si existían diferencias significativas a un nivel de 95% de confiabilidad entre los puntos de muestreo y entre las diferentes profundidades dentro de un punto de muestreo. Se aplicó el Análisis Multivariado de Correspondencia Canonica (CCA por sus siglas en Inglés) usando para este fin el programa Canonical Community Ordinator (CANOCO) versión 3.10. El CCA se aplicó solamente a los puntos muestreados por estratos. De estos puntos se descartaron aquellos que no presentaban datos de parámetros físico químicos. La lista de puntos con sus respectivos códigos usados en el análisis del CCA se listan en la tabla 2. Los códigos de los parámetros físico químicos que se usaron como variables ambientales se enumeran en la tabla 3. Los datos de la composición cuantitativa del zooplancton de los puntos seleccionados se usaron como variables de especies en el análisis del CCA. Los nombres de las especies se abreviaron con el fin de facilitar la comprensión de los gráficos, la lista de los nombres y códigos de las especies se presentan en la Tabla 5.

Puntos	Código	Puntos	Código
N97-06-1	P1	N97-10-30	P7
N97-07-1	P2	N97-15-0	P8
N97-08-0	P3	N97-16-0	P9
N97-08-20	P4	N97-17-0	P10
N97-09-0	P5	N97-18-0	P11
N97-10-0	P6		

Tabla 2: Lista de puntos con sus códigos usados en el CCA.

Parámetro	Código	Parámetro	Código
Turbidez	Turb	Dureza total	DurT
pH	PH	Alcalinidad Total	AlcT
Conductividad	Cond	Nitrito	NO ₂ ⁻
Color	Color	Flúor	F
Sólidos Totales	ST	Sílice	SiO ₂
Sólidos Totales Disueltos	STD	Fósforo total	Pt
Sólidos totales en Suspensión	STSu	Fósforo Total Disuelto	PTds
Calcio	Ca ²⁺	Fósforo reactivo	Prec
Magnesio	Mg ²⁺	Fósforo reactivo total	Prt
Sodio	Na	Fósforo orgánico Disuelto	Pod
Potasio	K	Boro	B
Sulfato	SO ₄ ²⁻	Oxígeno Disuelto	O ₂
Cloro	CL	Demanda Química de Oxígeno	DQO
Bicarbonato	HCO ₃ ²⁻		

Tabla 3: Códigos de los parámetros físico – químicos usados en el CCA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Composición Cualitativa:

Se identificó un total de 20 especies zooplantónicas. Los rotíferos son el grupo que presenta mayor diversidad de especies con 12, seguido de los cladóceros con 5 y finalmente los copépodos con 3. Aún quedan por identificar hasta el nivel de especies dos Cladóceros, pertenecientes a los géneros *Daphnia* y *Bosmina*, y dos rotíferos pertenecientes a los géneros *Epiphanes* y *Conochilus*, los cuales no se incluyen en la tabla 4.

Copépodos	Cladóceros	Rotíferos
<i>Arctodiaptomus dorsalis</i>	<i>Bosmina longirostris</i>	<i>Brachionus angularis</i>
<i>Thermocyclops inversus</i>	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	<i>Brachionus falcatus</i>
<i>Mesocyclops nicaraguensis</i>	<i>Daphnia parvula</i>	<i>Brachionus havanensis</i>
	<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>
	<i>Moina micrura</i>	<i>Filinia longiseta</i>
		<i>Filinia opoliensis</i>
		<i>Filinia terminalis</i>
		<i>Hexarthra intermedia</i>
		<i>Keratella americana</i>
		<i>Keratella cochlearis</i>
		<i>Polyarthra vulgaris</i>
		<i>Trichocerca capucina</i>

Tabla 4: Especies identificadas en el Lago Cocibolca durante el análisis cualitativo de las muestras de Junio 1997.

Especies	Códigos	Especies	Códigos
A. dorsalis (M)	ADOM	Bosmina Sp.	BOS
A. dorsalis (H)	ADH	D. fluviatile	DFL
A. dorsalis (Ho)	ADORHO	M. micrura	MMIC
Cop. Cal.	CCA	D. parvula	DPA
Naup. Cal.	NCA	Br. falcatus	BRF
Th. Inversus(M)	TM	Br. angularis	BRA
Th. Inversus(H)	TH	Br. havanaensis	BRH
Th. Inversus(HO)	THO	F. opoliensis	FIO
Ms.nicaraguensis (M)	MNM	F. longiseta	FIL
Ms.nicaraguensis (H)	MNH	F. terminalis	FIT
Ms.nicaraguensis (HO)	MNHO	Epiphanes sp.	EPSP
Cop. Cy.	CCY	T. capusina	TCAP
Naup. Cy.	NCY	H. intermedia	HXINT
C. cornuta	CCOR	K.americana	KA
B. longirostris	BOLO		

Tabla 5.: Nombre de las especies y sus Códigos usados en el CCA.

Las tres especies de copépodos se encontraron presentes prácticamente en todas las muestras analizadas. *A. dorsalis* y *T. inversus* se encontraron en el 100% de las muestras. Mientras que *M. nicaraguensis* se encontró en el 53% de las muestras. Estas tres especies son comunes para Nicaragua y han sido reportadas

con anterioridad para el Lago de Nicaragua y Lago de Managua. *A. dorsalis* ha sido reportado además para la laguna de Asososca, así como *M. nicaraguensis*. Por otra parte *T. inversus* y *M. nicaraguensis* se han encontrado en la laguna de Masaya y el embalse artificial de las Canoas.

Del grupo de los Cladóceros *Daphnia parvula* se reporta por primera vez para el lago de Nicaragua. Esta especie, es la segunda del género *Daphnia* en ser reportada para el país (Moreno & Infante 1991). *Daphnia parvula* había sido encontrada con anterioridad en el embalse de las Canoas. Su presencia en aguas del lago de Nicaragua llama mucho la atención ya que a pesar de ser una de las 6 especies de *Daphnia* encontradas en aguas tropicales, se tenía pensado que prefiere aguas un poco más frías que las del lago, además su distribución refiere que se encuentra confinada a lagos pequeños y estanques permanentes (Brooks 1957). Es muy probable que *D. parvula* haya llegado al lago de Nicaragua a través de los ríos que desembocan de la zona montañosa central del país y/o a través del Río Malacatoya el cual proviene del embalse de las Canoas. Esta especie con el tiempo pudo llegar a adaptarse a las condiciones existentes en el lago Nicaragua, ya que su presencia no fue casual en las muestras (se encontró en el 71 % de las muestras), además se pudo comprobar que se está reproduciendo en el lago por la presencia de huevos y embriones en su cámara de incubación.

El resto de especies de cladóceros, son propios de zonas pelágicas de lagos tropicales y se encuentran ampliamente distribuidos en los cuerpos de agua del país. *B. longirostris* y *C. cornuta* se encontraron en el 100% de las muestras, mientras que *M. micrura* se encontró en el 96%.

Los rotíferos fueron el grupo que presentó mayor diversidad de especies en las muestras del lago Cocibolca con un total de 12, de estas, cuatro especies (*B. falcatus*, *B. angularis*, *B. havanaensis* y *F. opoliensis*) aparecieron con mucha frecuencia en las muestras, con porcentajes de 100% en el caso de *B. falcatus*, 98% para *B. angularis* y *B. havanaensis*, y 91% para *F. opoliensis*, mientras que *K. americana* y *F. longiseta* se encontraron en el 73% de las muestras. Otras especies que se encontraron en más del 50% de las muestras fueron *F. terminalis* con 62% y *H. intermedia*, con un 60%. Las especies que aparecieron en menos del 50% de las muestras fueron; *T. Capusina* (49%) y *P. vulgaris* 13% *K. cochlearis* fue encontrada en un 7% del total de muestras analizadas y *B. Plicatilis* en el 2%.

La totalidad de las especies reportadas son de hábitat pelágico, correspondiendo con el origen de las muestras, esto explica además la ausencia de especies propias de hábitat litorales y que han sido reportadas con anterioridad para el lago Cocibolca. Especies de Rotíferos pertenecientes al género *Lecane* (Moreno et. al 1992) así como las de cladóceros del género *Alona* (García, 1994). Sin embargo no se encontraron en las muestras analizadas para la redacción de este trabajo, dos especies de rotíferos pertenecientes al género *Brachionus*, las cuales ya habían sido reportadas en los resultados de Septiembre de 1994. Estas son *B. calyciflorus* y *B. Patulus*.

B. Composición Cuantitativa:

El mayor número de ind.m⁻³ se presentó en la superficie del punto N97-11 (Fig. # 1). En este punto se registró un total de 242, 667 ind.m⁻³, siendo el mayor aporte el de los nauplios de Cyclopoida con un total de 102,417 ind.m⁻³. El número total de

Copepódos encontrados fue de 189,375 ind.m⁻³, este resultó ser el mayor aporte en cuanto a número de individuos por metro cúbico. El número de cladóceros encontrados en este punto fue de 47,250 ind.m⁻³, el de rotíferos fue de solamente 6,042 ind.m⁻³. Este punto (N97-11) queda muy próximo a las costas de la isla de Ometepe, lo que podría ser la razón del alto número de organismos, dado que es de suponer que una cantidad considerable de nutrientes es lixiviado de los suelos de la isla por acción las lluvias, también podría pensarse que existe un aporte de nutrientes proveniente de la actividad antropogénica, los cuales van a fertilizar las aguas creando un hábitat propicio para el desarrollo de las algas (se encontraron valores de hasta 20.72 µg.L⁻¹ de clorofila -a). El crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas trae como consecuencia un inmediato crecimiento de las poblaciones del zooplancton. Otro factor a considerar es el efecto protector de la Isla, la cual reduce la influencia del viento permitiendo así una mayor concentración de los organismos planctónicos.

Otros puntos que presentaron concentraciones considerables de zooplancton fueron: el punto N97-02 con valores de 174,074 ind.m⁻³, siendo los copepódos los que aportaron mayor número de organismos con un total de 143,210 ind.m⁻³, seguidos de los cladóceros con 24,074 ind.m⁻³ y los rotíferos con 6,790 ind.m⁻³. Este punto queda 10 kilómetros frente a las costas de Granada y en el se encontraron valores de hasta 38.48 µg.L⁻¹ de clorofila-a. El punto N97-12, a 10 metros de profundidad presentó una concentración de 190,917 ind.m⁻³; siendo los copepódos los más abundantes (135,125 ind.m⁻³), seguidos de los cladóceros (52,667 ind.m⁻³) y los rotíferos con (3,125 ind.m⁻³). En este punto fue donde se registró la concentración más alta de cladóceros de todo el muestreo. En este punto se registraron valores de hasta 23.68 µg.l⁻¹ de clorofila -a. Hay que señalar además que el punto N97-12 presentó las mismas condiciones de proximidad a la Isla de Ometepe que el punto N97-11.

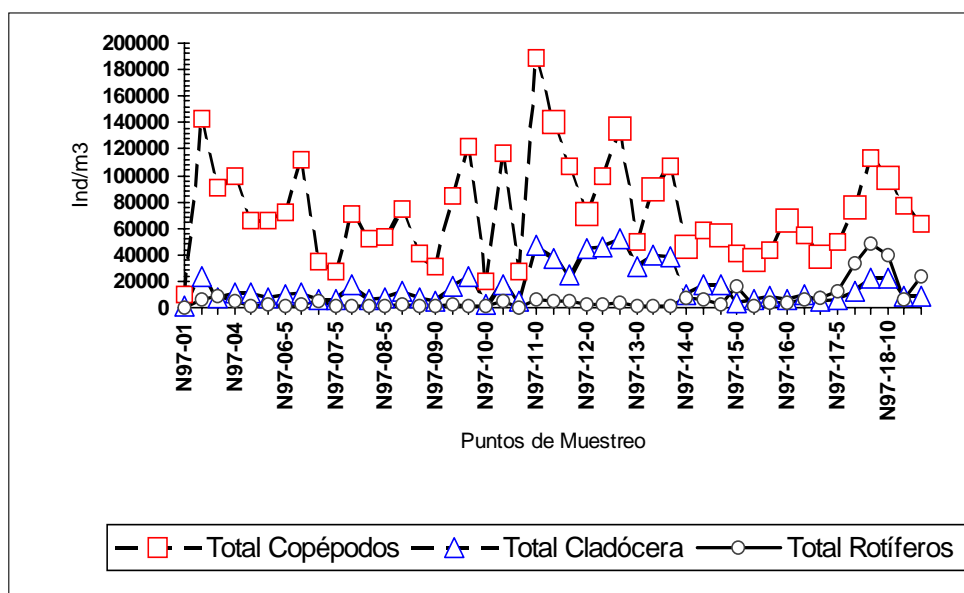


Fig 1.: Composición Cuantitativa del Zooplancton del Lago Nicaragua. Junio 1997

Las concentraciones de rotíferos se mantuvieron bajas durante el período de muestreo, solo se observó un ligero incremento en el punto N97-18, aquí se registraron valores de 33,667 ind.m⁻³ en la superficie, 48,042 ind.m⁻³ a 5 metros de profundidad y 39,333 ind.m⁻³ a 10 metros.

El punto que presentó la menor densidad de organismos fue el punto N97-01, con un total de 12,417 ind.m⁻³. Los copepódos fueron los más abundantes con 11,042 ind.m⁻³, los cladóceros con un valor de 833 ind.m⁻³ y los rotíferos de 542 ind.m⁻³. En este punto se registraron valores de hasta 26.64 µg.L⁻¹ de colorofila -a; cabe preguntarnos ¿Porqué si hay suficiente biomasa de fitoplancton los valores de zooplancton son tan bajos?. Una explicación muy probable sería la poca profundidad de este punto (1.5 metros) y el intenso oleaje de esta zona. Habíamos mencionado anteriormente que todas las especies que se habían reportado en este trabajo eran pelágicas; esto explicaría los bajos valores, pero entonces ¿porqué no se encontró especies litorales?. La razón de no encontrarlas pudo ser que las especies litorales prefieren lugares de poco viento y con protección vegetal, lo cual no se corresponde con este punto.

Los copépodos fueron los organismos más abundantes del zooplancton del lago de Nicaragua, su rango de abundancia porcentual fue entre 60 y 89% (Fig. #2). Estos valores se debieron principalmente a la alta concentración de copepoditos y nauplios (formas juveniles). Dentro de estas formas juveniles los nauplios de Cyclopoida fueron los más importantes, llegando a alcanzar valores porcentuales entre el 12 y el 79% de los copépodos (Fig.#3).

Los cladóceros ocuparon el segundo lugar en cuanto a abundancia, sus valores porcentuales oscilaron entre el 7 y el 38% del total de organismos encontrados en las muestras. Estos valores durante los primeros 10 puntos de muestreo no representaron más del 20% de las muestras, es solo entre los puntos N97-12 y N97-14, que se observa el mayor aporte porcentual de los cladóceros. En esta área del lago los valores porcentuales oscilaron entre el 15 y 38%.

Dentro del grupo de los cladóceros *C. cornuta* y *B. longirostris* fueron las más representativas en el porcentaje total de Cladóceros encontrados en las muestras. *B. longirostris* fue la más abundante de todos los Cladóceros alcanzando porcentajes de hasta 75 % (N97-12-0) del total de los Cladóceros encontrados en una muestra (Fig. #4), mientras que *C. cornuta*, llegó a alcanzar porcentajes de hasta 65% (N97-07-14), de los Cladóceros encontrados en una muestra.

Los Rotíferos como ya habíamos señalado, conformaron el grupo menos representativo en cuanto a número. En la mayoría de las muestras analizadas nunca constituyeron más del 11 % del total de individuos. La excepción fue el área entre los puntos N97-18 y N97-19, donde los rotíferos registraron porcentajes de hasta 28% del total del zooplancton (Fig. #2). Esta área se ubica muy próximo a la desembocadura del Río Mayales, el cual podría estar aportando nutrientes y materia orgánica que favorecerían el crecimiento de estas poblaciones. Aquí los géneros más importantes por su abundancia fueron *Brachionus* y *Filinia* (Fig. #5).

Se aplicó la prueba estadística t-student, con el fin de saber si existían diferencias significativas en el número de individuos a un nivel de confiabilidad del 95% entre y dentro de los puntos de muestreo a diferentes profundidades.

Del total de 14 puntos que se muestrearon por estratos, 8 de ellos presentaron diferencia significativa en al menos una de las profundidades (estratos). Los puntos N97-09 y N97-10 presentaron diferencias significativas en sus tres profundidades.

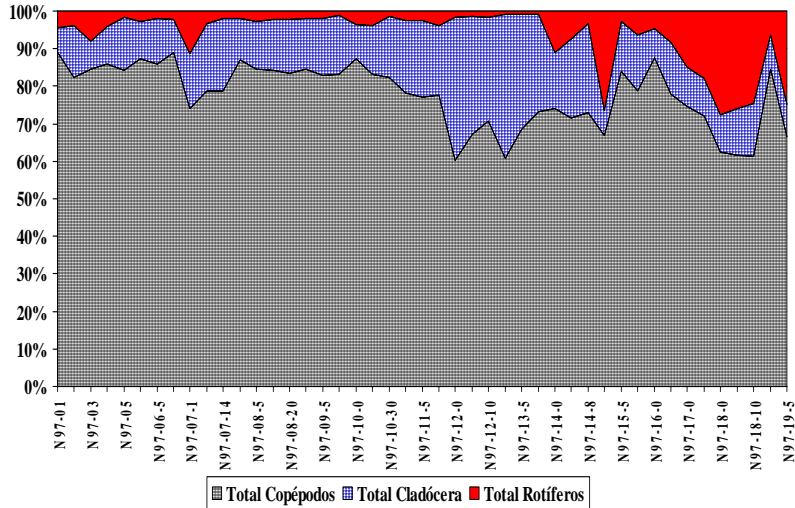


Fig.2 : Porcentaje por Puntos del Zooplancton del Lago Nicaragua. Junio 1997

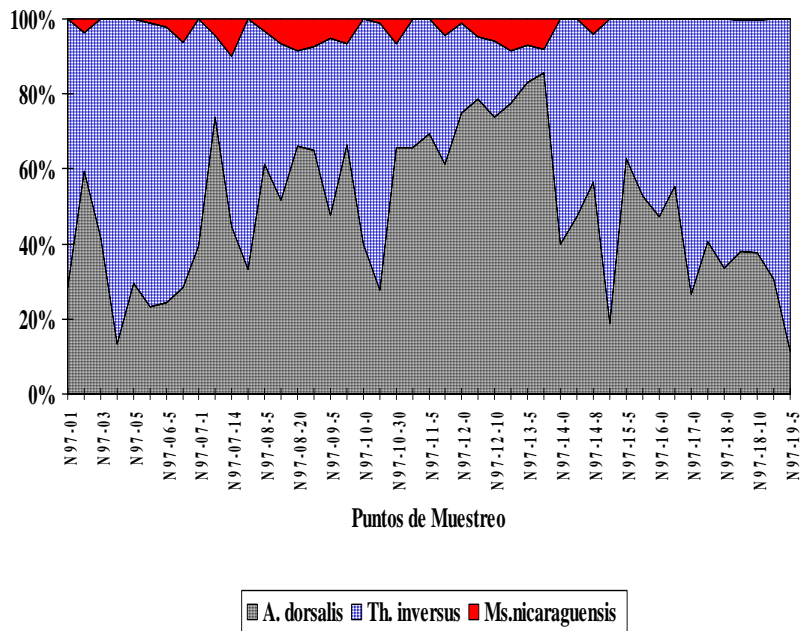


Fig. 3: Porcentaje de Abundancia de las especies de Copépodos del Lago Cocibolca Junio 1997

En el grupo de las muestras integradas (por profundidad) también hubo puntos que presentaron diferencias entre sí en cuanto al número de individuos, tal es el caso del punto N97-01, el cual presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) con el

punto N97-05. El punto N97-02 y el N97-03, también presentaron diferencias significativas entre sí.

Finalmente, las muestras por estratos y las muestras integradas cuando se compararon entre sí, presentaron en la mayoría de los casos diferencias significativas ($P < 0.05$). El total de los resultados de la prueba t-student se presenta en la tabla tres en la sección de anexos.

Los resultados del Análisis de Correspondencia Canónica indicaron que el pH es la variable ambiental que explica el 100 % de la variabilidad de las especies del zooplancton con respecto a los factores físico químicos (Gráfico #6). El resto de variables no fueron significativas. Los puntos asociados con altos valores de pH fueron P9 (N97-16-0), P11 (N97-18-0), P8 (N97-15-0) y P10 (N97-17-0). Estos puntos se encontraron relacionados con especies que a su vez mostraron mayor afinidad por pH altos; estas fueron *Brachionus angularis* (BRA), *Moina micrura* (MMIC), *Diaphanosoma fluviatille* (DFL), *Keratella americana* (KA) y *Brachionus havanaensis* (BRH). En el otro extremo del eje se ubicaron los puntos que presentaron menores valores de pH. Aquí se encontraron los puntos P4 (N97-08-20), P7 (N97-10-30) y P1 (N97-06-1). En esta zona se encontraron con mayor frecuencia los siguientes miembros del zooplancton; hembras y machos de *Mesocyclops nicaraguensis* (MNH) y (MNM), hembras ovígeras y hembras de *Arctodiaptomus dorsalis* (ADHO) y (ADH), *Ceriodaphnia cornuta* (CCOR), *Daphnia parvula* (DPA) y *Bosmina sp* (BOS).

Observando la disposición de los puntos en el gráfico del CCA se puede inferir un aumento del pH a medida que se avanzaba en los puntos de muestreo. Con el fin de conocer si existía una tendencia de las especies del zooplancton a ubicarse en una determinada región del lago se efectuó otro CCA, para esto se usaron las coordenadas de latitud y longitud como variables ambientales (Gráfico #7). En este nuevo análisis la variable latitud explicó el 100% de la variabilidad del zooplancton. Las especies más comunes en la zona norte del lago fueron *Brachionus falcatus* (BRF), *Brachionus havanaensis* (BRH), *Keratella americana* (KA), *Moina micrura* (MMIC), *Brachionus angularis* (BRA), *Filinia terminalis* (FIT), Nauplios de calanoida (NCA) y copepoditos de cyclopoida (CCY). En esta zona se ubicaron los puntos P11 (N97-18-0), P10 (N97-17-0) y P9 (N97-16-0) entre otros. La mayoría de estos puntos se asociaron a puntos con valores altos de pH en el primer CCA. Esto nos lleva a pensar que existió en alguna medida durante el período en el que se llevo a cabo el muestreo, dos zonas en el lago Cocibolca definidas por el pH. Este hecho se evidencia al observar el Gráfico 8, en el cual se presentan los valores de pH para todos los puntos de muestreo. Se puede notar claramente un aumento constante en los valores de pH a medida que se avanza en los puntos de muestreo. El valor más bajo de pH registrado durante este muestreo fue 7.35 y correspondió al punto N97-01. El valor más alto se registró en el punto N97-16-0 y fue de 8.64, esto nos da una diferencia de 1.29 unidades de pH entre ambos valores.

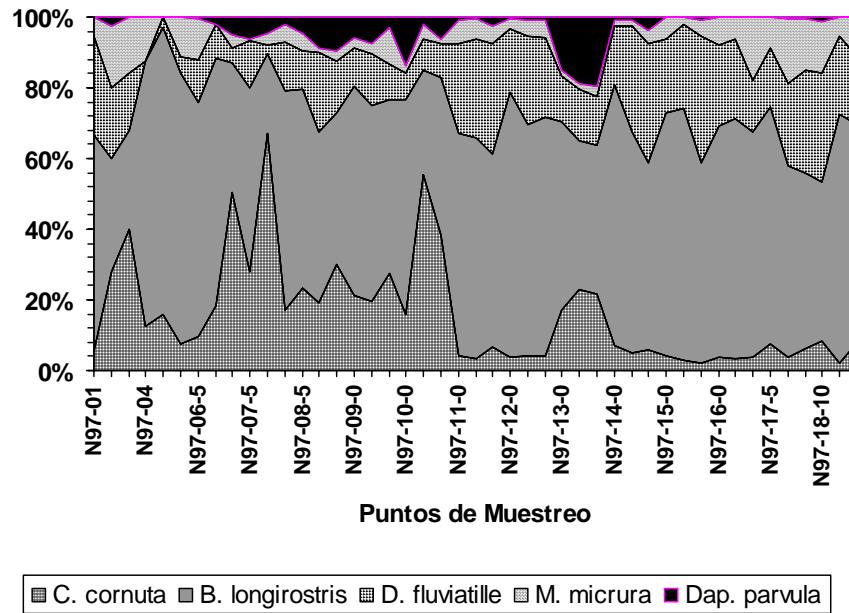


Fig. 4: Porcentaje de Abundancia de las especies de Cladóceros del Lago Cocibolca Junio 1997

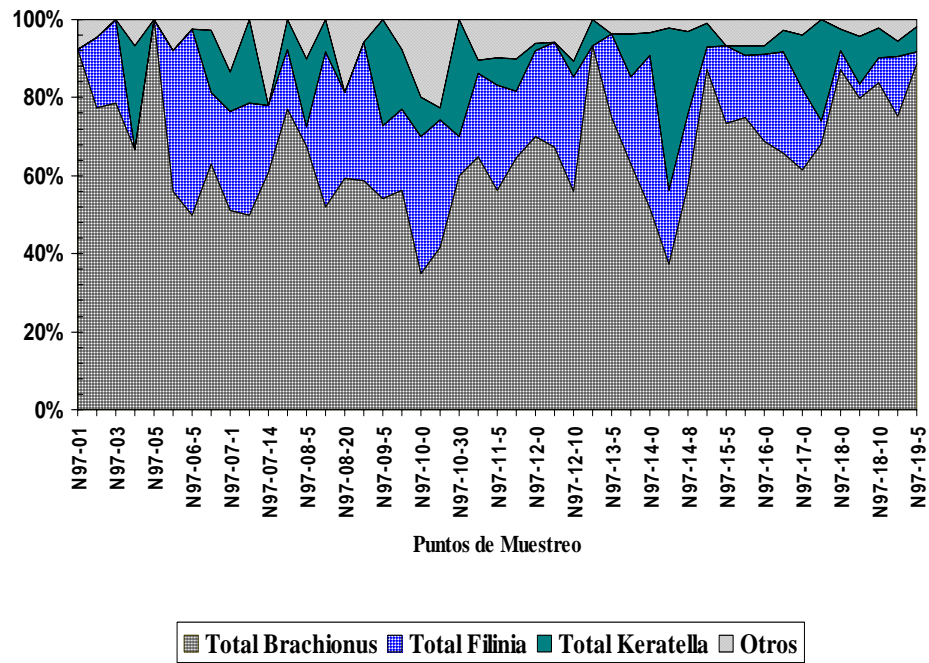


Fig. 5: Porcentaje de Abundancia de las especies de más comunes de Rotíferos. Lago Cocibolca Junio 1997

Como se había mencionado con anterioridad, se podría dividir al lago Cocibolca en dos zonas de acuerdo a sus valores de pH. La primera estaría representada por zonas cuyos valores de pH sean menores de 8, la segunda por los puntos que presentaban valores mayores que 8. La primera zona esta ubicada en el sector Noreste del área de muestreo y abarcaría posiblemente la Isla de Ometepe. Esta incertidumbre sobre la correcta ubicación de la isla se da por carecer de datos de pH de los puntos aledaños a Ometepe. La segunda zona estaría compuesta por los puntos ubicados al noroeste y en la parte sur del área de muestreo.

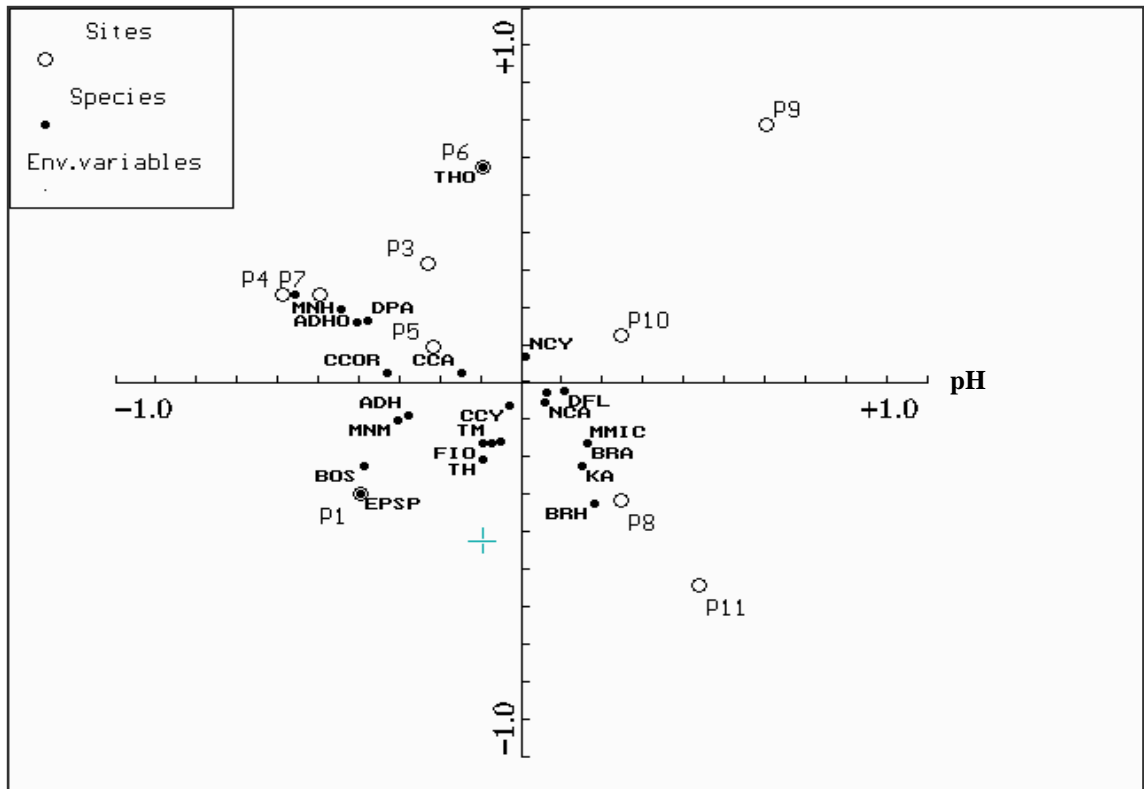


Fig. 6: Análisis de Correspondencia Canonica.

Los resultados de la prueba t-student, nos sugieren que el zooplancton del lago Nicaragua se distribuye de manera heterogénea, lo cual es extraño para un lago tan somero, donde se cree que la acción del viento es la responsable de la mezcla de toda la columna de agua. En este caso el viento podría ser el factor determinante para la distribución del zooplancton en la columna de agua, dado que durante los días en que se llevó a cabo el muestreo se observó una relativa calma en las aguas del lago, llegando en ocasiones a existir una ausencia total del oleaje. Esto pudo haber permitido la estratificación de las especies del zooplancton en las aguas del Cocibolca.

Se hace necesario profundizar los estudios del zooplancton y los limnológicos en general en el lago de Nicaragua, dándoles un carácter de sistematicidad, solo así se podrán comprender y tratar de resolver las preguntas que quedan planteadas como resultado de este trabajo. ¿De donde provino y como entro *D. parvula* al lago de Nicaragua?, ¿Existe solamente una especie de *Daphnia* en el Lago de Nicaragua?, ¿ Es realmente la distribución del zooplancton de lago de Nicaragua

heterogénea?, ¿Es el viento el factor que determina la distribución del zooplancton en el lago de Nicaragua? ¿Existen realmente una zonificación en el plano espacial del pH en el lago de Nicaragua?

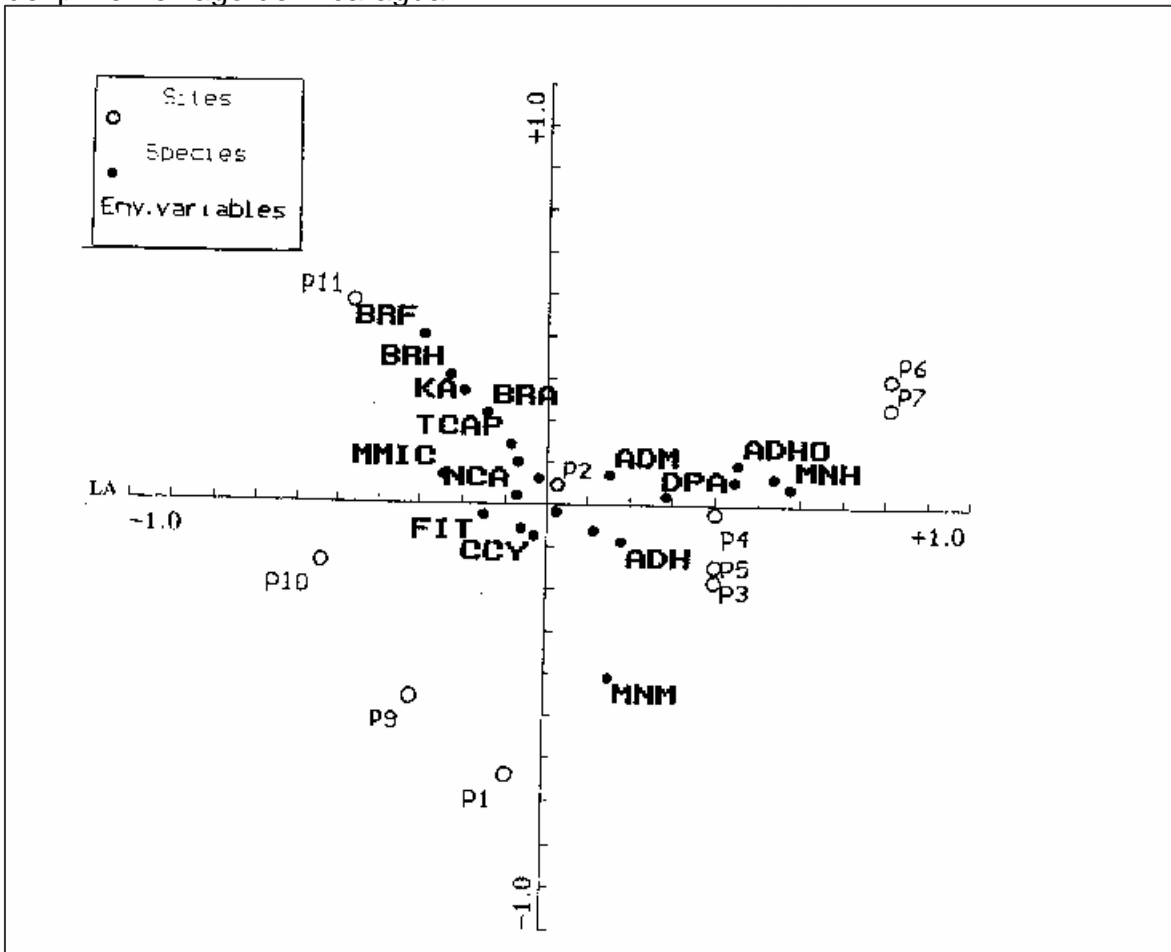


Fig. 7: Análisis de Correspondencia Canónica.

CONCLUSIONES

- * Durante este muestreo se identificaron 20 especies zooplanctónicas; 12 de Rotíferos, 5 Cladóceros y 3 Copépodos.
- * *Daphnia parvula* se reporta por primera vez para el lago de Nicaragua.
- * En la superficie del punto N97-11 se registraron las concentraciones más altas del zooplancton (242, 667 ind.m⁻³).
- * Los Copépodos fueron el grupo dominante en cuanto a número de individuos por metro cúbico (arriba del 60% de organismos en todas las muestras analizadas), debido al aporte de sus formas juveniles la que en algunos casos llegaron a representar hasta el 79% del total de estos.
- * Del total de 14 puntos muestreados por estratos, 8 de ellos presentaron diferencia significativa en al menos una de las profundidades. Esta situación se encontró también en dos de los 5 puntos integrales, lo cual nos hace pensar que el zooplancton del Lago de Nicaragua se encuentra heterogéneamente distribuido.

- * Los resultados del Análisis de Correspondencia Canónica indicaron que el pH es la variable ambiental que explica el 100 % de la variabilidad de las especies del zooplancton con respecto a los factores físico químicos.
- * Se observaron valores de pH menores a 8 en el sector Noreste del área de muestreo y valores mayores de 8 en el sector Noroeste y sur del lago. Esto podría sugerir la posible existencia de dos zonas en el lago, cuya principal diferencia entre ellas se basa en sus valores de pH*

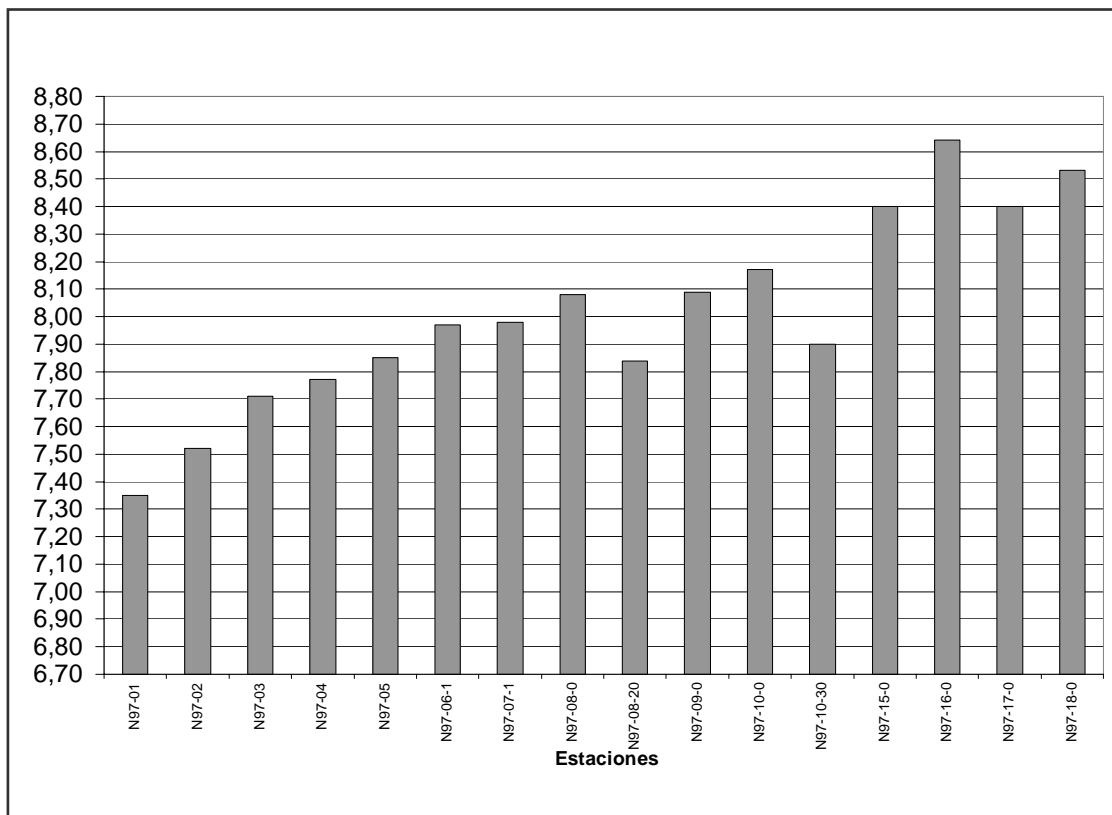


Fig. 8: Valores de pH para los puntos de muestreo del lago Cocibolca (Junio 1997)

* **Nota de los autores:** En una visita de trabajo al Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian de la ciudad de Washington D. C., se logró comprobar que *Mesocyclops nicaraguensis* es sinónimo de *Mesocyclops edax*, debiendo prevalecer este último nombre por ser de mayor antigüedad.

BIBLIOGRAFIA

- Brooks, J.L., 1957. The systematic of north American *Daphnia*. *Mem. Connecticut Acad. Arts Sci.* 13: 1-180.
- De Ridder M., 1966 Rotifers from Nicaragua. *Hydrobiologia*, 27: 238-247.
- Garcia H. 1994 Informe del Zooplancton en el Lago Cocibolca. En: *Informe de Resultados de las Investigaciones Realizadas para Establecer las causas del Fenómeno Masivo de Peces Muertos en el Lago Cocibolca Observado en el mes de Mayo, 1994.* (CIRA/UNAN).
- Goldman Charles R. & Horne Alexander J. Horene., 1983 *Limnology*. McGraw-Hill Publishing Company. pp 197-247.
- Herbst, H.V., 1960 Copepoden (Crustacea, Entomostraca) aus Nicaragua und Süd-Peru. *Gewässer und Abwässer*, 27: 27-53.
- Infante A., 1988 El Plancton de las Aguas Continentales. Serie de Biología, monografía no.33. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Margalef R., 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, S.A./Platón, 26/ Barcelona-6. pp 331-405.
- Moreno L & Infante A., 1991. First *Daphnia* Record for Nicaragua Inland waters. *Acta Científica Venezolana* 42: 47.
- Moreno, L., Garcia, H., Pacheco, L., Segers, H., & Infante, A. (1992). Rotifers (Monogononta) of Nicaragua. *Acta Científica Venezolana* 43: 243-247.
- Tait R. V., 1970. *Elementos de Ecología Marina*. Editorial Acribia Zaragoza (España). pp 17-28.
- Wickstead J., 1979. *Zooplancton Marino*. Cuadernos de Biología. Ediciones Omega, S.A.- Casanova, 220- Barcelona-36.