

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Escuela de Biología

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTONICA
DEL LAGO DE RIO CUARTO, ALAJUELA, COSTA RICA

Elizabeth Ramírez Ramírez

Informe de Práctica Dirigida para optar al grado de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

1985

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

Escuela de Biología

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTONICA
DEL LAGO DE RÍO CHANTO, ALAJUECA, COSTA RICA

Elizabeth Ramírez-Ramírez

Informe de Práctica Dirigida para optar al grado de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

1985

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTONICA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Escuela de Biología
Informe de Práctica Dirigida para optar al grado de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTONICA
DEL LAGO DE RIO CUARTO, ALAJUELA, COSTA RICA

Elizabeth Ramírez Ramírez

Informe de Práctica Dirigida para optar al grado de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTONICA
DEL LAGO DE RIO CUARTO, ALAJUELA, COSTA RICA

DEDICATORIA

Informe de Práctica Dirigida para optar al grado de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

Claudia Charpentier
*Sc. Claudia Charpentier E.

Directora Práctica Dirigida

Ana I. Dittel R.
*Sc. Ana I. Dittel R.

Co-Directora

Clemencia León B.
*Sc. Clemencia León B.

Miembro del Tribunal

Arturo Rodríguez
*Sc. ~~Arturo~~ Arturo Rodríguez
R. B. T.

Miembro del Tribunal

Ramiro Barrantes M.
Dr. Ramiro Barrantes M.

Miembro del Tribunal

Elizabeth Ramírez R.
Elizabeth Ramírez R.

Sustentante

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

A mi madre, María Margarita E. Compañera y guía de tesis,
quien me acompañó en todo este tiempo, no sólo en orientación
profesional, sino también en apoyo espiritual y su actitud, que
me ayudó a superar con éxito el trabajo de graduación.

A mi padre, don Miguel E. Compañera, quien me inspiró el interés
por la botánica y la vida que me dio durante la elaboración
del tesis, los consejos y sus consejos fueron de gran valor para mí.

A mis hermanos, Fernando León y Kiko, Jorge Arturo Rodríguez, que
me apoyaron en todo momento, me brindaron la paciencia y dedicación y las
atenciones que me permitieron concluir este trabajo.

**A mis hijos y a mi madre,
quienes con su amor y comprensión,
me ayudaron en la realización de
este trabajo.**

A mi profesor, Rafael Sotelo, quien me enseñó a trabajar en el laboratorio
de botánica y me ayudó en la elaboración de las figuras.

A los señores don Amalio Álvarez y Lenin Corral, quienes
me ayudaron a conseguir el material, me brindaron la dedicación y
atención que me permitieron concluir este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la M.Sc. Claudia Charpentier G. compañera y guía de Tesis, quien me brindó durante todo este tiempo, no sólo su orientación profesional, sino también su apoyo espiritual y su amistad, pilares que me ayudaron a culminar con éxito mi trabajo de graduación.

A la M.Sc. Ana I. Dittel R., deseo manifestarle mi más sincero agradecimiento por la guía que me dio durante la elaboración del texto; su ayuda y sus consejos fueron de gran valor para mí.

A la M.Sc. Clemencia León y M.Sc. Jorge Arturo Rodríguez, miembros del Tribunal, les agradezco la paciencia y dedicación y las críticas constructivas que me permitieron mejorar la redacción del texto.

Al estudiante Isaías Fallas, deseo agradecerle por el desinteresado afán de servicio que mostró ayudándome no sólo en el trabajo de campo, sino también en la elaboración de las figuras.

A los estudiantes Mc Donald Alvarez y Lenín Corrales, quienes quitándole horas a su estudio, me brindaron la desinteresada ayuda elaborando figuras y dibujos de los especímenes que aparecen en este trabajo.

A los estudiantes Juan Carlos Zumbado, Farid Tabash, Marcelo Betancourt y al Prof. Gerardo Rojas, quienes compartieron las lluvias, el cansancio, las alegrías y las tristezas que experimentamos a lo largo de tantos meses de trabajo; por su ayuda en los trabajos pasados, la colecta de muestras y toma de fotografías, muchas gracias.

A mi amiga y compañera de alegrías e infortunios Lilliana Camacho V. mi sincera gratitud, y espero que continuemos en los senderos de la investigación formando equipo de trabajo.

A la Srta. Maritza Morales, Bibliotecaria de la Escuela de Ciencias Biológicas (U.N.A.), mi eterno agradecimiento por las múltiples carreras que le hice pasar en la realización de los borradores preliminares de esta tesis.

A la señora Nora María Rojas Montero por su ayuda en la elaboración del trabajo mecanográfico, le expreso mi más sincera gratitud.

Al personal de la Sección de Transportes de la U.N.A., por la constancia en el servicio y la excelente colaboración que me brindaron sus choferes durante todo el trabajo.

Y a todas aquellas personas que con sus frases estimulantes, sus críticas constructivas, contribuyeron a que mantuviese mi espíritu enaltecido para la culminación de este trabajo. Les digo que Dios les bendiga.

I N D I C E

	<u>Página N°</u>
Tribunal Examinador-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimientos-----	iii
Indice de cuadros-----	vi
Indice de firuas-----	vii
Resumen-----	viii
INTRODUCCION-----	1
MATERIALES Y METODOS-----	5
1. Descripción del Area de Estudio-----	5
2. Métodos-----	8
RESULTADOS-----	10
DISCUSION Y CONCLUSIONES-----	34
APENDICE-----	51
BIBLIOGRAFIA-----	57

INDICE DE FIGURAS

• INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO N°</u>		<u>Página</u>
	Mapa de Costa Rica con la ubicación del Lago de Río Cuarto. La extensión de muestras se indica en el recuadro.....	
1	Precipitación mensual (mm^3) de la zona de San Miguel de Sarapiquí, para los años 1984-1985.....	11
2	Especies zooplanctónicas presentes en el Lago de Río Cuarto, Alajuela, Costa Rica, durante los meses desde febrero de 1984 hasta marzo de 1985.....	15
3	Variación mensual en la densidad de la comunidad zooplanctónica del Lago Río Cuarto, Costa Rica.....	18
4	Variación mensual y por profundidad de los tres grupos zooplanctónicos encontrados en el Lago Río Cuarto: A. Rotífere, B. Cladocera, C. Copépodos.....	21
5	Variaciones de las especies zooplanctónicas según la profundidad y el tiempo.....	20
6	Composición porcentual mensual de la población de Copépodos del lago de Río Cuarto, Costa Rica.....	22
7	Variaciones mensuales en la densidad de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas del Lago Río Cuarto, Costa Rica.....	25

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N°</u>		<u>Página N°</u>
1	Mapa de Costa Rica con la ubicación del Lago de Río Cuarto. La Estación de Muestreo se indica en el recuadro.....	7
2	Variaciones verticales en la temperatura y pH durante el año de estudio, en el Lago Río Cuarto...	12
3	Variaciones verticales en el CO ₂ y O ₂ durante el año de estudio, en el Lago Río Cuarto, Costa Rica.....	13
4	Variación mensual en la densidad de la comunidad zooplanctónica del Lago Río Cuarto, Costa Rica...	26
5	Variación mensual y por profundidad de los tres grupos zooplanctónicos encontrados en el Lago Río Cuarto. A. Rotífera, B. Cladocera, C. Copépoda.....	27
6	Variaciones de las especies zooplanctónicas según la profundidad y el tiempo.....	29
7	Composición porcentual mensual de la población de Copépodos del Lago de Río Cuarto, Costa Rica..	32
8	Variaciones mensuales en la densidad de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas del Lago Río Cuarto, Costa Rica.....	33

RESUMEN

En Costa Rica se han realizado muy pocos estudios sobre los sistemas dulceacuícolas. El Lago de Río Cuarto es uno de los ecosistemas lénticos más profundos y con una alta productividad primaria (Gocke, 1980), razón por la cual fue escogido para el presente estudio.

Los objetivos propuestos en este trabajo fueron, el análisis de la composición de toda la comunidad zooplanctónica, las variaciones estacionales de estos organismos y la distribución vertical de las principales especies del Lago de Río Cuarto.

La investigación se inició en febrero de 1984 y concluyó en marzo de 1985. Durante el período de estudio se estableció una estación en el centro del lago, cuya profundidad es de 70 m aproximadamente, en la cual se marcaron diez puntos de muestreo. Se tomaron muestras para el análisis de los parámetros físicos (temperatura), químicos (oxígeno disuelto, CO_2 , pH) y biológicos (identificación y conteo de los organismos zooplanctónicos). Los análisis y mediciones de los parámetros físicos y químicos se realizaron en el sitio de estudio y los biológicos en el laboratorio.

Los resultados obtenidos indican que se trata de un lago meromíctico, con una estratificación térmica alterada solamente por cortos períodos de mezcla, la cual ocurre en el mixolimnio.

La comunidad zooplanctónica estuvo constituida principalmente por tres grupos, Rotífera con las especies Keratella americana, Polyarthra vulgaris,

Pompholyx complanata, Hexarthra intermedia, Euchlanis dilatata y Lecane ssp. Cladocera con dos especies, Diaphanosoma spinulosum y Bosmina longirostris, y Copepoda con una sola especie Microcyclops varicans.

En el presente estudio se analizó la influencia que ejercen los factores físicos, químicos y biológicos sobre la densidad poblacional y la composición de cada uno de los grupos zooplanctónicos.

La densidad de la comunidad fluctuó considerablemente, dando un máximo durante la estación seca y uno en la estación lluviosa. La mayor diversidad coincidió con la época lluviosa y la menor con la época seca.

La temperatura, que fluctuó entre 25 y 29°C no fue un factor determinante en la variación de la comunidad zooplanctónica, porque a bajas como a altas temperaturas, se observaron máximos y mínimos en la densidad del zooplancton.

El pH, registró valores relativamente altos, concluyéndose que es un lago alcalino, lo cual se juzga como una condición favorable para el crecimiento de los organismos zooplanctónicos.

El oxígeno disuelto mostró amplias fluctuaciones a lo largo de toda la columna de agua, con valores de 0 hasta 9.87 mg/l. Las bajas concentraciones de este gas que se encontraron en el mixolimnio, coincidieron con la época seca, y las altas (de esa misma capa) con la época lluviosa.

La concentración de CO₂ en la columna de agua, fue directamente proporcional -como era de esperar- al máximo desarrollo de la comunidad zooplanc-

tónica y se pudo observar al no encontrarse paralelismo en el crecimiento del fitoplancton, principal consumidor de CO_2 . La comunidad algal fue relativamente escasa (en ciertos períodos) y de difícil manejo por parte del zooplancton, como para suponer que esa haya sido la principal fuente nutritiva del zooplancton. Resulta más razonable suponer que otras fuentes de nutrición como los detritus y las bacterias fueron en la época seca principalmente la base de la alimentación para los organismos zooplanctónicos.

El presente estudio es uno de los primeros que se realizan en Costa Rica, sobre la dinámica poblacional del zooplancton lacustre. Los conocimientos que se derivan de él y otros trabajos similares que se realicen en el futuro, serán de gran utilidad para la industria piscícola, turística y alimenticia, ya que en cierta medida, el éxito de estas empresas depende, de la disponibilidad de alimento para los peces y el principal alimento de éstos, es el zooplancton.

Los resultados de este trabajo fomentarán el futuro la investigación de los sistemas lénticos de Costa Rica y demás regiones tropicales aún sin estudiarse.

INTRODUCCION

El zooplancton es uno de los componentes más importantes en los ecosistemas acuáticos. La dinámica poblacional del zooplancton, trae consigo el análisis de las numerosas interacciones tróficas con organismos fitoplanctónicos y con otros grupos de organismos, comprende además las interacciones de competencia y depredación, que resultan en el éxito de una población sobre otra (Wetzel, 1975).

Los organismos zooplanctónicos son un elemento importante en la transmisión de la energía solar, captada por medio del fitoplancton, a otros niveles tróficos superiores. De ahí que la composición de la comunidad no sea constante en el tiempo, sino que varía como respuesta a criterios de máxima eficiencia en la transmisión de la energía (Armengol, 1982).

Según Margalef (1983), la concentración y las características del alimento disponible definen los grupos dominantes, cuyas poblaciones se ajustan a las condiciones existentes; Anderson, et al. (1955) comparten este criterio al afirmar que los nichos alimenticios disponibles son los que ocasionan la segregación en grupos dentro de la comunidad zooplanctónica. Aunque Ferrari (1972) considera la concentración de alimento como un factor determinante, también propone que la productividad primaria, la biomasa y la densidad faunística de cada estrato son factores que producen diferencias en cuanto a la dinámica estructural de una comunidad zooplanctónica. A su vez, esta densidad poblacional está regulada por la interacción de los diferentes factores ambientales.

Armengol (1981) considera, por su parte, que las fluctuaciones climatológicas que se producen a lo largo de un año, afectan directamente al lago, tanto en sus características físico-químicas, como en la composición del zooplancton. Por su parte, Miracle (1977) visualiza los cambios estacionales como una sucesión real, un proceso de organización propia que se repite en los lagos de todas las latitudes. Sin embargo, Green (1984) afirma que en los lagos tropicales esta sucesión estacional no es tan marcada como en las zonas templadas, ya que en el trópico la sucesión faunística que existe está determinada por la presencia de una estación seca y otra lluviosa. Lewis (1983) afirma que los lagos tropicales se ven sometidos a cambios climatológicos impredecibles, los cuales provocan fluctuaciones que actúan sobre otros factores físicos produciendo grandes oscilaciones en las poblaciones. Por esta razón Trombly (1983) opina que la dinámica poblacional del zooplancton tropical es muy compleja, y que a menudo los cambios inducidos por variaciones estacionales regulares, son confundidos con variaciones en el tamaño de la población.

Algunos autores han analizado las diferencias entre las poblaciones zooplanctónicas tropicales y las templadas. Fernando (1980) considera que estas diferencias radican principalmente en que en el trópico la temperatura es menos fluctuante y, por ende, hay mayor disponibilidad de alimento durante todo el año; además la mayoría de las especies del zooplancton son pequeñas y el grado de depredación por parte de peces y otros invertebrados es mucho mayor en esta zona.

Los estudios sobre el zooplancton tropical son muy escasos; en general, lo que existe son trabajos que no contemplan las interacciones de estos organismos con los productores primarios y las condiciones del ambiente en que viven. Fernando (1980 b) en una amplia recopilación de los trabajos realizados en las zonas tropicales, afirma que el primer estudio de esta región fue escrito por Aptein en 1907-1910, en el cual describió las variaciones estacionales de algunas poblaciones zooplanctónicas y su correlación con ciertos factores físicos como lluvias y temperatura. Posteriormente, en 1957, Ruttner hizo una amplia descripción del zooplancton en la región del Caribe; más tarde, en 1981, Brandorff efectuó un estudio sobre la sucesión estacional en el Lago Amazonas. Específicamente para el área de Centroamérica, Deevy, et al. realizaron en 1980 un trabajo sobre las comunidades zooplanctónicas de varios lagos en Guatemala. Asimismo, Fernando y Smith (1982) en un análisis hecho para América Central, y Collado (1983), en estudios efectuados principalmente para Costa Rica, concluyeron que en esta zona se presenta una confluencia de especies del norte y del sur, pero con mayor representación de especies del norte y muy pocas endémicas.

En Costa Rica existen pocos cuerpos de aguas lénticas, e igualmente escasos, son los trabajos realizados sobre esos ecosistemas acuáticos; entre éstos, se encuentra el trabajo de Dickman (1982) sobre las relaciones entre las densidades fitoplanctónicas, zooplanctónicas y piscícolas, en la Estación Experimental Jiménez Núñez; el trabajo de Collado (1983), en el cual realiza una amplia descripción de las especies zooplanctónicas de Costa Rica, y el estudio de Gocke (1980), que analiza la productividad primaria y la densidad de la comunidad planctónica del Lago de Río Cuarto.

Hasta el momento no se han realizado estudios que traten de explicar los factores que influyen en las variaciones de las poblaciones zooplanc_utónicas, de ahí que este trabajo constituye un primer esfuerzo tendiente a explicar la composición de la población zooplanctónica, las variaciones estacionales de estos organismos y la distribución vertical de las principales especies zooplanctónicas del Lago de Río Cuarto.

Este lago está delimitado entre las montañas de San Carlos y Cerro de San Rafael, localidad denominada Río Cuarto (Fig. 1). Se sitúa a una altura de 330 metros sobre el nivel del mar.

Según (1930) infiere que es un lago de origen volcánico, tipo RAM, de forma casi circular, con un diámetro de 300 metros aproximadamente y una superficie de 27 ha. Su profundidad en el centro, se aproxima a los 20 metros y en las orillas de las montañas oscila entre 5 y 10 metros.

Las riberas del lago son muy inclinadas, por lo que pequeñas cascadas vierten sus aguas en él, las que junto con las aguas pluviales y las fuentes subterráneas constituyen los aportes hídricos a esta cuenca.

En el punto sur-este del lago hace un pequeño riachuelo, cuyas aguas desembocan en el Río Cuarto.

Este lago está rodeado por restos de bosque tropical húmedo, algunos pastizales y algunas áreas de cultivo, que aportan grandes cantidades de materia orgánica a sus aguas.

MATERIALES Y METODOS

1. Descripción del área de estudio.

El Lago de Río Cuarto está localizado en la latitud $10^{\circ} 20'$ y longitud $84^{\circ} 13' 09''$; está delimitado entre Venecia de San Carlos y Cariblanco de Sarapiquí, localidad denominada Río Cuarto (Fig. 1). Se encuentra a una altura de 390 metros sobre el nivel del mar.

Gocke (1980) indica que es un lago de origen volcánico, tipo MAAR, de forma casi circular, con un diámetro de 600 metros aproximadamente y una superficie de 27 Ha. Su profundidad en el centro se aproxima a los 70 metros y en las orillas se han hecho mediciones de hasta 30 metros.

Las riberas del lago son muy inclinadas, por lo que pequeñas cataratas vierten sus aguas en él, las que junto con las aguas pluviales y las fuentes subterráneas constituyen los aportes hídricos a esta cubeta.

En el punto sur-este del lago nace un pequeño riachuelo, cuyas aguas desembocan en el Río Cuarto.

Este lago está rodeado por restos de bosque tropical húmedo, abundantes pastizales y algunas áreas de cultivo, que aportan grandes cantidades de materia orgánica a sus aguas.

La belleza del lago atrae a numerosos turistas, que disfrutan de una variada y abundante pesca y de aguas limpias y serenas.

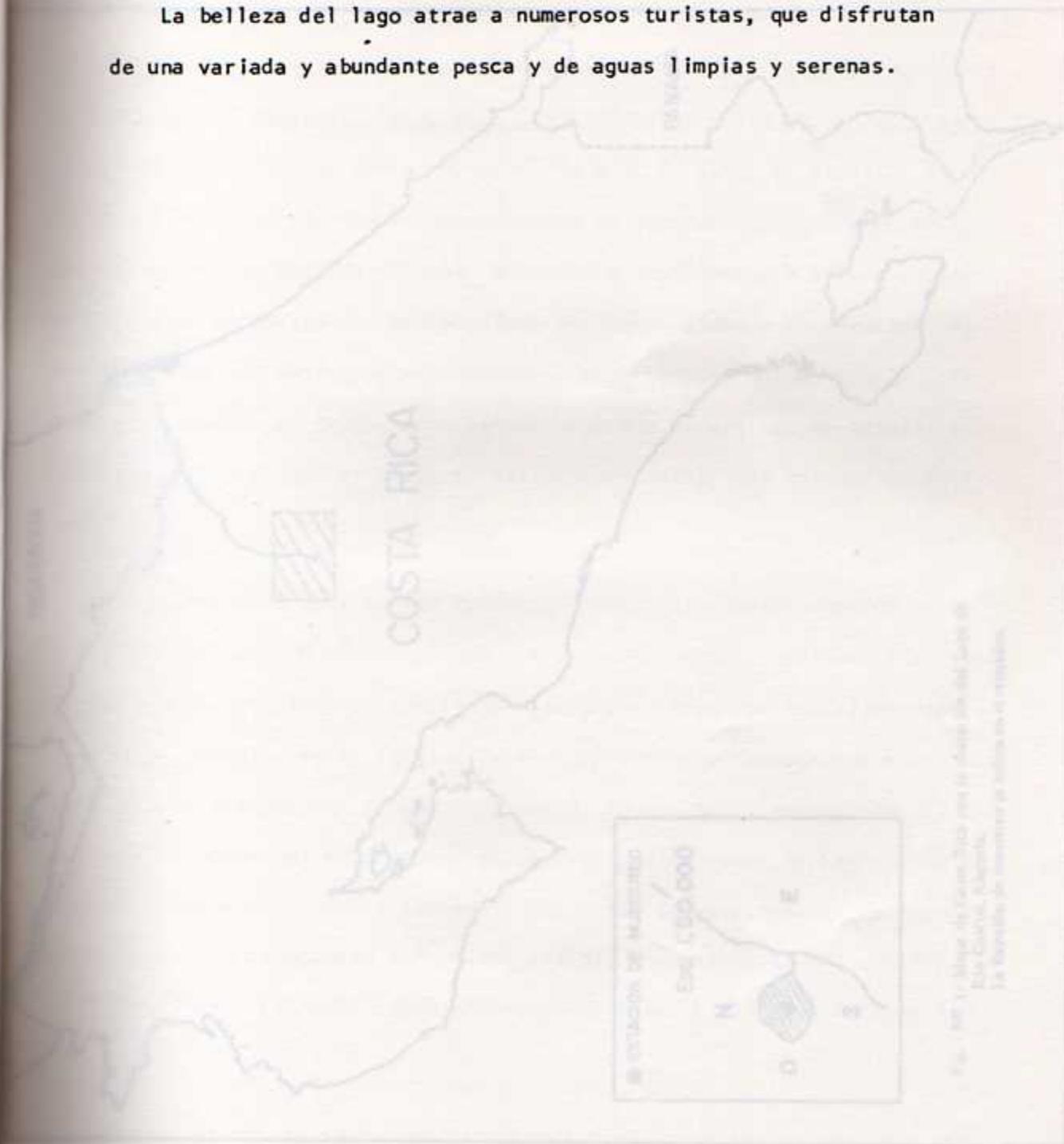


Fig. 105. Lago de Manabá, Costa Rica, con el mapa del país de Costa Rica. Manabá, la provincia de nacimiento del lago.

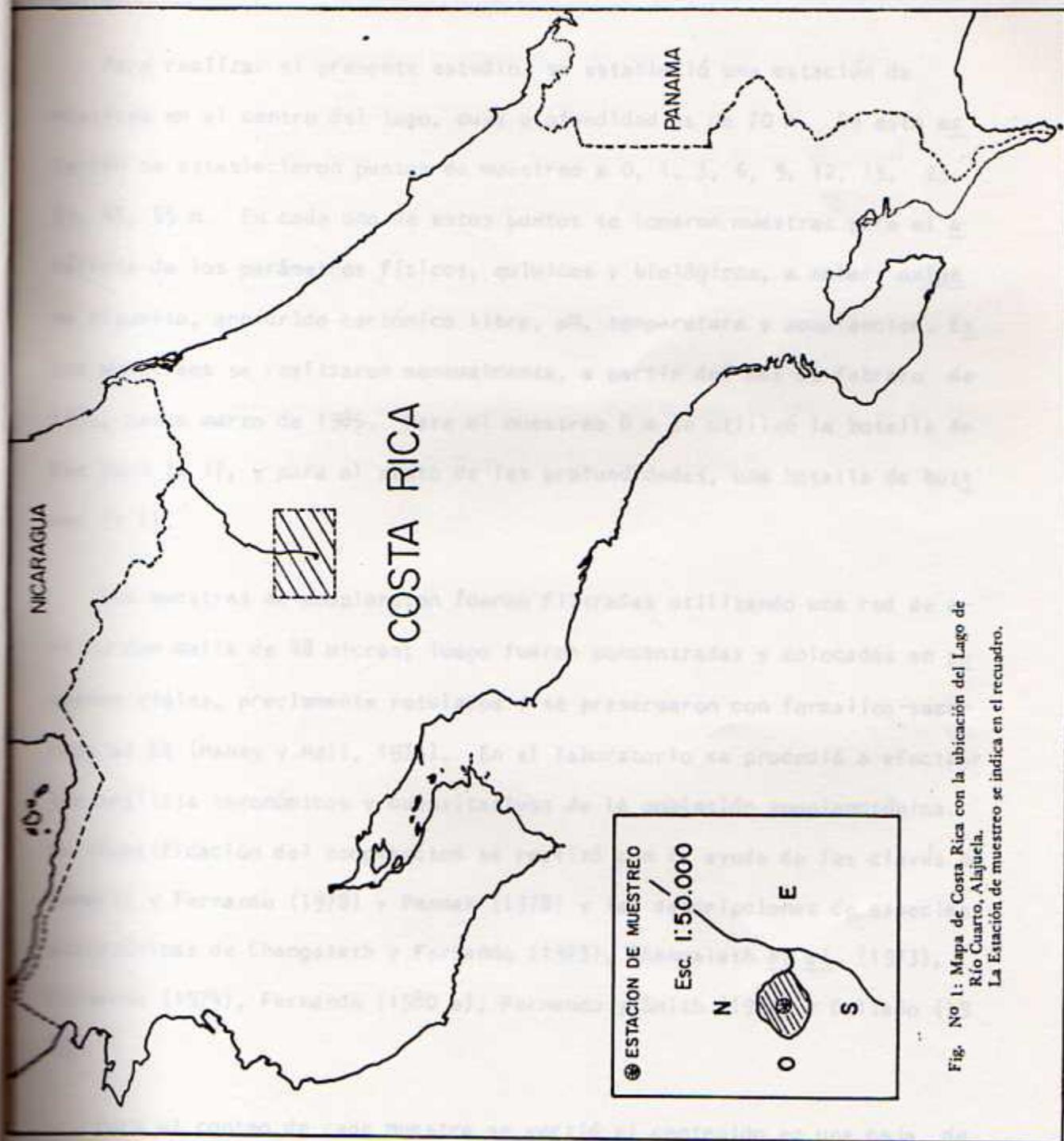


Fig. No 1: Mapa de Costa Rica con la ubicación del Lago de Río Cuarto, Alajuela.
La Estación de muestreo se indica en el recuadro.

2. Métodos:

Para realizar el presente estudio, se estableció una estación de muestreo en el centro del lago, cuya profundidad es de 70 m. En esta estación se establecieron puntos de muestreo a 0, 1, 3, 6, 9, 12, 15, 25, 35, 45, 55 m. En cada uno de estos puntos se tomaron muestras para el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos, a saber: oxígeno disuelto, anhídrido carbónico libre, pH, temperatura y zooplancton. Estos muestreos se realizaron mensualmente, a partir del mes de febrero de 1984, hasta marzo de 1985. Para el muestreo 0 m se utilizó la botella de Van Dorn (2 l), y para el resto de las profundidades, una botella de Ruttner (1 l).

Las muestras de zooplancton fueron filtradas utilizando una red de anillo con malla de 48 micras; luego fueron concentradas y colocadas en pequeños viales, previamente rotulados y se preservaron con formalina-sacarosa al 6% (Haney y Hall, 1973). En el laboratorio se procedió a efectuar los análisis taxonómicos y cuantitativos de la población zooplanctónica. La identificación del zooplancton se realizó con la ayuda de las claves de Mamaril y Fernando (1978) y Pennak (1978) y las descripciones de especies planctónicas de Chengalath y Fernando (1973), Chengalath et al. (1973), Fernando (1974), Fernando (1980 a), Fernando y Smith (1982) y Collado (1983).

Para el conteo de cada muestra se vertió el contenido en una caja de Petri cuadrículada y se analizaron al microscopio. De esta manera, se realizó un cálculo en forma directa de los individuos por litro.

La determinación del oxígeno disuelto, se realizó por el método de Winkler utilizándose el tiosulfato de sodio como titulante. La determinación del CO₂, se hizo por volumetría usando Carbonato de sodio 0.045 N. como titulante. Las determinaciones de estos gases se hicieron según los métodos de la APHA y descritos por Lind (1979).

El pH se determinó por medio de un medidor portátil de Beckman, modelo 72009.

La temperatura a las diferentes profundidades se obtuvo de la lectura en un termómetro incorporado a la botella Ruttner.

La Fig. 2 muestra la profecia de oxígeno disuelto hasta los 25 m de la columna de agua; por esta razón, los valores para los otros parámetros relacionados temperatura y pH se enmarcan dentro del mismo ámbito, debido a la estrecha relación que existe entre estos parámetros y los organismos acuáticos.

Las Figs. 2 y 3 muestran los perfiles verticales de los parámetros físicos y químicos encontrados durante 1984 y 1985 en el Lago de Xilo Cuerto. Las variaciones térmicas (Fig. 2) se presentaron en la siguiente forma: en las aguas superficiales la temperatura osciló entre 25.8°C en agosto 1985 y 23.4°C en abril 1984. A 25m de profundidad, la variación fue de 25.0°C en julio de los meses de estudio a 26.1°C en octubre de 1984. Al analizar los perfiles de temperatura se nota que en el mes de abril se presentaron temperaturas de 25°C hasta 23°C, por lo que fue éste el mes de mayor amplitud térmica (4°C); por el contrario, mayo 1984 y enero 1985 fueron los meses de menor oscilación térmica (0.4°C).

RESULTADOS

En este trabajo se utilizó la división estacional que rige para Costa Rica, la cual enmarca la estación seca entre los meses de diciembre y abril, inclusive, y la estación lluviosa desde mayo hasta noviembre.

En el Cuadro N° 1 se consignan los datos de la precipitación mensual de los años 1984-85, reportados por el Instituto Meteorológico Nacional para la región de San Miguel de Sarapiquí, la más cercana al lugar de estudio.

La Fig. 2 muestra la presencia de oxígeno disuelto hasta los 25 m de la columna de agua; por esta razón, los valores para los otros parámetros físicos como temperatura y pH se enmarcan dentro del mismo ámbito, debido a la estrecha relación que existe entre estos parámetros y los organismos zooplanctónicos.

Las Figs. 2 y 3 muestran los perfiles verticales de los parámetros físicos y químicos encontrados durante 1984 y 1985 en el Lago de Río Cuarto. Las variaciones térmicas (Fig. 2) se presentaron en la siguiente forma: en las aguas superficiales la temperatura osciló entre 25.8°C en enero 1985 y 29.0°C en abril 1984. A 25m de profundidad, la variación fue de 25.0°C en ocho de los meses de muestreo a 26.1°C en octubre de 1984. Al analizar los perfiles de temperatura se nota que en el mes de abril se presentaron temperaturas de 25°C hasta 29°C, por lo que fue éste el mes de mayor oscilación térmica (4°C); por el contrario, mayo 1984 y enero 1985 fueron los meses de menor oscilación térmica (0.4°C).

CUADRO 1: Precipitación mensual (mm³) de la zona de San Miguel de Sarapiquí, para los años 1984-1985.

1984

1985

Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Mar.
277.5	35	55	459	346	361	165	136	78	56	-	29.4	00	00

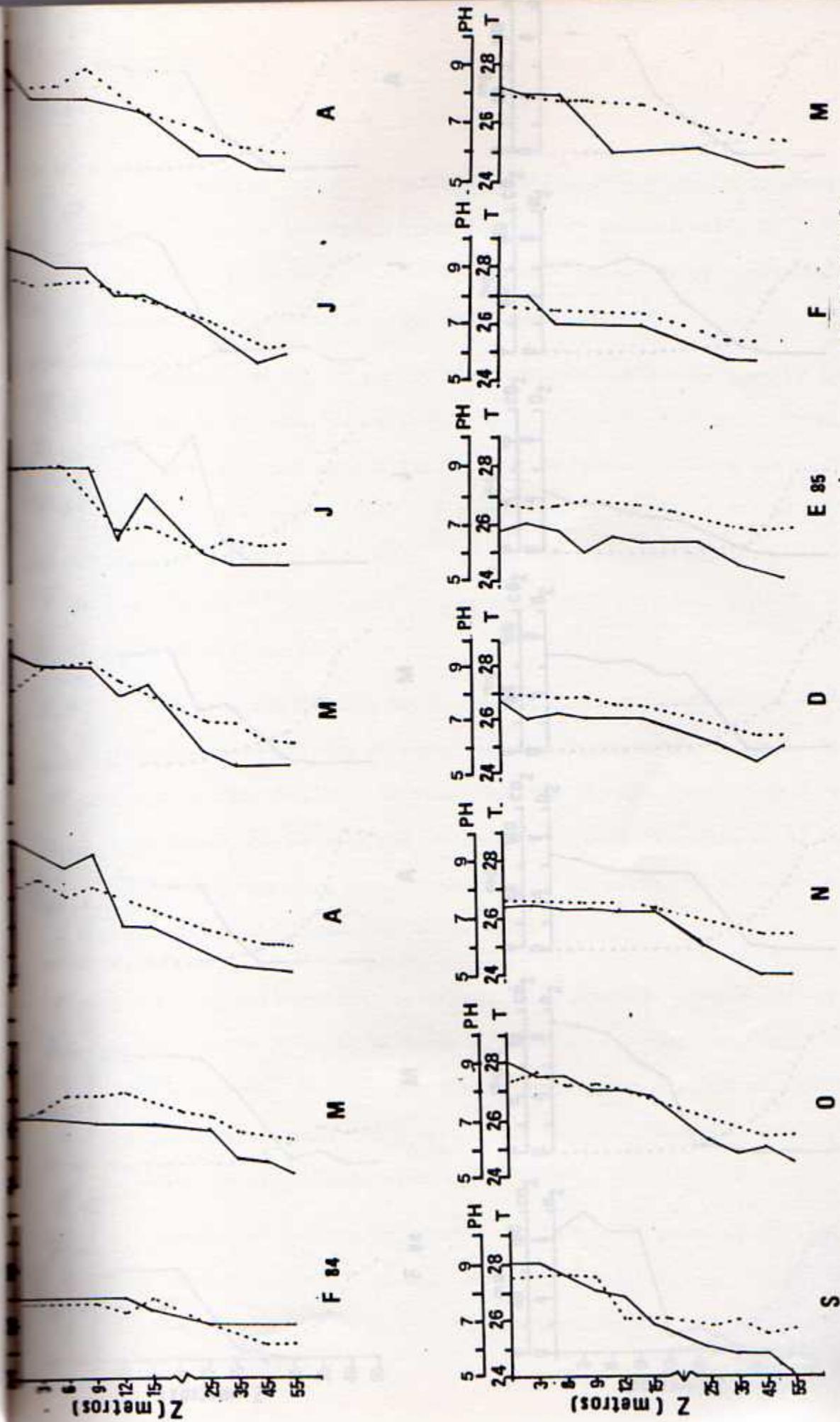


Fig.2 Variaciones verticales en la temperatura y ph durante el año de estudio, en el Lago Río cuarto, COSTA RICA.

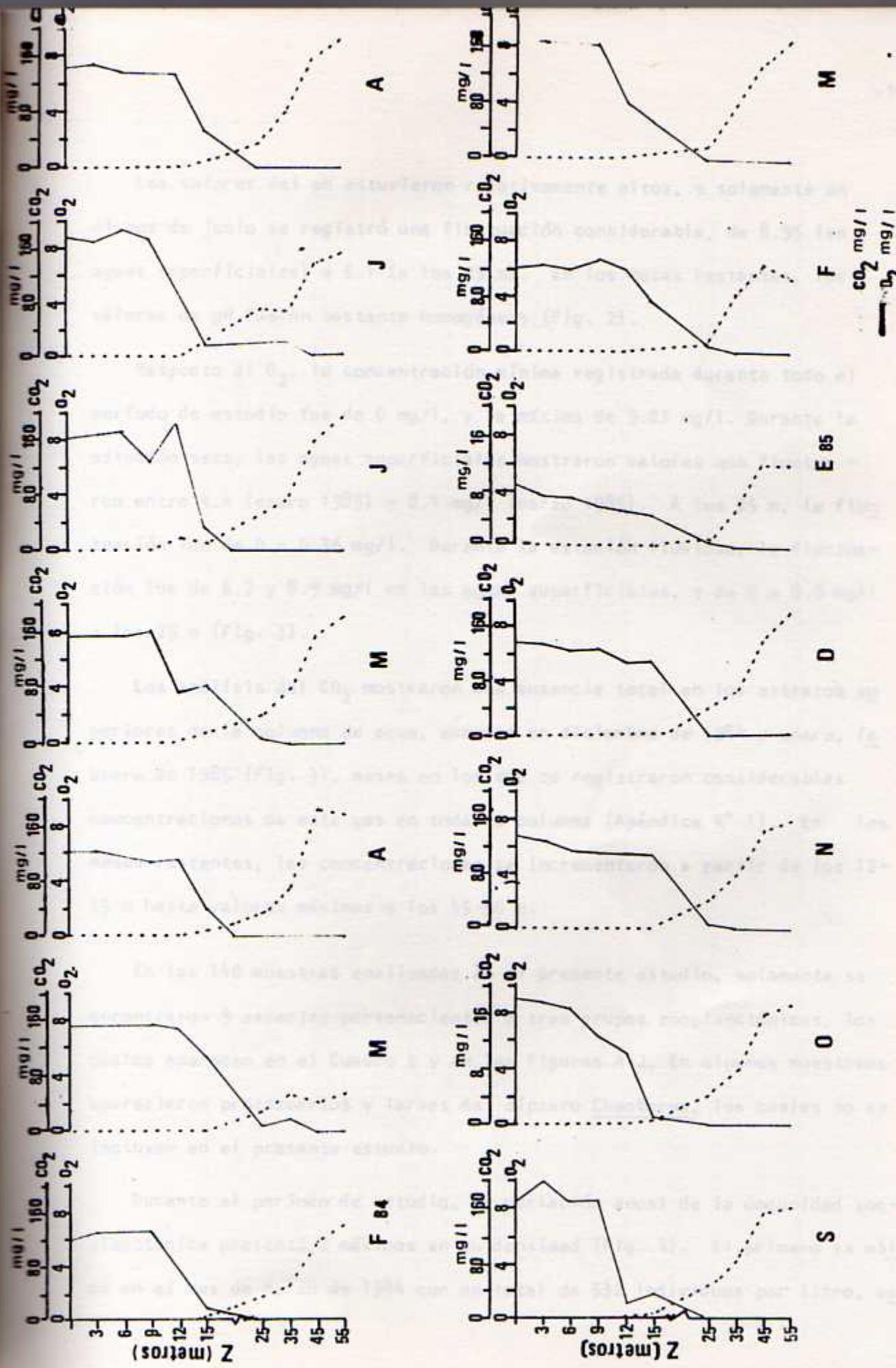


Fig.3 Varfaciones verticales en el CO₂ y O₂ durante el año de estudio, en el Lago Río cuarto, COSTA RICA.

Los valores del pH estuvieron relativamente altos, y solamente en el mes de junio se registró una fluctuación considerable, de 8.95 (en aguas superficiales) a 6.1 (a los 25 m). En los meses restantes, los valores de pH fueron bastante homogéneos (Fig. 2).

Respecto al O_2 , la concentración mínima registrada durante todo el período de estudio fue de 0 mg/l, y la máxima de 9.87 mg/l. Durante la estación seca, las aguas superficiales mostraron valores que fluctuaron entre 4.4 (enero 1985) y 8.1 mg/l (marzo 1985). A los 25 m, la fluctuación fue de 0 a 0.36 mg/l. Durante la estación lluviosa, la fluctuación fue de 6.7 y 8.9 mg/l en las aguas superficiales, y de 0 a 0.9 mg/l a los 25 m (Fig. 3).

Los análisis del CO_2 mostraron una ausencia total en los estratos superiores de la columna de agua, excepto en diciembre de 1984 y enero, febrero de 1985 (Fig. 3), meses en los que se registraron considerables concentraciones de este gas en toda la columna (Apéndice N° 1). En los meses restantes, las concentraciones se incrementaron a partir de los 12-15 m hasta valores máximos a los 45-50 m.

En las 140 muestras analizadas en el presente estudio, solamente se encontraron 9 especies pertenecientes a tres grupos zooplanctónicos, los cuales aparecen en el Cuadro 2 y en las Figuras A-J. En algunos muestreos aparecieron protozoarios y larvas del díptero Chaoborus, los cuales no se incluyen en el presente estudio.

Durante el período de estudio, la variación anual de la comunidad zooplanctónica presentó 2 máximos en su densidad (Fig. 4). El primero se ubicó en el mes de marzo de 1984 con un total de 532 individuos por litro, se

CUADRO 2: Especies zooplanctónicas presentes en el Lago de Rfo Cuarto, Alajuela, Costa Rica, durante los meses desde febrero de 1984 hasta marzo de 1985.

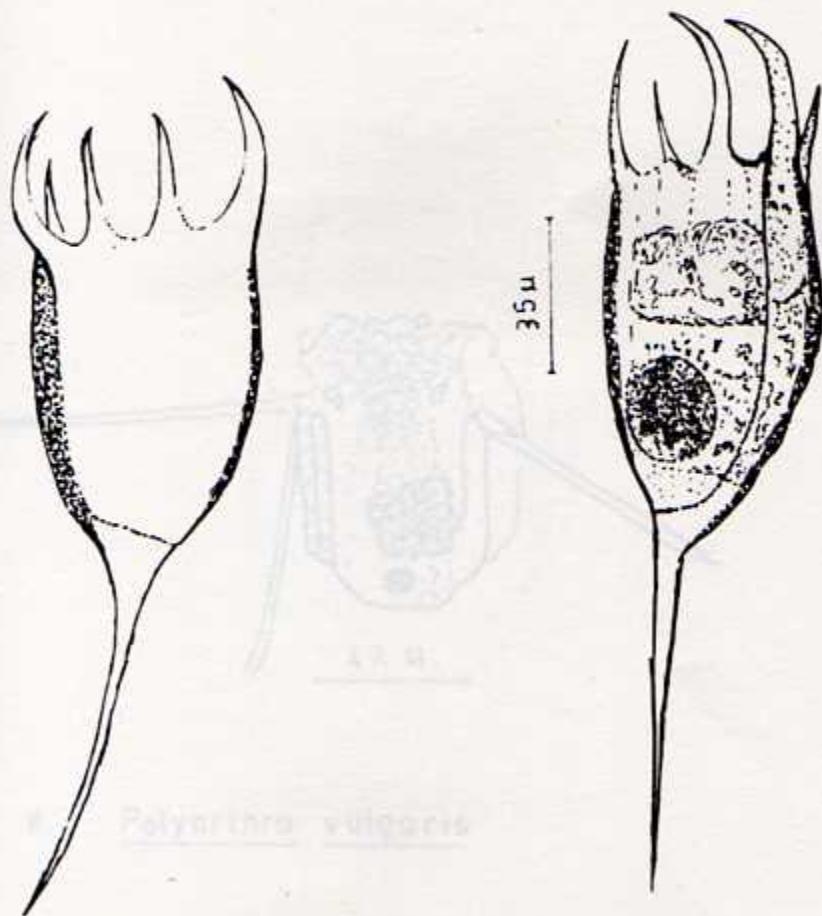
ROTIFERA	CLADOCERA	COPEPODA
<u>Keratella americana</u> (Carlin)	<u>Bosmina longirostris</u> (Muller)	<u>Microcyclops varicans</u> ' (Sars)
<u>Polyarthra vulgaris</u> (Carlin)	<u>Diaphanosoma spinolossum</u> (Herbit)	
<u>Pompholix conplanata</u> (Gosse)		
<u>Hexarthra intermedia</u> (Wismewski)		
<u>Euchlanis dilatata</u> (Ehrenberg)		
<u>Lecane</u> ssp.		

DIBUJOS DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS
EN EL LAGO RIO CUARTO

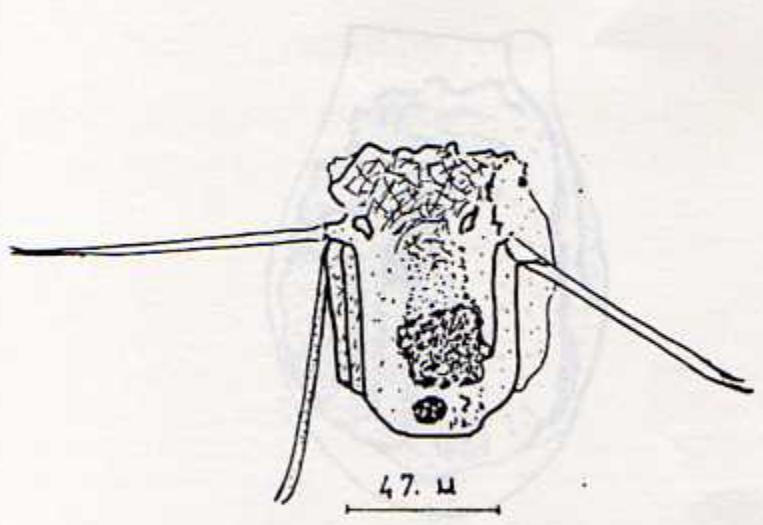
- A. Keratella americana
- B. Polyarthra vulgaris
- C. Pomphalix complanata
- D. Hexarthra intermedia
- E. Lecane bulla
- F. Lecane luna
- G. Euchlanis dilatata
- H. Diaphanosoma spinulosum
- I. Bosmina longirostris
- J. Microcyclops varicans



Keratella americana

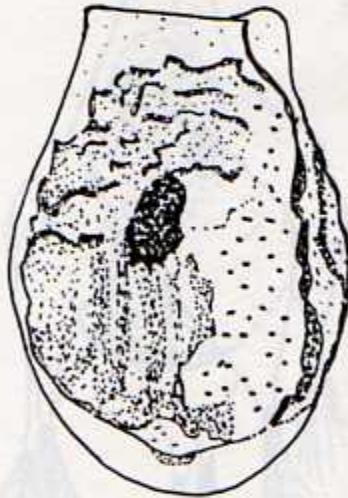


A. Keratella americana

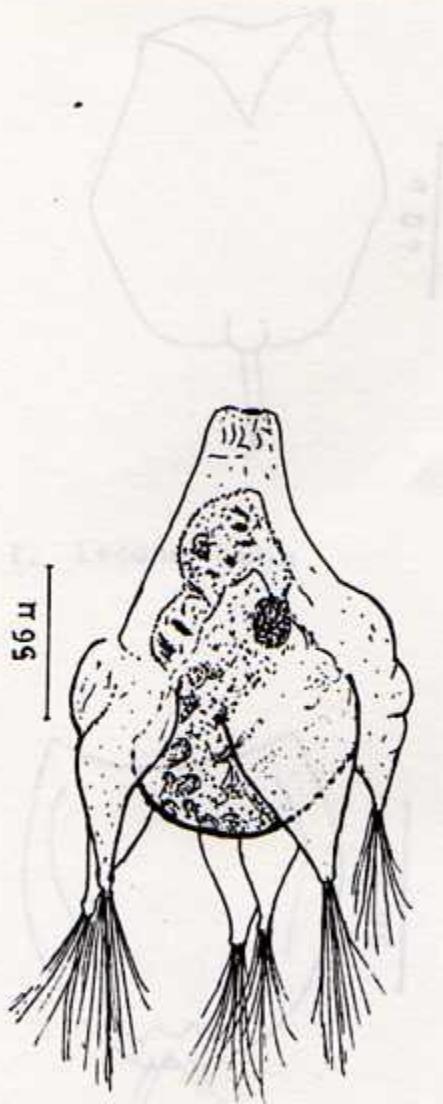


B. Polyarthra vulgaris

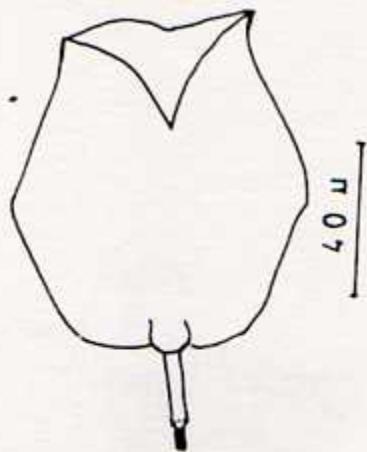
25.5 μ



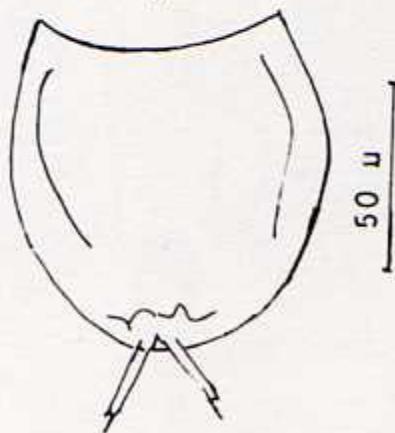
c. Pompholyx complanata



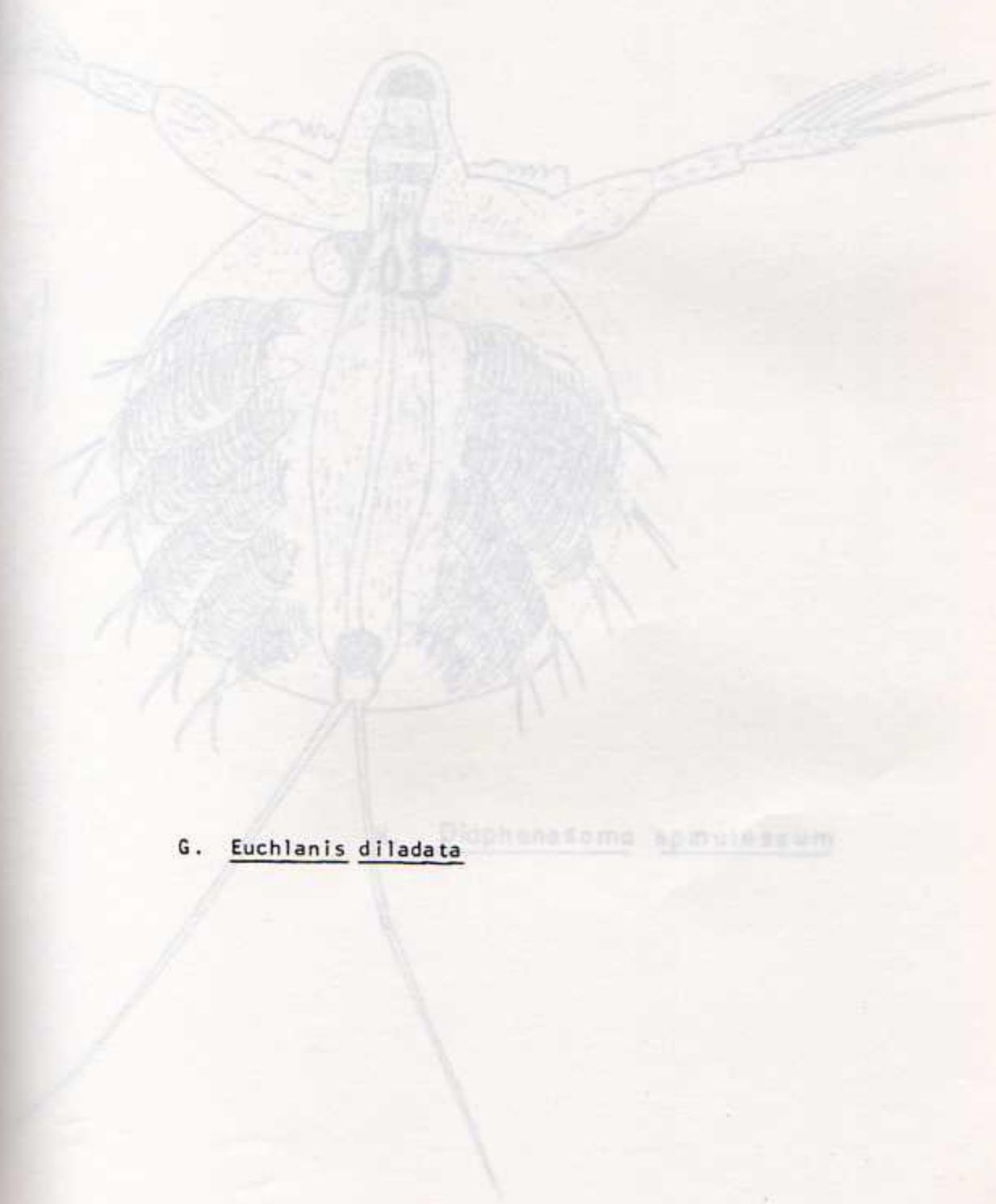
D. Hexarthra intermedia



E. *Lecane bulla*

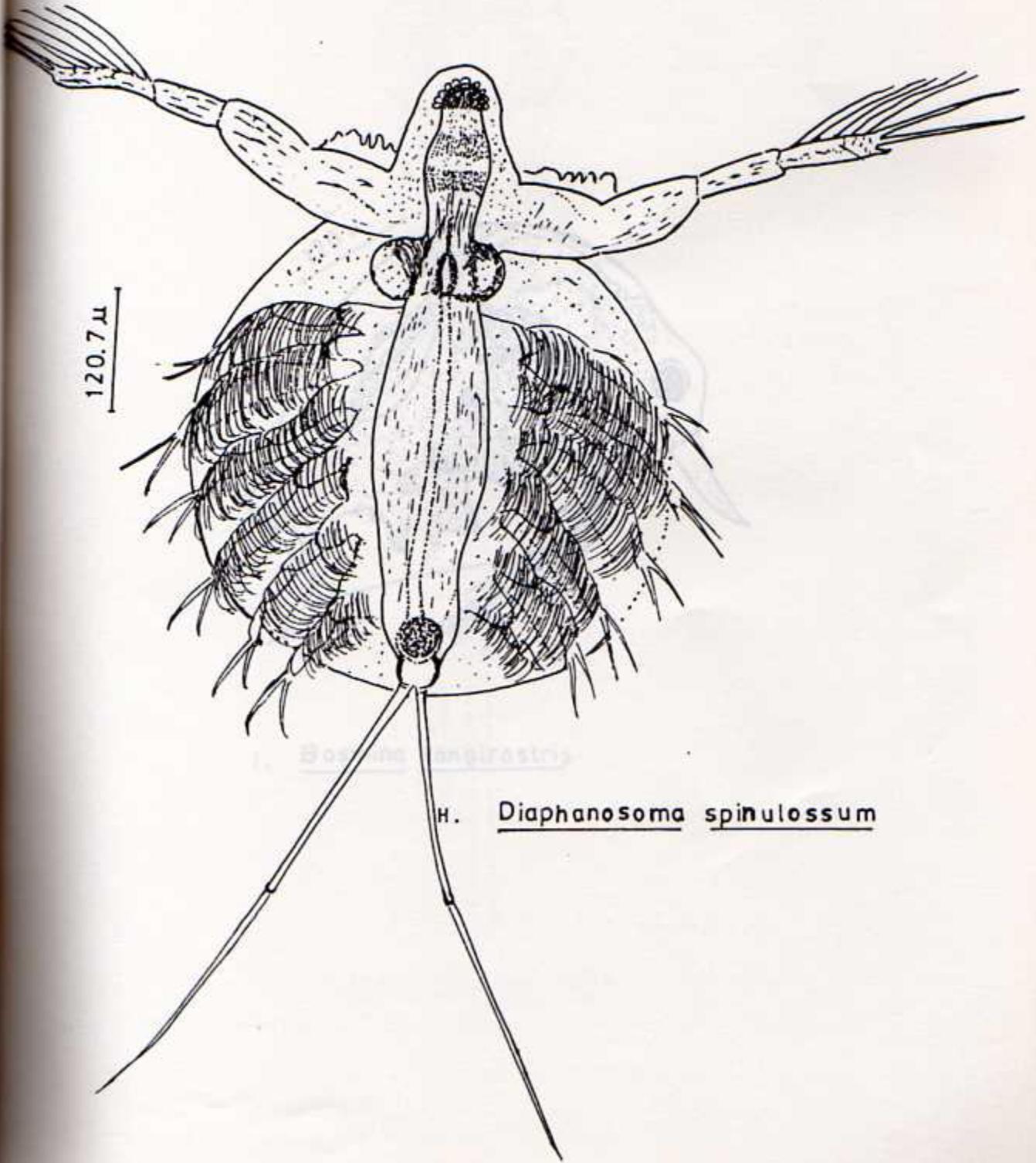


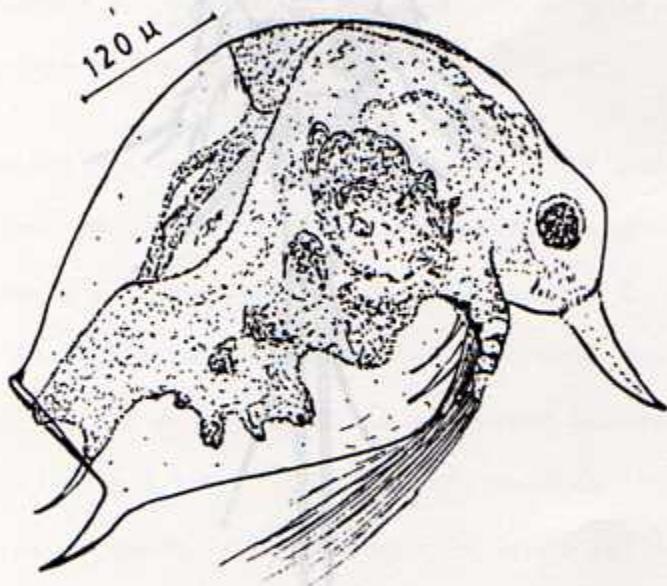
F. *Lecane luna*



G. Euchlanis diladata

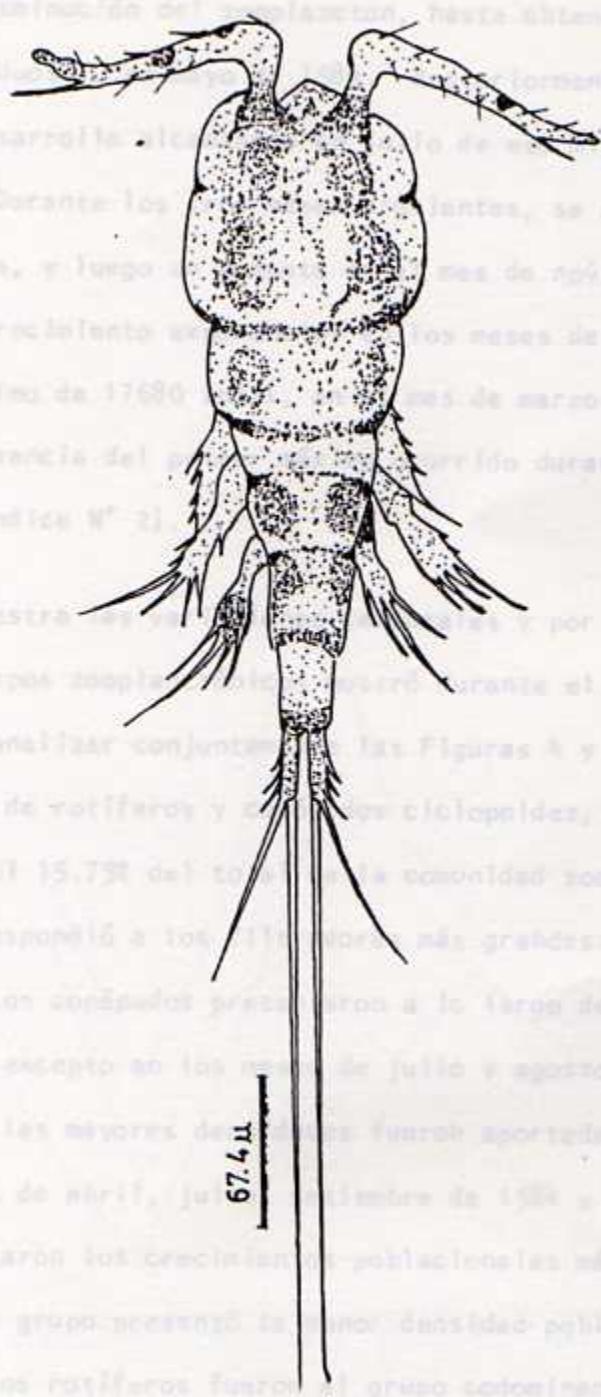
Biphenacoma spinulosum





1. Bosmina longirostris

2. Microcyclops varicans



J. Microcyclops varicans

... por una disminución del crecimiento hasta obtener valores mínimos de 105,37 individuos... la comunidad... desarrolló su desarrollo... un total... 17680... se observó una distri-... progresiva, y luego... el cual fue... meses de enero y febrero de... de marzo del mismo año que... durante la estación... (Apéndice N° 2)... la Fig. 5 muestra... y por profundidad que car-... de los grupos zoopl-... durante el año de 1984 y par-... 1985. Al analizar conjuntamente las Figuras 4 y 5, se observa una... abundancia de rotíferos y... los cuales representan... al 80,3 y al 15,73% de la comunidad zooplanctónica. El res-... correspondió a los... los cladóceros (A-... N° 3). Los copepodos... a lo largo del estudio un gran... frecuencia, excepto en los meses de julio y agosto de 1984 y marzo de... de los que las mayores densidades fueron aportadas por los rotíferos... los meses de abril, julio, octubre de 1984 y febrero de 1985, los... registraron las densidades poblacionales máximas; por el contra-... este grupo presentó la menor densidad poblacional de todo el... Los rotíferos fueron el grupo dominante de la comunidad... en marzo, julio y... 1984; y marzo de 1985; mientras que en los meses de mayo y octu-... registraron las densidades mínimas poblacionales.

guido por una disminución del zooplancton, hasta obtener valores mínimos de 109.97 individuos/l, en mayo de 1984. Posteriormente, la comunidad incrementó su desarrollo alcanzando en julio de ese mismo año, un total de 1036 ind/l. Durante los tres meses siguientes, se observó una disminución progresiva, y luego un aumento en el mes de noviembre el cual fue seguido por un crecimiento exponencial en los meses de enero y febrero de 1985, con un máximo de 17680 ind/l, en el mes de marzo del mismo año que corrobora la presencia del primer máximo ocurrido durante la estación seca de 1984 (Apéndice N° 2).

La Fig. 5 muestra las variaciones temporales y por profundidad que cada uno de los grupos zooplanctónicos mostró durante el año de 1984 y parte de 1985. Al analizar conjuntamente las Figuras 4 y 5, se observa una mayor abundancia de rotíferos y copépodos ciclopoideos, los cuales representaron el 80.3 y el 15.79% del total de la comunidad zooplanctónica. El restante 3.62% correspondió a los filtradores más grandes: los cladóceros (Apéndice N° 3). Los copépodos presentaron a lo largo del estudio un predominio constante, excepto en los meses de julio y agosto de 1984 y marzo de 1985, en los que las mayores densidades fueron aportadas por los rotíferos. Durante los meses de abril, julio, setiembre de 1984 y febrero de 1985, los copépodos registraron los crecimientos poblacionales máximos; por el contrario, en mayo este grupo presentó la menor densidad poblacional de todo el período anual. Los rotíferos fueron el grupo codominante de la comunidad zooplanctónica; las máximas densidades se presentaron en marzo, julio y agosto de 1984, y marzo de 1985; mientras que en los meses de mayo y octubre, registraron sus densidades mínimas poblacionales.

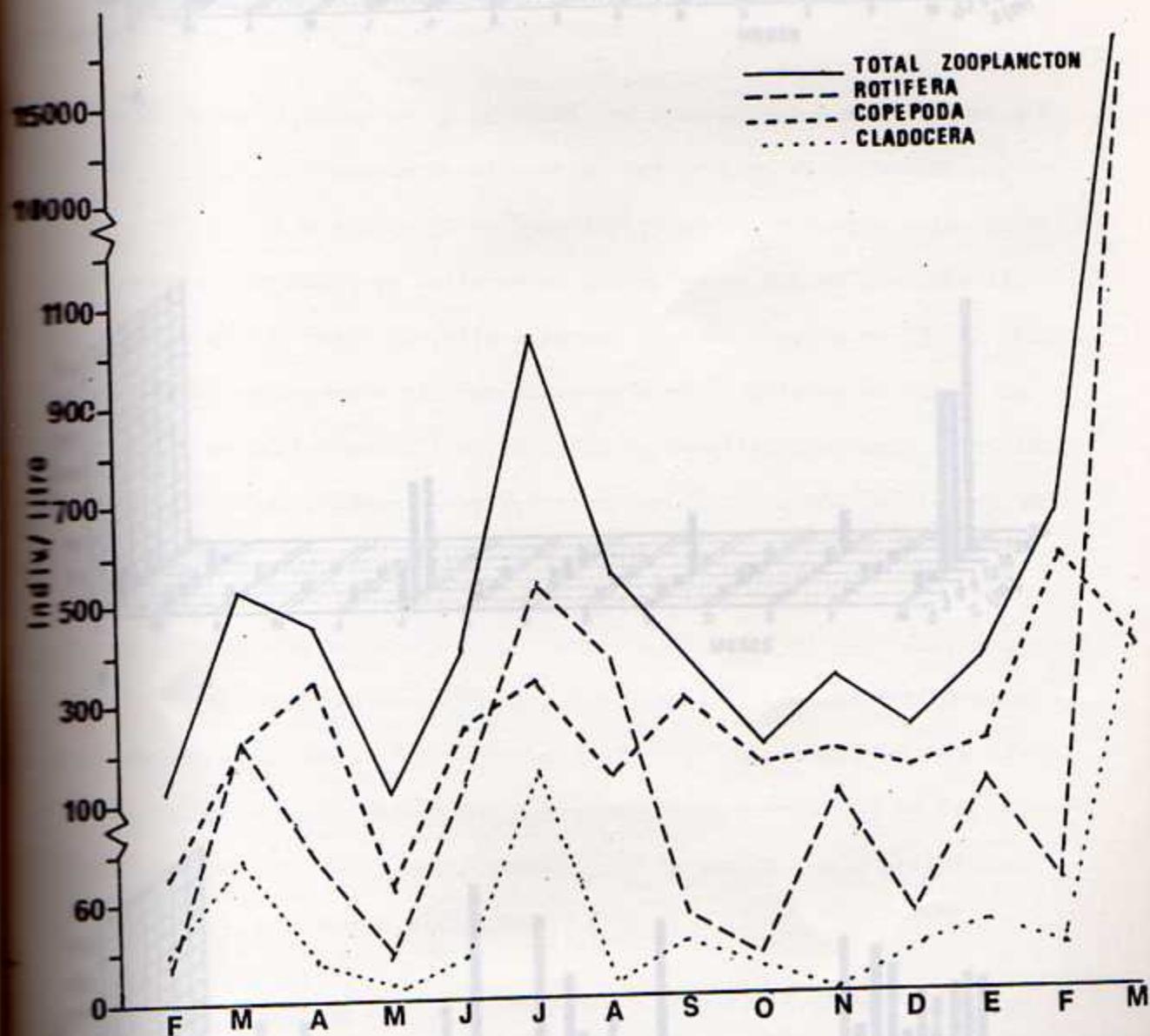
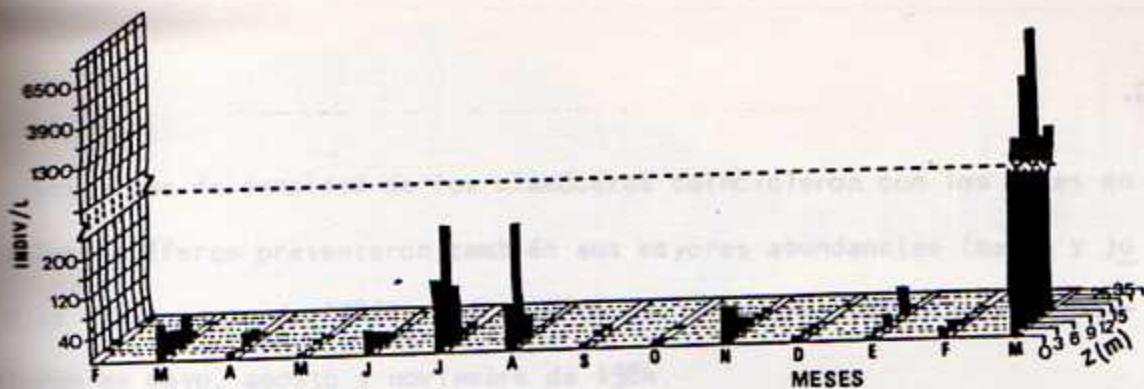
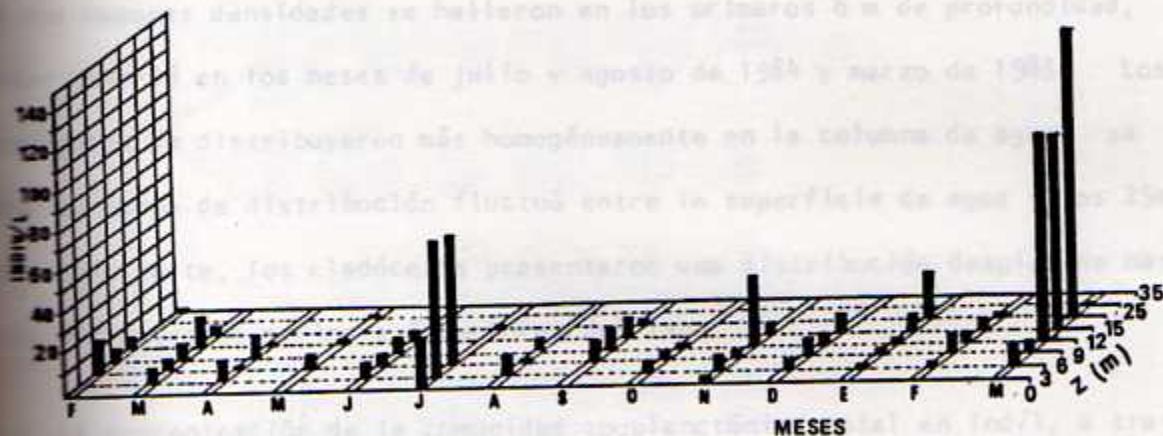


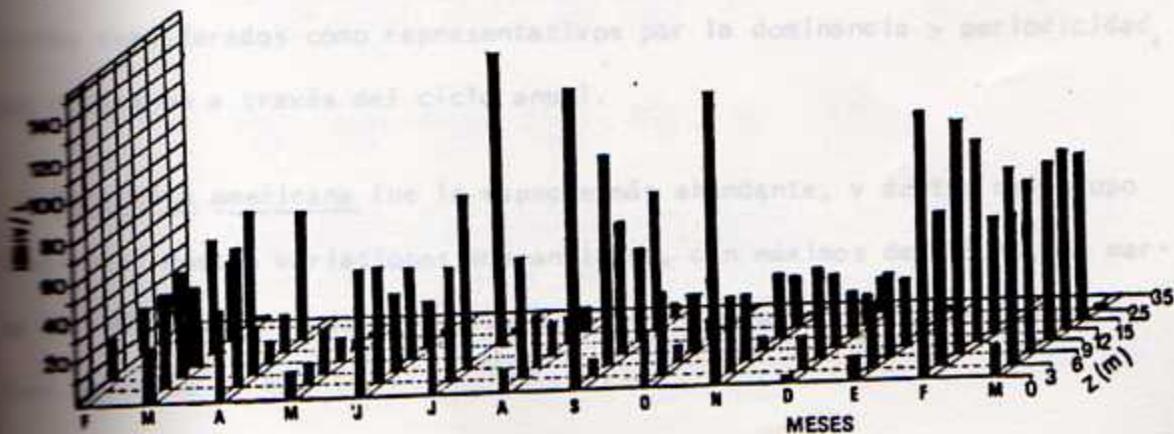
Fig.4 Variación mensual en la densidad de la comunidad zooplanctónica del Lago Río Cuarto (COSTA RICA).



A



B



C

Fig. 5 Variación mensual y por profundidad de los tres grupos zooplanc-
tónicos encontrados en el Lago Río cuarto. A-Rotífera, B-Cladocera, C-Cope-
poda.

Los picos de densidad de los cladóceros coincidieron con los meses en que los rotíferos presentaron también sus mayores abundancias (marzo y julio de 1984, marzo de 1985); las mayores declinaciones poblacionales ocurrieron en mayo, agosto y noviembre de 1984.

Además de variaciones en la densidad, se observó que los distintos grupos zooplanctónicos presentaron diferentes patrones de distribución vertical (Fig. N° 5). Los rotíferos se localizaron en los estratos superiores, y sus mayores densidades se hallaron en los primeros 6 m de profundidad, como ocurrió en los meses de julio y agosto de 1984 y marzo de 1985. Los copépodos se distribuyeron más homogéneamente en la columna de agua, ya que su rango de distribución fluctuó entre la superficie de agua y los 25m. Por otra parte, los cladóceros presentaron una distribución desplazada hacia los estratos medios e inferiores del lago.

La concentración de la comunidad zooplanctónica total en ind/l, a través del tiempo (meses de muestreo) y por ubicación en la columna de agua, se observa en cada uno de los círculos de la Fig. 6. Dentro de cada círculo se presenta el valor porcentual correspondiente a cada uno de los organismos considerados como representativos por la dominancia y periodicidad, que mostraron a través del ciclo anual.

Keratella americana fue la especie más abundante, y dentro del grupo (Rotífera) mostró variaciones sustanciales, con máximos del 95.4%, en marzo de 1985 y mínimos de 9.5 y 17.7% en abril y octubre respectivamente (ver apéndice N° 4).

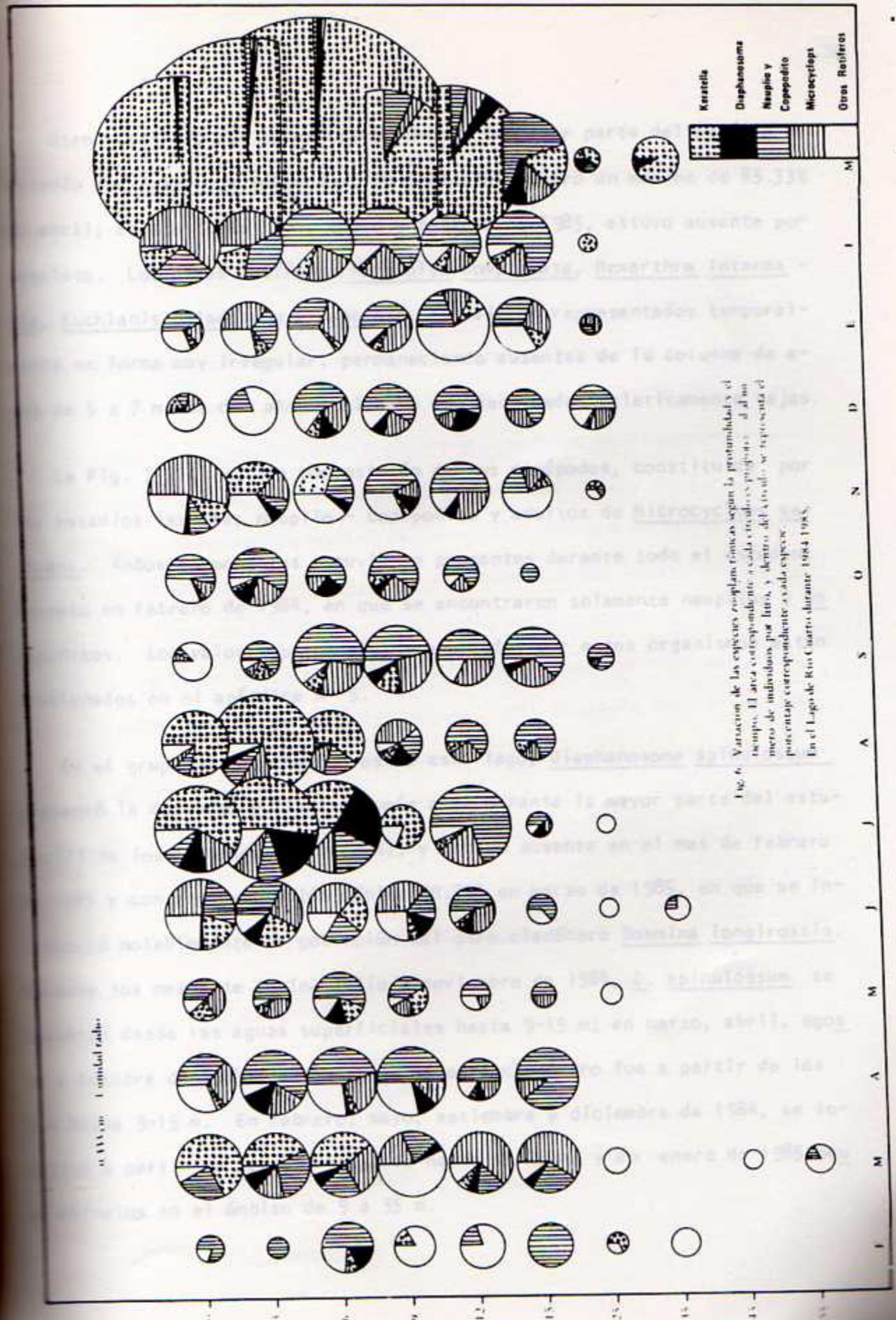


Fig. 6. Variación de las especies zooplanctónicas según la profundidad y el tiempo. El área correspondiente a cada círculo y proporción al número de individuos por litro, y dentro del círculo, se representa el porcentaje correspondiente a cada especie.
 En el Lago de Rio Cuarto durante 1983-1984.

0.000000 1 unidad radio

Otro rotífero que se encontró durante la mayor parte del período de estudio fue Polyartha vulgaris. Su población mostró un máximo de 85.33% en abril; en agosto de 1984, enero y febrero de 1985, estuvo ausente por completo. Los otros rotíferos Pompholyx complanata, Hexarthra intermedia, Euchlanis diladata y Lecane ssp, estuvieron representados temporalmente en forma muy irregular, permaneciendo ausentes de la columna de agua de 5 a 7 meses del año, y siempre con densidades relativamente bajas.

La Fig. 7 ilustra la composición de los copépodos, constituida por los estadios larvales nauplio - copepodito y adultos de Microcyclops varicans. Ambos componentes estuvieron presentes durante todo el estudio, excepto en febrero de 1984, en que se encontraron solamente nauplios y copepoditos. Los valores porcentuales aportados por estos organismos están consignados en el apéndice N° 5.

En el grupo de los cladóceros de este lago, Diaphanosoma spinulosum presentó la densidad poblacional más alta durante la mayor parte del estudio (13 de los 14 meses estudiados); y estuvo ausente en el mes de febrero de 1985 y con representación mínima (0.7%) en marzo de 1985, en que se incrementó notablemente la población del otro cladóceros Bosmina longirostis. Durante los meses de junio, julio y noviembre de 1984, D. spinulosum se encontró desde las aguas superficiales hasta 9-15 m; en marzo, abril, agosto y octubre de 1984, la presencia de este cladóceros fue a partir de los 3 m hasta 9-15 m. En febrero, mayo, setiembre y diciembre de 1984, se localizó a partir de los 6 m llegando hasta 15-25 m; y en enero de 1985 ocupó estratos en el ámbito de 9 a 35 m.

Las densidades de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas encontradas en cada uno de los muestreos realizados durante el presente estudio, se presentan en la Fig. 8. Estos organismos planctónicos mostraron un comportamiento bastante diferente entre sí. Si se analiza en detalle esta figura, se observa que en el mes de mayo la comunidad zooplanctónica alcanzó valores de sólo 0,110 ind/ml, siendo ésta la densidad más baja del estudio; sería de esperar que aproximadamente en este momento, la comunidad fitoplanctónica empezara a mostrar un incremento; pero por el contrario continuó su descenso (Camacho, L. Com. Pers.). En el mes de julio, el zooplancton mostró valores del 1.036 ind/ml. y la comunidad fitoplanctónica disminuyó aún más, probablemente por efecto del forrajeo. En el período comprendido entre setiembre y diciembre, se presentaron valores muy bajos en la abundancia zooplanctónica, mientras que la comunidad fitoplanctónica registró las máximas densidades de todo el período de estudio. A partir de enero hasta marzo (1985) inclusive, se observó la relación inversa entre ambas comunidades, tal y como lo describieron Anderson *et al.* (1955) y Gliwicz (1975); pero al contrario de lo que sucedió en el período anterior, la densidad zooplanctónica fue la que mostró el desarrollo máximo y el fitoplancton las densidades más bajas.



Fig. 7 Composición porcentual mensual de la población de Copéodos del Lago de Río Cuarto, Costa Rica.



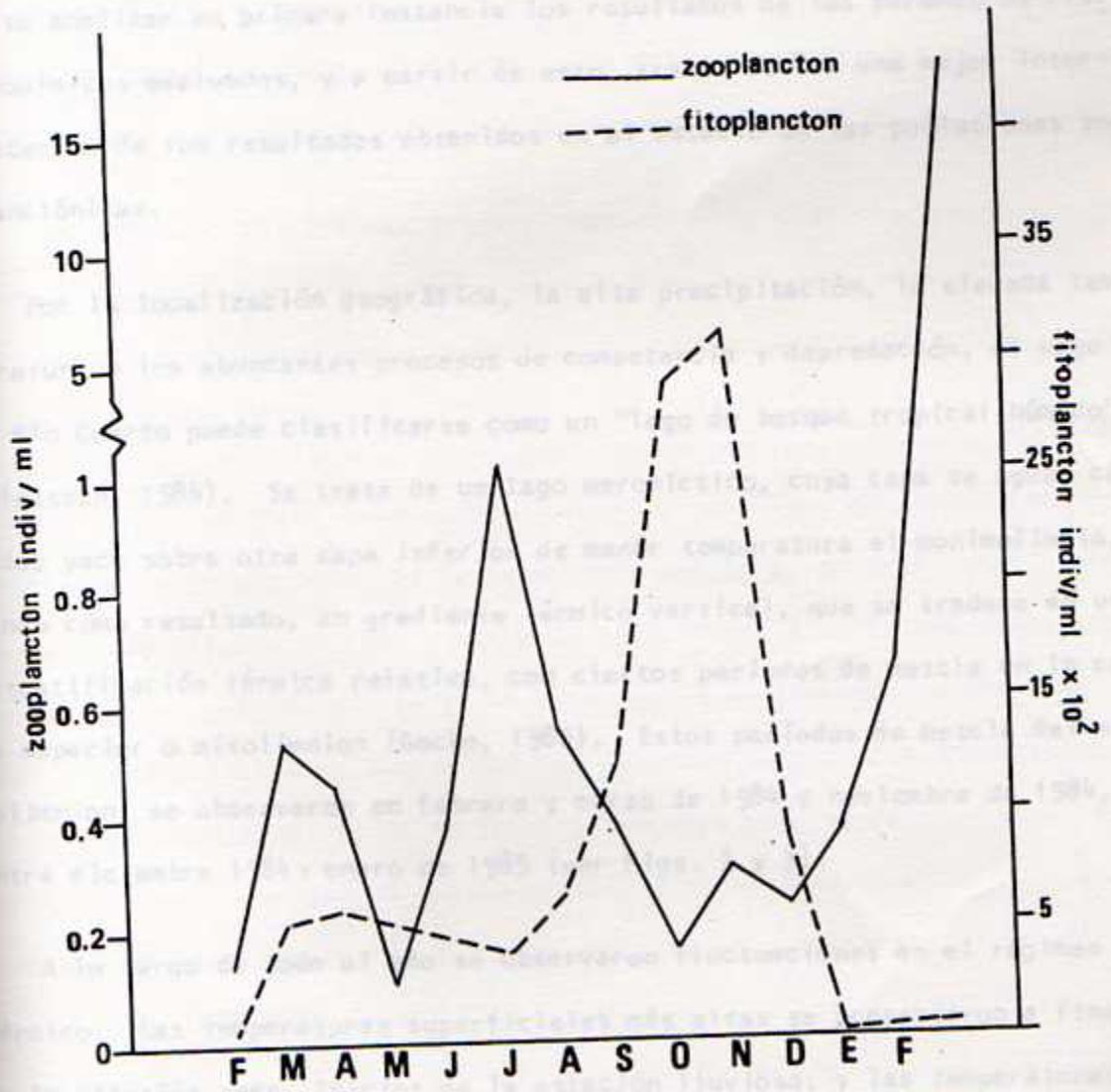


FIG.8 Variaciones mensuales en la densidad de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas del Lago Río Cuarto (COSTA RICA).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Existe una estrecha relación entre la composición de las especies del zooplancton y las características ambientales, razón por la cual es importante analizar en primera instancia los resultados de los parámetros físico-químicos evaluados, y a partir de esto, tratar de dar una mejor interpretación de los resultados obtenidos en el estudio de las poblaciones zooplanctónicas.

Por la localización geográfica, la alta precipitación, la elevada temperatura y los abundantes procesos de competencia y depredación, el Lago de Río Cuarto puede clasificarse como un "lago de bosque tropical húmedo". (Nielsen, 1984). Se trata de un lago meromítico, cuya capa de aguas cálidas yace sobre otra capa inferior de menor temperatura el monimolimnio, dando como resultado, un gradiente térmico vertical, que se traduce en una estratificación térmica relativa, con ciertos períodos de mezcla en la capa superior o mixolimnion (Gocke, 1980). Estos períodos de mezcla del mixolimnion, se observaron en febrero y marzo de 1984 y noviembre de 1984, y entre diciembre 1984 y enero de 1985 (ver Figs. 2 y 3).

A lo largo de todo el año se observaron fluctuaciones en el régimen térmico. Las temperaturas superficiales más altas se presentaron a finales de la estación seca, inicios de la estación lluviosa; y las temperaturas más bajas coincidieron con la estación seca (Fig. 2), época caracterizada por una marcada disminución en la precipitación y la presencia de vientos fuertes.

Es muy interesante observar que en el presente estudio, la temperatura no mostró una relación directa con la variación estacional del zooplancton; lo cual se demostró al analizar que las densidades zooplanctónicas presentaron sus máximos poblacionales durante las estaciones secas de marzo 1984 y marzo 1985, y durante la estación lluviosa, julio 1984. Rocha y Matsumura (1984) y Tait, et al. (1984), en estudios realizados en Brasil y Australia respectivamente, comparten este criterio al afirmar que la temperatura tiene poco impacto sobre las comunidades zooplanctónicas tropicales.

Las diferencias térmicas entre el monimolimnio y el mixolimnio son pequeñas, pero por ser éste un lago meromíctico, no sufrieron mezcla entre sí, debido a que ambas capas presentan diferentes densidades del agua como lo sugiere Gocke (1980).

El perfil vertical de oxígeno varió a lo largo del año, encontrándose concentraciones más altas en la superficie del agua, durante junio, julio, setiembre y octubre de 1984 y marzo de 1985, (Fig. 3). En las aguas superficiales, los valores más bajos de este gas se encontraron en enero de 1985. Estos resultados demuestran que se puede encontrar concentraciones de oxígeno semejantes tanto en la estación seca como en la lluviosa. Los valores altos de oxígeno disuelto coincidieron en junio, setiembre y octubre de 1984, con densidades bajas de zooplancton y temperaturas de 28°C. En julio de 1984 y marzo de 1985 se presentaron picos de zooplancton, bajas densidades de fitoplancton y la temperatura del agua de 29 y 27°C respectivamente. Es muy probable que en el mes de julio la precipitación estuviera aportando a estas aguas superficiales del lago grandes cantidades de oxígeno y a eso se deba las altas concentraciones de oxígeno disuelto

encontradas. Las temperaturas bajas de enero y febrero de 1985, favorecieron el aporte de oxígeno de la atmósfera a la masa de agua superficial, registrándose para esta época, valores sumamente bajos de oxígeno disuelto (Fig. 3); lo cual coincidió con el período en que desapareció la comunidad fitoplanctónica, principal fuente de oxígeno en la zona fótica del lago. Resultados similares fueron reportados por Matsumura et al. (1984) en sus estudios realizados durante la estación seca en el Lago D'Helvechio en Brasil. Por esta razón, un pequeño incremento de la comunidad fitoplanctónica en marzo de 1985 y temperaturas no muy altas (27°C) resultan en concentraciones de oxígeno elevadas (8.1-8.4 mg/l). Esta hipótesis es sustentada por los trabajos de Armengol (1984), Wodajo y Belay (1984) y Tait et al. (1984), quienes estiman que al disminuir la temperatura, los valores de oxígeno aumentan, ya que la turbulencia del agua originada por el viento, favorece que una mayor concentración del oxígeno atmosférico entre en disolución.

El monimolimnio que se presenta a partir de los 25 m es anóxico, ya que al no ocurrir mezcla entre el mixolimnio y el monimolimnio, no hay aporte de oxígeno de las aguas superficiales a las profundas, constituyéndose así en zonas no aptas para la vida de organismos zooplanctónicos, excepto la larva del díptero Chaoborus, que fue encontrada a 25 y 35 m de profundidad. El fondo del lago igualmente cubierto por aguas anóxicas, no presentó ningún vestigio de vida.

El CO₂ mostró a lo largo del ciclo anual, un comportamiento bastante regular, (Fig. 3). En los primeros 9 m no se reportó CO₂ excepto en los meses de diciembre de 1984 y febrero de 1985, en que hubo un incremento consi

derable de este gas, en toda la columna de agua; lo cual coincidió por un lado, con un incremento de la comunidad zooplanctónica, principal productor de CO_2 y por el otro, con una disminución de las poblaciones fitoplanctónicas, (consumidores de este gas), lo que condujo a una reducción en las concentraciones de oxígeno disuelto.

Estos resultados están acorde con los valores de pH encontrados durante el presente estudio. El Lago de Río Cuarto presentó un pH alcalino en el mixolimnio, lo cual concuerda con la ausencia de CO_2 en casi toda esta capa, exceptuando los meses ya mencionados. En el monolimnio el pH disminuyó y este resultado coincidió con el aumento del CO_2 que continuó incrementándose en las zonas más profundas de esta capa, observándose una relación inversa entre las concentraciones del O_2 y el CO_2 (Fig. 3).

Al analizar la comunidad zooplanctónica del Lago de Río Cuarto (Figs. 4 y 5), se encontró que los máximos poblacionales registrados durante la estación seca, ocurrieron en marzo de 1984 y marzo de 1985.

El primer máximo encontrado en marzo de 1984, presentó las condiciones idóneas para que se diera este aumento en la abundancia zooplanctónica, a saber: una baja precipitación (35 mm^3), una temperatura promedio de 26.1°C , que favoreció la solubilidad del oxígeno, y una alta productividad fitoplanctónica (Camacho, L. Com. Per.).

Anderson et al. (1955) y Nielssen (1984) estiman que es un comportamiento bastante común del zooplancton, controlar las poblaciones fitoplanctónicas. Ambas comunidades del lago fito y zooplanctónicas (Fig. 3) presentaron un comportamiento inverso, pero es muy difícil concluir que las variaciones del

fitoplancton se deban principalmente al forrajeo realizado por el zooplancton. Al analizar los componentes algales, se observó que la mayoría de las especies eran filamentosas, de gran tamaño. En los trabajos de Porter y Orcutt (1980) y Porter y McDonough (1984), se determina que las algas filamentosas difíciles de ser manipuladas por el zooplancton, como las encontradas en este estudio, Anabaena sp. y Mougeotia sp. no constituyen una fuente importante de alimento para los rotíferos y los cladóceros, por el gran costo energético que representa su ingestión. En el estudio de Porter y McDonough (1984), se hace un análisis de trabajos que ayudan a comprender la sustitución de especies zooplanctónicas grandes por pequeñas; y uno de los aspectos que se plantea en este trabajo es el cambio de dieta, a detritus y bacterias, lo que muy probablemente sucede en el Lago de Río Cuarto. Esta hipótesis fue planteada anteriormente por Margalef (1983).

En este primer máximo poblacional de marzo 1984 (Fig. 4), se determina que las poblaciones zooplanctónicas de los grupos encontrados en este estudio, presentaron un incremento en el número de sus individuos; Rotífera con la especie Keratella americana y Copépoda con Microcyclops varicans, éstos en mayor proporción que Cladocera; resultados que coinciden con los estudios de Nielssen (1984) y Tait et al. (1984), quienes indican que una masa de agua se puede caracterizar como eutrófica, no sólo por el alto grado de productividad y el aporte de nutrientes que recibe, sino también porque los cambios que se presentan en la comunidad fitoplanctónica se reflejan en la zooplanctónica en la cual se nota un incremento de las poblaciones de rotíferos y copépodos principalmente. El Lago de Río Cuarto, según los análisis del presente estudio, es una masa de agua léntica eutrófica; esto concuerda

con lo reportado por Gocke (1980). Por otra parte, durante todo el período de muestreo se encontró que las poblaciones dominantes del zooplancton fueron de rotíferos y copépodos, y este predominio era de esperar según los planteamientos de Nilssen (1984) y Tait et al. (1984) para el Amazonas y Australia, respectivamente.

En julio de 1984, se encontró el segundo máximo poblacional en la densidad zooplanctónica (Fig. 4). Este incremento fue mayor que el hallado en marzo de 1984, y coincide con un período de precipitación muy alta en la zona de estudio (361/mm); esto implica una mayor entrada de detritus, provenientes de las regiones aledañas; y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento para muchos de los organismos zooplanctónicos filtradores.

Sin embargo, en el mes de julio se presentó una declinación considerable en la densidad fitoplanctónica, desapareciendo tres de las especies más abundantes, mientras que la comunidad zooplanctónica mostró un crecimiento poblacional bastante pronunciado, cumpliéndose la relación inversa entre el fitoplancton y el zooplancton descrita anteriormente (Fig. 8). Es muy probable que la desaparición de las algas estuviera acompañada de un incremento en la densidad de las bacterias en el agua, y se constituyera en otra fuente de alimento para los rotíferos y copépodos, grupos más numerosos del zooplancton en este mes.

Es factible que Diaphanosoma spinulosum y Microcyclops varicans, los filtradores más grandes del lago se hubieran alimentado en junio de 1984,

principalmente, de Eudorina sp. y Anabaena sp., razón por la cual éstos escasearon completamente, y el número de D. spinulosum aumentó en el siguiente mes (julio). Infante (en prensa) observó que algunos cladóceros son capaces de fragmentar algas microplanctónicas y utilizar el contenido citoplasmático como alimento. Además, podría ser que el aumento en la temperatura del agua se tradujera en una mayor velocidad de bombeo, lo cual aumentó la eficiencia del aparato filtrador, para capturar mayor cantidad de alimento (Margalef, 1983).

Los filtradores más pequeños del agua, los rotíferos, posiblemente se hayan alimentado de detritus y bacterias, como lo sugieren entre otros Tait et al. (1984); Wodajo y Belay (1984); Porter y McDonough (1984), puesto que estos organismos no pueden manipular las algas filamentosas ni el microplancton (Charpentier, comunicación personal). Infante y Rieht (1984) y Wodajo y Belay (1984), en estudios realizados en el trópico, sugieren que el aumento de las lluvias produce un incremento en la producción de cianofíceas que pueden ser utilizadas por los rotíferos, aumentando la densidad de los mismos. En el Lago de Río Cuarto, no se observó esta relación, y por eso se propone la hipótesis de que estos organismos pudieron alimentarse de detritus y bacterias exclusivamente. Durante este mes de julio, se produjo un incremento en el número de especies representadas, encontrándose Polyarthra vulgaris, Pompholyx complanata, y Euclanis diladata, especies que no se presentaron en el mes de marzo de 1984 (Fig. 6).

En marzo de 1985 se presentó el tercer máximo en la abundancia del zooplancton; siendo éste el mayor incremento registrado por toda la comunidad zooplanctónica; sin embargo coincidió con esta época, la mayor reducción en el número de especies zooplanctónicas (Fig. 6)., ya que solamente se encon

traron K. americana, B. longirostris, D. spinulossum, M. varicans, nauplios y copepoditos.

Durante la estación seca, el aspecto cualitativo del agua se deteriora por la evapotranspiración, lo cual influye en cambios en la abundancia y diversidad de los organismos zooplanctónicos, produciéndose un aumento de la densidad (ind/l) y una disminución en el número de las especies. Tait et al. (1984) afirma que conforme avanza la estación seca, el pH disminuye acidificando el medio, hecho que se traduce en una simplificación de la comunidad zooplanctónica, específicamente de la población de rotíferos, la cual es sensible a los cambios de pH. Esto podría ser una explicación al fenómeno observado en la reducción de la composición zooplanctónica, en marzo de 1985.

Al analizar los picos encontrados en marzo de 1984 y marzo de 1985 son evidentes las diferencias sustanciales en el número de individuos por litro y en la composición de la comunidad. La densidad reportada en marzo de 1985, fue 33 veces mayor que la alcanzada en marzo de 1984; y la comunidad en este primer máximo estuvo compuesta por 7 de las 9 especies encontradas en el lago; mientras que en marzo de 1985, solamente 3 especies estuvieron presentes. Esta variación podría estar relacionada con factores como lluvia, (de 136 mm en marzo de 1984 a 0 mm en marzo de 1985), o a un aumento de la población bacteriana en marzo de 1985, debido a la muerte de las poblaciones algales, favoreciendo la disponibilidad de alimento para los organismos zooplanctónicos.

Varias hipótesis podrían ser formuladas para explicar lo ocurrido durante el mes de marzo de 1985. En primer término, es interesante observar que el mayor porcentaje poblacional correspondió a los rotíferos, específicamente a una sola especie, K. americana (Fig. 6). Esto podría explicarse, en parte, mediante el planteamiento de Toja (1980), respecto a que este género presenta muy comúnmente una relación inversa con los valores de clorofila, lo cual concuerda con sus máximos observados en épocas en que la densidad fitoplanctónica es mínima. Asimismo, Tait et al. (1984) al analizar los contenidos estomacales de los rotíferos en la época seca, observó que el alimento no fue un factor limitante, pues solamente se habían alimentado de detritus. Es factible que esto ocurriera en el presente estudio, ya que se pudo encontrar en el agua, gran cantidad de hojas, flores y polen, fuente importante de materia orgánica en los lagos, puesto que, como lo afirma Gocke (1980), en esta masa de agua se consume más materia orgánica de la que se produce. Es probable, entonces, que estos detritus producto de la materia alóctona, constituyeran parte muy importante de la dieta de K. americana.

Otros autores afirman que la principal fuente de alimentación para los rotíferos tropicales son las bacterias (Nielsen, 1984). Es posible que sea esta la situación en el lago de Río Cuarto, debido a la abundante materia orgánica producida por la descomposición de la comunidad algal y de hojas, polen y flores producidas en la estación seca de 1985, lo cual ayudó a incrementar la densidad en las bacterias, que a su vez, sirvieron de alimento a la enorme población del rotífero K. americana. Miracle (1977) considera que en presencia de un buen suplemento de nutrientes, aún cuando el oxígeno y la luz no sean adecuados, las bacterias toman el puesto primario en la

producción, y logran mantener una alta densidad de rotíferos.

Otra probable explicación podría ser que, como en las cercanías del lago hay amplias zonas de cultivo (tiquisque y pastizales), hayan sido fumigados éstos con insecticidas organoclorados, los cuales inhibieron el crecimiento de copépodos y cladóceros, favoreciendo el incremento notable de los rotíferos (Margalef, 1983).

Los rotíferos juegan un papel muy importante dentro de la comunidad zooplanctónica. Su grado de diversificación les facilita la adaptación a diferentes ambientes fluctuantes y estables, ocupando el nicho ecológico de los pequeños filtradores.

En la estación seca de 1985 (marzo) los cladóceros también mostraron el mayor incremento poblacional, lo cual es congruente con los estudios realizados en Israel por Gophen (1984), en que observó durante la época seca grandes poblaciones de cladóceros alimentándose específicamente de detritos. Es posible que para ambas poblaciones Rotífera y Cladóceros, los detritos hayan sido una de las principales fuentes de alimento disponible en el Lago de Río Cuarto.

En cuanto a las menores densidades poblacionales, éstas se presentaron en mayo y octubre de 1984. Este primer mes mostró la mayor declinación en la densidad de los tres grupos zooplanctónicos (Fig. 4); coincidiendo esto con la mayor precipitación reportada en esta zona (459 mm), lo cual era de esperar, ya que al aumentar la dilución del lago por las excesivas lluvias, se incrementó el volumen del mismo, lo que ocasionó una marcada reducción en la abundancia del zooplancton. Sin embargo, los valores del fito -

plancton (Fig. 8) no mostraron mucha variación con respecto al mes anterior (Camacho, L. Com. Per.). De ahí que muchos autores, entre ellos Dussart et al. (1984) afirmen que la precipitación es el factor que causa el mayor impacto estacional en los trópicos, influyendo en la densidad y en la composición de las especies zooplanctónicas, como consecuencia de las fluctuaciones en el nivel del H_2O . Durante el mes de mayo se registró la menor densidad de los copépodos (la más baja de todo el ciclo anual); no obstante los otros dos grupos zooplanctónicos aunque disminuyeron en densidad aumentaron en diversidad, rotífera con tres especies presentes K. americana, Polyarthra vulgaris y Hexarthra intermedia; y C. ladocera con D. spinulosum y B. longirostris.

La otra reducción poblacional del zooplancton, fue registrada en octubre; aunque menos drástica que en el mes de mayo (Fig. 8), sí coincidió con las mayores densidades del fitoplancton (octubre y noviembre). Los copépodos presentaron mayor estabilidad en el número de sus individuos, mientras que cladóceros y rotíferos mostraron en este mes las mínimas densidades de todo el período de estudio.

Dentro de un ecosistema acuático, los movimientos del zooplancton constituyen un sistema de transporte, lo cual explica las diferencias locales que se observan en la distribución de cada población (Margalef, 1983). En el Lago de Río Cuarto los organismos se localizaron entre 0 y 15 m de profundidad, que corresponde a la capa oxigenada del lago. Individualmente las especies presentaron ciertos patrones de distribución temporal y vertical (Fig. 6). Analizando el comportamiento de los organismos más dominantes, se encontró que una de las más persistentes fue Keratella americana, la

cual se presentó a lo largo de todo el ciclo anual. Su patrón de distribución vertical osciló entre 0 y 25 m, excepto en el mes de marzo de 1985, cuando se localizó a lo largo de casi toda la columna de agua, desde 0 hasta 35 m. Miracle (1977) sugiere que en los lagos estratificados, la distribución vertical de los rotíferos es bastante cerrada, relacionada directamente con los perfiles de oxígeno y temperatura, de ahí que como se trata de organismos mixolimnéticos en su mayoría, cuanto más profundo es el mixolimnion, más profunda es la ocurrencia de esos pequeños filtradores. En la mayoría de los muestreos realizados, K. americana fue una de las que aportó los valores porcentuales mayores a la comunidad zooplanctónica total, excepto en febrero, abril, octubre y diciembre de 1984 en que tuvo una representación muy escasa.

Los copépodos presentaron un patrón de distribución temporal y vertical bastante regular. Fue el grupo con mayor estabilidad poblacional y homogeneidad en su composición durante todo el estudio. Armengol (1982) considera que evolutivamente éste es un grupo de los más exitosos, ya que constituyen entre el 35 a 50% de la densidad zooplanctónica de los sistemas lacustres. Sugiere el autor que esto se debe, en parte a que poseen una gran movilidad, lo que les permite no sólo escapar más rápidamente de sus depredadores, sino también explotar en forma más activa y eficiente el medio acuático. Si a esto se añade que son omnívoros, tendrán ventaja sobre los otros grupos de filtradores, ya que disponen de mayores fuentes alimenticias. Por otra parte los copépodos son organismos de larga vida, que comienzan su existencia con hábitos micrófagos, a expensas especialmente de nanoplankton y detritos, y terminan siendo macrófagos, depredando otros organismos zooplanctónicos, especialmente pequeños cladóceros y detritos. Estas caracterís

ticas aumentan la estabilidad de los copépodos frente a factores de perturbación como fuertes vientos, lluvias y demás cambios ambientales (Margalef, 1983). Es muy posible que algunas ideas expuestas por los dos autores anteriormente citados, expliquen en parte el hecho observado en el presente estudio en que los copépodos se comportaron como un grupo exitoso en el Lago de Río Cuarto. Este grupo no mostró una sucesión entre los diferentes estadios larvales (nauplio y copepodito) y los adultos (Fig. 7). Sin embargo, se notó una dominancia de los primeros sobre los segundos, con su representación máxima en el mes de febrero de 1984, en que el 100% de la población estuvo constituida por nauplios y copepoditos. Valores porcentuales del 70%, fueron registrados durante los meses de mayor precipitación, entre abril y mayo, y en octubre. En el mes de noviembre la declinación poblacional de los estadios larvales fue tal, que ocuparon solamente el 40% de la población total del grupo (Apéndice 5). El rango de distribución vertical de estos microcrustáceos fue mayor y más homogéneo que el que exhibió K. americana; ya que desde 0 hasta los 25 - 35 m, se encontraron tanto adultos como nauplios y copepoditos, aportando valores porcentuales altos en los estratos superiores e inferiores de la columna de agua (Fig. 6).

Los cladóceros presentaron una distribución vertical y temporal muy irregular, en especial D. spinulosum que aportó al zooplancton total valores porcentuales bajos. Los mayores porcentajes se encontraron en febrero, julio y diciembre de 1984, (ver Apéndice 2), por el contrario, en los primeros tres meses de 1985, disminuyó su concentración, coincidiendo esto con el incremento de la otra especie registrada: Bosmina longirostris.

Aunque los patrones de distribución presentados por D. spinulossum fueron muy irregulares, se pudo establecer una relación entre los periodos de alta precipitación (junio, julio y en menor grado noviembre) y la presencia de cladóceros en los estratos más superficiales (0 m). Por el contrario, en los meses en que no hubo lluvias en esa región (enero y febrero de 1985), estos filtradores se localizaron en estratos inferiores, a partir de los 9 m; demostrando con esto, que los cladóceros pueden adaptarse a diversos patrones de distribución vertical dependiendo de si se trata de la estación seca o lluviosa. En la estación seca la transparencia del agua descendió a valores de 1.75 m a 2 m (lectura del disco de Secchi), como consecuencia de las arcillas y materiales en suspensión arrastrados por el agua de lluvia; los cladóceros, lentos en su desplazamiento, pudieron mantenerse en los estratos superiores con un reducido riesgo de ser vistos por sus depredadores debido a lo turbio del agua. Durante la estación seca (enero y febrero de 1985), la transparencia del agua fue mucho mayor, entre 4.2 y 5.5 m (lectura del disco de Secchi), lo cual aumentó la visibilidad y con ella la presión depredadora. Por esta razón, D. spinulossum se desplazó a estratos inferiores, aunque para ello tuviera que tolerar bajas concentraciones de oxígeno, como las reportadas en enero y febrero de 1985. Esto coincide con Matsumura et al. (1984), quien considera que la distribución vertical de los cladóceros está relacionada con factores como oxígeno, luz y temperatura, tolerando rangos más amplios que el resto de los organismos zooplanctónicos. En términos generales, los cladóceros prefirieron la zona intermedia, encontrándose D. spinulossum en las aguas superficiales sólo en tres de los catorce meses muestreados.

Resulta interesante notar que durante el presente trabajo, los tres grupos zooplanctónicos estuvieron representados, pero no todas las especies fueron constantes en el tiempo y en el espacio. En la estación seca de 1984, (primer máximo poblacional), la población de rotíferos estuvo compuesta por K. americana, P. vulgaris, P. complanata y Lecane ssp. (incluidos estos tres últimos géneros dentro de la categoría "otros rotíferos"). Los cladóceros tuvieron representación de sus dos especies D. spinulosum y B. longirostris; de los copépodos sólo se encontró una especie M. varicans y los estadios larvales nauplios y copepoditos, los cuales estuvieron presentes durante todo el período de estudio (Fig. 6). En julio de 1984, cuando se produjo el segundo máximo (estación lluviosa), varió la composición de la comunidad zooplanctónica; en el grupo de los rotíferos desaparecieron las dos especies de Lecane y aparecieron Hexartra intermedia y Euchlanis dilatata. Los cladóceros también variaron su composición, ya que desapareció B. longirostris. En la estación seca de 1985, (marzo), el 85.8% de la comunidad total estuvo compuesta por K. americana; el 14.2% restante lo constituyeron D. spinulosum, B. longirostris y los estadios larvales y adultos de M. varicans, siendo ésta la mayor reducción en la composición de la comunidad zooplanctónica. Estos resultados apoyan la hipótesis de Tait et al. (1984), citada anteriormente, respecto a la relación entre el pH y la reducción en la composición zooplanctónica.

Las condiciones alternantes entre la estación seca y lluviosa influyeron sobre la densidad y composición de cada grupo zooplanctónico, lo que demostró una vez más que la presencia o dominancia de un grupo u organismo fue propia de aquellos que mostraron mayor adaptación a las característi-

cas ambientales imperantes; así cada población o individuo respondió en forma diferente al ambiente circundante, dependiendo de sus propias capacidades adaptativas.

El zooplancton lacustre tropical es más reducido (en número de especies y en el tamaño de las mismas) que el de las zonas templadas (Collado, 1983; Fernando, 1980 b). La explicación de este fenómeno es aún hoy, motivo de estudio. Arcifa (1984) refuta cuatro de las respuestas dadas por los limnólogos, tendientes a explicarlo, mediante las siguientes razones: según Fernando (1980 b), los valores bajos de oxígeno son la causa de esta densidad y diversidad tan reducida; en realidad esta situación no se presentó siempre, además los organismos pueden desplazarse y evitar esas concentraciones de O_2 que les serían letales. Otros afirman que en el trópico el alimento no es adecuado, pero esto se podría afirmar sólo en casos de lagos muy eutróficos, donde las concentraciones de cianofíceas son tan altas que llegan a inhibir a las especies filtradoras. Algunos aseguran que la temperatura es el factor predominante para que se dé tal reducción, sin embargo, en este trabajo esto no se cumplió, posiblemente por las diferentes condiciones ambientales presentes en el sitio de estudio. Por último, muchos autores, entre ellos Zaret (1971) aseguran que la presión ejercida por los planctívoros es el mayor factor limitante del zooplancton tropical.

Las hipótesis anteriormente citadas se basan en criterios unidireccionales, por lo que no son suficientes para dar una explicación clara de los fenómenos que afectan las poblaciones zooplanctónicas del trópico, según ha quedado demostrado en el presente trabajo. Se requiere aún de más informa-

ción, derivada de estudios multifactoriales, como éste, que en forma conjunta integren la dinámica poblacional y los elementos físico-químicos que actúan sobre el zooplancton tropical.

APÉNDICE

Apéndice 1: Valores de temperatura, pH, O₂ y CO₂ según su variación en el tiempo y la profundidad en el Lago de Rfo Cuarto, durante los años 1984-1985.

Mes	Prof.m.	O.D. CO ₂		T.°C.		pH		O.D. CO ₂		T.°C.		pH				
		mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.			
F	0	6.12	27	7.8	28.8	8.7	0	6.94	28.8	8.7	0	6.94	26.6	7.8		
E	3	6.46	27	7.8	28.5	8.4	3	6.75	28.5	8.4	3	6.75	26	7.9		
B	6	6.49	27	7.8	28	8.4	6	6.23	28	8.4	6	6.23	26.2	7.8		
R.	9	6.52	27	7.8	28	8.5	9	6.27	28	8.5	9	6.27	26	7.8		
	12	3.56	2.5	27	7.5	8.2	12	5.27	27	8.2	12	5.27	26	7.6		
	15	0.82	7.0	26.5	8	7.8	15	5.41	27	7.8	15	5.41	26	7.5		
84	25	0	32.46	25	7	7.2	25	0	26	7.2	25	0	44.44	25.2	6.8	
M	0	7.53	26.3	7.7	26	8.3	0	7.01	26	8.3	0	7.01	25.8	7.7		
A	3	7.53	26.3	7.6	27	8.4	3	7.32	27	8.4	3	7.32	26	7.6		
R	6	7.58	26.2	8.1	27	8.4	6	6.79	27	8.4	6	6.79	25.8	7.7		
Z	9	7.58	26.1	8.1	27	8.5	9	6.75	27	8.5	9	6.75	25.8	7.8		
	12	7.33	26.1	8.2	26.8	8.3	12	6.65	26.8	8.3	12	6.65	25.6	7.7		
	15	5.22	26.1	7.8	26.5	7.5	15	2.85	26.5	7.5	15	2.32	25.4	7.7		
84	25	0.36	28.96	25.9	7.4	84	25	0	34.95	25	6.9	25	0.26	12.48	25.4	7.3
A	0	6.12	29	8.3	28	8.5	0	8.31	28	8.5	0	8.31	27	7.6		
B	3	6.12	28.5	8.6	28	8.5	3	9.67	28	8.5	3	9.67	27	7.6		
R	6	5.84	28	8	27.5	8.6	6	8.4	27.5	8.6	6	8.4	26	7.5		
I	9	5.34	28.5	8.3	27	8.5	9	8.55	27	8.5	9	8.55	26	7.5		
L	12	3.56	26	7.9	26.8	7.1	12	1.14	26.8	7.1	12	1.14	26	7.5		
	15	1.92	26	7.5	25.8	6.8	15	1.75	25.8	6.8	15	1.75	26	7.4		
84	25	0	33.71	25	6.9	25	0	44.91	25	6.8	25	0	14.48	25.4	6.9	
M	0	7.68	28.5	8.1	28	8.3	0	8.32	28	8.3	0	8.32	27.25	7.9		
A	3	7.90	28.1	8.9	27.5	8.6	3	8.78	27.5	8.6	3	8.78	27	7.9		
Y	6	7.92	28	9.2	27.5	8.2	6	8.26	27.5	8.2	6	8.26	27	7.8		
O	9	8.17	28	9.2	27	8.1	9	6.31	27	8.1	9	6.31	26	7.8		
	12	2.65	27	8.5	27	8.1	12	5.13	27	8.1	12	5.13	25	7.7		
	15	4.16	15.98	27.4	8.1	7.7	15	0.47	26.8	7.7	15	0.47	25	7.7		
84	25	0.38	41.95	25	7.1	7.1	25	0	42.45	26.1	7.1	25	0	18.97	25.25	7
J	0	8.22	28	8.95	26.4	7.6	0	6.74	26.4	7.6	0	6.74	26.4	7.6		
U	3	8.40	28	9	26.4	7.6	3	6.41	26.4	7.6	3	6.41	26.4	7.6		
N	6	8.49	28	9.05	26.3	7.5	6	5.74	26.3	7.5	6	5.74	26.3	7.5		
I	9	6.33	28	8.1	26.2	7.5	9	5.46	26.2	7.5	9	5.46	26.2	7.5		
O	12	*8.24	25.5	6.75	26.2	7.5	12	5.5	26.2	7.5	12	5.5	26.2	7.5		
	15	1.58	9.98	27	6.9	7.4	15	5.31	2.75	27.5 ^a	15	5.31	2.75	27.5 ^a		
84	25	0	47.4	25	6.1	7.9	25	0.38	41.45	25	7.9	25	0	18.97	25.25	7

APENDICE 2: Abundancia relativa mensual (N° ind/l) y números totales de los tres grupos zooplanctónicos encontrados en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica, durante 1984-1985.

Mes	Rotíferos N° Ind./lt.	Cladóceros N° Ind./lt.	Copépodos N° Ind./lt.	N° total de Ind./lt.
Febrero	24.26	29.53	74.66	128.45
Marzo	226.96	41.61	263.9	532.47
Abril	85.81	25.2	344.98	455.99
Mayo	29.49	10.03	70.46	109.47
Junio	128.95	27.91	240.96	397.82
Julio	536.2	155.94	343.93	1036.07
Agosto	389.52	16.5	146.21	552.23
Setiembre	43.6	31.3	306.9	381.8
Octubre	17.1	12.1	123.3	152.5
Noviembre	116.8	26.86	19.55	340.21
Diciembre	50.52	28.71	150.94	230.97
Enero	131.32	40.82	202.5	374.64
Febrero	67.28	29.53	574.09	670.9
Marzo	16848.9	365.15	448,23	17662.28
	18696.71	841.19	3487.6	23025.5

APENDICE 3: Composición porcentual mensual de los grupos
cooplanctónicos del Lago de Río Cuarto, Cos-
ta Rica, durante 1984-1985.

Mes	Rotíferos %	Cladóceros %	Copépodos %
Febrero	18.88	22.98	58.12
Marzo	42.62	7.81	49.56
Abril	18.81	5.52	75.65
Mayo	26.31	9.11	64.05
Junio	32.41	7.01	60.57
Julio	51.75	15.05	33.19
Agosto	70.53	2.98	26.47
Setiembre	11.41	8.19	80.38
Octubre	11.21	7.93	80.85
Noviembre	40.13	4.97	54.89
Diciembre	21.94	12.47	65.57
Enero	35.05	10.89	54.05
Febrero	10.02	4.4	85.57
Marzo	95.39	2.06	2.53
Total	80.93	3.62	15.44

APENDICE 4: Porcentaje mensual de las especies pertenecientes al grupo Rotífera en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica, durante 1984-1985.

Mes	<u>Keratella</u>	<u>Polyarthra</u>	<u>Pomphalix</u>	<u>Hexarthra</u>	<u>Euchlanis</u>	<u>Lecane</u>
	%	%	%	%	%	%
Febrero	28.44	3.67	11.11	29.92	7.26	22.23
Marzo	89.79	7.75	0.83	--	--	1.54
Abril	9.48	85.33	3.14	--	--	1.98
Mayo	74.66	10.64	--	14.68	--	--
Junio	53.97	26.05	16.74	0.66	1.93	0.62
Julio	80.5	9.87	6.69	2.76	0.18	--
Agosto	93.42	--	5.39	0.43	0.71	--
Setiembre	59.86	27.75	--	5.96	4.35	2.06
Octubre	23.97	47.36	8.18	--	1.20	5.26
Noviembre	44.6	14.12	37.76	--	3.04	0.46
Diciembre	17.73	31.55	47.26	--	1.7	1.7
Enero	19.34	9.82	--	70.17	0.65	--
Febrero	90.79	--	--	--	7.92	1.27
Marzo	100	--	--	--	--	--

APENDICE 5: Composición porcentual mensual de la población de Copepoda, en sus dos categorías: nauplios más copepoditos en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica, durante el período de estudio.

Mes	Nauplios más Copepoditos	Adultos
Febrero	100	--
Marzo	46.38	53.61
Abril	74.49	25.47
Mayo	73.52	26.40
Junio	49.21	50.75
Julio	59.14	40.85
Agosto	51.77	48.21
Setiembre	64.9	35.09
Octubre	75.5	24.49
Noviembre	40.23	59.75
Diciembre	70.45	29.54
Enero	54.9	45.08
Febrero	58.8	41.17
Marzo	59.09	40.9

BIBLIOGRAFIA

APENDICE 6: Porcentajes mensuales de las dos especies de Cladóce-
ra encontradas en el Lago de Río Cuarto, Costa Rica,
durante 1984-1985.

Mes	<u>Diaphanosoma</u> %	<u>Bosmina</u> %
Febrero	29.42	70.57
Marzo	64.64	35.32
Abril	100	--
Mayo	51.84	47.85
Junio	84.48	15.51
Julio	100	--
Agosto	94.54	5.27
Setiembre	91.69	8.3
Octubre	100	--
Noviembre	100	--
Diciembre	75.75	24.24
Enero	2.10	97.89
Febrero	--	100
Marzo	0.7	99.3

Fernando, C.B. 1974. Guide to the freshwater fauna of Ceylon (Sri Lanka).
Supplement A. Bull. Fish. 1-2: 27-81.

Fernando, C.B. 1980a. The freshwater invertebrates fauna of Sri Lanka.
Department of Biology, University of Waterloo, Ontario, Canada. 35/15-
42.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, G., G.W. Comita and Engstrom-Heg. 1955. A note on the phytoplankton-zooplankton relationships in two lakes in Washington. *Ecology* 36(4):757-759.
- Arcifa, M.S. 1984. Zooplankton composition on ten reservoirs in southern Brazil. *Hidrobiologia* 113:137-145.
- Armengol, J. 1982. Ecología del zooplancton de los embalses. *Mundo Científico*. 11:168-180.
- Armengol, J. 1984. Ciclo anual y heterogeneidad espacial en el zooplankton de una cadena de embalses del Rio Guadiana. *Oecología Acuática*. 7:43-72.
- Camacho, L. 1985. Escuela de Ciencias Biológicas, U.N.A. Comunicación Personal.
- Charpentier, C. 1985. Escuela de Ciencias Biológicas, U.N.A. Comunicación Personal.
- Chengalath, R. and C.H. Fernando. 1973. Rotifera from Sri Lanka (Ceylon) 1. The genus Lecane with description of two new species. *Bull. Fish. Res. Stn. Sri Lanka*. 24(1-2): 13-27.
- Chengalath, R., C.H. Fernando and W. Koste. 1973. Rotifera from Sri Lanka (Ceylon). 2. Further studies on the Eurotatoria including new records. *Bull. Fish. Res. Stn. Sri Lanka*. 24(1-2): 29-62.
- Collado, C.M. 1983. Costa Rica freshwater zooplankton on zooplankton distribution in Central America and the Caribbean. Unpublished, M.Sc. Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada. 196 pp.
- Dussart, B.H., C.H. Fernando, T. Matsumura-Tundisi and R.J. Shiel. 1984. A review of systematics distribution and ecology of tropical freshwater zooplankton. *Hydrobiologia*. 113: 77-91.
- Fernando, C.H. 1974. Guide to the freshwater fauna of Ceylon (Sri Lanka). Supplement 4. *Bull. Fish.* 1-2: 27-81.
- Fernando, C.G. 1980a. The freshwater invertebrates fauna of Sri Lanka. Department of Biology, University of Waterloo, Ontario, Canada. 35:15-42.
- Matsumura-Tundisi, T., J.B. Tundisi & L.S. Teyssie. 1984. Diel migration and vertical distribution of cladocera in Lake O. Malvecio (Minas Gerais, Brazil). *Hydrobiologia*. 113: 299-306.

- Fernando, C.G. 1-80b. The freshwater zooplankton of Sri Lanka, with a discussion of tropical freshwater zooplankton composition. *Hydrobiol.* 65(1): 85-125.
- Fernando, C.H. and K.E. Smith. 1982. Copopoda in aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies. Ed. Hurlbert and A. Villalobos-Figueros. San Diego, State University Press. 192-197 pp.
- Ferrari, I. 1972. Structure and dynamics of pelagic zooplankton in lakes Bolsena, Bracciano and Vico. *mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 29: 209-227.
- Gliwicz, M.Z. 1975. Efecto del apacentamiento del zooplankton sobre la actividad fotosintética y composición del fitoplancton. Ed. Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, República de Panamá. 155-159 p.
- Gocke, K. 1980. Estudios limnológicos de la Laguna de Río Cuarto, Proviencia. 4(22): 3-4.
- Gophen, M. 1984. The impact of zooplankton status and the management of Lake Kinneret (Israel). *Hydrobiologia*, 113: 249-258.
- Green, J. 1984. Zooplankton associations in the swamps of southern Sudan. *Hydrobiologia*. 113: 93-98.
- Haney, J.F. and D.J. Hall. 1973. Sugar-wated *Daphnia* a preservation technique for cladocera. *Limnol.* 18: 331-333.
- Infante, A. and W. Riehl. 1984. The effect of Cyanophyta upon zooplankton in a eutrophic tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Hydrobiologia*. 113: 293-298.
- Lehman, J.T. 1980. Nutrient recycling as an interface between algae and grazers in freshwater communities. Unpublished. Ph.D. Thesis, University of Washington. 251-263 pp.
- Lewis, W. Jr. 1983. Temperature head and mixing in lake Valencia, Venezuela. *Limnology and Oceanographic*. 28(2).
- Lind, O.T. 1979. handbook of common methods in Limnology. 2nd. Edition. The C.V. Mosby Company. 199 pp.
- Mamaril, A. and C.H. Fernando. 1978. Freshwater zooplankton on the Philippines. (Rotifera, Cladocera and Copepoda). *Natural and applied Science Bulletin*. 30(4): 109-160.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, España. 1010 pp.
- Matsumura-Tundisis, T., J.G. Tundisi & L.S. Taveres. 1984. Diel migration and vertical distribution of cladocera in Lake D. Helvecio (Minas Gerais, Brazil). *Hydrobiologia*. 113: 299-306.

- Miracle, R.M. 1977. Migration patchiness and distribution in time and space of planktonic rotifers. Arch. Hydrobiol. Beith. Ergbn. Limnol. 8: 19-37.
- Nilssen, J.P. 1984. Tropical Lakes- functional ecology and future development: The need for a process orientated approach. Hydrobiologia. 113: 231-242.
- Pennak, R.W. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2nd. 803 pp.
- Porter, K.G. and R. McDonough. 1984. The energetic cost of response to blue-green algal filaments by cladocerans. Limnol. Oceanogr. 29(2): 365-369.
- Porter, K.G. and J.D. Orcutt Jr. 1980. Nutritional adequacy manageability, and toxicity as factors that determine the flood quality of green and blue-green algae for Daphnia. 3: 268-281.
- Rocha, O. and T. Matsumura-Tundisi. 1984. Biomase and production of Argyrodiaptomus furcatus a tropical calanoid copepod in Broa Reservoir Southern Brazil. Hydrobiologia. 113: 307-311.
- Sendaez, S. 1984. A study of the zooplankton community of Billing Reservoir Sao Paulo. Hydrobiologia. 113: 121-127.
- Tait, R.D., R.J. Shiel and W. Koste. 1984. Structure and dynamics of zooplankton communities, Alligator River Region, N.T. Australia, Hydrobiologia. 113: 1-13.
- Trwombly, S. 1983. Seasonal and short term fluctuations in zooplankton abundance in tropical Lake Lalawi. Limnol. Oceanogr. 28(6): 1214-1224.
- Toja, J. 1977. Zooplankton de los embalses de Aracena y la Minilla durante 1977. Actas del Primer Congreso Español de Limnología. 105-114.
- Toja, J. 1980. Limnología del embalse de la Laminilla durante 1976. II. Distribución del zooplankton. Oecología Acuática. 4: 89-110.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnología. Ed. Omega. barcelona, España. 743 pp.
- Wodajo, K. & A. Belay. 1984. Species composition and seasonal abundance of zooplankton in two Ethiopian Rift Valley Lakes- Abiota and Langano. Hydrobiologia. 113: 129-136.
- Zaret, T.M. 1971. Predator-prey interaction in a tropical lacustrine ecosystem. Ecology. 53: 248-257.

