Universidad de Granada
Facultad de Ciencias

TESIS DOCTORAL

ESTUDIO LIMNOLOGICO DEL EMBALSE DE QUENTAR, GRANADA

Gerardo Leighton Sotomayor

GRANADA 1980

R. 48.714
B-132-49

CIENCIAS
~~Pol T 2 53 (2)~~
T 4/111

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

ESTUDIO LIMNOLOGICO DEL EMBALSE DE QUENTAR, GRANADA

Gerardo Leighton Sotomayor

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
N.º Documento b13531463
N.º Copia i 15509102

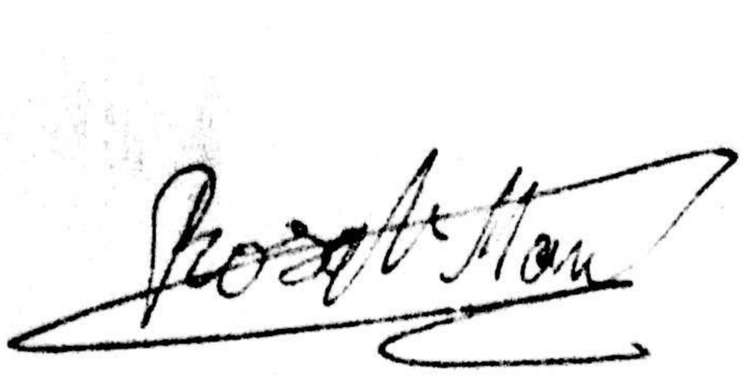
UNIVERSIDAD DE GRANADA

1980

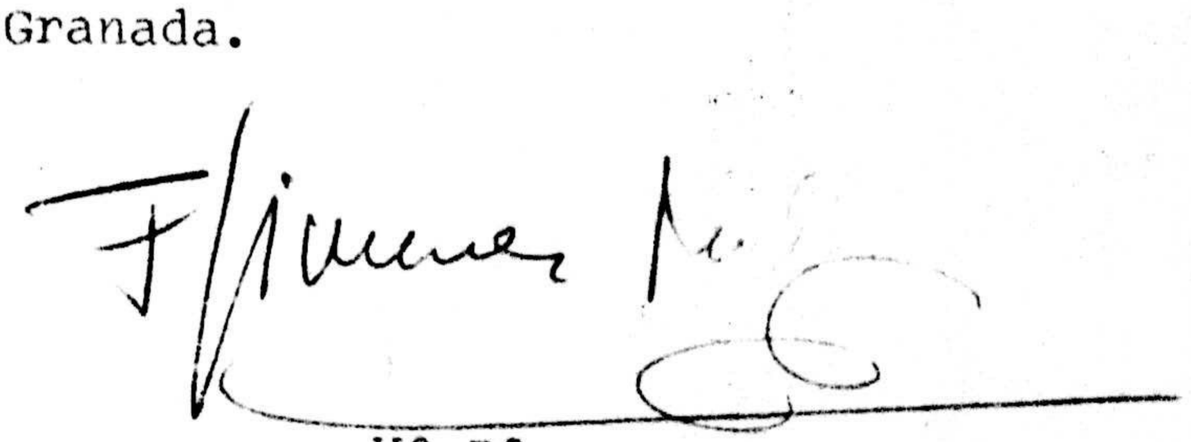
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA GRANADA

ESTUDIO LIMNOLOGICO DEL EMBALSE DE QUENTAR, GRANADA.

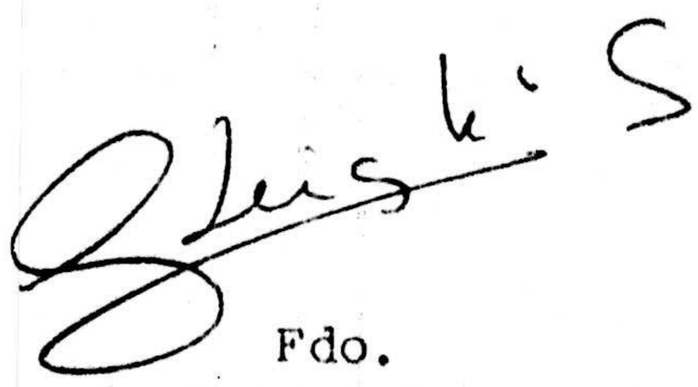
Memoria realizada en el Laboratorio de Ecología del Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, bajo la dirección de la Profa. Dra. Rosa Martínez Silvestre para obtener el Diploma de Doctor en Ciencias, Sección de Biología, de la Universidad de Granada.



Vº Bº
Dra. Rosa Martínez Silvestre
Directora de la Tésis Doctoral



Vº Bº
Dr. Fernando Jimenez Millán
Catedrático de Zoología



Fdo.
Gerardo Luis Leighton Sotomayor

Tésis doctoral dirigida por la Dra. Rosa Martínez Silvestre, Profesora de Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Fue leída el 11 de Febrero de 1980, ante el tribunal formado por los Profesores: Dr. Jimenez Millán, Dr. Recalde Martínez, Dr. Montoya Gomez, Dr. Varo Allala y Dr. Fernandez Rubio. Obtuvo la calificación de sobresaliente "cum laude".

AGRADECIMIENTOS

A los organísmos é instituciones que han dado el soporte económico al Doctorando para efectuar el trabajo: Universidad de Chile, Centro Iberamericano de Cooperación (España), y Programa de Cooperación con Iberoamérica del ex-Ministerio de Educación y Ciencia (España).

A la Universidad de Granada, Facultad de Ciencias y en especial al Departamento de Zoología y Laboratorio de Ecología por las facilidades de todo tipo otorgados durante el desarrollo de la Tésis Doctoral.

Al Prof. Dr. Fernando Jimenez Millán, Catedrático de Zoología, por las diferentes facilidades otorgadas y por sus consejos.

A la Profa. Dra. Rosa Martínez Silvestre, por su imprescindible ayuda y dedicación, como directora de la Tésis, para llevar a cabo el presente trabajo.

A los colegas del Laboratorio de Ecología: Lic. Juan Carlos Canteras J. y Lic. Luis Cruz P. A los Lic. José Luis Martínez M. y Lic. Manuel Caballero por su ayuda durante los muestreos. Al Servicio de Microscopía Electrónica (Lic. Antonio Almendro), al Centro de Cálculo de la Universidad de Granada y a la Oficina de Granada de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Ing. Juan Maese) por sus colaboraciones en algunos aspectos del estudio.

INDICE

1. INTRODUCCION..... 11

1.1. Importancia de los estudios limnológicos en general.. 11

1.2. Importancia del estudio limnológico del embalse de Quéntar, Granada..... 15

1.3. Objetivos y plan de la investigación..... 17

2. DESCRIPCION DEL EMBALSE Y SU AREA..... 21

2.1. Situación..... 21

2.2. Características de la cuenca..... 21

2.2.1. Orografía..... 21

2.2.2. Geología..... 24

2.2.3. Hidrología..... 25

2.2.4. Población y agricultura..... 25

2.2.5. Vegetación..... 28

2.3. Clima..... 30

2.4. Caracterfsticas del embalse..... 35

3. MATERIAL Y METODOS..... 43

3.1. Muestreo..... 43

3.2. Métodos físicos y químicos..... 46

3.3. Métodos biológicos..... 46

3.3.1. Fitoplancton..... 46

3.3.2. Pigmentos fotosintéticos..... 49

3.3.3. Zooplancton..... 50

3.3.4. Bacterioplancton..... 51

3.4. Metodología de la presentación e interpretación de los resultados..... 52

4. RESULTADOS Y DISCUSION..... 60

4.1. Parámetros físicos y químicos..... 60

4.1.1. Parámetros físicos..... 60

4.1.1.1. Luz..... 60

4.1.1.2. Temperatura..... 67

4.1.2. Parámetros químicos..... 76

4.1.2.1. pH y alcalinidad..... 76

4.1.2.2. Oxígeno..... 80

4.1.2.3. Cationes principales..... 85

Dureza..... 86

Calcio..... 89

Magnesio..... 91

4.1.2.4. Potasio..... 94

4.1.2.5. Sodio..... 97

4.1.2.6. Elementos metálicos..... 100

Hierro..... 100

Zinc..... 102

Manganeso..... 102

Cobre..... 103

4.1.2.7. Compuestos del nitrógeno..... 103

Amonio..... 103

Nitratos..... 107

Nitritos..... 109

4.1.2.8. Fosfatos..... 111

4.1.2.9. Silicatos..... 115

4.1.2.10. Compuestos del azufre..... 119

Sulfatos..... 119

Sulfuros..... 122

4.1.3. Análisis de las relaciones entre los parámetros físicos y químicos..... 125

4.2. Fitoplancton..... 137

4.2.1. Diatomeas..... 139

4.2.1.1. Familia Naviculaceae..... 139

Gomphonema..... 139

Gomphonema acuminatum var.coronata... 140

Cymbella..... 140

Navicula..... 143

Pinnularia..... 144

4.2.1.2. Familia Nitzschiaceae..... 149

4.2.1.3. Familia Surirellaceae..... 154

4.2.1.4. Familia Diatomaceae..... 154

Synedra..... 154

Ceratoneis arcus..... 161

Diatoma vulgare..... 164

Fragilaria crotonensis..... 166

Tetracyclus lacustris..... 167

4.2.1.5. Familia Coscinodiscaceae..... 167

Cyclotella kutzingiana..... 167

4.2.1.6. Familia Achnanthaceae..... 173

Achnanthes..... 173

Cocconeis..... 176

4.2.2. Criptoficeas..... 176

4.2.2.1. Familia Cryptomonadaceae..... 178

Cryptomonas erosa..... 178

Cryptomonas cf ovata..... 182

Cryptomonas sp 184

Rhodomonas minuta var.nannoplantica.. 184

4.2.3. Dinoficeas..... 190

4.2.3.1. Familia Ceratiaceae..... 190

Ceratium hirundella..... 190

4.2.3.2. Familia Peridiniaceae..... 196

Peridinium..... 196

4.2.3.3. Familia Gymnodiniaceae..... 200

Gymnodinium..... 200

4.2.4. Euclorofiçeas..... 203

4.2.4.1. Familia Scenedesmaceae..... 205

Coelastrum reticulatum..... 205

Crucigenia quadrata..... 208

Scenedesmus..... 212

4.2.4.2. Familia Oocystaceae..... 213

Oocystis lacustris..... 216

Chodatella quadriseta..... 219

Selenastrum minutum..... 219

Ankistrodesmus..... 224

Cerasterias..... 225

4.2.4.3. Otras Chlorococcales..... 225

Sphaerocystis..... 225

Tetraedron..... 226

Pediastrum boryanum..... 226

4.2.4.4. Volvocales..... 228

Polytomella..... 228

Pandorina morum..... 229

4.2.5. Zygophyceas..... 229

4.2.5.1. Familia Desmidiaceae..... 231

Closterium acutum var. variabile..... 231

Cosmarium..... 231

4.2.5.2. Familia Zygnemataceae..... 233

Zygnema..... 233

4.2.6. Euglenophyta..... 233

Trachelomonas..... 233

4.2.7. Crisoficeas..... 237

4.2.7.1. Familia Dinobryaceae..... 240

Dinobryon divergens var.shavinslandii. 240

4.2.7.2. Familia Synuraceae..... 240

Mallomonas..... 240

4.2.7.3. Familia Isochrysidaceae..... 241

Chrysidalis..... 241

4.2.7.4. Familia chrysococcaceae..... 242

Kephyrion..... 242

4.2.8. Cianoficeas..... 242

4.2.8.1. Familia Chroococcaceae..... 243

Merismopedia..... 243

4.2.8.2. Familia Oscillatoriaceae..... 243

Lyngbia..... 243

4.2.9. Determinación de biomasa del fitoplancton..... 245

4.2.10. Pigmentos fotosintéticos..... 248

4.2.10.1. Clorofila A..... 248

4.2.10.2. Indice de pigmentos..... 253

4.2.11. Diversidad fitoplancton..... 259

4.2.12. Consideraciones sobre la composición especifica de la comunidad, diversidad, biomasa y sucesión..... 263

4.3. Zooplancton..... 282

4.3.1. Crustaceos..... 282

4.3.1.1. Daphnia longispina..... 282

4.3.1.2. Ceriodaphnia reticulata..... 295

4.3.1.3. Otros crustaceos ocasionales..... 298

Chydorus sphaericus..... 298

Bosmina longirostris..... 300

Alona..... 301

Cyclops..... 301

4.3.2. Rotiferos..... 304

4.3.2.1. Polyarthra vulgaris..... 304

4.3.2.2. Trichocerca similis..... 312

4.3.2.3. Otros rotiferos ocasionales..... 317

Filinia terminalis..... 317

Lecane..... 318

Keratella..... 319

Brachionus..... 319

Trichotria..... 319

Euchlanis..... 320

4.3.3. Nematodos..... 320

4.3.4. Ciliatea..... 324

4.3.5. Estimación de biomasa del zooplancton..... 325

4.3.6. Diversidad del zooplancton..... 330

4.3.7. Consideraciones sobre la composición específica, diversidad, biomasa y sucesión del zooplancton..... 335

4.4. Bacterioplancton..... 345

4.5. Variación anual de la biomasa y diversidad de las comunidades planctónicas..... 353

4.6. Ordenación del plancton utilizando análisis factorial..... 365

4.7. Análisis de los parámetros biológicos y ambientales.. 376

4.7.1. Análisis factorial de las variables físico-químicas y biológicas..... 376

4.7.2. Análisis factorial de las fechas del estudio.. 384

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES..... 392

6. BIBLIOGRAFIA..... 405

7. APENDICE..... 445

1. INTRODUCCION

1.1. Importancia de los estudios limnológicos en general.

El estudio ecológico de las aguas dulces ó limnología tiene importancia por múltiples razones, las cuales podemos agrupar en dos tipos: 1º razones puramente científicas y 2º razones prácticas ó aplicadas que normalmente se derivan de las anteriores.

1º Como razones teóricas ó científicas de los estudios limnológicos se deben mencionar los aportes que ha tenido el estudio de sistemas acuáticos en el desarrollo de la ecología general.

Ya en la segunda mitad del siglo pasado los científicos se percatan de las estrechas relaciones que tienen los organísmos acuáticos con su medio. En este sentido, Hensen (1835-1924) señaló que el plancton marino se constituye en la comunidad ideal para un estudio de la producción y equilibrio de la vida de los mares. Posteriormente Moebius (1872) propone el término biocenosis refiriéndose a bancos de ostras y Forel publica una extensa monografía sobre el lago Leman (1892-1904) que incluyen aspectos geológicos, físicos y químicos y biológicos, lo que se considera el punto de partida de la limno-

logía moderna (Margalef, 1974). El libro de Forbes (The lake is a Microcosm, 1897) sienta las bases de la limnología y ecología como ciencias integradoras.

En el presente siglo ha continuado el aporte de la limnología hacia la formulación de una teoría ecológica. En éste sentido se deben mencionar las síntesis que se han efectuado, dando un aspecto cada vez más funcional é integrador, a los estudios descriptivos de los ecosistemas acuáticos. Thienemann (1925) usa el término "limnología regional" al relacionar el ciclo de la vida en el agua con las características fisiológicas de los lagos. Varios limnólogos ó ecólogos acuáticos realizan aportes importantes a la ecología actual tales como Thienemann (relaciones organísmo-ambiente), Linderman (eficiencias tróficas), Hutchinson (ciclo del fósforo, nicho ecológico etc), Margalef (información y diversidad, índice de pigmentos) etc. Casi todas las deducciónes ó normas generales extraídas por éstos autores se basan en observaciones originadas en estudios del ambiente natural. Tambien los estudios ecológicos implican una etapa descriptiva como efectuar inventarios de especies y análisis químicos, por lo que se obtiene información científica que puede servir a ciencias como botánica, zoología, biogeografía, hidrogeología y otras ciencias naturales que utilizan los mismos datos ambientales básicos de la limnología. Esto puede considerarse un aporte científico indirecto de los estudios limnológicos a otras ciencias.

Otra razón de índole científica referente a la importancia de los estudios limnológicos se relacionan con los ámbitos de la geografía natural (geobotánica y zoogeográfica) é historia natural, como ciencias que estudian las comunidades vegetales y animales de una zona determinada. En el campo de la ecología de las aguas continentales corresponde al estudio de los organísmos y ecosistemas acuáticos que existen en una región. Este objetivo es el específico de la limnología regional, extendiendo el sentido original dado por Thienemann y ya señalado.

En España, la mayor parte de estudios limnológicos regionales se han llevado a cabo, hasta la fecha, en el Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona, por Margalef y sus colaboradores. Respecto a la limnología de los embalses españoles los trabajos más detallados corresponden a embalses del noreste del país (Vidal, 1973), y del sudoeste (Toja, 1976). También han realizado un estudio extensivo de un elevado número de embalses españoles a lo largo de varias campañas, en distintas estaciones del año (Margalef et al, 1976).

El estudio de los embalses en el mundo adquiere cada día más importancia debido entre otras razones al aumento explosivo que ha tenido su número a partir del presente siglo y la dependencia que tiene cada dia el hombre de estas fuentes de abastecimineto de agua. En España por ejemplo, se ha pasa-

do de ser un país sin lagos, a contar con más de 700 (Margalef et al, 1976). Los últimos congresos de la Sociedad Internacional de Limnología presentan un número creciente de trabajos científicos referentes a reservorios ó lagos artificiales.

2º Otras razones prácticas ó aplicadas de la importancia de los estudios limnológicos podemos considerar los aspectos referentes a manejo y conservación de los recursos acuáticos.

El estudio ecológico de las aguas dulces adquiere cada día más importancia, no sólo por tratarse de un elemento natural crecientemente afectado por el fenómeno de la contaminación sino también por la escasez de fuentes naturales de agua para diversos usos. Esta escasez se advierte en la cantidad y en la calidad del recurzo. La escasez en cantidad se ha tratado de solucionar en parte con la construcción de lagos artificiales en los cursos de aguas de manera que se detiene algo el flujo en ésta etapa del ciclo hidrológico. El problema de la calidad se ha tratado solucionar con la construcción de plantas de trataminetos de aguas, pero normalmente no se puede llegar a depuraciones perfectas por problemas de costo. Un manejo adecuado de las fuentes (embalses por ejemplo) sería una medida complementaria y útil para obtener calidad a bajo costo y sin tratamientos artificiales.

Los problemas de contaminación y eutrofización debido al fósforo en las aguas naturales, de los cuales cada día la población adquiere más conciencia, han puesto de moda conceptos básicos que limnólogos en 1928 (Juday) habían ya investigado. En la actualidad, se ha tratado de controlar las descargas de fosfatos sobre las aguas naturales con el objeto de disminuir la eutrofización pero para obtener resultados positivos se debe esperar algunos años cuando se trata de un lago (Larsen y colaboradores, 1975).

Otras medidas aplicables para la restauración de la calidad de las aguas eutrofizadas pueden ser la aireación artificial del hipolimnion, remoción selectiva del agua y sedimentos del fondo (Hargrave, 1975; Pechlaner, 1975). Pero para recomendar algunas de las normas de manejo del recurso, es necesario contar con estudios limnológicos básicos ya que cada sistema dulceacuícola posee características únicas que implican una diferente planificación de éste manejo.

1.2. Importancia del estudio limnológico del embalse de Quentar, Granada.

En Granada sólo se han efectuado algunos estudios limnológicos en el eutrófico embalse de Cubillas (Martínez, 1974; Martínez y colaboradores, 1975; Cruz y Martínez, 1976), en la laguna de La Caldera en Sierra Nevada (Martínez, 1975;

Martínez,1977 y 1979) y en el río Aguas Blancas (Alba y Jimenez, 1978 y Alba, 1979). La Sierra Nevada es de especial importancia para Granada por las relaciones económicas que se mantienen con ella (turismo, ganadería, bosques, agua de riego y potable) y por el valor científico que adquiere como Parque Natural. También presenta especial atracción y singularidad para las ciencias naturales en general por su flora, fauna y geología.

Los sistemas acuáticos de Sierra Nevada presentan un campo interesante para el estudio limnológico, tanto por las lagunas de alta montaña, arroyos, ríos, como por el embalse de Quentar en las estribaciones de la Sierra. El embalse presenta tres aspectos diferenciales respecto a los ecosistemas acuícolas normalmente más estudiados por los limnólogos. En primer lugar, no corresponde a un sistema de alta montaña ó alpino, y al contrario, tampoco corresponde a un sistema de tierras bajas. En segundo lugar, presenta especialmente acusada la situación intermedia entre lago y río, característica general de los embalses, ya que por un lado es muy profundo (desarrolla termoclina) y por otro lado, está sometido a fuertes fluctuaciones de nivel por el desembalse de verano. En tercer lugar, el estudio se inicia en una fecha cercana al término de su construcción (1976) lo que permitirá disponer en el futuro de datos que posibiliten seguir la dirección de la sucesión a largo plazo.

Otras razones de la importancia de realizar el estudio son la posibilidad de efectuar estudios comparativos con otros ecosistemas acuícolas de la Sierra Nevada y que en la actualidad son tema de investigación en el Laboratorio de Ecología. También el hecho de encontrarse el embalse en el río Aguas Blancas, el cual es fuente de agua potable y de riego para la ciudad de Granada y su vega. El embalse es el regulador del flujo de éste importante recurso vital de la zona.

1.3. Objetivos y plan de la investigación.

Los objetivos del estudio se pueden resumir como sigue:

1) Describir las características físicas y químicas del agua y observar su distribución espacio-temporal en un ciclo anual.
2) Estudiar la composición de la comunidad planctónica que puebla el embalse. Establecer relaciones entre los principales grupos biológicos del embalse, en términos de abundancia y biomasa. Observar la distribución espacio-temporal de las especies del plancton vegetal, animal y bacterias.
3) Estudiar las relaciones que existen entre la comunidad biológica y las características físico-químicas.
4) Reunir información básica ecológica para predecir futuras

situaciones ó aconsejar sobre el manejo del embalse.

5)Finalmente, efectuar un aporte a la limnología regional, fundamental y de lagos artificiales. En éste sentido el Laboratorio de Ecología de la Facultad de Ciencias de Granada ha tomado como línea de investigación, en una primera etapa, el estudio limnológico de la provincia con el doble objetivo de profundizar en éste campo importante de la ecología y a la vez aportar a la sociedad en que se encuentra enclavada, conocimientos necesarios que puedan servir para un mejor manejo y ordenación del recurso de agua.

Para llevar a cabo éstos objetivos fué necesario efectuar una planificación adecuada de los muestreos y del trabajo de laboratorio. Fué necesario tomar algunas decisiones respecto a la sistemática del zooplancton y fitoplancton. Un estudio en profundidad de cada uno de los grupos taxonómicos, géneros y especies comprendidas en el estudio pueden ser perfectamente tema de trabajo para varios años y personas diferentes, Por lo tanto en caso de existir dudas por no coincidir algunas descripciones exactamente con las señaladas en la bibliografía especializada que se utilizó, se prefirió denominar los individuos por su categoría taxonómica sin llegar hasta el nivel de especie.

Otro nivel de dificultades se presenta al analizar las muestras cuantitativas. Muchas veces, debido a la sedi-

mentación y fijación a que son sometidas las muestras, no es posible ver con detalle características taxonómicas que en muestras cualitativas frescas ó fijadas con formol en una baja concentración, aparecen claramente. Para evitar los riesgos que acarrea el cuantificar abundancias cuando hay especies de un mismo genero y de aspecto exterior similar, se prefirió unir los resultados de los contajes de ambas especies y expresarlos al nivel de genero. Aunque el trabajo es de tipo ecológico, se puso especial interés en los aspectos taxonómicos de él de tal modo que se recurrió al microscopio electrónico y al examen de microfotografías de los individuos que se presentaban dudosos durante los recuentos.

La elección de la estación de muestreo en el embalse efectuó considerando que tuviera una posición central respecto al vaso del embalse, que se encontrara sobre la profundidad máxima, y que no fuera muy cercana a la presa para evitar la influencia directa de la toma de agua, vertedero y muro. Se prefirió muestrear con más intensidad la estación seleccionada con el objeto de disponer de una suficiente representatividad de las capas de agua y del gradiente vertical, que diluir el esfuerzo muestreando diferentes estaciones con menos profundidades en el embalse. De esta manera se obtuvo en cada fecha de muestreo un transecto superficie-fondo que incluían 10 a 11 profundidades distintas, dependiendo del nivel del embalsamiento del pantano.

Los métodos de análisis físico-químicos y biológicos fueron seleccionados por tener una comprobada adecuacidad a los estudios limnológicos cuantitativos y que a la vez permitieran efectuar comparaciones con los resultados obtenidos en estudios similares efectuados en España.

El conjunto de las observaciones y variables obtenidas en el estudio permitieron elaborar una matríz de datos de 13.000 valores lo cual se consituye en un número adecuado para efectuar diferentes análisis multivariantes de las muestras.

2. DESCRIPCION DEL EMBALSE Y SU AREA

2.1. Situación

El embalse de Quéntar está situado sobre el río Aguas Blancas, afluente del río Genil, a aproximadamente 20 km de la ciudad de Granada. Sus coordenadas geográficas son 37º22'30" de Latitud y 3º13'36" de Longitud y las coordenadas U.T.M. son WG6117. La altura de la superficie del embalse sobre el nivel del mar en su cota máxima es de 1.040 m y la del fondo en su cota mínima es de 942,6 m. La fig. nº 1 (escala 1:100.000) muestra la situación del embalse y la cuenca con respecto al sistema fluvial que llega a Granada capital.

2.2. Características de la cuenca

La superficie de la cuenca incluyendo al embalse alcanza los 101,5 km^2.

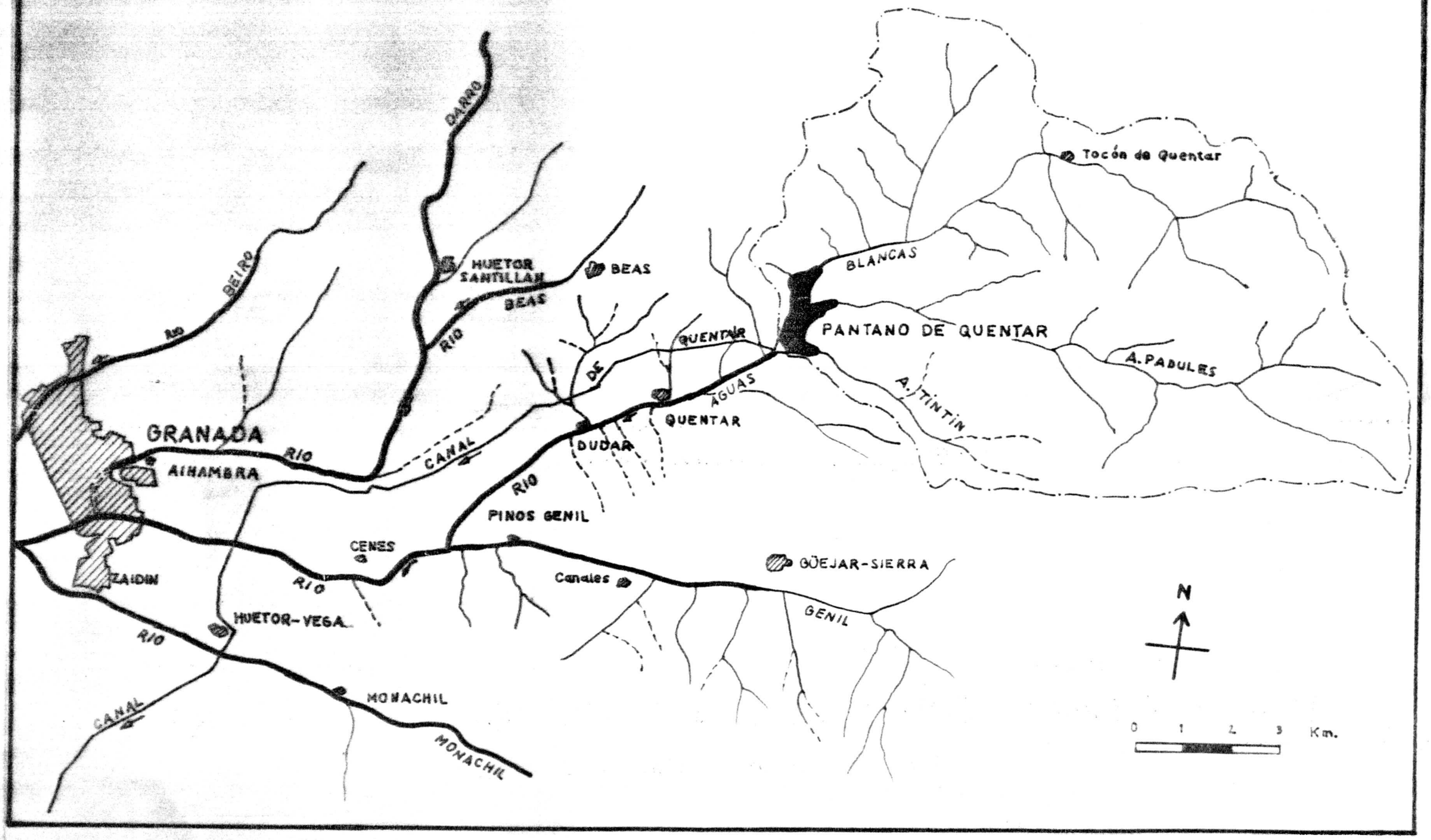
2.2.1. Orografía

El paisaje de la zona corresponde al de las estribaciones de Sierra Nevada, con cerros escarpados y quebradas angostas. Las cumbres de los cerros más altos ubicados en la cuenca de drenaje del embalse llegan cerca de los 2.000 m,

Figura nº 1

Situación geográfica del embalse y su cuenca.

El límite de la divisoria de aguas se indica con una línea de puntos y trazos (-·-·-·-·)


DARRO
HUETOR SANTILLAN
BEAS
BEAS
RIO
RIO BEIRO
GRANADA
ALHAMBRA
RIO
CANAL
DE QUENTAR
AGUAS
QUENTAR
DUDAR
RIO
PINOS GENIL
CENES
RIO
ZAIDIN
HUETOR-VEGA
RIO
CANAL
MONACHIL
MONACHIL
Tocón de Quentar
BLANCAS
PANTANO DE QUENTAR
A. PADULES
A. TINTIN
Canales
GÜEJAR-SIERRA
GENIL
N
0 1 2 3 Km.

por ejemplo Picos del Zujerio 1.955 m, Cartabal 1.964 m, Miguelejos 2.037 m y Los Califas 2.329 m de altura.

2.2.2. Geología.

La cuenca forma parte de la zona Bética y se encuentran presentes los conjuntos litoestratigráficos y estructurales: Complejo de Sierra Nevada y Complejo Alpujárride. El Complejo de Sierra Nevada ocupa las partes más altas de la cuenca y esta constituída por rocas con diversos grados de metamorfísmo con abundancia de micasquistos. Pertenecen a éste complejo las unidades tectónicas Manto del Veleta y Manto del Mulhacen definidas por Puga et al (1974). La Unidad Manto del Veleta esta constituída por micasquistos, micacitas y cuarcitos, su color gris se debe a la presencia de grafito. La Unidad del Manto Mulhacen presenta dos conjuntos, el primero integrado por micasquistos con cloritoide y micasquistos feldespáticos. El segundo conjunto de mayor variedad litológica compuesta por micasquistos, mármoles, anfibolitas y gneises.

El Complejo Alpujárride presenta varios mantos de corrimiento (Velilla, 1976) donde se distinguen micasquistos, filitas, cuarcitas, dolmitas y yesos. Se destaca una formación caliza-dolomítica, por su potencia, muy tectonizada con fallas y fracturas. Además en ésta forma-

ción caliza se encuentra la cerrada y el vaso del embalse (Fernandez y Bravo, 1966).

2.2.3. Hidrología.

Los principales cursos de agua afluentes del pantano son por orden de importancia: 1º Rio Aguas Blancas, el cual a su vez esta formado por el arroyo Tocón, barranco de Polvorista y barranco del Pino. 2º Arroyo de Padules y 3º Arroyo Tintin. En forma esporádica durante el perfodo del estudio se efectuaron mediciones de las características físicas y químicas de éstos cursos de aguas en el punto de unión con las aguas del pantano (cota máxima). Los resultados se expresan en la Tabla nº 1. Los datos del arroyo Tocón corresponden a una excursión efectuada en Octubre de 1978 y sus valores promedio de tres puntos situados respectivamente, en el nacimiento, curzo medio y entrada al pueblo de Tocón.

2.2.4. Población y agricultura.

La cuenca del embalse esta escasamente poblada, existiendo un núcleo significativo, el Tocón de Quentar con 334 habitantes (1974). Las actividades agrícolas y ganaderas son las que tienen mayor incidencia en el área y se encuentran concentradas en pequeñas terrazas que se forman en las estrechas quebradas. En la Tabla nº 2, se señalan los datos ci-

Tabla nº 1.

Características físicas y químicas de las aguas de los afluentes del embalse de Quentar. Las concentraciones en las distintas fechas muestreadas estan expresadas en mg/l del elemento en cuestión excepto en alcalinidad que esta en meq/l.

ND significa no detectable dentro de los límites del método.

Análisis	Río Aguas Blancas											Arroyo Tocom	Arroyo Padules							Arroyo Tintín										
	13/06/78	26/06/78	07/07/78	18/07/78	02/09/78	26/09/78	03/10/78	16/12/78	04/01/79	10/03/79	Promedio	03/10/78	25/05/78	13/06/78	18/07/78	02/09/78	10/10/78	10/03/79	Promedio	10/04/78	13/06/78	26/06/78	01/07/78	18/07/78	02/09/78	07/10/78	16/12/78	04/01/79	20/02/79	10/03/79	Promedio
Temperatura		18				13.5	13.3	9.5	9.8	9.5	12.2	13			19	16.2	13		16.1			18	19.2	16	16	14	10	10			15.0
pH	8.3		8.4						7.4	7.25	7.8				8.3			7.25	7.8			6.2							7.2	7.7
Oxígeno			10.1	9.7			9.8		8.9		9.6	9.8											8.1	9.0	9.8				10.9		9.5
Alcalinidad	4.6	4.1	5.1		2.7	2.9	2.9		2.5	1.9	3.3	2.6	1.64	1.88	3.4	1.7		1.6	2.0		3.52	3.3	4.1	2.5	2.4	2.7		2		2.5	2.9
Amonio	ND			ND		0.56			4.9	0.14	1.1	0.28			ND		1.12	ND	0.4	ND				ND			1.12	1.26		ND	0.5
Nitratos	0.23	0.28	0.25	0.36		0.23	0.33		0.49	0.33	0.3	0.23		0.22				0.36	0.29	0.33	0.18		0.33	0.49		0.16		0.3		0.31	0.3
Nitritos	7	ND	1.4			1.4	11.2		14	7	6			7	2.8		1.4	2.8	3.5	ND	1.4	ND	1.4	7		1.4		30.8		7	6.1
Silicatos							0.31				0.3	0.31								2.32						0.22					1.3
Sulfatos			1.6		1.92				1.6	0.72	1.5					1.2		0.21	0.7	0.45				1.44	1.2	0.08		1.28		0.45	0.8
Sulfuros	ND	ND		ND	ND		ND	ND			ND	ND	ND		ND			ND	ND		ND		ND	ND	ND			ND		ND	ND
Fosfatos	ND					9.3	ND		7.5		4.2		9.3	ND					4.6	13.9	ND				ND	ND		37			10.2
Calcio	19	17	15			22	21		23	50	23.9	22.0		26		25		26	25.7	27	18	17.2	16	18	19	10			30		19.4
Magnesio	26.1	28.3	28.3			30.9	28.9		24.9	25.9	27.6	25.5		12.6		18.5			15.6	14	21.5	26	25.3	27.9	29.9					20.7	23.6
Hierro		ND	ND	ND	ND		ND				ND	ND	ND					ND	ND		ND	ND	ND			ND	ND	ND	ND	ND

tados por Bosque (1971) para los diferentes usos agrícolas y ganaderos en el Término Municipal de Quentar.

2.2.5. Vegetación.

La vegetación natural de los cerros esta formado por gramíneas que forman coirones, encinas (Quercus ilex) achaparradas por los vientos, lavanda, tomillo, Ulex sp, y otros arbustos pequeños. También en las laderas existen sectores reforestados con pinos (Pinus pinaster) y algunos almendros. Estos últimos cerca de pequeños cortijos donde el suelo es de mejor calidad. En el fondo de las quebradas donde hay mayor humedad y menos exposición al viento crecen algunas especies arbóreas frutales, chopos, mimbre , sauce y a veces escasos castaños silvestres.

Hay que señalar que cuando se efectuó el presente estudio se pudo observar que habían algunos restos de ésta vegetación que quedó bajo el área inundada por el embalse y que se encontraban en proceso de descomposición, lo que sería una fuente de nutrientes y a la vez sustrato para las poblaciones bacterianas.

También se debe mencionar que en un sector de laderas ocurrió un incendio forestal, en un área adyacente al embalse de aproximadamente 60 há durante el verano de 1978.

TABLA Nº 2. Agricultura y ganadería en el término Municipal de Quentar.

Item	Hectáreas	Ganado
Regadío	175	
Secano	722	
Cereal	610	
Viñedo	110	
Monte alto	2	
Monte bajo	4.725	
Erial a pastos	75	
Olivar	455	
Ganado de labor		536
Unidades ganaderas		3.588
Unidades ganaderas/Km^2		265.1

Fuente: Bosque (1971)

La superficie es pequeña considerando la extensión de la cuenca, pero significa un aumento adicional del transporte de partículas erosionables del suelo en el invierno 1978-1979.

2.3. Clima.

El clima del área del embalse presenta las variaciones propias de una zona de serranía. En las cumbres más altas y sobre los 1.500 m, la mayor parte de las precipitaciones son en forma de nieve. El índice de aridéz anual de Martonne, calculado por Velilla (1976), tiene un valor de 36,1. El índice de aridéz mensual y anual y la curva ombrotérmica de Gaussen (pluviometría-temperatura) efectuada por Velilla (1976) se expone en la figura nº 2.

Los datos de clima expuestos en las tablas nº 3, nº 4 y nº 5, representan los datos obtenidos de la estación meteorológica que mantiene la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en las instalaciones complementarias a la presa de Quentar. Por su ubicación, representa aproximadamente las condiciones del clima existentes cerca de la superficie del embalse cuando se encuentra en su máxima capacidad de almacenamiento.

En la tabla nº 3 se expone la distribución mensual de los datos climatológicos durante el perfodo de estudio.

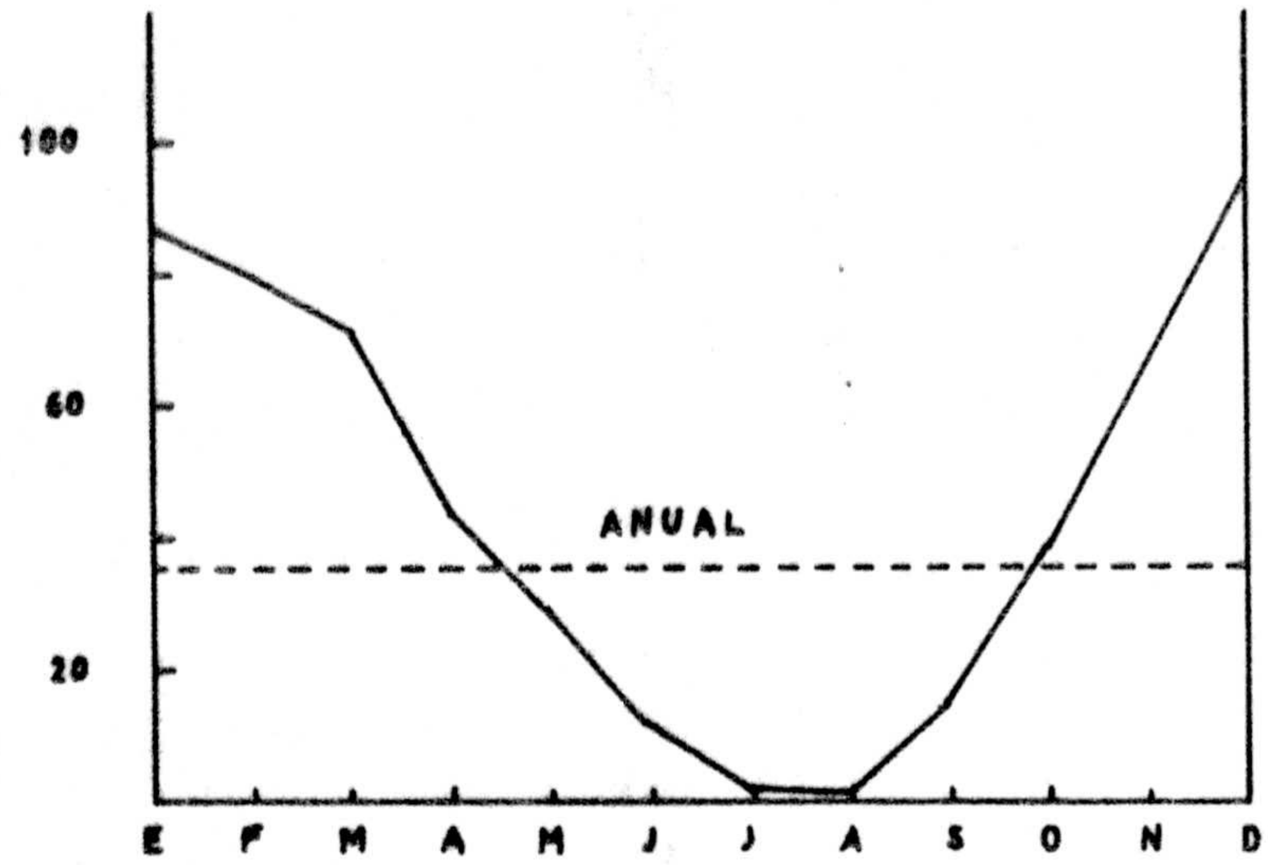
TABLA Nº 3. Antecedentes climáticos del área del embalse de Quentar durante el período de estudio. Elaborado a partir de datos de la Conf. Hidrográfica del Guadalquivir.

Año	Mes	Temperatura (C)			Evaporación (mm/día)	Precipitación (mm/mes)
		Máximo	Mínimo	Promedio		
1978	Enero	10.39	1.89	6.14	0.33	81.5
	Febrero	14.28	2.18	8.23	1.13	137.6
	Marzo	16.81	5.87	11.34	1.29	111.7
	Abril	15.60	6.27	10.93	0.78	123.9
	Mayo	19.23	8.71	13.97	0.83	122.2
	Junio	24.63	12.00	18.32	1.13	41.2
	Julio	35.10	17.90	26.50	2.37	0
	Agosto	33.56	18.16	25.86	1.73	0
	Septiembre	30.77	16.37	23.57	1.26	0
	Octubre	22.58	11.19	16.89	0.92	9.5
	Noviembre	15.63	7.57	11.60	0.58	46.3
	Diciembre	12.87	7.03	9.95	0.39	164.1
1979	Enero	12.81	6.87	9.84	0.51	170.1
	Febrero	11.64	5.82	8.73	0.46	291.0
	Marzo	12.74	4.19	8.47	0.48	90.7
Promedio 1978		20.95	9.59	15.27	1.04	838
Promedio anual						650

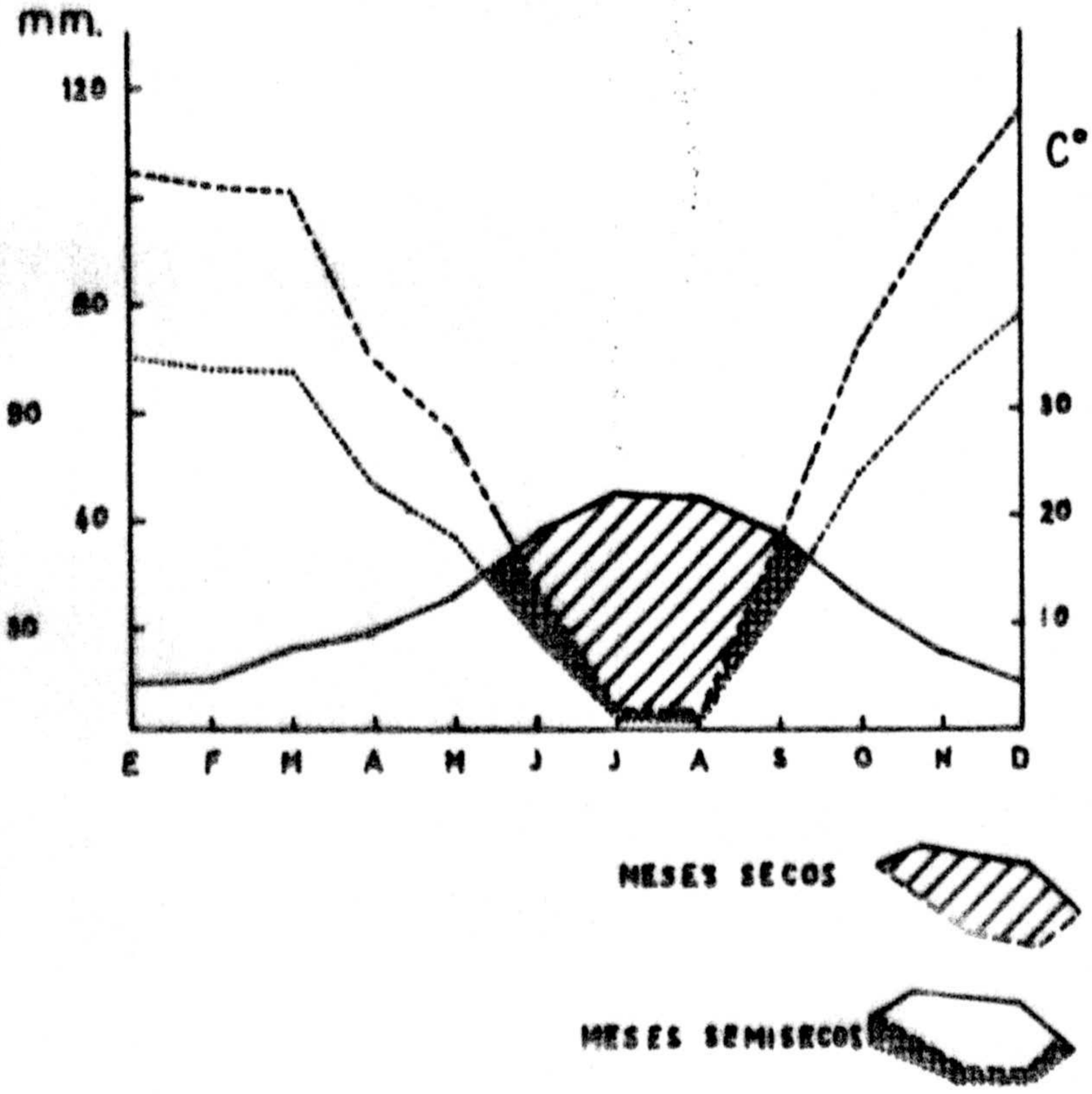
Figura nº 2.

Indice de áridez de Martonne y curva ombro-térmica de Gaussen.

INDICE DE ARIDEZ



CURVA OMBROTERMICA



Los valores promedio de temperatura corresponden a la media aritmética de la temperatura máxima y mínima por lo cual deben de tomarse con las lógicas limitaciones que ésto supone. Lo ideal sería utilizar un termógrafo y efectuar las correspondientes integraciones. En todo caso los valores obtenidos representan bastante bien la variación anual de temperaturas. Al compararlos con los datos de precipitaciones mensuales, se obtiene una distribución de un clima semiárido que define a la mayor parte de Andalucía. Durante el año 1978, incluído en el período del estudio, se observa una mayor precipitación de 188 mm de lluvia, comparado con el promedio anual registrado para el área. En todo caso la clasificación climática de Koppen para la cuenca del rio Aguas Blancas queda encuadrado en el tipo Cs"a3 (Velilla, 1976) caracterizado por lo siguiente: el mes más frío esta comprendido entre 18 y -3°C, el mes más cálido superior a 22 °C, con sequía estival, el mes más húmedo de la estación fría tiene el triple ó más precipitaciones que el mes más seco de la estación cálida y el mes más frío tiene temperaturas inferiores a 6 °C.

La tabla nº 4 refleja las condiciones climáticas y la situación hidráulica del embalse en los días en que se realizaron muestreos. Durante el período del estudio las variaciones en la profundidad del embalse, obtenidas por diferencia entre la cota existente en la superficie y la cota del fondo en el punto de muestreo, fueron de aproximadamente 30 m,

TABLA Nº 4. Condiciones climáticas é hidráulicas del embalse en las fechas de muestreo.

Fecha muestreo	Temperatura aire máx[1]	mín[1]	emb[2]	Evaporación diaria	Lluvia	Viento[3] Orígen	Fuerza	Nubosidad[4]	Cota superficie	Profundidad máxima	Volúmen embalsado
	C	C	C	mm	mm				m	m	m^3
18/02/78	22	12	17	1.6	0	SE	F	D	1.032,16	84.16	10.557,177
06/03/78	18	8	12	1.8	0	SE	S	D	1.037,86	89.86	12.660.160
20/03/78	19	6	16	1.0	0		C	D	1.035,54	87.54	11.774.083
10/04/78	15	6	10.5	0.4	1.0		C	N	1.035,56	87.56	11.781.503
25/04/78	12	7	8.5	0.9	2.8	SE		N	1.036,34	87.34	12.096.553
11/05/78	22	11	17	1.4	0	NO	F	D	1.038,84	90.84	13.050.341
25/05/78	17	7	12	0.7	0	NO	SC	V	1.039,32	91.32	13.245.140
13/06/78	21	11	20	0.5	0		C	V	1.039,14	91.14	13.171.796
26/06/78	28	11	22	1.3	0	NO	CS	D	1.039,10	91.10	13.155.596
07/07/78	32	19	25	2.7	0	NO	CS	D	1.039,28	91.28	13.228.811
28/07/78	39	22	27	4.1	0		C	D	1.038,86	90.86	13.058.408
02/09/78	27	14	22	1.2	0		C	D	1.024,40	76.40	8.288.942
29/09/78	23	11	19	1.1	0	SE	S	D	1.010,62	62.62	5.261.560
17/10/78	20	11	17	0.6	9.5	SE	S	V	1.009,78	61.78	5.104.587
05/11/78	20	10	14.8	1.0	0		C	D	1.009,58	61.58	5.067.654
28/11/78	12	6	7.5	0.4	0		C	D	1.010,86	62.86	5.306.919
16/12/78	11	5	9.5	0.5	0	SE	S	D	1.013,94	65.94	5.908.999
06/01/79	19	9	10	0.6	0	SE	F	V	1.018,88	70.88	6.962.806
23/01/79	12	6	9	1.2	1.5	SE	SF	N	1.034,48	86.48	9.209.905
20/02/79	15	5	8.5	0.9	0	SE	S	D	1.034,44	86.44	11.371.919

1) Según Estación Meteorológica ubicado en las inmediaciones del muro.
2) Obtenida a mediodía en el bote durante el muestreo.
3) SE:Sur Este, NO:Nor Oeste, F:Viento Fuerte, S:Viento Suave, C:Sin Viento.
4) D:Despejado, N:Nublado, V:Variable.

lo cual representa cerca del 30% de la profundidad máxima. En cambio las variaciones del volúmen embalsado son bastante mayores (62%); ésto es debido a la morfología del vaso del embalse.

La tabla nº 5 indica las fechas en que ocurrieron los temporales ó lluvias más significativas y se incluye con el fín de observar su influencia sobre las características físico-químicas del agua y la dinámica de las comunidades planctónicas que son parte de los objetivos ya mencionados de éste estudio.

No se pudo obtener antecedentes cuantitativos de velocidad y dirección del viento ya que no fueron registrados en la estación meteorológica existente, a pesar de la gran importancia que tiene para la hidromecánica (agitación) de las aguas de lagos y embalses y para la vida planctónica (Margalef, 1974; Hutchinson, 1975; Fontvieille, 1975).

2.4. Características del embalse.

La presa del embalse es de hormigón, del tipo bóveda con doble curvatura y tiene una altura de 133 m y una longitud de coronación de 200 m. El volúmen total que almacena es de $13,6 \times 10^6$ m^3, siendo el volumen operacional de $13,2 \times 10^6$ m^3. La extracción del agua normalmente se efectúa por el fondo

TABLA Nº 5 . Períodos de lluvias más significativos durante el estudio del embalse de Quentar.

Período de lluvias			Precipitación (mm)
1978	Enero	19	19.8
		28	28.2
	Febrero	8 y 9	31.5
		16	19.0
		23 - 25	34.7
	Marzo	2 - 4	93.1
		17	4.2
	Abril	1 - 2	35.8
		4 - 8	28.8
		11	16.5
		26 - 30	31.2
	Mayo	1 - 5	46.1
		21 - 24	73.3
	Junio	9	7.6
		28 y 29	30.9
	Octubre	17	9.5
	Noviembre	8 - 10	42.3
	Diciembre	2 - 6	84.3
		11 - 19	53.5
		27	12.5
		31	7,8
1979	Enero	1 - 5	54
		17 - 19	27.3
	Febrero	1 - 4	106.1
		9 - 15	147.3

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, oficina Granada.

(cota 965), auque puede efectuarse por otros seis niveles superiores.

El embalse ocupa un estrecho valle por donde antes corría el río Aguas Blancas. La presa se construyó aprovechando un estrechamiento de este valle. La fundación está efectuada sobre la formación calcáreo-dolmítica, ya mencionada en el capítulo 2.2.2. Esta formación permite un alto grado de permeabilidad del agua en la cubeta en los sitios cercanos a la presa.

En la tabla nº 6 se mencionan las principales características del embalse. Se destaca el alto valor del índice de desarrollo del volumen (0,997), alcanzado en España sólo por escasos embalses (Margalef y colaboradores, 1976) y que caracteriza los embalses y lagos profundos y de lugares montañosos abruptos en todo el mundo. La profundidad máxima está calculada a partir del desague de fondo, a pesar de que la profundidad en el punto en que se encuentra la presa es unos 10 m mayor.

La tasa de renovación media anual bruta indica la renovación teórica del agua embalsada, (se calcula dividiendo el flujo promedio anual por el volumen embalsado), siendo el índice inverso la permanencia ó residencia media. Pero en realidad las tasas de renovación del agua no son las mismas

TABLA Nº 6 . Características morfológicas, morfométricas é hidrológicas del embalse de Quentar.

Característica	Valor numérico	Unidad
Superficie en cota máxima (1)	$13,6 \times 10^6$	há.
Superficie cuenca (1)	101,5	km^2
Relación sup. cuenca/sup. embalse	241,67	
Flujo máximo (1)	$48,9 \times 10^6$	m^3/año
Flujo mínimo (1)	$26,3 \times 10^6$	m^3/año
Flujo promedio (1)	$35,7 \times 10^6$	m^3/año
Tasa de Renovación Media Bruta (3)	2,62	anual
Permanencia media (3)	4,6	meses
Profundidad máxima (1)	97,4	m
Profundidad media (2)	32,38	m
Volumen (1)	$13,6 \times 10^6$	m^3
Desarrollo del volúmen (2)	0,997	
Perímetro en cota máxima (4)	7,47	km
Desarrollo de la línea litoral (2)	3,23	

(1) Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (1973)

(2) Calculado según Hutchinson (1975, Vol.I, parte 1)

(3) Calculado según Margalef (1976)

(4) Calculado según plano a escala 1:10.000.

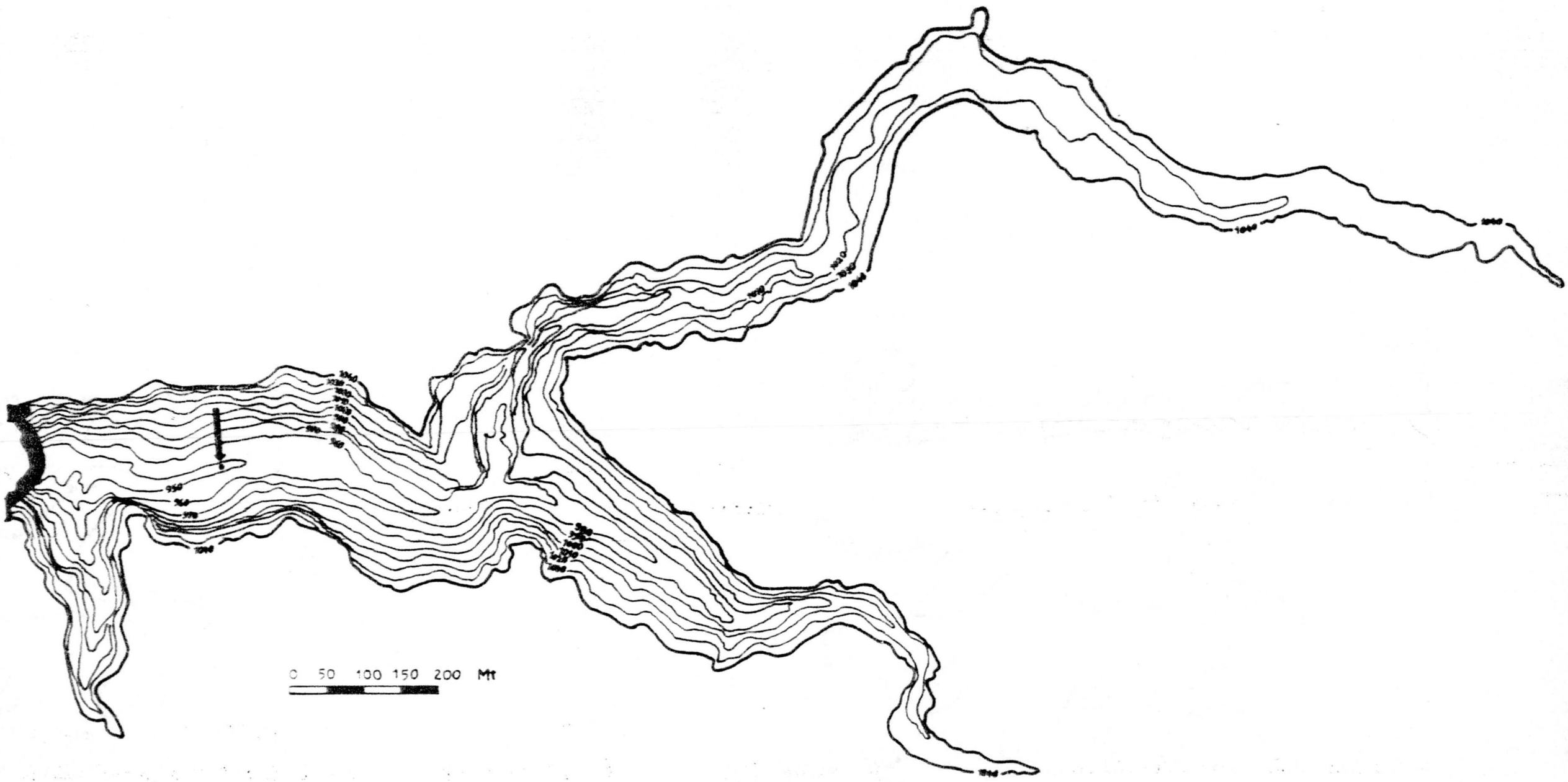
para todo el volumen del embalse. Varios autores proponen diferentes fórmulas para calcular tasa de renovación real en las aguas lacustres (Piontelli y Tonolli, 1964; Barbanti, 1971). Los cálculos se basan en la estratificación de las aguas, por el nivel donde ocurre la extracción del agua y el drenaje natural. Margalef y colaboradores (1976) estima que la renovación efectiva en los embalses españoles es de aproximadamente un 60% a un 90% de la tasa de renovación bruta. Si ésto lo hacemos extensivo para el embalse de Quentar significa que la residencia media calculada del agua en vez de ser 4 meses 17 días sería aproximadamente entre 5 meses y 2 días y 7 meses y 18 días. Esto último es una aproximación teórica, pero como veremos en los capítulos posteriores debido a la estratificación térmica, forma de la cubeta y nivel de extracción del agua, puede que en el hipolimnion no ocurra renovación en algunos años en ciertos sectores del embalse, con los consiguientes riesgos de acumulación de nutrientes y eutrofia que ésto pueda significar en el futuro.

La figura nº 3 es un plano topográfico del vaso del embalse en el cual aparece marcada la estación donde se efectuaron los muestreos periódicos de las capas de agua. La elección de éste punto se debió a la posición central dentro del área del embalse, evitando la influencia directa de las orillas, afluentes y presa, teniendo la seguridad que en todas las épocas del año se estaba muestreando un habitat pelágico.

Figura nº 3.

Plano topográfico del embalse de Quentar.

La flecha indica el lugar de la estación muestreo.


0 50 100 150 200 Mt

Además está ubicado éste punto sobre la cota de máxima profundidad, equivalente al antiguo lecho del río.

Hay que señalar, como características complementarias, la acumulación de agua en el fondo, en pequeño volumen, mientras se efectuaban las obras del muro. Hay un registro de 10.483 m^3 para el 10 de Marzo de 1974, posteriormente en 1975 se registraron 581.883 m^3 y en 1976 se alcanzan 8.918.257 m^3 a fines del año, lo que representa un 65% de su capacidad de embalsamiento.

También cabe mencionar el hecho de que el ICONA efectuó una repoblación con truchas arco iris (Salmo trutta irideus) lo que debe considerarse como un antecedente para la composición biótica futura del embalse.

3. MATERIAL Y METODO

3.1. Muestreo.

En la estación indicada en la figura nº 3 se realizaron veinte muestreos con una frecuencia de 15 a 20 días, durante un año desde Febrero de 1978 hasta Febrero de 1979, ambos inclusives. Cada muestreo consisitía en efectuar un transecto vertical, extrayendo 16 litros de agua de las profundidades de 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 60 metros. En algunas fechas, cuando el nivel del agua lo permitía, se extrajeron, además, muestras de 80 metros de profundidad. En total se recogieron 211 muestras donde se cuantificaron los parámetros físicos, químicos y biológicos. Además se recogieron muestras de arrastre verticales y horizontales con el objeto de disponer de mayor número de organísmos para efectuar algunas identificaciones y preparaciones. Las capas superiores fueron muestreadas a intervalos menores debido a la mayor actividad biológica que existe en ellas para los ecosistemas acuáticos en general, lo que se refleja en una mayor variación de los parámetros físicos, químicos y biológicos cuantificados.

Para el muestreo se utilizó la barca de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, la cual se amarró a dos

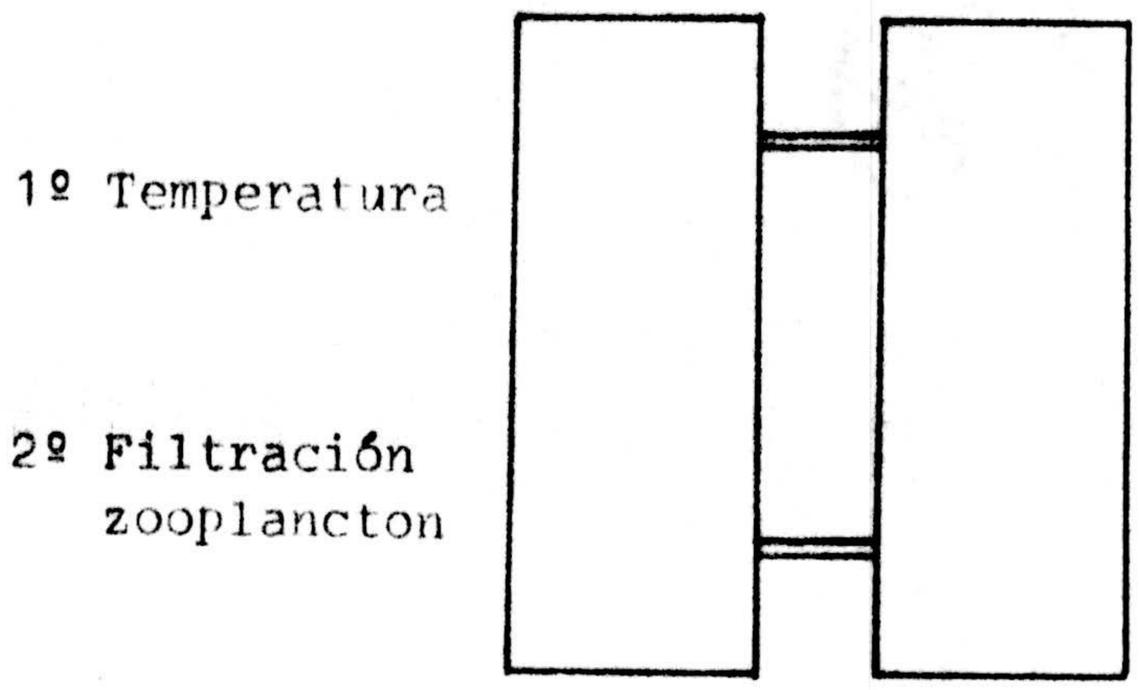
boyas fijas,desde proa y desde babor, para evitar al máximo la deriva en el punto de muestreo, especialmente en los días con viento, lo cual puede ser una previsible fuente de error cuando se efectúan muestreos a grandes profundidades y con una morfología del vaso como la señalada para Quentar.

Antes de cada muestreo se midió la transparencia ó visibilidad del agua con un Disco de Secchi. Las muestras se extrajeron con una doble botella tipo Van Dorn, de plástico de 8 litros en cada parte. Una parte de la botella, 8 l, se dejó para filtrar y obtener las muestras del zooplancton, previa medición de la temperatura. La otra parte se empleó para obtener las submuestras que se necesitaban para el estudio de los parámetros químicos y biológicos considerados en el presente trabajo. La fijación de las muestras se realizó "in situ" durante el muestreo.

Es necesario agregar que las horas de muestreo ocurrieron alrededor del mediodía en todas las fechas y que se siguió un orden en la obtención y llenado de las submuestras a partir de los 16 litros recogidos en la botella de Van Dorn. Este órden se indica en la figura nº 4 donde se esquematiza cada parte de 8 litros de la botella.

Figura nº 4

Esquema del órden de obtención de las muestras desde cada parte de la botella doble tipo Van Dorn.



3.2. Métodos físicos y químicos.

La temperatura fue medida con termómetro de mercurio y la transparencia del agua con un Disco de Secchi de 20 cm de diámetro.

Para el análisis químico del agua se extrajo una submuestra de 1 litro en botella de plástico, que se fijaba al momento con una gotas de cloroformo. De esta submuestra se efectuaron las determinaciones de aniones, cationes y dureza de acuerdo a los métodos, referencias e instrumentos citados en la tabla nº 7.

Para la determinación de O_2, las submuestras eran fijadas en el terreno con SO_4Mn y IK y se conservaron en botellas de vidrio oscuro de 250 ml. Los sulfuros se recogieron en botella de vidrio de 125 ml y eran fijados al momento con acetato de Zn y NaOH. Los fosfatos también se recogieron en botellas de vidrio de 125 ml, fijándolas con unas gotas de H_2SO_4 durante la toma de muestra.

3.3. Métodos biológicos.

3.3.1. Fitoplancton.

El estudio del fitoplancton se realizó determinando

TABLA Nº 7. Análisis químicos efectuados, métodos analíticos é instrumentos usados.

Análisis	Método	Referencia	Instrumento
Visibilidad			Disco de Secchi
Temperatura			Termómetro (Hg)
pH	pHmetro de campo y laboratorio		Orion 201
Oxígeno	Volumétrico (Iodometría).	Winkler(1889) en Golterman(1971)	
Alcalinidad (CO_3H^-)	Volumétrico (H_2SO_4 é indicador mixto).	Golterman (1971)	
Dureza	Complexométrico (con EDTA y negro de Eriocromo).	APHA, AWWA, VPCP (1963)	
PO_4^{3-}	Colorimétrico	Murphy y Riley (1963) en Strickland y Parson (1968)	Baush & Lomb.
SiO_2	Colorímetrico	Jolles y Neurath (1898) en Strickland y Parson (1968)	Baush & Lomb
S^{2-}	Colorimétrico	Golterman (1971)	Baush & Lomb
SO_4^{2-}	Turbidimétrico (precipitación con $BaCl_2$)	Golterman (1971)	Baush & Lomb
NO_2^-	Colorimétrico	Shinn (1941) en Strickland y Parson (1968)	Baush & Lomb
NO_3^-	Colorimétrico (después de reducir a NO_2^-)	Shinn (1941) en Strickland y Parson (1968)	Baush & Lomb
NH_4^+	Colorimétrico (con reactivo de Nessler)		Baush & Lomb
Ca^{2+}	Complexométrico (EDTA y Murexida)		
Mg^{2+}	Cíaculo Indirecto (diferencia de Dureza y Calcio)		
Na^+	Fotometría de llama		Eppendorf G.
K^+	Fotometría de llama		Eppendorf G.
Fe^{3+}	Absorción atómica		Pye Unicam
Mn^{2+}	Absorción atómica		Pye Unicam
Cu^{2+} y Zn^{2+}	Absorción atómica		Pye Unicam

y contando los organismos presentes en las muestras y analizando los pigmentos fotosintéticos.

Las muestras para determinación del plancton vegetal se recogieron en frascos de vidrio de 125 ml y se fijaron con unas gotas de lugol. Los recuentos se efectuaron sobre muestras sedimentadas 24 horas siguiendo la técnica de Utermöhl (1958) en microscopio invertido. El volumen sedimentado fue normalmente 50 ó 100 ml, dependiendo de la densidad de células y transparencia de la muestra. Se contaron un mínimo de 30 campos a 400 aumentos. En muestras con baja densidad de células este número era aumentado al doble por lo menos. Además se recorrió toda la superficie de las cámaras de sedimentación con 100 aumentos para detectar las especies de mayor tamaño y las mas escasas. La determinación de generos y especies se efectuó utilizando básicamente las obras de Bourrelly(1966, 1968, 1970), Hustedt (1930), Skuja (1948, 1956) y Huber-Pestalozzi (1942, 1967, 1968).

La determinación de la biomasa del fitoplancton se realizó calculando los biovolumenes específicos de acuerdo a las fórmulas para volumenes de cuerpos geométricos semejantes. Se estimó el peso específico como igual a 1 para todos los organismos planctónicos, ya que se encuentran flotando en el agua, para calcular los µg de peso húmedo de las diferentes poblaciones.

3.3.2. Pigmentos fotosintéticos.

Las muestras para determinación de pigmentos fotosintéticos se recogieron en botellas de plástico de 2 litros. Posteriormente se filtraron con filtros Whatman GF/C. Se disolvieron en metanol dejándolos durante 24 horas a 4 ºC en oscuridad . Posteriormente se midió la densidad óptica a las longitudes de onda de 430, 480, 570, 630, 645, y 665 nm. Previamente se efectuaba una lectura a 750 nm de modo que la absorbancia fuera menor que 0,015; en caso contrario se volvía a filtrar el extracto metanólico para eliminar las impurezas que podían interferir en la lectura de la absorbancia de los pigmentos.

El cálculo de clorofila A se efectuó utilizando la fórmula para extractos metanólicos (Estrada y colaboradores, 1975):

$$(mg/l)\ \text{clorofila A} = 13,9 \times D665 \times V/B$$

El índice de pigmentos se calculó de acuerdo a Margalef (1963) como cociente entre las densidades ópticas a 430 y 665 nm respectivamente.

3.3.3. Zooplancton.

Se filtraron 8 litros utilizando malla de Nytal de 40 mμ. Las muestras se conservaron con formol al 3% y fueron analizadas siguiendo la técnica de Utermöhl (1958) en microscopio invertido a 100 aumentos. Para la determinación de generos y especies de rotíferos se utilizó básicamente los trabajos de Ruttner-Kolisko (1974) y Voigt (1978). En el caso de Daphnia longispina la determinación se basó en Johnson (1951), para los otros cladóceros a Flössner(1972)y Margalef (1953), para Cyclops a Dussart (1969) y para los protozoos a Bick (1972) y Kudo (1966).

La determinación de la biomasa de rotiferos se efectuó estimando los biovolumenes de las especies de acuerdo a lo sugerido por Ruttner-Kolisko (1977).

En Daphnia longispina se midió el largo del cuerpo, largo cabeza, ancho cuerpo y ancho de la cabeza para todas las muestras cuantitativas. La determinación de la biomasa de D.longispina se efectuó utilizando la relación largo/peso seco determinada por Rey y Capblanoq(1975). Para Ceriodaphnia reticulata fue necesario extraer individuos de las muestras de arrastre y agruparlos por repeticiones de 400 individuos cada una y pesarlos en húmedo y en seco (después de 48 horas en estufa a 60 ºC), de esta manera se obtuvo una estimación

de la biomasa por individuo.

La biomasa de los nematodos se estimó determinando biovolumen medio ($\pi r^2 \times L$).

3.3.4. Bacterioplancton.

Muestras de 20 ml de agua fueron puestas en tubos de pyrex esterilizados y herméticos y posteriormente almacenadas en una nevera portátil. La siembra se efectuó aproximadamente a las 4 horas de recogidas las muestras, sobre placas Petri y en masa. El medio de cultivo utilizado fue el descrito por Carlucci y Pramer (1957):

Peptona	0,50 %
Ext. levadura	0,10 %
$Fe\ PO_4$	0,01 %
Agar	1,50 %

Este medio para bacterias aerobias heterotróficas daba mayor número de colonias y de tamaño algo superior en pruebas preliminares efectuadas con muestras del embalse en comparación con otros medios extraídos de la bibliografía (Basal medium 2216 de Oppenheimer and Zobell, 1952, el Bacto-Nutrient gelatin 0011 de Difco, 1973, y el Bacto-Nutrient Agar 001 de Difco, 1973). El medio usado difiere de los an-

teriores en lo sustancial sólo por la adición de PO_4Fe y extracto de levadura. Se utilizó varias diluciones de 10^{-1} a 10^{-5}.

La incubación se efectuó a 28 ºC en estufa y en oscuridad. Los recuentos de cinco placas por dilución se efectuaron a partir de las 48 horas.

La estimación de la biomasa bacteriana se efectuó de manera teórica, basándose en estimaciones de otros autores de que las bacterias acuáticas tendrían un volumen medio de 0,5 μ^3 (Tilzer, 1972).

3.4. <u>Metodología de la presentación e interpretación de los resultados</u>.

En primer lugar se presentan los resultados de los diferentes aspectos del estudio limnológico en forma individual, analizando a traves de tablas y figuras interpretativas los resultados correspondientes a los parámetros físicos, químicos y especies del plancton. Se eligió el sistema de isolíneas ó isopletas que unen los valores correspondientes a los muestreos, ubicados proporcionalmente respecto a los ejes que representan el espacio (ordenadas) y el tiempo (abscisas). Además se acompañan integraciones por mm^2 (fitoplancton) ó m^2 (zooplancton) para los diferentes datos biológicos usando la siguiente fórmula:

$$\text{individuos/unidad de superficie} = \sum_{1}^{k} \frac{Z_{k+1} - Z_{k-1}}{2} \times N_k$$

donde K = profundidades muestreadas

N_k = número de individuos a la profundidad k

Z_{k+1} = profundidad vecina superior muestreada

Z_{k-1} = profundidad vecina inferior muestreada

Este tipo de representación da una imagen de la situación de las variables en una columna de agua del embalse en cada fecha de muestreo y tiene especial interés al efectuar comparaciones temporales.

En el caso de las especies con escasa presencia en los muestreos sólo se efectuaron gráficos de barras, despues de la correspondiente integración de las porfundidades.

En segundo lugar se analizaron las relaciones posibles entre las diferentes variables medidas, relaciones entre los parámetros físico-químicos, relaciones interespecíficas, relaciones entre los grupos biológicos, relaciones entre el ambiente y los organísmos e interpretaciones de la incidencia de los factores estudiados en la distribución espacio-temporal de las variables durante el ciclo estudiado en el embalse. Para esta segunda parte se utilizaron las instalaciones de la terminal del Ordenador Univac del Ministerio de Universidades e Investigación en el Centro de Cálculo

de la Universidad de Granada. Se efectuaron correlaciones cuando interesaba ver lasrelaciones entre dos variables. Las relaciones conjuntas e integradas entre muchas variables se analizaron utilizando un programa de análisis factorial BMDP4M , Universidad de California, con rotación varimax y normalización de Kaiser.

En conjunto se obtuvo en el estudio unos 14.000 datos considerando todas las fechas, profundidades, paráme-tros físico-químicos y especies más frecuentes. Los análi-sis factoriales se efectuaron a partir de una matriz de da-tos de 200 x 65, ó sea 13.000 valores, dejándose fuera la profundidad de muestreo de 80 metros ya que no hay valores para todas las fechas por el cambio de nivel del embalse. También se dejaron fuera algunas especies muy raras que se encontraban en unas pocas muestras por aportar demasiados valores nulos ó ceros y por lo tanto distribuciones lejanas a la normal.

Los datos originales fueron previamente transfor-mados antes de someterlos al análisis factorial. Se utilizó la transformación Log_{10} (x + 0,001) por haber demostrado sus beneficios en estudios planctónicos previos (Ibañez, 1971).

Los análisis factoriales se aplicaron a los si-guientes conjuntos de datos:

1º Resultádos de los análisis físicos y químicos (18 variables, 200 casos).

2º Resultados de los recuentos de fitoplancton y zooplancton, previa selección de especies (35 variables, 200 casos).

3º Indicadores biológicos sintéticos (grupos de algas, número de individuos del fitoplancton y zooplancton, bacterias, densidad, clorofila A, índice de pigmementos) y parámetros ambientales físicos y químicos (31 variables, 200 casos).

4º Fechas de muestreo para cada una de las diez profundidades (20 variables, 65 casos; 10 análisis factoriales).

La tabla nº 8 indica los símbolos utilizados para las variables en las figuras correspondientes a los resultados de los análisis factoriales.

En el apéndice se acompañan algunas salidas del ordenador con tablas de factores de carga y coordenadas de las observaciones de los diferentes análisis efectuados, que complementan las figuras y tablas presentadas en el capítulo de resultados.

Los pasos que sigue el proceso y análisis de la información por medio del ordenador se puede resumir de la siguiente manera:

1º Ordenación y selección de los datos de terreno y laboratorio. Variables calculadas, transformaciones, filtrado

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA GRANADA

TABLA Nº 8. Símbolos utilizados para representar las variables ó casos en las figuras correspondientes a los diferentes análisis factoriales efectuados.

Variables ó casos	Símbolo	Variables ó casos	Símbolo
18/02/78	1	Nitzchia acicularis	Ni
06/03/78	2	Navicula sp_1	N_1
20/03/78	3	Navicula sp_2	N_2
10/04/78	4	Pinnularia sp	Pn
25/04/78	5	Scenedesmus sp_1	S_1
11/05/78	6	Scenedesmus sp_2	S_2
25/05/78	7	Coelastrum reticulatum	Co
13/06/78	8	Crucigenia quadrata	Cr
26/06/78	9	Tetraedron sp	Te
07/07/78	10	Oocystis lacustris	Oo
28/07/78	11	Selenastrum minutum	Se
02/09/78	12	Chodatella quadriseta	Ch
29/09/78	13	Polytomella cf	Po
17/10/78	14	Pediastrum boryanum	Pb
05/11/78	15	Peridinium spp	Pe
28/11/78	16	Gymnodinium sp	Gy
16/12/78	17	Ceratium hirundella	CH
06/01/79	18	Cryptomonas erosa	Cm
29/01/79	19	Rhodomonas minuta	R
20/02/79	20	Chrysidalis sp	Cs
Temperatura	T	Dinobryon divergens	Dd
Conc. de hidrogeniones	pH	Bacterias	B
Sodio	Na	Indice pigmentos	D/D
Sulfato	S	Clorofila A	cA
Magnesio	Mg	Daphnia longispina	Dl
Fosfato	P	Ceriodaphnia reticulata	Cp
Potasio	K	Trichocerca similis	Ts
Hierro	Fe	Polyarthra vulgaris	Pv
Silicato	Si	Nematoda	Ne
Oxígeno (mg por litro)	Om	Kephyrion sp	Kp
Oxígeno (% saturación)	O%	Trachelomonas sp	Tr
Nitrito	N	Diversidad zooplancton	Hz
Nitrato	NO	Nº celulas fitoplancton	F
Alcalinidad	A	Nº org. zooplancton	Z
Calcio	Ca	Diatomophyceae	Di
Dureza	D	Cryptophyceae	Ct
Transparencia luminosa	L	Cyanophyceae	C
Amonio	NH	Dinophyceae	Dy
Cyclotella kützingiana	Ck	Euclorophyceae	Cl
Diatoma vulgare	Dv	Chrysophyceae	Cf
Cymbella sp	Cy	Diversidad fitoplancton	Hf
Ceratoneis arcus	Ce		
Synedra acus	Sa		
Synedra ulna	Su		

de información.

2º Construcción de una matriz de datos de variables por casos u observaciones.

3º Preparación de la entrada al ordenador. Perforación de tarjetas y confección de fichero ó banco de datos. Almacenamiento en cintas magnéticas. Corrección de errores.

4º Procesamiento de la información. Confección de programas y adecuación de la librería disponible. Análisis de subconjuntos de variables y observaciones a partir de la matriz de datos.

5º Salida del ordenador, Impresos.

6º Interpretación de las salidas. Matrices de correlaciones, factores de carga de las variables, coordenadas de las observaciones, interpretación de los ejes ó factores. Figuras interpretativas.

TABLA Nº 9. Resultados de los análisis físicos y químicos realizados en el embalse de Quentar.

Fecha	Profundidad m	Visibilidad m	Temperatura C	pH	Alcalinidad meq/l	Oxigeno mg O/l	Calcio mg Ca/l	Magnesio mg Mg/l	Potasio mg K/l	Sodio mg Na/l	Hierro mg Fe/l	Amonio ug N/l	Nitrato ug N/l	Nitrito ug N/l	Fosfato mg P/l	Silicato mg Si/l	Sulfato mg S/l	Sulfuro mg S/l
18/02/78	0	3,00	8,0	7,7	2,52	11,27	24	19,2	0,30	1,10	ND	1,68	67,2	12,61	3,10	2,8	0,32	ND
	2		8,0	7,7	2,52	11,27	24	23,1	1,40	1,10	ND	1,40	240,9	15,41	3,10	2,8	0,32	ND
	5		8,0	7,7	2,70	11,27	33	24,2	0,55	1,15	ND	1,68	176,5	13,31	3.10	2,7	0,40	ND
	10		7,0	7,7	2,90	11,27	38	19,7	0,35	1,00	ND	1,68	246,5	15,41	ND	2,7	0,45	ND
	15		7,0	7,6	2,84	9,66	40	19,9	0,33	1,15	ND	1,68	246,5	13,31	3,10	2,8	0,48	ND
	20		7,0	7,8	2,74	11,27	18	18,9	0,28	0,50	ND	1,68	285,7	6,30	ND	2,7	0,16	ND
	25		7,0	7,7	2,88	11,27	44	19,9	0,30	1,00	ND	0,70	133,3	11,20	3,10	2,9	0,45	ND
	30		7,0	7,7	2,96	11,27	29	21,3	0,25	1,10	ND	0,14	330,6	8,40	3,10	2,8	0,32	ND
	40		7,0	7,7	2,82	9,66	19	18,3	0,33	1,05	ND	0,28	254,9	8,40	3,10	2,7	0,24	ND
	60		7,0	7,8	2,94	8,05	33	26,6	0,37	1,00	0,1	0,28	361,4	7,70	3,00	2,8	0,32	ND
06/03/78	0	0,75	8,0	7,9	2,14	12,08	34	13,1	0,25	1,05	ND	1,40	288,5	7,70	7,74	3,0	0,80	ND
	2		8,0	7,9	2,16	11,27	36	14,6	0,30	1,10	0,1	1,40	333,3	7,00	3,10	2,6	0,80	ND
	5		8,0	7,9	2,20	10,78	36	16,1	0,31	1,00	ND	2,80	336,2	14,70	1,55	3,0	0,80	ND
	10		7,0	7,9	2,26	10,95	35	17,6	0,32	0,80	ND	1,40	334,8	15,41	1,55	2,8	0,80	ND
	15		7,0	7,9	2,54	11,10	17	9,1	0,12	0,50	ND	1,40	285,7	15,40	7,74	2,8	0,96	ND
	20		7,0	7,9	2,40	10,95	41	14,0	0,35	1,20	ND	0,28	346,0	21,71	1,55	2,8	0,80	ND
	25		7,0	7,9	2,64	9,66	40	17,2	0,37	1,20	ND	0,14	346,0	23,11	7,75	2,8	0,96	ND
	30		7,0	7,9	2,64	10,14	34	14,3	0,35	1,05	ND	0,28	215,7	31,50	1,55	2,3	0,80	ND
	40		7,0	7,8	2,60	9,49	31	14,9	0,37	1,20	ND	0,14	288,5	42,00	26,32	2,9	0,80	ND
	60		7,0	7,8	2,64	9,66	38	25,8	0,40	1,20	ND	2,80	367,0	57,41	13,90	2,7	0,80	0,25
	80		7,0	7,9	2,70	8,69	-	-	-	1,10	0,1	2,80	330,6	31,50	116,15	2,8	0,80	0,20
20/03/78	0	2,30	10,0	8,00	1,60	11,90	32	18,2	0,42	1,80	ND	0,14	344,6	7,70	13,93	3,0	0,32	ND
	2		9,5	8,00	1,54	11,10	27	16,2	0,30	1,60	ND	0,42	336,2	39,22	3,10	3,0	0,16	ND
	5		9,0	8,10	1,60	9,98	33	14,0	0,20	1,30	ND	0,28	357,2	9,1	1,55	3,0	0,45	ND
	10		8,0	7,95	1,58	9,49	29	14,9	0,30	1,70	ND	1,12	325,0	22,41	ND	3,0	0,48	ND
	15		8,0	7,90	1,72	9,33	28	15,5	0,35	1,60	ND	1,12	299,7	14,71	ND	3,0	0,48	ND
	20		8,0	7,90	2,04	9,98	37	16,4	0,35	1,25	ND	0,56	386,6	8,40	1,55	3,0	0,72	ND
	25		8,0	7,9	2,10	8,05	41	17,9	0,30	1,20	ND	0,14	288,5	8,40	1,55	2,6	1,09	ND
	30		8,0	8,0	2,0	8,69	24	19,2	0,45	1,40	ND	0,14	311,0	34,32	ND	2,8	0,72	ND
	40		8,0	8,0	2,2	9,01	24	20,4	0,50	1,75	ND	0,28	322,2	21,01	1,55	2,8	0,72	ND
	60		7,5	8,0	2,36	8,37	40	25,0	0,37	1,25	ND	0,28	389,4	13,31	ND	2,8	0,96	ND
	80		7,5	8,0	2,26	8,85	18	22,8	0,45	1,00	0,1	0,28	381,0	15,41	1,55	2,7	0,48	ND
10/04/78	0	3,60	10,0	7,9	2,28	10,63	22	12,6	0,25	1,10	ND	1,40	361,4	26,61	3,10	2,3	0,48	ND
	2		9,5	8,0	2,30	9,82	21	14,5	0,28	1,10	ND	0,56	299,8	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	5		10,0	8,0	2,22	10,14	21	15,9	0,27	1,10	ND	2,52	361,4	ND	ND	2,5	0,48	ND
	10		10,0	7,9	2,30	9,66	23	12,0	0,25	1,05	ND	1,12	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	15		9,2	8,0	2,24	9,82	21	11,8	0,25	1,05	ND	0,84	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	20		9,0	7,9	2,40	10,14	20	12,4	0,27	1,05	ND	0,56	339,0	9,10	ND	2,6	0,32	ND
	25		8,8	7,9	2,54	9,82	25	14,7	0,27	1,05	ND	0,14	389,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	30		8,3	7,9	2,86	9,01	20	13,9	0,30	1,00	ND	0,28	383,8	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	40		8,1	7,8	3,06	8,85	20	18,9	0,35	1,10	ND	0,28	361,4	7,70	3,10	2,3	0,72	ND
	60		7,8	7,9	3,02	9,01	20	17,7	2,10	1,25	ND	1,96	344,6	22,41	3,10	2,0	0,72	0,08
	80		7,8	7,7	3,20	8,66	20	18,7	0,40	1,10	0,05	1,68	310,9	26,61	3,10	2,2	0,80	0,08
25/04/78	0	4,00	13,0	8,2	2,44	11,27	32	19,4	0,25	1,05	ND	2,52	268,9	2,80	1,55	2,4	0,72	ND
	2		12,9	8,3	2,20	10,14	32	18,2	1,60	1,00	ND	0,56	333,3	2,80	1,55	2,3	0,72	ND
	5		12,8	8,3	2,42	9,66	26	15,6	0,17	0,85	ND	2,24	333,3	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	10		10,3	8,3	2,40	10,46	32	12.1	0,25	1,20	ND	2,24	299,7	2,80	3,10	2,3	0,56	ND
	15		9,8	8,3	2,28	10,30	32	13,1	0,25	1,05	ND	1,68	299,7	2,80	3,10	2,2	0,56	ND
	20		9,0	8,2	2,20	10,78	10	12,1	0,10	0,75	ND	0,56	308,1	ND	3,10	2,3	0,16	ND
	25		9,0	8,2	2,34	9,66	33	12,5	0,25	1,00	ND	0,14	389,4	ND	1,55	3,0	0,56	ND
	30		9,0	8,2	2,58	9,49	34	22,1	0,25	0,90	ND	0,56	389,4	ND	1,55	2,8	0,56	ND
	40		8,8	8,2	2,98	9,66	40	18,5	0,32	1,20	ND	0,56	403,4	ND	1,55	2,7	0,62	ND
	60		8,2	8,0	3,10	8,50	39	23,6	0,36	1,17	ND	1,12	386,6	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	80		8,0	8,0	3,1	8,69	39	23,0	0,40	1,15	0,05	0,28	375,4	ND	1,55	3,0	0,64	0,055
11/05/78	0	3,20	13,5	8,20	2,44	10,62	23	19,8	0,23	1,05	ND	1,40	299,7	2,80	1,55	2,0	0,56	ND
	2		13,5	8,30	2,36	10,46	24	16,5	0,23	1,05	ND	0,28	268,9	2,80	1,55	1,7	0,56	ND
	5		13,4	8,30	2,42	10,30	23	12,00	0,23	1,00	ND	0,12	299,7	4,20	1,55	2,0	0,48	ND
	10		11,0	8,30	2,32	10,14	31	12,30	0,20	1,00	ND	1,68	308,1	5,60	0,93	1,8	0,48	ND
	15		10,2	8,30	2,42	9,98	22	13,80	0,23	1,00	ND	1,12	357,2	5,60	0,62	1,7	0,48	ND
	20		10,2	8,20	2,38	9,66	24	16,50	0,25	1,00	ND	0,56	358,6	2,80	0,62	2,1	0,56	ND
	25		10,0	8,10	2,34	9,49	31	14,90	0,20	1,00	ND	0,14	358,6	2,80	ND	2,3	0,56	ND
	30		9,8	8,08	2,20	9,17	24	14,10	0,22	1,00	ND	0,28	358,6	2,80	ND	2,4	0,45	ND
	40		9,3	8,03	2,28	9,01	21	15,90	0,22	1,00	ND	0,28	353,0	2,80	1,55	2,2	0,56	ND
	60		9,0	7,98	3,20	8,05	21	21,00	0,35	1,00	ND	1,68	344,6	7,00	ND	2,4	0,72	ND
	80		8,5	7,95	3,16	8,85	20	21,60	0,40	1,00	ND	1,68	333,4	7,00	10,84	2,9	0,72	ND
25/05/78	0	2,75	14,0	8,30	2,50	10,30	20	16,50	0,27	1,10	ND	0,14	215,7	7,00	7,74	1,3	0,32	ND
	2		14,0	8,50	2,44	9,49	20	15,10	0,27	1,10	ND	0,14	221,3	14,00	ND	1,5	0,32	ND
	5		14,0	8,40	2,55	9,66	20	15,10	0,25	1,10	ND	0,14	226,9	7,00	ND	1,1	0,32	ND
	10		13,0	8,50	2,56	9,49	22	13,80	0,23	1,10	ND	1,12	254,9	7,00	6,19	1,7	0,32	ND
	15		11,8	8,40	2,30	9,98	23	14,70	0,22	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	20		11,0	8,10	2,40	8,69	21	15,90	0,23	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	25		10,5	8,20	2,60	9,01	23	15,90	0,25	1,10	ND	0,14	268,9	7,00	ND	2,0	0,48	ND
	30		10,0	8,20	2,52	8,37	20	13,80	2,50	1,05	ND	0,14	282,9	7,00	ND	2,0	0,61	ND
	40		9,8	8,20	2,68	9,33	22	15,30	0,50	1,05	0,15	0,14	282,9	7,00	3,10	2,0	0,56	ND
	60		9,5	8,20	2,92	8,85	20	17,70	0,30	1,05	ND	0,14	333,4	8,40	3,10	2,4	0,64	ND
	80		8,5	7,98	3,28	7,44	20	17,70	0,40	1,10	ND	0,14	333,4	14,00	10,84	2,7	0,80	ND
13/06/78	0	3,60	19,0	8,35	2,38	9,83	24	19,20	0,32	1,05	ND	0,70	254,9	9,10	ND	1,4	0,24	ND
	2		18,8	8,55	2,40	10,46	25	15,90	0,55	1,10	ND	0,35	299,7	22,41	ND	1,1	0,32	ND
	5		18,7	8,60	2,42	9,82	30	14,10	0,25	1,00	ND	11,20	254,9	8,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		13,9	8,60	2,28	9,98	25	18,60	0,22	1,00	ND	11,20	310,9	7,70	3,10	1,3	0,40	ND
	15		13,0	8,50	2,32	10,14	25	12,00	0,27	1,00	ND	3,92	196,1	7,70	ND	0,8	0,24	ND
	20		12,7	8,40	2,38	10,14	30	12,90	0,30	1,15	ND	3,92	196,1	7,70	ND	1,2	0,56	ND
	25		11,7	8,25	2,36	9,90	29	13,50	0,27	1,00	ND	3,64	299,7	7,70	4,65	1,8	0,56	ND
	30		11,0	8,33	2,64	9,66	25	15,90	0,25	1,00	ND	3,64	308,1	7,70	ND	1,8	0,40	ND
	40		11,0	8,20	2,68	9,98	25	15,90	0,45	1,35	ND	4,20	333,4	7,70	ND	2,1	0,48	ND
	60		10,0	8,20	2,52	9,33	33	14,90	0,30	1,00	ND	4,90	313,8	8,40	ND	2,1	0,45	ND
	80		8,8	8,00	3,50	7,73	30	19,50	0,52	1,15	0,05	5,46	358,6	13,3	ND	2,4	1,12	ND
26/06/78	0	3,60	19,0	8,50	2,04	12,08	28	14,1	0,25	1,10	ND	0,21	120,5	ND	ND	1,1	0,40	ND
	2		19,0	8,50	2,14	10,30	27	12,3	0,20	1,00	ND	0,56	114,9	ND	ND	0,8	0,37	ND
	5		19,0	8,50	2,38	10,30	26	15,3	0,25	1,10	ND	8,40	109,3	ND	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,20	2,18	11,42	27	14,9	0,25	1,15	ND	8,40	169,5	ND	ND	0,8	0,43	ND
	15		15,0	8,20	2,24	9,66	31	12,3	0,20	1,05	ND	7,28	231,1	ND	ND	1,0	0,32	ND
	20		15,0	8,00	2,12	10,62	31	14,9	0,22	1,05	ND	7,28	260,5	ND	ND	1,1	0,56	ND
	25		12,8	8,00	2,24	8,85	32	14,3	0,25	1,05	ND	7,28	291,3	ND	ND	1,3	0,56	ND
	30		12,0	7,80	2,08	8,32	33	13,7	0,22	0,90	ND	7,28	295,5	ND	ND	1,4	0,72	ND
	40		11,8	8,00	2,48	9,01	23	17,1	0,35	1,05	ND	8,40	299,7	ND	ND	2,0	0,48	ND
	60		11,0	8,00	2,50	9,33	26	12,9	0,25	0,95	ND	9,52	322,0	5,60	ND	1,8	0,45	ND
	80		10,0	8,00	3,06	6,59	24	21,9	0,40	1,10	ND	9,52	344,6	ND	ND	2,9	1,28	ND
07/07/78	0	4,00	19,5	8,45	2,24	11,26	30	15,5	0,25	1,10	ND	0,98	70,0	7,70	ND	0,8	0,40	ND
	2		19,5	8,50	2,40	9,50	27	16,2	0,25	1,10	ND	0,28	78,4	9,10	ND	0,7	0,43	ND
	5		19,5	8,50	2,50	9,17	28	13,8	0,25	1,10	ND	4,20	89,6	1,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,50	2,66	11,26	28	15,5	0,25	1,15	ND	4,20	184,9	7,70	ND	0,8	0,50	ND
	15		14,5	8,50	2,58	10,14	28	14,1	0,25	1,10	ND	3,64	196,1	5,60	ND	0,8	0,40	ND
	20		12,8	8,10	2,76	8,53	26	12,9	0,22	1,05	ND	3,64	268,9	ND	ND	0,8	0,43	ND
	25		12,1	8,15	2,54	8,05	25	14,7	0,23	1,05	ND	3,64	254,9	7,70	ND	0,8	0,48	ND
	30		11,8	8,10	2,56	8,05	25	13,5	0,25	1,05	ND	3,64	282,9	5,60	ND	1,1	0,48	ND
	40		11,0	8,50	2,64	7,85	26	15,3	0,25	1,05	ND	4,20	282,9	22,40	ND	1,3	0,51	ND
	60		9,8	7,95	2,80	8,89	24	16,5	0,25	1,05	ND	4,90	308,1	28,70	ND	1,3	0,48	ND
	80		8,8	7,85	3,60	5,63	24	18,0	0,40	1,10	ND	5,32	332,0	16,11	ND	2,9	1,28	ND

TABLA Nº 9. Resultados de los análisis físicos y químicos realizados en el embalse de Quentar.

Fecha	Profundidad m	Visibilidad m	Temperatura C	pH	Alcalinidad meq/l	Oxigeno mg O/l	Calcio mg Ca/l	Magnesio mg Mg/l	Potasio mg K/l	Sodio mg Na/l	Hierro mg Fe/l	Amonio ug N/l	Nitrato ug N/l	Nitrito ug N/l	Posfato mg P/l	Silicato mg Si/l	Sulfato mg S/l	Sulfuro mg S/l
18/02/78	0	3,00	8,0	7,7	2,52	11,27	24	19,2	0,30	1,10	ND	1,68	67,2	12,61	3,10	2,8	0,32	ND
	2		8,0	7,7	2,52	11,27	24	23,1	1,40	1,10	ND	1,40	240,9	15,41	3,10	2,8	0,32	ND
	5		8,0	7,7	2,70	11,27	33	24,2	0,55	1,15	ND	1,68	176,5	13,31	3.10	2,7	0,40	ND
	10		7,0	7,7	2,90	11,27	38	19,7	0,35	1,00	ND	1,68	246,5	15,41	ND	2,7	0,45	ND
	15		7,0	7,6	2,84	9,66	40	19,9	0,33	1,15	ND	1,68	246,5	13,31	3,10	2,8	0,48	ND
	20		7,0	7,8	2,74	11,27	18	18,9	0,28	0,50	ND	1,68	285,7	6,30	ND	2,7	0,16	ND
	25		7,0	7,7	2,88	11,27	44	19,9	0,30	1,00	ND	0,70	133,3	11,20	3,10	2,9	0,45	ND
	30		7,0	7,7	2,96	11,27	29	21,3	0,25	1,10	ND	0,14	330,6	8,40	3,10	2,8	0,32	ND
	40		7,0	7,7	2,82	9,66	19	18,3	0,33	1,05	ND	0,28	254,9	8,40	3,10	2,7	0,24	ND
	60		7,0	7,8	2,94	8,05	33	26,6	0,37	1,00	0,1	0,28	361,4	7,70	3,00	2,8	0,32	ND
06/03/78	0	0,75	8,0	7,9	2,14	12,08	34	13,1	0,25	1,05	ND	1,40	288,5	7,70	7,74	3,0	0,80	ND
	2		8,0	7,9	2,16	11,27	36	14,6	0,30	1,10	0,1	1,40	333,3	7,00	3,10	2,6	0,80	ND
	5		8,0	7,9	2,20	10,78	36	16,1	0,31	1,00	ND	2,80	336,2	14,70	1,55	3,0	0,80	ND
	10		7,0	7,9	2,26	10,95	35	17,6	0,32	0,80	ND	1,40	334,8	15,41	1,55	2,8	0,80	ND
	15		7,0	7,9	2,54	11,10	17	9,1	0,12	0,50	ND	1,40	285,7	15,40	7,74	2,8	0,96	ND
	20		7,0	7,9	2,40	10,95	41	14,0	0,35	1,20	ND	0,28	346,0	21,71	1,55	2,8	0,80	ND
	25		7,0	7,9	2,64	9,66	40	17,2	0,37	1,20	ND	0,14	346,0	23,11	7,75	2,8	0,96	ND
	30		7,0	7,9	2,64	10,14	34	14,3	0,35	1,05	ND	0,28	215,7	31,50	1,55	2,3	0,80	ND
	40		7,0	7,8	2,60	9,49	31	14,9	0,37	1,20	ND	0,14	288,5	42,00	26,32	2,9	0,80	ND
	60		7,0	7,8	2,64	9,66	38	25,8	0,40	1,20	ND	2,80	367,0	57,41	13,90	2,7	0,80	0,25
	80		7,0	7,9	2,70	8,69	-	-	-	1,10	0,1	2,80	330,6	31,50	116,15	2,8	0,80	0,20
20/03/78	0	2,30	10,0	8,00	1,60	11,90	32	18,2	0,42	1,80	ND	0,14	344,6	7,70	13,93	3,0	0,32	ND
	2		9,5	8,00	1,54	11,10	27	16,2	0,30	1,60	ND	0,42	336,2	39,22	3,10	3,0	0,16	ND
	5		9,0	8,10	1,60	9,98	33	14,0	0,20	1,30	ND	0,28	357,2	9,1	1,55	3,0	0,45	ND
	10		8,0	7,95	1,58	9,49	29	14,9	0,30	1,70	ND	1,12	325,0	22,41	ND	3,0	0,48	ND
	15		8,0	7,90	1,72	9,33	28	15,5	0,35	1,60	ND	1,12	299,7	14,71	ND	3,0	0,48	ND
	20		8,0	7,90	2,04	9,98	37	16,4	0,35	1,25	ND	0,56	386,6	8,40	1,55	3,0	0,72	ND
	25		8,0	7,9	2,10	8,05	41	17,9	0,30	1,20	ND	0,14	288,5	8,40	1,55	2,6	1,09	ND
	30		8,0	8,0	2,0	8,69	24	19,2	0,45	1,40	ND	0,14	311,0	34,32	ND	2,8	0,72	ND
	40		8,0	8,0	2,2	9,01	24	20,4	0,50	1,75	ND	0,28	322,2	21,01	1,55	2,8	0,72	ND
	60		7,5	8,0	2,36	8,37	40	25,0	0,37	1,25	ND	0,28	389,4	13,31	ND	2,8	0,96	ND
	80		7,5	8,0	2,26	8,85	18	22,8	0,45	1,00	0,1	0,28	381,0	15,41	1,55	2,7	0,48	ND
10/04/78	0	3,60	10,0	7,9	2,28	10,63	22	12,6	0,25	1,10	ND	1,40	361,4	26,61	3,10	2,3	0,48	ND
	2		9,5	8,0	2,30	9,82	21	14,5	0,28	1,10	ND	0,56	299,8	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	5		10,0	8,0	2,22	10,14	21	15,9	0,27	1,10	ND	2,52	361,4	ND	ND	2,5	0,48	ND
	10		10,0	7,9	2,30	9,66	23	12,0	0,25	1,05	ND	1,12	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	15		9,2	8,0	2,24	9,82	21	11,8	0,25	1,05	ND	0,84	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	20		9,0	7,9	2,40	10,14	20	12,4	0,27	1,05	ND	0,56	339,0	9,10	ND	2,6	0,32	ND
	25		8,8	7,9	2,54	9,82	25	14,7	0,27	1,05	ND	0,14	389,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	30		8,3	7,9	2,86	9,01	20	13,9	0,30	1,00	ND	0,28	383,8	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	40		8,1	7,8	3,06	8,85	20	18,9	0,35	1,10	ND	0,28	361,4	7,70	3,10	2,3	0,72	ND
	60		7,8	7,9	3,02	9,01	20	17,7	2,10	1,25	ND	1,96	344,6	22,41	3,10	2,0	0,72	0,08
	80		7,8	7,7	3,20	8,66	20	18,7	0,40	1,10	0,05	1,68	310,9	26,61	3,10	2,2	0,80	0,08
25/04/78	0	4,00	13,0	8,2	2,44	11,27	32	19,4	0,25	1,05	ND	2,52	268,9	2,80	1,55	2,4	0,72	ND
	2		12,9	8,3	2,20	10,14	32	18,2	1,60	1,00	ND	0,56	333,3	2,80	1,55	2,3	0,72	ND
	5		12,8	8,3	2,42	9,66	26	15,8	0,17	0,85	ND	2,24	333,3	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	10		10,3	8,3	2,40	10,46	32	12.1	0,25	1,20	ND	2,24	299,7	2,80	3,10	2,3	0,56	ND
	15		9,8	8,3	2,28	10,30	32	13,1	0,25	1,05	ND	1,68	299,7	2,80	3,10	2,2	0,56	ND
	20		9,0	8,2	2,20	10,78	10	12,1	0,10	0,75	ND	0,56	308,1	ND	3,10	2,3	0,16	ND
	25		9,0	8,2	2,34	9,66	33	12,5	0,25	1,00	ND	0,14	389,4	ND	1,55	3,0	0,56	ND
	30		9,0	8,2	2,58	9,49	34	22,1	0,25	0,90	ND	0,56	389,4	ND	1,55	2,8	0,56	ND
	40		8,8	8,2	2,98	9,66	40	18,5	0,32	1,20	ND	0,56	403,4	ND	1,55	2,7	0,62	ND
	60		8,2	8,0	3,10	8,50	39	23,6	0,36	1,17	ND	1,12	386,6	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	80		8,0	8,0	3,1	8,69	39	23,0	0,40	1,15	0,05	0,28	375,4	ND	1,55	3,0	0,64	0,055
11/05/78	0	3,20	13,5	8,20	2,44	10,62	23	19,8	0,23	1,05	ND	1,40	299,7	2,80	1,55	2,0	0,56	ND
	2		13,5	8,30	2,36	10,46	24	16,5	0,23	1,05	ND	0,28	268,9	2,80	1,55	1,7	0,56	ND
	5		13,4	8,30	2,42	10,30	23	12,00	0,23	1,00	ND	0,12	299,7	4,20	1,55	2,0	0,48	ND
	10		11,0	8,30	2,32	10,14	31	12,30	0,20	1,00	ND	1,68	308,1	5,60	0,93	1,8	0,48	ND
	15		10,2	8,30	2,42	9,98	22	13,80	0,23	1,00	ND	1,12	357,2	5,60	0,62	1,7	0,48	ND
	20		10,2	8,20	2,38	9,66	24	16,50	0,25	1,00	ND	0,56	358,6	2,80	0,62	2,1	0,56	ND
	25		10,0	8,10	2,34	9,49	31	14,90	0,20	1,00	ND	0,14	358,6	2,80	ND	2,3	0,56	ND
	30		9,8	8,08	2,20	9,17	24	14,10	0,22	1,00	ND	0,28	358,6	2,80	ND	2,4	0,45	ND
	40		9,3	8,03	2,28	9,01	21	15,90	0,22	1,00	ND	0,28	353,0	2,80	1,55	2,2	0,56	ND
	60		9,0	7,98	3,20	8,05	21	21,00	0,35	1,00	ND	1,68	344,6	7,00	ND	2,4	0,72	ND
	80		8,5	7,95	3,16	8,85	20	21,60	0,40	1,00	ND	1,68	333,4	7,00	10,84	2,9	0,72	ND
25/05/78	0	2,75	14,0	8,30	2,50	10,30	20	16,50	0,27	1,10	ND	0,14	215,7	7,00	7,74	1,3	0,32	ND
	2		14,0	8,50	2,44	9,49	20	15,10	0,27	1,10	ND	0,14	221,3	14,00	ND	1,5	0,32	ND
	5		14,0	8,40	2,55	9,66	20	15,10	0,25	1,10	ND	0,14	226,9	7,00	ND	1,1	0,32	ND
	10		13,0	8,50	2,56	9,49	22	13,80	0,23	1,10	ND	1,12	254,9	7,00	6,19	1,7	0,32	ND
	15		11,8	8,40	2,30	9,98	23	14,70	0,22	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	20		11,0	8,10	2,40	8,69	21	15,90	0,23	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	25		10,5	8,20	2,60	9,01	23	15,90	0,25	1,10	ND	0,14	268,9	7,00	ND	2,0	0,48	ND
	30		10,0	8,20	2,52	8,37	20	13,80	2,50	1,05	ND	0,14	282,9	7,00	ND	2,0	0,61	ND
	40		9,8	8,20	2,68	9,33	22	15,30	0,50	1,05	0,15	0,14	282,9	7,00	3,10	2,0	0,56	ND
	60		9,5	8,20	2,92	8,85	20	17,70	0,30	1,05	ND	0,14	333,4	8,40	3,10	2,4	0,64	ND
	80		8,5	7,98	3,28	7,44	20	17,70	0,40	1,10	ND	0,14	333,4	14,00	10,84	2,7	0,80	ND
13/06/78	0	3,60	19,0	8,35	2,38	9,83	24	19,20	0,32	1,05	ND	0,70	254,9	9,10	ND	1,4	0,24	ND
	2		18,8	8,55	2,40	10,46	25	15,90	0,55	1,10	ND	0,35	299,7	22,41	ND	1,1	0,32	ND
	5		18,7	8,60	2,42	9,82	30	14,10	0,25	1,00	ND	11,20	254,9	8,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		13,9	8,60	2,28	9,98	25	18,60	0,22	1,00	ND	11,20	310,9	7,70	3,10	1,3	0,40	ND
	15		13,0	8,50	2,32	10,14	25	12,00	0,27	1,00	ND	3,92	196,1	7,70	ND	0,8	0,24	ND
	20		12,7	8,40	2,38	10,14	30	12,90	0,30	1,15	ND	3,92	196,1	7,70	ND	1,2	0,56	ND
	25		11,7	8,25	2,36	9,90	29	13,50	0,27	1,00	ND	3,64	299,7	7,70	4,65	1,8	0,56	ND
	30		11,0	8,33	2,64	9,66	25	15,90	0,25	1,00	ND	3,64	308,1	7,70	ND	1,8	0,40	ND
	40		11,0	8,20	2,68	9,98	25	15,90	0,45	1,35	ND	4,20	333,4	7,70	ND	2,1	0,48	ND
	60		10,0	8,20	2,52	9,33	33	14,90	0,30	1,00	ND	4,90	313,8	8,40	ND	2,1	0,45	ND
	80		8,8	8,00	3,50	7,73	30	19,50	0,52	1,15	0,05	5,46	358,6	13,3	ND	2,4	1,12	ND
26/06/78	0	3,60	19,0	8,50	2,04	12,08	28	14,1	0,25	1,10	ND	0,21	120,5	ND	ND	1,1	0,40	ND
	2		19,0	8,50	2,14	10,30	27	12,3	0,20	1,00	ND	0,56	114,9	ND	ND	0,8	0,37	ND
	5		19,0	8,50	2,38	10,30	26	15,3	0,25	1,10	ND	8,40	109,3	ND	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,20	2,18	11,42	27	14,9	0,25	1,15	ND	8,40	169,5	ND	ND	0,8	0,43	ND
	15		15,0	8,20	2,24	9,66	31	12,3	0,20	1,05	ND	7,28	231,1	ND	ND	1,0	0,32	ND
	20		15,0	8,00	2,12	10,62	31	14,9	0,22	1,05	ND	7,28	260,5	ND	ND	1,1	0,56	ND
	25		12,8	8,00	2,24	8,85	32	14,3	0,25	1,05	ND	7,28	291,3	ND	ND	1,3	0,56	ND
	30		12,0	7,80	2,08	8,32	33	13,7	0,22	0,90	ND	7,28	295,5	ND	ND	1,4	0,72	ND
	40		11,8	8,00	2,48	9,01	23	17,1	0,35	1,05	ND	8,40	299,7	ND	ND	2,0	0,48	ND
	60		11,0	8,00	2,50	9,33	26	12,9	0,25	0,95	ND	9,52	322,0	5,60	ND	1,8	0,45	ND
	80		10,0	8,00	3,06	6,59	24	21,9	0,40	1,10	ND	9,52	344,6	ND	ND	2,9	1,28	ND
07/07/78	0	4,00	19,5	8,45	2,24	11,26	30	15,5	0,25	1,10	ND	0,98	70,0	7,70	ND	0,8	0,40	ND
	2		19,5	8,50	2,40	9,50	27	16,2	0,25	1,10	ND	0,28	78,4	9,10	ND	0,7	0,43	ND
	5		19,5	8,50	2,50	9,17	28	13,8	0,25	1,10	ND	4,20	89,6	1,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,50	2,66	11,26	28	15,5	0,25	1,15	ND	4,20	184,9	7,70	ND	0,8	0,50	ND
	15		14,5	8,50	2,58	10,14	28	14,1	0,25	1,10	ND	3,64	196,1	5,60	ND	0,8	0,40	ND
	20		12,8	8,10	2,76	8,53	26	12,9	0,22	1,05	ND	3,64	268,9	ND	ND	0,8	0,43	ND
	25		12,1	8,15	2,54	8,05	25	14,7	0,23	1,05	ND	3,64	254,9	7,70	ND	0,8	0,48	ND
	30		11,8	8,10	2,56	8,05	25	13,5	0,25	1,05	ND	3,64	282,9	5,60	ND	1,1	0,48	ND
	40		11,0	8,50	2,64	7,89	26	15,3	0,25	1,05	ND	4,20	282,9	22,40	ND	1,3	0,51	ND
	60		9,8	7,95	2,80	8,89	24	16,5	0,25	1,05	ND	4,90	308,1	28,70	ND	1,3	0,48	ND
	80		8,8	7,85	3,60	5,63	24	18,0	0,40	1,10	ND	5,32	332,0	16,11	ND	2,9	1,28	ND

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del estudio se presentan agrupados en cinco subcapítulos principales correspondiente a las materias de que constó el trabajo: Parámetros físico-químicos, Fitoplancton, Zooplancton, Bacterias y Relaciones sintéticas.

4.1. Parámetros físicos y químicos.

Los resultados de los diferentes análisis físicos y químicos se exponen en la tabla nº 9. A continuación se interpretan y discuten estos resultados monográficamente para cada variable ambiental medida.

4.1.1. Parámetros físicos.

Se consideran básicamente como parámetros físicos los datos de transparencia del agua y temperatura medidos en en embalse.

4.1.1.1. Transparencia.

El factor luz es indudablemente el de mayor importancia en la distribución vertical de los organísmos planctónicos ya que es la fuente de energía principal para la comuni-

dad.

La figura nº 5 A indica la distribución de la visibilidad medida con disco de Secchi (metros de profundidad) lo cual es un buen indicador de la transparencia del agua y por tanto de la cantidad de luz que es suceptible de llegar al fitoplancton.

Debido a la imposibilidad de contar con un fotómetro subacuático, y de acuerdo con la importancia que tiene el contar siquiera con estimaciones aproximadas de la cantidad de luz que llegaba a cada profundidad de muestreo, se dedujo el porcentaje de luz que debiera llegar, si la extinción fuera uniforme en el perfil, desde la fórmula general:

$$I_z = I_0 \cdot e^{-uz}$$

donde el coeficiente de extinción $u = \frac{1 \cdot 7}{D_s}$

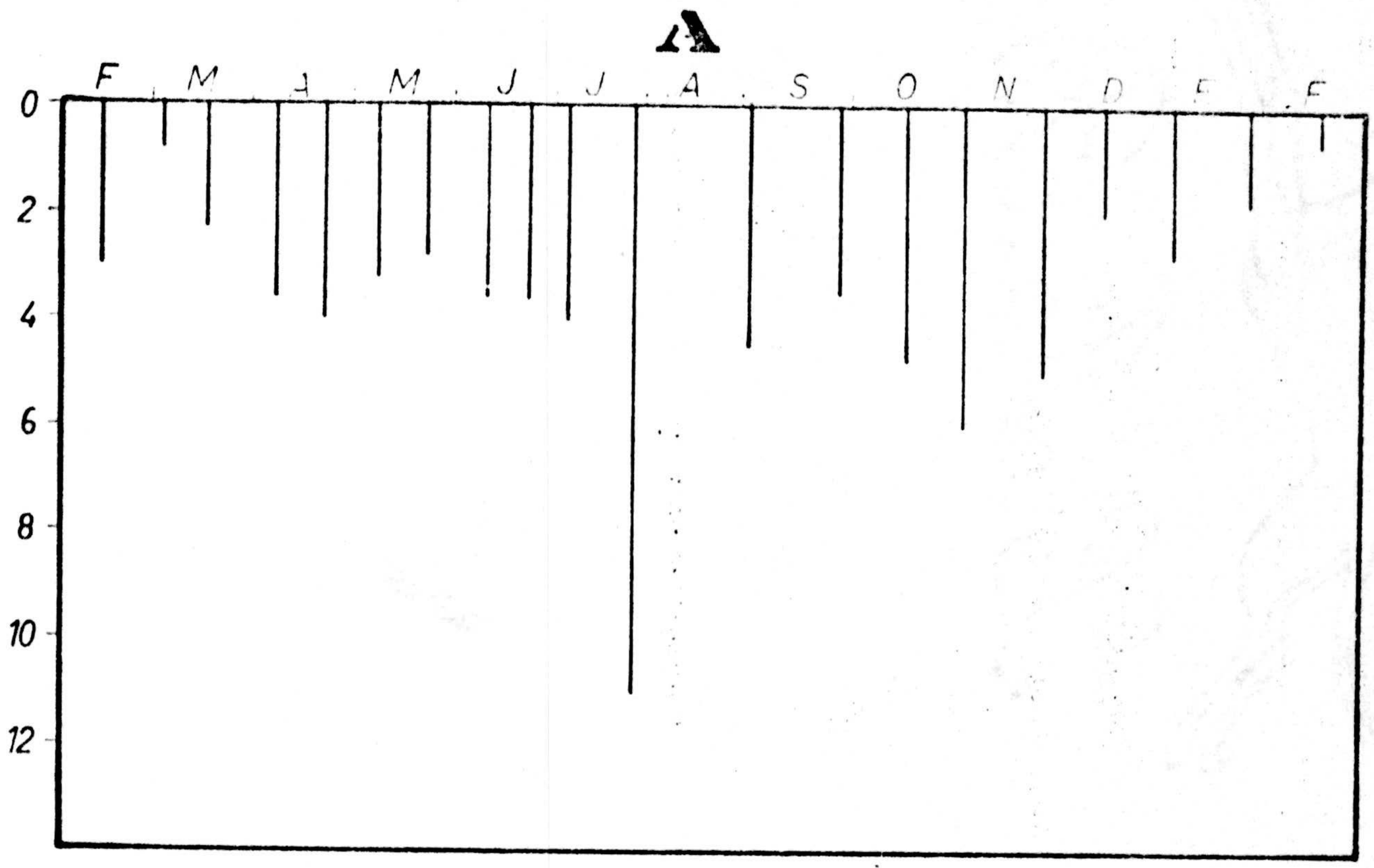
El valor de 1·7 como numerador en la expresión para calcular el coeficiente de extinción es muy generalizado en limnología y oceanografía y se ha calculado basándose en datos experimentales obtenidos en lagos y mares cercanos a la oligotrofia (Hutchinson, 1975), lo cual corresponde a las características de éste embalse. Margalef (1976), estima un valor de 2,3 para este término pero ello corresponde a los da-

Figura nº 5.

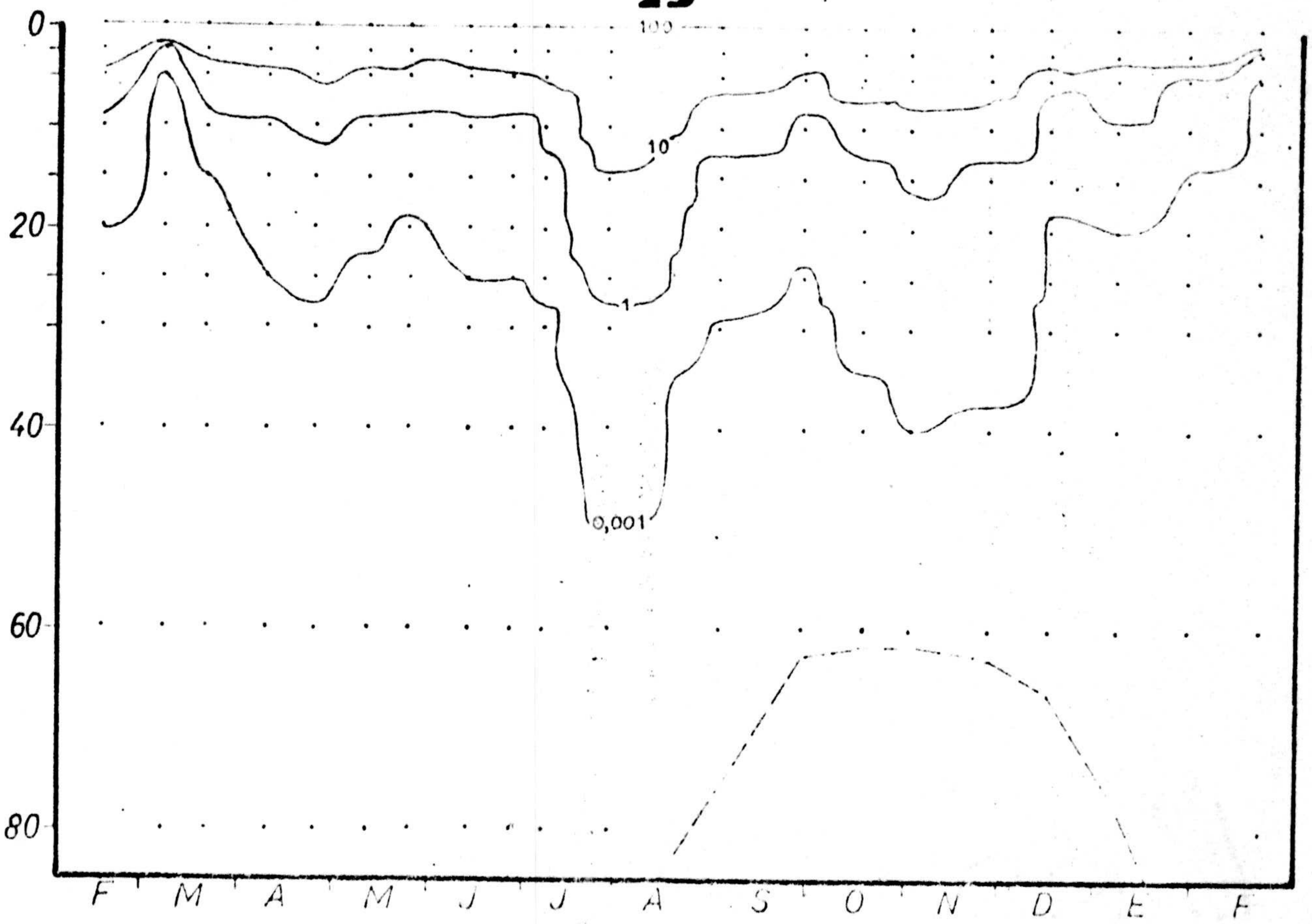
A. Visibilidad medida con el disco de Secchi.

En abscisas se indica el tiempo (primera letra del mes) y en ordenadas se señala la profundidad (metros).

B. Porcentaje de la luz existente en la superficie que llegaría a las profundidades de muestreo, suponiendo que la extinción es uniforme en el perfil vertical.


F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F
0
2
4
6
8
10
12

15


0
20
40
60
80
100
10
1
0,001
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

tos experimentales del promedio de los embalses españoles los cuales en general son más eutróficos que el embalse de Quentar.

Suponiendo que I_o vale 100 y D_s es la profundidad de visión a la profundidad z, se puede resolver la ecuación donde I_z representa la intensidad de luz a la profundidad z. La figura nº 5 B representa los valores de I_z calculados para cada profundidad muestrada durante todas las fechas del estudio.

Se observan las grandes variaciones existentes en la luminosidad a travez del año. El 6 de Marzo de 1978 y el 20 de Febrero de 1979 se obtienen los valores mínimos de visibilidad e iluminación. En ambas fechas la luz practicamente no llega a los 5 metros de profundidad ó sus valores son cercanos al 0,001% de la existente en la superficie. En cambio en los meses de verano, concretamente el 28 de Julio de 1978, la luz llega a más de 40 metros de profundidad, la visibilidad es de 11 metros con el disco de Secchi y a 40 metros hay 0,002% de iluminación de acuerdo al coeficiente de extinción estimado.

Para determinar en que medida la materia en suspensión ó la comunidad fitoplanctónica son los responsables de la menor transparencia del agua, se utilizó el cálculo de

los índices del estado trófico (TSI_D y $TSI_{clor.}$) de Shapiro y colaboradores (1975) para las diferentes fechas, utilizando los datos de profundidad de visión del disco de Secchi (TSI_D) y los valores medios de clorofila A ($TSI_{clor.}$) para las profundidades comprendidas en la zona de visión del disco.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo son:

$$TSI_D = 10 \left(6 - \frac{\ln D}{\ln 2}\right)$$

$$TSI_{clor.} = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln clor.}{\ln 2}\right)$$

donde $_D$ es la profundidad de visión del disco de Secchi, y clor, es la concentración media de clorofila ($\mu g/l$) en dicha zona.

La tabla nº 10 nos muestra los resultados de ambos índices. Cuando la diferencia entre los índices del estado trófico es mínima significa que la menor transparencia es debida al fitoplancton. Si las diferencias entre los valores es importante significa que la visibilidad esta afectada por partículas del seston mineral u orgánico. Procedimientos similares al señalado ha efectuado Toja (1979) en el embalse de Minilla (Sevilla, profundidad 30 m), y observa que sólo en contadas ocasiones, desde finales de Marzo a principios de Mayo, los TSI son semejantes lo cual indica que en esta épo-

TABLA Nº 10. Indices del Estado Trófico (TSI) para las diferentes fechas de muestreo, calculado según Shapiro y colaboradores (1975).

Fecha	$TSI_{clor.}$	TSI_{D}	Diferencia
1978			
18 Febrero	37,85	44,15	- 6,3
6 Marzo	36,33	64,15	-27,82
20 Marzo	41,08	47,98	- 6,9
10 Abril	52,71	41,52	11,19
25 Abril	43,24	39,99	3,25
11 Mayo	40,60	43,22	- 2,62
25 Mayo	45,87	45,41	0,46
13 Junio	43,46	41,52	1,94
26 Junio	40,17	41,52	- 1,35
7 Julio	34,42	39,99	- 5,57
28 Julio	22,05	25,40	- 3,35
2 Septiembre	42,49	38,30	4,19
29 Septiembre	43,94	41,92	2,02
17 Octubre	39,48	37,37	2,11
5 Noviembre	38,17	34,15	4,02
28 Noviembre	34,61	36,78	- 2,17
16 Diciembre	32,76	50,00	-17,24
1979			
6 Enero	30,95	45,14	-14,19
29 Enero	27,88	51,52	-23,64
20 Febrero	24,81	67,37	-42,56

ca el [illegible]ncton es responsable de la opacidad del agua.

En Quentar se distinguen importantes diferencias entre [illegible]s TSI durante los meses de invierno, las cuales están motiv[illegible] fundamentalmente por el seston mineral. Estas partículas [illegible] estónicas proceden de la erosión hídrica de los suelos d[illegible]a cuenca del embalse y de la mezcla invernal de la masa de agua, por acción del viento, que da como resultado una incorporación de fango y suelo del fondo y orillas. Una excepción es la diferencia positiva entre los TSI en la fecha de muestreo del 10 de Abril, la cual puede estar provocada por [illegible]l crecimiento primaveral del fitoplancton.

4.1.1.[illegible]emperatura.

Son notorias las variaciones de temperaturas existentes[illegible] el perfil vertical a lo largo del ciclo anual. Las tempe[illegible]as mínimas registradas fueron 7 ºC bajo los 10 metros de pro[illegible]ndidad, el 18 de Febrero y 6 de Marzo de 1978. Mientras la máxima fue de 21,8 ºC a 0 metro el dia 28 de Julio. Estos extremos corresponden aproximadamente a los valores registrados en un estudio similar efectuado en el embalse Cubillas por Martínez et al (1975).

[illegible]igura nº 6 muestra la variación respecto a la profund[illegible]y al tiempo de las temperaturas observadas. Se

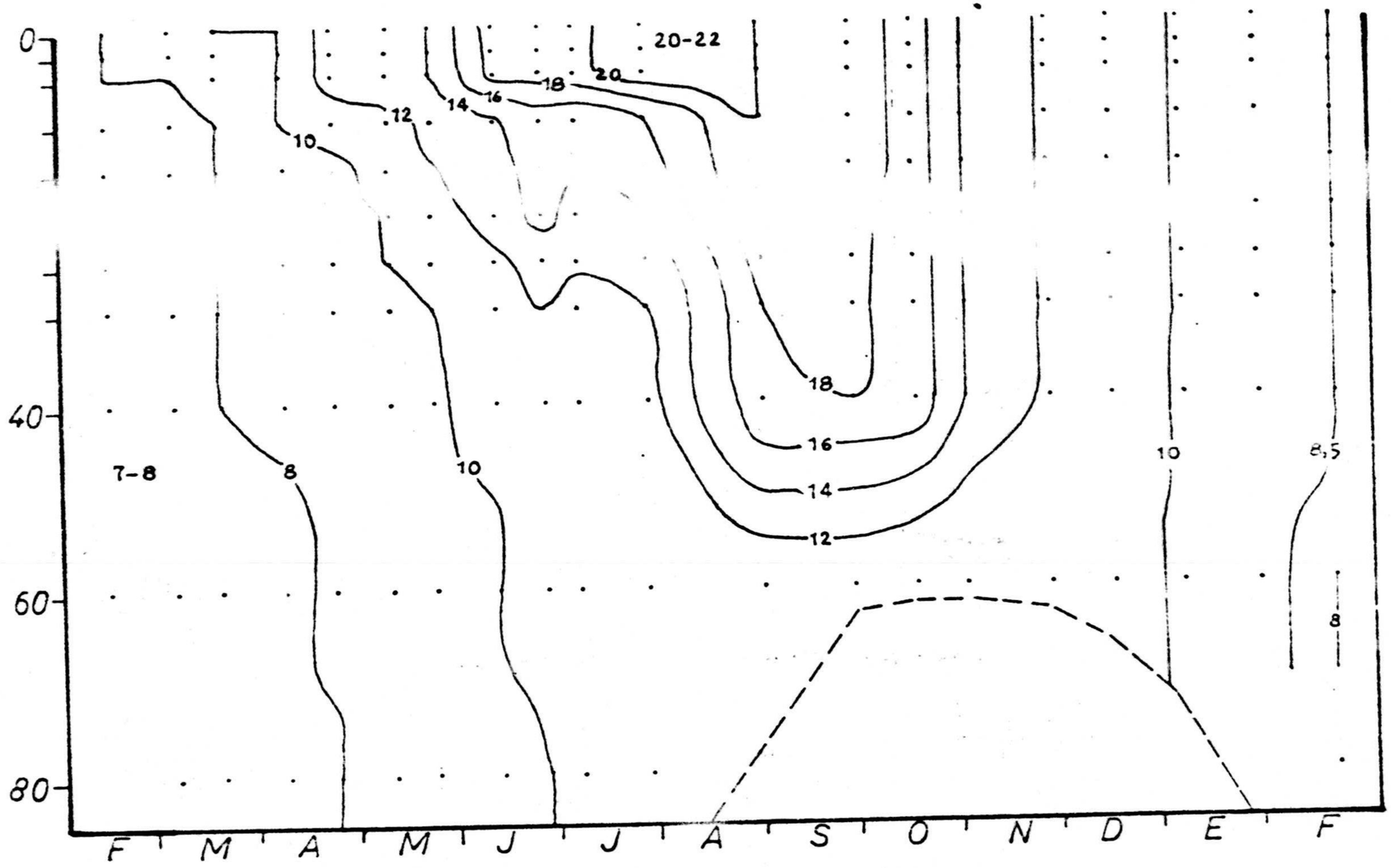
Figura nº 6.

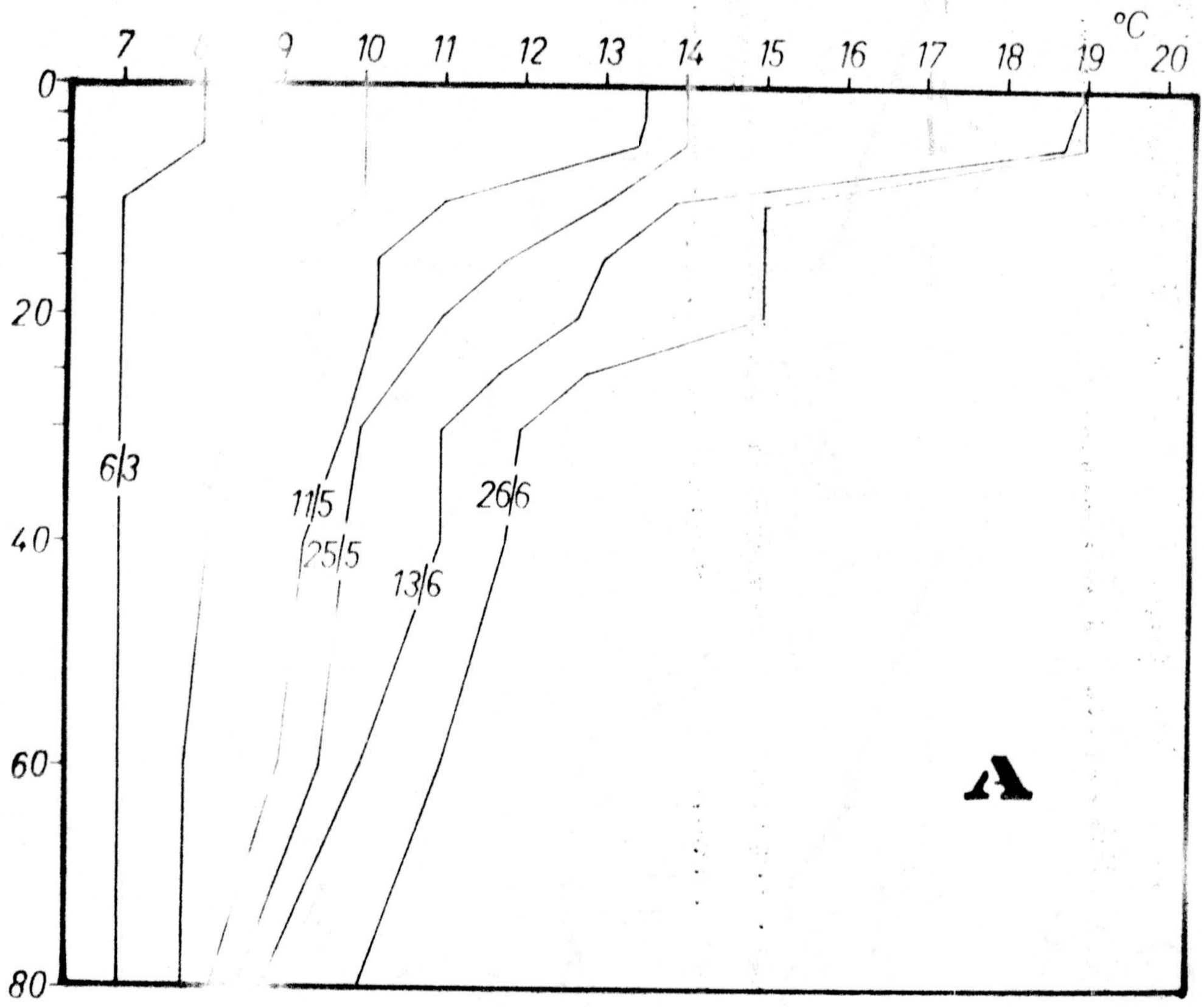
Isotermas (ºC) durante el ciclo anual. Profundidades en ordenadas y tiempo en abscisas.

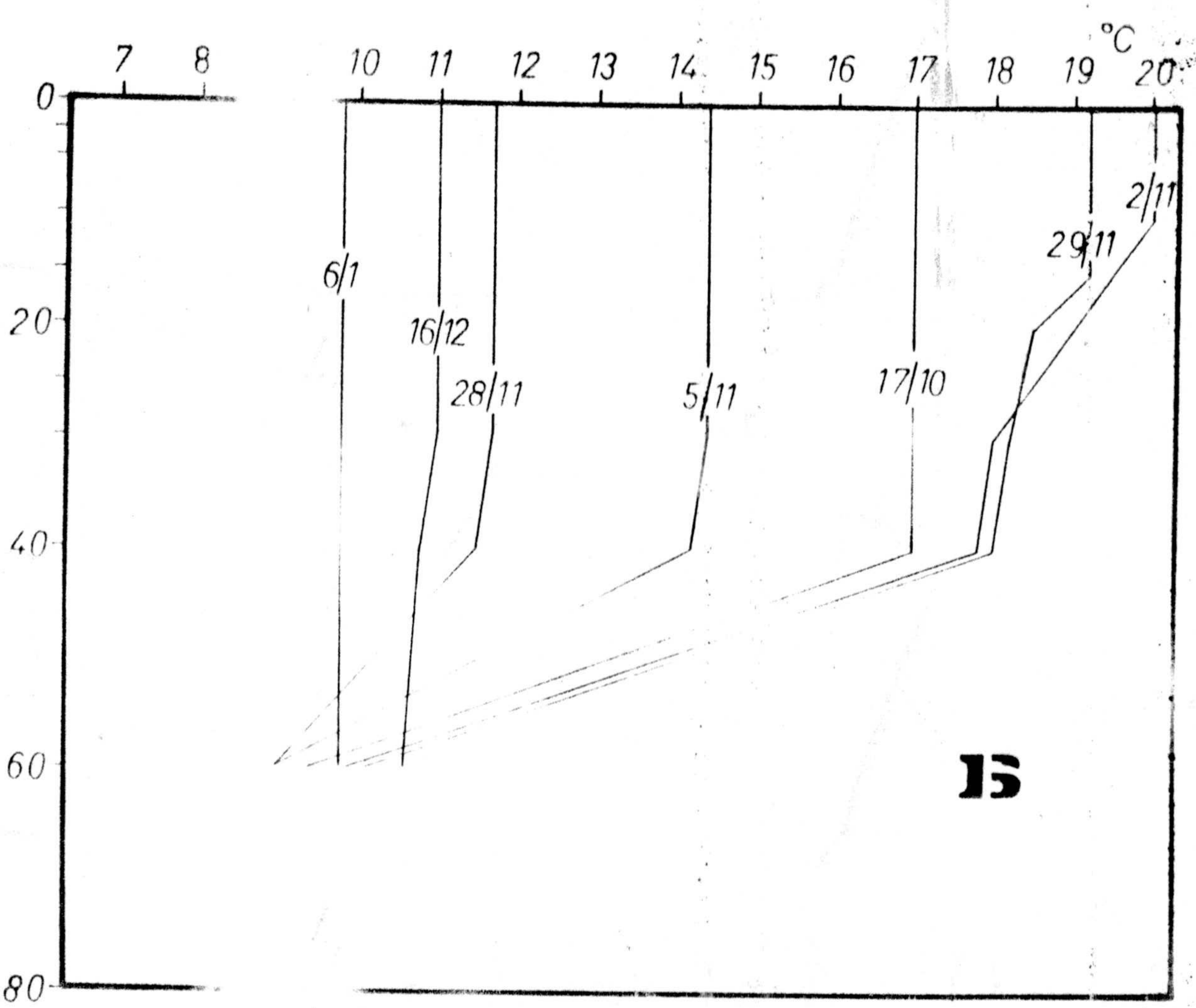
Figura nº 7.

A. Desarrollo de la estratificación y formación de termoclinas.

B. Desfiguración de la termoclina y mezcla.


0
40
60
80
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F
20-22
18
20
12
14
16
10
18
16
14
12
7-8
8
10
10
8,5
8


°C
7
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
0
20
40
60
80
6/3
11/5
25/5
13/6
26/6
A


°C
7
8
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
0
20
40
60
80
6/1
16/12
28/11
5/11
17/10
29/11
2/11
B

destaca en la figura el corto período de mezcla que existe en el embalse. Lógicamente en los meses de primavera-verano y otoño la estratificación es más marcada y en verano llega al máximo. Incluso en primavera-verano es posible detectar varias capas de agua de diferente temperatura lo que origina termoclinas múltiples, fenómeno que se escapa de las típicas isotermas que describe la bibliografía y que en los últimos años se ha detectado con mayor asiduidad en lagos y embalses por medio del termistor, el cual proporciona datos contínuos de temperatura en el perfil vertical.

A pesar de esta estratificación térmica casi permanente en el ciclo anual, es posible que exista mezcla por inversión de temperatura en invierno, al bajar las temperaturas en la superficie durante las noches, días ó semanas con fríos extremos de manera similar a los procesos descritos por Hutchinson y Löffler (1956) para los lagos polimícticos y oligomícticos.

En la figura nº 7-A se observa que la formación de la estratificación es bastante lenta, empezando en Marzo, hasta llegar a fines de verano-principios de otoño (29 de Septiembre y 17 de Octubre) a tener una estratificación más clara , donde se diferencia un epilimnion, un hipolimnion y un metalimnion con la correspondiente termoclina que se sitúa entre los 40 y 60 metros de profundidad. Esta estabiliza-

ción tardía de las capas calientes y frías debe estar influída por la extracción de agua por el fondo que se lleva a cabo durante todo el verano. Además, las aportaciones de los afluentes, que tienen temperaturas parecidas al epilimnion en el verano (tabla nº 1), no alcanzan a mezclarse con el hipolimnion.

El intercambio calórico del embalse con el ambiente es un aspecto interesante a considerar en un estudio limnológico. A continuación se realiza un cálculo estimativo de la cantidad de calor intercambiado entre invierno y verano por el método de comparación de perfiles térmicos extremos, que es la forma más corriente de calcular el intercambio calórico anual en una masa de agua (Margalef, 1974; Hutchinson 1975).

Se observa que los perfiles térmicos del 18 de Febrero y del 29 de Septiembre son los que representan mejor el calentamiento del agua que ocurre entre invierno y verano en una columna de agua de 1 cm^2 de sección que llega hasta los 80 metros de profundidad.

En la tabla nº 11 se detalla el cálculo del intercambio calórico por profundidades entre ambas fechas. El valor calculado de 45.160 cal/cm^2 para el calor invertido en calentar el agua en un año es altísimo si consideramos que

TABLA Nº 11. Intercambio de calor durante el ciclo anual en el embalse de Quentar por el método de comparación de perfiles térmicos extremos.

Profundidad	Fechas 1978		Factor de	Calor
	18/II	29/IX	Integración	Intercambiado
(m)	(ºC)		(cm)	(calorías)
0	8	21,8	100	1.380
2	8	21,6	250	3.400
5	8	21,2	400	5.280
10	7	16,0	500	4.500
15	7	15,0	500	4.000
20	7	14,0	500	3.500
25	7	13,0	500	3.000
30	7	12,0	750	3.750
40	7	11,5	1.500	6.750
60	7	10,8	2.000	7.600
80	7	9,0	1.000	3.000
TOTAL				45.160 cal/cm^2

en la literatura se cita el caso del lago Baikal (URSS) con 42.000 cal/cm^2 como un caso extremo (Hutchinson, 1975, tomo I) El alto valor teórico obtenido en Quentar es debido a las extremas condiciones climáticas existentes entre los meses de invierno y verano (tabla nº 3). En verano las temperaturas promedio diarias llegan a más de 25 ºC y hay alta insolación en la región. La temperatura máxima medida del aire en Julio alcanza 35,1 ºC. En cambio, en invierno las temperaturas medias bajan a cerca de 6 ºC. Hay que considerar las características del embalse y su cuenca, con paredes rocosas de buena conducción del calor. La presa de hormigón de bastante altura expuesta a las temperaturas ambientales y sin protección del sol. Esto último se comprueba por la temperatura que alcanza el agua. La entrada de los afluentes al embalse en primavera, llega a valores cercanos a los 20 ºC a pesar de originarse de fuentes de alta montaña y derretimiento de nieves. Se puede deducir de ésto que el embalse funciona como un resorvorio de calor en verano, donde la cuenca con sus arroyos equivalen a un panel colector de energía solar. Esta acción acumuladora de agua templada se ve acrecentada por la explotación, ya que no se extrae agua en verano de las capas superiores calientes y el desague ocurre por el hipolimnion frío. Además, está la acción mezcladora de la energía del viento que corre preferentemente en la dirección del estrecho y largo valle donde se ubica el vaso efectuando una distribución eficiente del calor hacia las capas profun-

das. Por último se debe mencionar que la presa de hormigón de 130 metros de altura,. se encuentra expuesta a las temperaturas ambientales y sin protección del sol por lo que también aporta calor por conducción.

En relación con las clasificaciones térmicas mencionadas para los lagos naturales, el régimen térmico del embalse de Quentar correspondería al de los lagos subtropicales (Yoshimura, 1936) ó a los lagos de segundo orden de Whipple (1898) con una tendencia a ser meromíctico en algunos años por su profundidad y morfología. También se podría clasificar como monomíctico (Yoshimura, 1936) ya que de acuerdo con las características descritas no es probable que la temperatura del hipolimnion baje hasta los 4 ºC en. invierno y en consecuencia cabe esperar que exista un solo período de mezcla, como ocurre en el periodo 1978-1979 estudiado.

La amplia variabilidad térmica estacional mantiene el carácter intermedio entre lago y río que define a los embalses, a pesar de la gran profundidad. Sólo las capas de agua profunda, menos expuesta a la acción de los agentes externos, tienen la posiblilidad de contar con un ambiente más estable y perdurable a lo largo del tiempo, siempre y cuando la explotación de estas capas profundas no sea más intensiva en los próximos años.

4.1.2. Parámetros químicos.

4.1.2.1. pH y alcalinidad.

El pH y la alcalinidad se consideran generalmente parámetros de proporcionalidad constante cuando se efectúan estudios en medios acuáticos: mar ó aguas dulces (Margalef, 1974, 1976). Pero no por esto dejan de tener variaciones en el espacio y en el tiempo. Lógicamente la amplitud de estas variaciones es menor que la de otras variables de orígen químico, más afectadas por la actividad biológica, como son los nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos), conocidos como elementos de proporcionalidad variable en el tiempo.

El embalse tiene un rango de pH ligeramente alcalino, siendo el mínimo registrado de 7,45 y el máximo de 8,6. Sin embargo la mayoría de los valores estan entre 7,8 y 8,3. En la figura nº 8 se representa la variación espacio-temporal. Los valores más bajos corresponden al hipolimnion a fines de la estación estival, coincidiendo con las concentraciones más bajas de oxígeno (fig. nº 10). Los valores superiores ocurren en primavera, sobre todo en el epilimnion, donde llegan los caudales de los arroyos afluentes, ricos en sales disueltas que contribuyen a aumentar el valor del pH.

El rango de valores del pH registrados, tanto en el embalse como en los arroyos, se asemeja a los obtenidos en algunos cursos de agua en un estudio de hidrología de la zona efectuado por Velilla (1976), el cual atribuye las variaciones fundamentalmente a diferencias geológicas, pero de acuerdo a los datos del presente estudio (tabla nº 1 y fig. nº 8) se puede deducir que también hay una fuerte variación estacional a lo largo del año. Esta variación se acentúa en el embalse por los diferentes procesos químicos y biológicos que ocurren en la masa de agua estancada.

La alcalinidad total medida con indicador mixto dió valores comprendidos entre 1,4 y 3,5 meq/l. No se detectó alcalinidad a la fenolftaleína, lo cual es lógico para el rango de pH que existe en las muestras. Esto indica que la reserva alcalina corresponde proncipalmente a bicarbonatos de acuerdo a las ecuaciones de equilibrio del anhídrido carbónico con la concentración de hidrogeniones existentes en el agua (Buch, 1933), dada la estrecha relación existente entre pH y alcalinidad.

En la figura nº 9 se observa que los valores más altos de alcalinidad existen en invierno-primavera, especialmente en 60 y 80 metros de profundidad donde llega a 3,1 - 3,5 meq/l, lo que podría deberse al mayor intercambio, entre el sedimento del fondo y paredes del embalse con el agua de

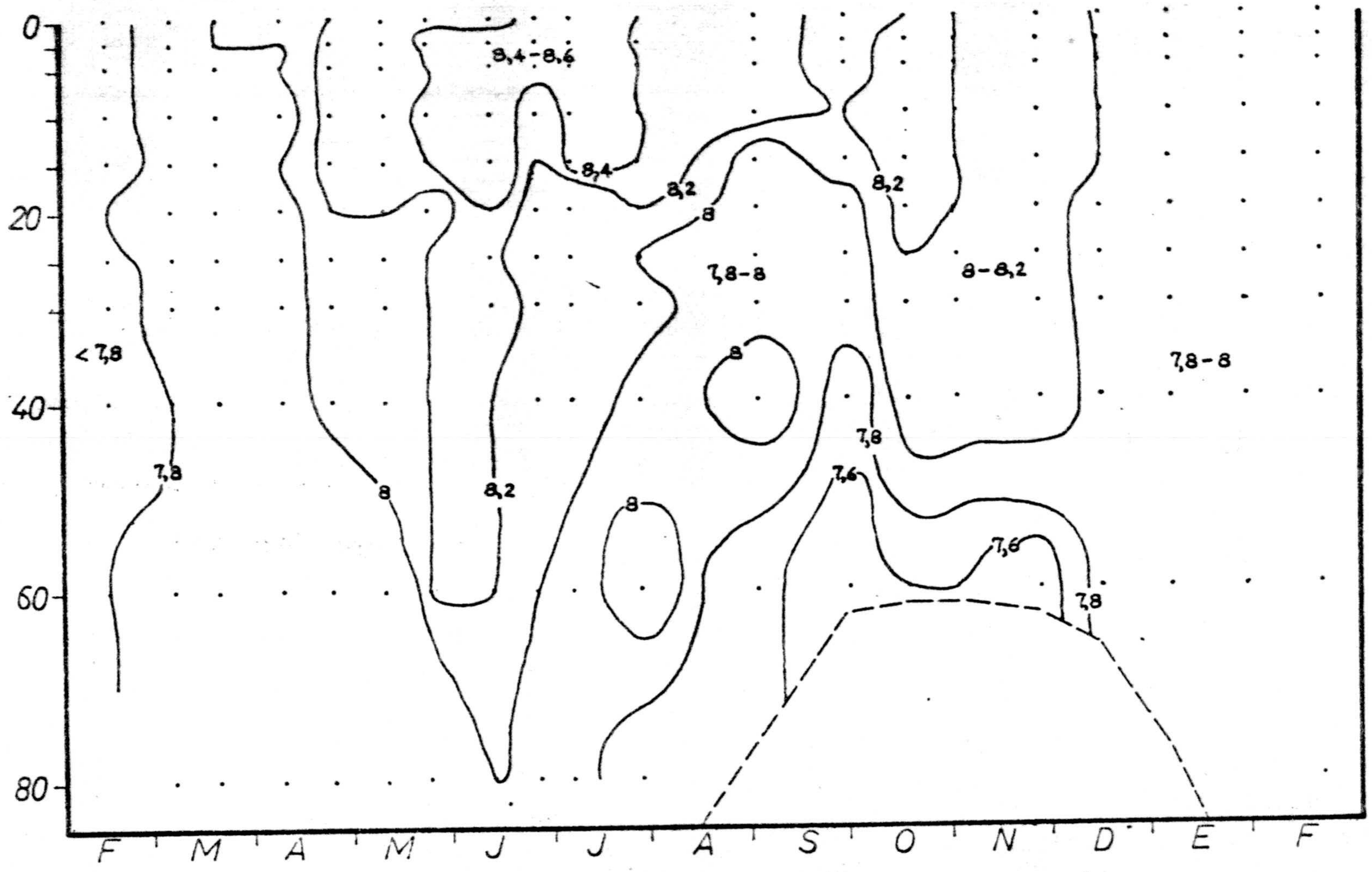


Figura nº 8. Variación espacio-temporal de los valores de pH.

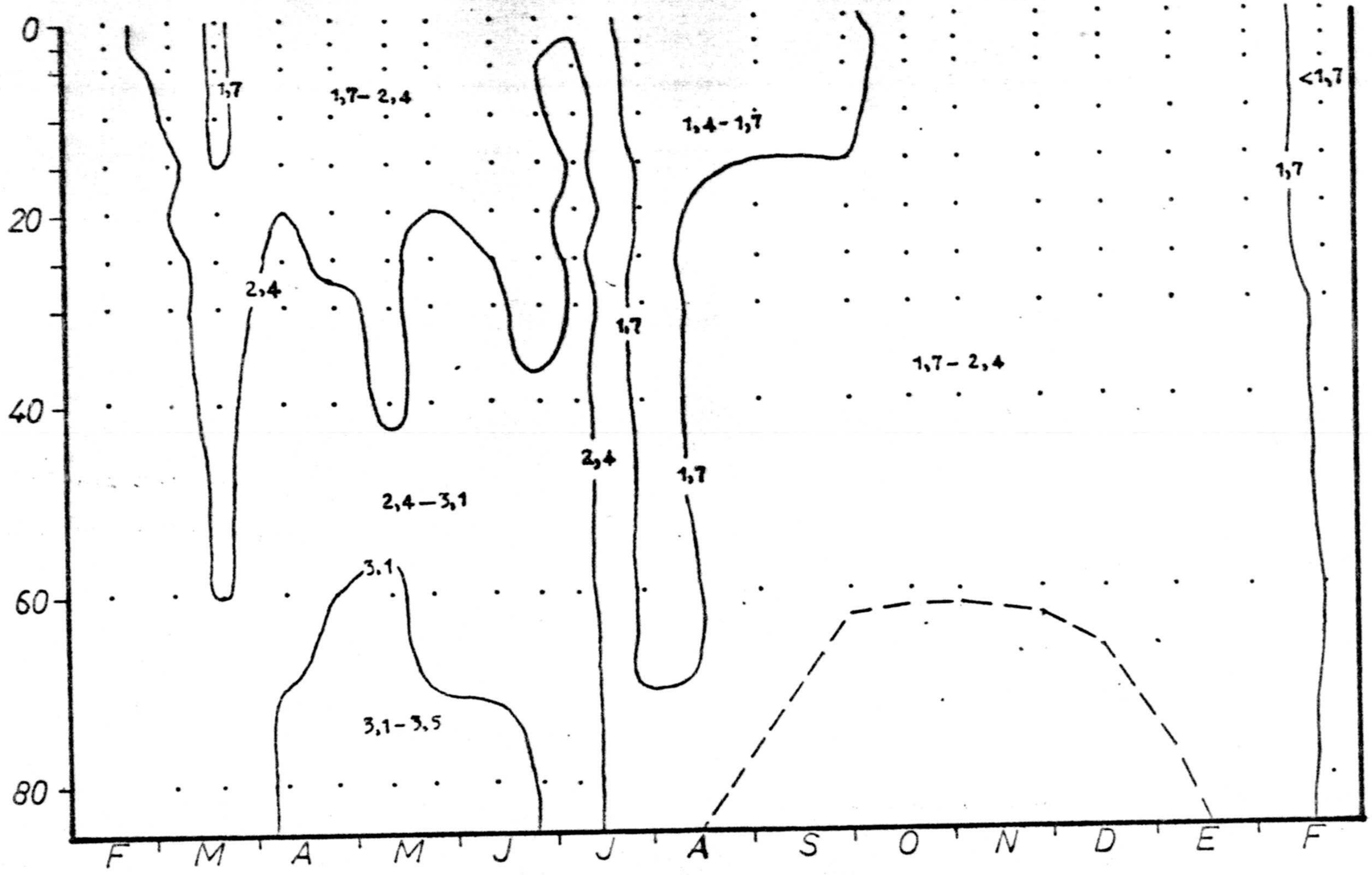


Figura nº 9. Variación espacio-temporal de la alcalinidad (meq/l)

estas profundidades, debido a una mayor turbulencia y a entradas de aportes fríos provenientes del derretimiento de nieves y escorrentías a baja temperatura.

Por otro lado se destaca que los valores mínimos ocurren en la época de estratificación de verano y se encuentran alrededor de 1,5 meq/l en las capas superiores lo que implica que la alcalinidad esta fuertemente relacionada con la estratificación térmica de verano, probablemente por la disminución de los materiales minerales y orgánicos en suspensión que debieran orgininar bicarbonato.

La influencia de los aportes externos y del seston autóctono sobre la alcalinidad se puede observar al comparar que los valores más altos de la alcalinidad coincide con los periodos de mezcla, del embalsamiento y de menor visibilidad.

4.1.2.2. Oxígeno.

En la figura nº 10 se representa la concentración de oxígeno en mg/l y el porcentaje de saturación de acuerdo con la temperatura del agua en ese momento. Ambas figuras muestran una estratificación del oxígeno a traves del perfil vertical durante el verano. Si observamos la figura nº 10-A, que representa el porcentaje de saturación de oxígeno, la estratificación se puede decir que ocurre durante todo el año

TABLA Nº 9. Resultados de los análisis físicos y químicos realizados en el embalse de Quentar.

Fecha	Profundidad m	Visibilidad m	Temperatura C	pH	Alcalinidad meq/l	Oxigeno mg O/l	Calcio mg Ca/l	Magnesio mg Mg/l	Potasio mg K/l	Sodio mg Na/l	Hierro mg Fe/l	Amonio ug N/l	Nitrato ug N/l	Nitrito ug N/l	Fosfato mg P/l	Silicato mg Si/l	Sulfato mg S/l	Sulfuro mg S/l
18/02/78	0	3,00	8,0	7,7	2,52	11,27	24	19,2	0,30	1,10	ND	1,68	67,2	12,61	3,10	2,8	0,32	ND
	2		8,0	7,7	2,52	11,27	24	23,1	1,40	1,10	ND	1,40	240,9	15,41	3,10	2,8	0,32	ND
	5		8,0	7,7	2,70	11,27	33	24,2	0,55	1,15	ND	1,68	176,5	13,31	3.10	2,7	0,40	ND
	10		7,0	7,7	2,90	11,27	38	19,7	0,35	1,00	ND	1,68	246,5	15,41	ND	2,7	0,45	ND
	15		7,0	7,6	2,84	9,66	40	19,9	0,33	1,15	ND	1,68	246,5	13,31	3,10	2,8	0,48	ND
	20		7,0	7,8	2,74	11,27	18	18,9	0,28	0,50	ND	1,68	285,7	6,30	ND	2,7	0,16	ND
	25		7,0	7,7	2,88	11,27	44	19,9	0,30	1,00	ND	0,70	133,3	11,20	3,10	2,9	0,45	ND
	30		7,0	7,7	2,96	11,27	29	21,3	0,25	1,10	ND	0,14	330,6	8,40	3,10	2,8	0,32	ND
	40		7,0	7,7	2,82	9,66	19	18,3	0,33	1,05	ND	0,28	254,9	8,40	3,10	2,7	0,24	ND
	60		7,0	7,8	2,94	8,05	33	26,6	0,37	1,00	0,1	0,28	361,4	7,70	3,00	2,8	0,32	ND
06/03/78	0	0,75	8,0	7,9	2,14	12,08	34	13,1	0,25	1,05	ND	1,40	288,5	7,70	7,74	3,0	0,80	ND
	2		8,0	7,9	2,16	11,27	36	14,6	0,30	1,10	0,1	1,40	333,3	7,00	3,10	2,6	0,80	ND
	5		8,0	7,9	2,20	10,78	36	16,1	0,31	1,00	ND	2,80	336,2	14,70	1,55	3,0	0,80	ND
	10		7,0	7,9	2,26	10,95	35	17,6	0,32	0,80	ND	1,40	334,8	15,41	1,55	2,8	0,80	ND
	15		7,0	7,9	2,54	11,10	17	9,1	0,12	0,50	ND	1,40	285,7	15,40	7,74	2,8	0,96	ND
	20		7,0	7,9	2,40	10,95	41	14,0	0,35	1,20	ND	0,28	346,0	21,71	1,55	2,8	0,80	ND
	25		7,0	7,9	2,64	9,66	40	17,2	0,37	1,20	ND	0,14	346,0	23,11	7,75	2,8	0,96	ND
	30		7,0	7,9	2,64	10,14	34	14,3	0,35	1,05	ND	0,28	215,7	31,50	1,55	2,3	0,80	ND
	40		7,0	7,8	2,60	9,49	31	14,9	0,37	1,20	ND	0,14	288,5	42,00	26,32	2,9	0,80	ND
	60		7,0	7,8	2,64	9,66	38	25,8	0,40	1,20	ND	2,80	367,0	57,41	13,90	2,7	0,80	0,25
	80		7,0	7,9	2,70	8,69	-	-	-	1,10	0,1	2,80	330,6	31,50	116,15	2,8	0,80	0,20
20/03/78	0	2,30	10,0	8,00	1,60	11,90	32	18,2	0,42	1,80	ND	0,14	344,6	7,70	13,93	3,0	0,32	ND
	2		9,5	8,00	1,54	11,10	27	16,2	0,30	1,60	ND	0,42	336,2	39,22	3,10	3,0	0,16	ND
	5		9,0	8,10	1,60	9,98	33	14,0	0,20	1,30	ND	0,28	357,2	9,1	1,55	3,0	0,45	ND
	10		8,0	7,95	1,58	9,49	29	14,9	0,30	1,70	ND	1,12	325,0	22,41	ND	3,0	0,48	ND
	15		8,0	7,90	1,72	9,33	28	15,5	0,35	1,60	ND	1,12	299,7	14,71	ND	3,0	0,48	ND
	20		8,0	7,90	2,04	9,98	37	16,4	0,35	1,25	ND	0,56	386,6	8,40	1,55	3,0	0,72	ND
	25		8,0	7,9	2,10	8,05	41	17,9	0,30	1,20	ND	0,14	288,5	8,40	1,55	2,6	1,09	ND
	30		8,0	8,0	2,0	8,69	24	19,2	0,45	1,40	ND	0,14	311,0	34,32	ND	2,8	0,72	ND
	40		8,0	8,0	2,2	9,01	24	20,4	0,50	1,75	ND	0,28	322,2	21,01	1,55	2,8	0,72	ND
	60		7,5	8,0	2,36	8,37	40	25,0	0,37	1,25	ND	0,28	389,4	13,31	ND	2,8	0,96	ND
	80		7,5	8,0	2,26	8,85	18	22,8	0,45	1,00	0,1	0,28	381,0	15,41	1,55	2,7	0,48	ND
10/04/78	0	3,60	10,0	7,9	2,28	10,63	22	12,6	0,25	1,10	ND	1,40	361,4	26,61	3,10	2,3	0,48	ND
	2		9,5	8,0	2,30	9,82	21	14,5	0,28	1,10	ND	0,56	299,8	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	5		10,0	8,0	2,22	10,14	21	15,9	0,27	1,10	ND	2,52	361,4	ND	ND	2,5	0,48	ND
	10		10,0	7,9	2,30	9,66	23	12,0	0,25	1,05	ND	1,12	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	15		9,2	8,0	2,24	9,82	21	11,8	0,25	1,05	ND	0,84	361,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	20		9,0	7,9	2,40	10,14	20	12,4	0,27	1,05	ND	0,56	339,0	9,10	ND	2,6	0,32	ND
	25		8,8	7,9	2,54	9,82	25	14,7	0,27	1,05	ND	0,14	389,4	ND	ND	2,6	0,48	ND
	30		8,3	7,9	2,86	9,01	20	13,9	0,30	1,00	ND	0,28	383,8	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	40		8,1	7,8	3,06	8,85	20	18,9	0,35	1,10	ND	0,28	361,4	7,70	3,10	2,3	0,72	ND
	60		7,8	7,9	3,02	9,01	20	17,7	2,10	1,25	ND	1,96	344,6	22,41	3,10	2,0	0,72	0,08
	80		7,8	7,7	3,20	8,66	20	18,7	0,40	1,10	0,05	1,68	310,9	26,61	3,10	2,2	0,80	0,08
25/04/78	0	4,00	13,0	8,2	2,44	11,27	32	19,4	0,25	1,05	ND	2,52	268,9	2,80	1,55	2,4	0,72	ND
	2		12,9	8,3	2,20	10,14	32	18,2	1,60	1,00	ND	0,56	333,3	2,80	1,55	2,3	0,72	ND
	5		12,8	8,3	2,42	9,66	26	15,8	0,17	0,85	ND	2,24	333,3	2,80	3,10	2,3	0,48	ND
	10		10,3	8,3	2,40	10,46	32	12.1	0,25	1,20	ND	2,24	299,7	2,80	3,10	2,3	0,56	ND
	15		9,8	8,3	2,28	10,30	32	13,1	0,25	1,05	ND	1,68	299,7	2,80	3,10	2,2	0,56	ND
	20		9,0	8,2	2,20	10,78	10	12,1	0,10	0,75	ND	0,56	308,1	ND	3,10	2,3	0,16	ND
	25		9,0	8,2	2,34	9,66	33	12,5	0,25	1,00	ND	0,14	389,4	ND	1,55	3,0	0,56	ND
	30		9,0	8,2	2,58	9,49	34	22,1	0,25	0,90	ND	0,56	389,4	ND	1,55	2,8	0,56	ND
	40		8,8	8,2	2,98	9,66	40	18,5	0,32	1,20	ND	0,56	403,4	ND	1,55	2,7	0,62	ND
	60		8,2	8,0	3,10	8,50	39	23,6	0,36	1,17	ND	1,12	386,6	ND	3,10	2,4	0,72	ND
	80		8,0	8,0	3,1	8,69	39	23,0	0,40	1,15	0,05	0,28	375,4	ND	1,55	3,0	0,64	0,055
11/05/78	0	3,20	13,5	8,20	2,44	10,62	23	19,8	0,23	1,05	ND	1,40	299,7	2,80	1,55	2,0	0,56	ND
	2		13,5	8,30	2,36	10,46	24	16,5	0,23	1,05	ND	0,28	268,9	2,80	1,55	1,7	0,56	ND
	5		13,4	8,30	2,42	10,30	23	12,00	0,23	1,00	ND	0,12	299,7	4,20	1,55	2,0	0,48	ND
	10		11,0	8,30	2,32	10,14	31	12,30	0,20	1,00	ND	1,68	308,1	5,60	0,93	1,8	0,48	ND
	15		10,2	8,30	2,42	9,98	22	13,80	0,23	1,00	ND	1,12	357,2	5,60	0,62	1,7	0,48	ND
	20		10,2	8,20	2,38	9,66	24	16,50	0,25	1,00	ND	0,56	358,6	2,80	0,62	2,1	0,56	ND
	25		10,0	8,10	2,34	9,49	31	14,90	0,20	1,00	ND	0,14	358,6	2,80	ND	2,3	0,56	ND
	30		9,8	8,08	2,20	9,17	24	14,10	0,22	1,00	ND	0,28	358,6	2,80	ND	2,4	0,45	ND
	40		9,3	8,03	2,28	9,01	21	15,90	0,22	1,00	ND	0,28	353,0	2,80	1,55	2,2	0,56	ND
	60		9,0	7,98	3,20	8,05	21	21,00	0,35	1,00	ND	1,68	344,6	7,00	ND	2,4	0,72	ND
	80		8,5	7,95	3,16	8,85	20	21,60	0,40	1,00	ND	1,68	333,4	7,00	10,84	2,9	0,72	ND
25/05/78	0	2,75	14,0	8,30	2,50	10,30	20	16,50	0,27	1,10	ND	0,14	215,7	7,00	7,74	1,3	0,32	ND
	2		14,0	8,50	2,44	9,49	20	15,10	0,27	1,10	ND	0,14	221,3	14,00	ND	1,5	0,32	ND
	5		14,0	8,40	2,55	9,66	20	15,10	0,25	1,10	ND	0,14	226,9	7,00	ND	1,1	0,32	ND
	10		13,0	8,50	2,56	9,49	22	13,80	0,23	1,10	ND	1,12	254,9	7,00	6,19	1,7	0,32	ND
	15		11,8	8,40	2,30	9,98	23	14,70	0,22	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	20		11,0	8,10	2,40	8,69	21	15,90	0,23	1,05	ND	0,56	268,9	7,00	4,65	1,7	0,32	ND
	25		10,5	8,20	2,60	9,01	23	15,90	0,25	1,10	ND	0,14	268,9	7,00	ND	2,0	0,48	ND
	30		10,0	8,20	2,52	8,37	20	13,80	2,50	1,05	ND	0,14	282,9	7,00	ND	2,0	0,61	ND
	40		9,8	8,20	2,68	9,33	22	15,30	0,50	1,05	0,15	0,14	282,9	7,00	3,10	2,0	0,56	ND
	60		9,5	8,20	2,92	8,85	20	17,70	0,30	1,05	ND	0,14	333,4	8,40	3,10	2,4	0,64	ND
	80		8,5	7,98	3,28	7,44	20	17,70	0,40	1,10	ND	0,14	333,4	14,00	10,84	2,7	0,80	ND
13/06/78	0	3,60	19,0	8,35	2,38	9,83	24	19,20	0,32	1,05	ND	0,70	254,9	9,10	ND	1,4	0,24	ND
	2		18,8	8,55	2,40	10,46	25	15,90	0,55	1,10	ND	0,35	299,7	22,41	ND	1,1	0,32	ND
	5		18,7	8,60	2,42	9,82	30	14,10	0,25	1,00	ND	11,20	254,9	8,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		13,9	8,60	2,28	9,98	25	18,60	0,22	1,00	ND	11,20	310,9	7,70	3,10	1,3	0,40	ND
	15		13,0	8,50	2,32	10,14	25	12,00	0,27	1,00	ND	3,92	196,1	7,70	ND	0,8	0,24	ND
	20		12,7	8,40	2,38	10,14	30	12,90	0,30	1,15	ND	3,92	196,1	7,70	ND	1,2	0,56	ND
	25		11,7	8,25	2,36	9,90	29	13,50	0,27	1,00	ND	3,64	299,7	7,70	4,65	1,8	0,56	ND
	30		11,0	8,33	2,64	9,66	25	15,90	0,25	1,00	ND	3,64	308,1	7,70	ND	1,8	0,40	ND
	40		11,0	8,20	2,68	9,98	25	15,90	0,45	1,35	ND	4,20	333,4	7,70	ND	2,1	0,48	ND
	60		10,0	8,20	2,52	9,33	33	14,90	0,30	1,00	ND	4,90	313,8	8,40	ND	2,1	0,45	ND
	80		8,8	8,00	3,50	7,73	30	19,50	0,52	1,15	0,05	5,46	358,6	13,3	ND	2,4	1,12	ND
26/06/78	0	3,60	19,0	8,50	2,04	12,08	28	14,1	0,25	1,10	ND	0,21	120,5	ND	ND	1,1	0,40	ND
	2		19,0	8,50	2,14	10,30	27	12,3	0,20	1,00	ND	0,56	114,9	ND	ND	0,8	0,37	ND
	5		19,0	8,50	2,38	10,30	26	15,3	0,25	1,10	ND	8,40	109,3	ND	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,20	2,18	11,42	27	14,9	0,25	1,15	ND	8,40	169,5	ND	ND	0,8	0,43	ND
	15		15,0	8,20	2,24	9,66	31	12,3	0,20	1,05	ND	7,28	231,1	ND	ND	1,0	0,32	ND
	20		15,0	8,00	2,12	10,62	31	14,9	0,22	1,05	ND	7,28	260,5	ND	ND	1,1	0,56	ND
	25		12,8	8,00	2,24	8,85	32	14,3	0,25	1,05	ND	7,28	291,3	ND	ND	1,3	0,56	ND
	30		12,0	7,80	2,08	8,32	33	13,7	0,22	0,90	ND	7,28	295,5	ND	ND	1,4	0,72	ND
	40		11,8	8,00	2,48	9,01	23	17,1	0,35	1,05	ND	8,40	299,7	ND	ND	2,0	0,48	ND
	60		11,0	8,00	2,50	9,33	26	12,9	0,25	0,95	ND	9,52	322,0	5,60	ND	1,8	0,45	ND
	80		10,0	8,00	3,06	6,59	24	21,9	0,40	1,10	ND	9,52	344,6	ND	ND	2,9	1,28	ND
07/07/78	0	4,00	19,5	8,45	2,24	11,26	30	15,5	0,25	1,10	ND	0,98	70,0	7,70	ND	0,8	0,40	ND
	2		19,5	8,50	2,40	9,50	27	16,2	0,25	1,10	ND	0,28	78,4	9,10	ND	0,7	0,43	ND
	5		19,5	8,50	2,50	9,17	28	13,8	0,25	1,10	ND	4,20	89,6	1,40	ND	0,8	0,56	ND
	10		15,0	8,50	2,66	11,26	28	15,5	0,25	1,15	ND	4,20	184,9	7,70	ND	0,8	0,50	ND
	15		14,5	8,50	2,58	10,14	28	14,1	0,25	1,10	ND	3,64	196,1	5,60	ND	0,8	0,40	ND
	20		12,8	8,10	2,76	8,53	26	12,9	0,22	1,05	ND	3,64	268,9	ND	ND	0,8	0,43	ND
	25		12,1	8,15	2,54	8,09	25	14,7	0,23	1,05	ND	3,64	254,9	7,70	ND	0,8	0,48	ND
	30		11,8	8,10	2,56	8,09	25	13,5	0,25	1,05	ND	3,64	282,9	5,60	ND	1,1	0,48	ND
	40		11,0	8,50	2,64	7,89	26	15,3	0,25	1,05	ND	4,20	282,9	22,40	ND	1,3	0,51	ND
	60		9,8	7,95	2,80	8,89	24	16,5	0,25	1,05	ND	4,90	308,1	28,70	ND	1,3	0,48	ND
	80		8,8	7,85	3,60	5,63	24	18,0	0,40	1,10	ND	5,32	332,0	16,11	ND	2,9	1,28	ND

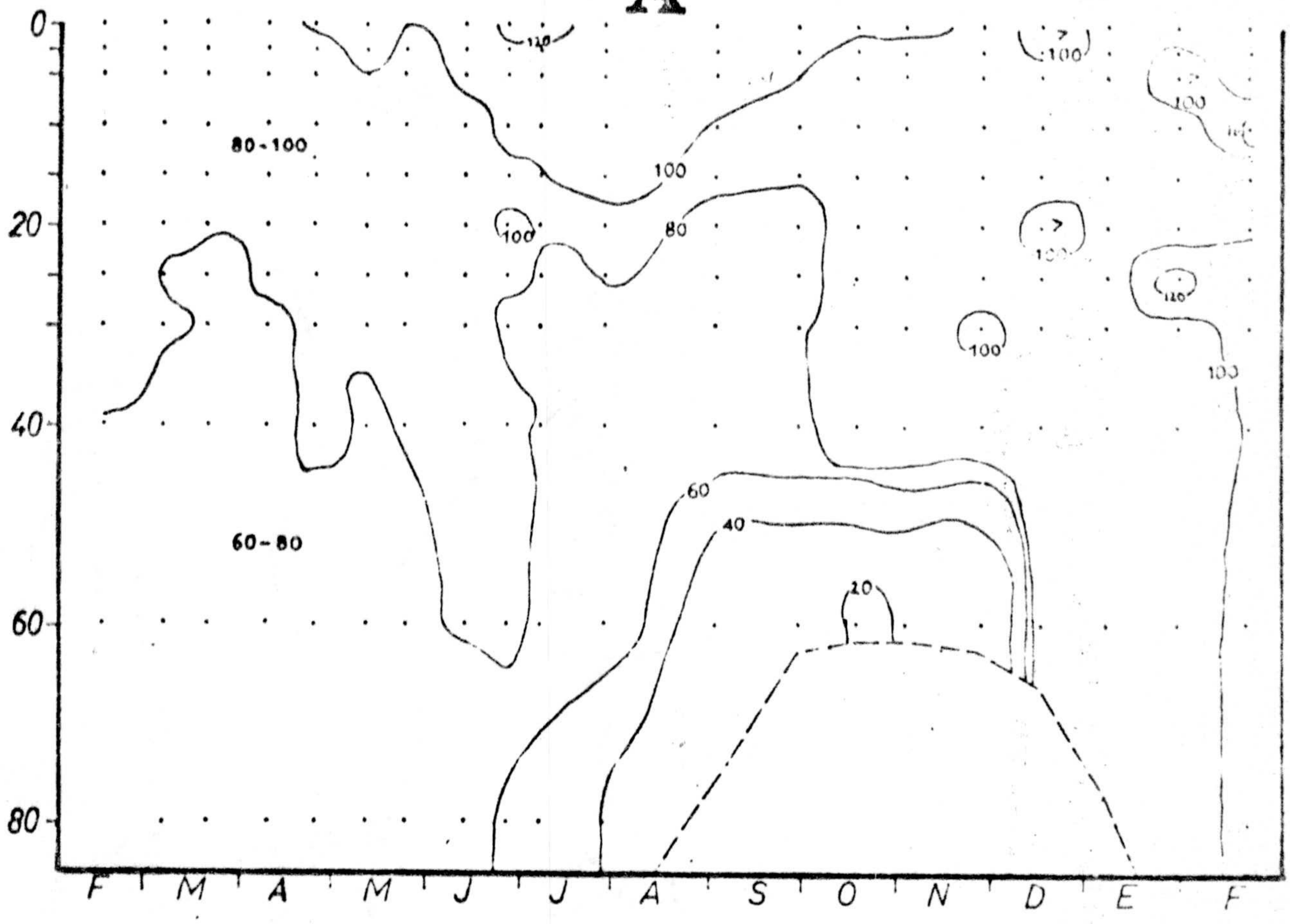
Figura nº 10.

Evolución espacio-temporal del oxígeno.

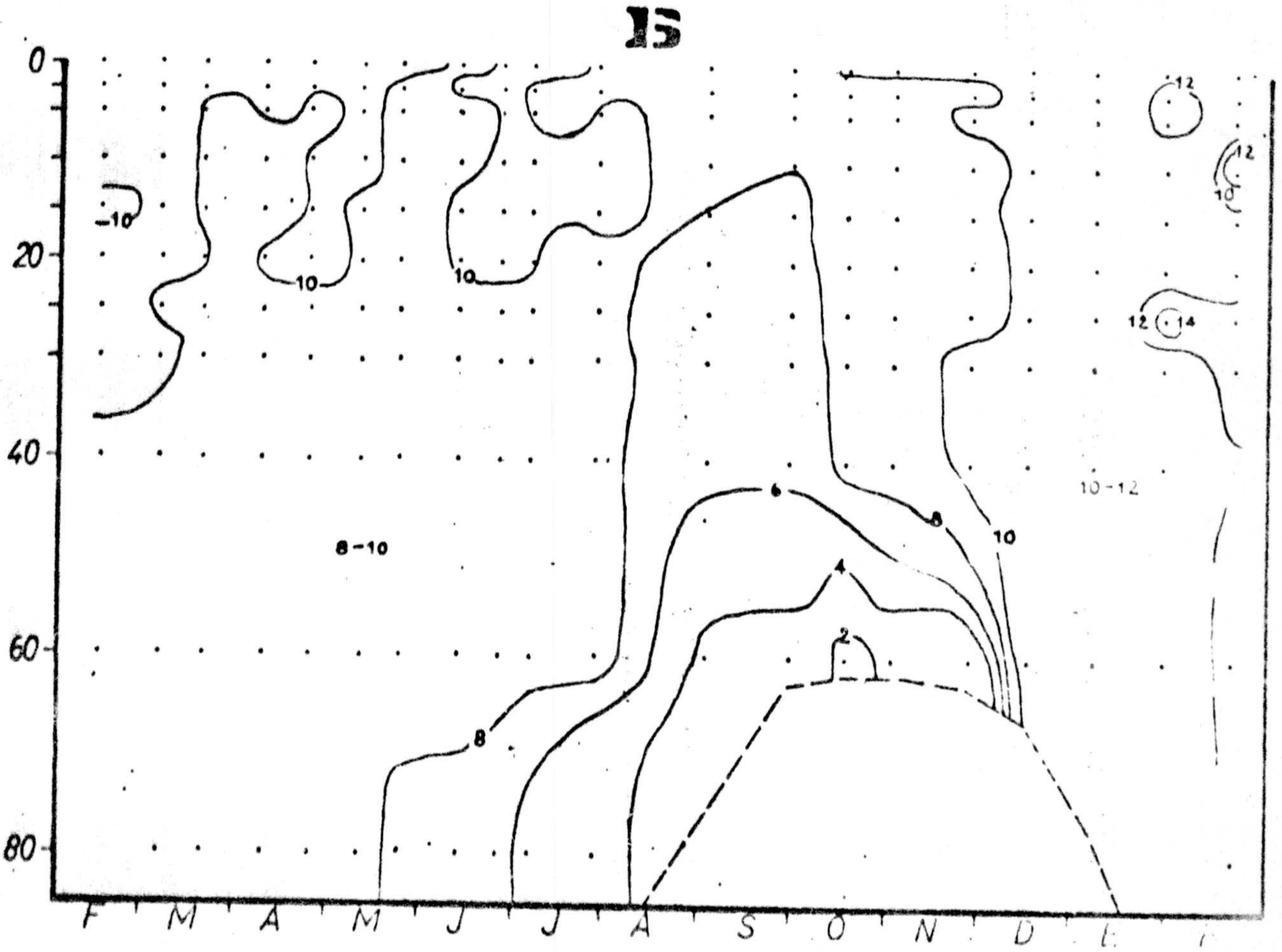
A. Expresado en porcentaje de saturación.

B. Expresado en miligramos por litro.

A


0
20
40
60
80
80-100
60-80
100
80
60
40
20
F M A M J J A S O N D E F

B


0
20
40
60
80
8-10
10-12
10
8
6
4
2
12
14
F M A M J J A S O N D E F

siendo en el verano más marcado, similar situación se mencionó al analizar las variaciones de la temperatura (4.1.1.2.)

La razón de encontrar en la superficie y en el epilimnion valores cercanos y superiores al 100% de saturación se debe a la acción directa del viento y a la fotosíntesis del fitoplancton que libera oxígeno gaseoso. Esto último ocurre sobre todo en primavera y comienzos de verano (26 de Julio y 7 de Julio) cuando la biomasa de algas es alta.

La concentración de oxígeno se encuentra casi permanenetemente estratificada. Por ejemplo en los meses de Febrero y Marzo de 1978 sólo hay 1 ºC de diferencia entre la temperatura de la superficie y la del fondo, y el embalse presenta un aspecto general de encontrarse mezclado, por la abundante materia en suspención observada durante los muestreos y demostrada con el cálculo de los índices del estado trófico (TSI). Además coincide con la agitación y entrada abundante de agua de los afluentes. Esta mezcla no se refleja en la concentración de oxígeno ya que no alcanza a difundirse a las capas inferiores ó si lo hace es en niveles que no son suficientes para llegar al 100% de saturación. La causa sería que el consumo por la oxidación de materia orgánica en dichas capas inferiores es mayor que el aporte atmosférico de las capas superficiales del embalse. En cambio, el 20 de Febrero de 1979 se detectaba una saturación

en prácticamente todo el perfil lo cual se debería a que en el mes de Enero de 1979 ocurrió una mezcla invernal completa en el embalse junto con una casi duplicación del volumen embalsado (tabla nº 4) alcanzando el perfil la misma temperatura para cada fecha, 9,8 ºC el 6 de Enero y 8,8 ºC el 29 de Enero, ambos del mismo año.

Una fuente potencial de materia orgánica que consumiría oxígeno es la constituída por los restos vegetales que quedaron sepultados al inundarse el antiguo valle del río Aguas Blancas para formar el reservorio y que ya se mencionó en el subcapítulo 2.2.5. A esto se debe sumar los nutrientes del suelo y el humus que se encuentra formando parte de las paredes y fondo del vaso actual del reservorio y los restos de los organísmos planctónicos que estan constantemente sedimentando.

Niveles mínimos de oxígeno se detectaron en el hipolimnion a fines de verano y otoño. El 17 de Octubre, a 60 metros de profundidad había 12,8% de saturación (1,46 mg/l de oxígeno), ó sea condiciones bastantes anóxicas, las cuales deben ser aún más extremas en las cercanías del fango bentónico. Durante el mes de Noviembre continúan las condiciones de escases de oxígeno y el 16 de Diciembre se aprecia un cambio hacia condiciones aeróbicas a esta profundidad.

De acuerdo con el esquema del Thienemann (1928), citado por Hutchinson (1975) pérdidas de oxígeno en el hipolimnion pueden ser causadas por: 1) respiración animal, 2) respiración vegetal (durante la noche ó en la zona situada por debajo del punto de compensación donde las algas que viven aquí actuarían como heterotrófas), 3) respiración bacteriana por la acción de descomposición sobre la materia orgánica sedimentada, 4) oxidación puramente química de la máteria orgánica en solución producida en el lago ó aportada del exterior.

En el caso de Quéntar puede haber un consumo de oxígeno por oxidación química de la materia orgánica en el hipo - limnion en verano, el cual se sumaría al consumo por respiración bacteriana. El número de bacterias heterotróficas detectados en el hipolimnion no fué elevado, como se verá más adelante, y por lo tanto tampoco su actividad lo sería.

4.1.2.3. Dureza y cationes principales.

La dureza es una medida típica de los diferentes usos del agua (industriales y urbanos).

Son múltiples las formas de expresar la dureza y depende del método analítico empleado por el autor, a pesar de que hay equivalencias entre las diferentes formas de expresión. Los resultados representados en la figura nº 11 se expresan en mg $CaCo_3$/l para la dureza .

La dureza fue medida por valoración con EDTA y usando Negro de Eriocromo T, por lo tanto mide todo los cationes que precipitan a pH 10 con EDTA (APHA, 1963). En realidad si existiera abundancia de otros cationes productores de dureza, se estarían incluyendo como concentración de magnesio, que se calcula por la diferencia entre la dureza y el calcio. Pero es muy raro que en aguas dulces naturales existan otros cationes en abundancia (excepto aguas contaminadas) y en las determinaciones efectuadas en Quéntar no se detectaron otros cationes abundantes que puedan afectar las determinaciones como se apreciará más adelante. Además se utilizaron inhibidores químicos de acuerdo con la metodología usada, son impedir la interferencia de posibles cationes extraños.

La dureza y los cationes principales son considerados también como parámetros de proporcionalidad constante en las aguas continentales, ya que están menos influenciados por las comunidades naturales. En cambio dependen más directamente de los equilibrios físico-químicos de las masas de agua, los intercambios sólido-liquido y los aportes de los afluentes.

Dureza

Los resultados de los análisis de dureza se representan en la figura nº 11. Se detecta un aumento de la dureza en la segunda mitad del año, estando el límite aproximadamente

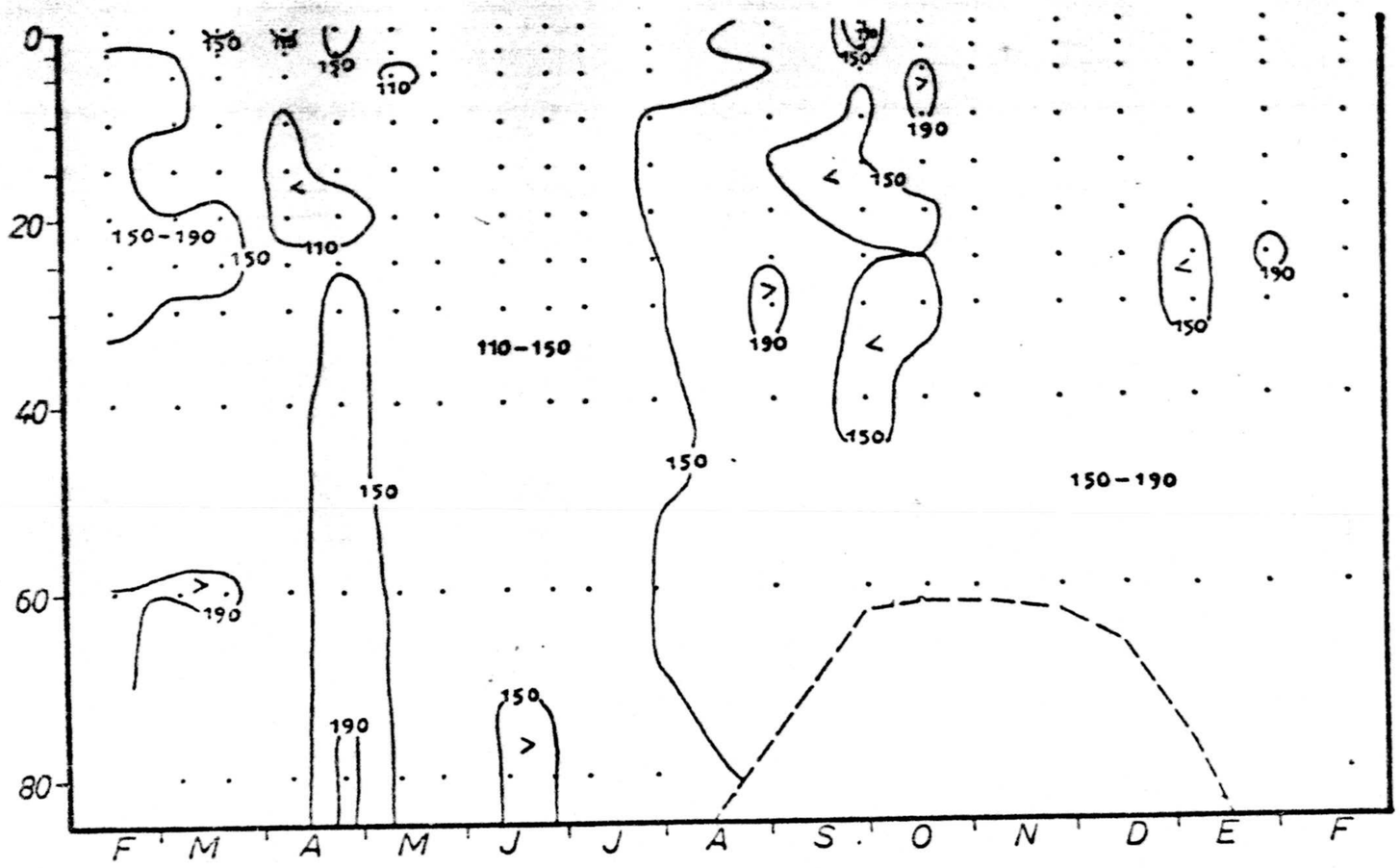


Fig.nº 11. Variación espacio-temporal de la dureza (mg $CaCO_3$/l)

en el mes de Agosto para los valores superiores a 150 mg/l ($CaCO_3$). También se observan aumentos esporádicos en las profundidades máximas (60 y 80 m), y en las fechas de Febrero y Marzo de 1978 en las profundidades comprendidas entre 2 y 30 m. Estos aumentos esporádicos podrían depender de los aportes externos y de la mezcla invernal, al igual que lo observados en los meses de Abril y Mayo.

A fines de verano, se detectan disminuciones en la dureza para algunas profundidades del epilimnion (29 de Septiembre y 17 de Octubre) lo cual podría deberse a agotamiento por consumo de los organismos y sedimentación sestónica. El transporte vertical por absorción y coprecipitación debido a la sedimentación sestónica puede ser importante mecanismo de remoción de cationes y nutrientes de la capa tropogénica (Wetzel y White, 1975).

Otra forma de interpretar el ciclo anual de la dureza puede ser en función del tiempo de residencia del agua en el embalse. El agua tiene un efecto disolvente sobre las paredes y fondos del embalse. A ello hay que sumar la acción disolvente de orígen biológico (algas, bacterias) que meteorizan las rocas.

Son numerosos los orígenes que desgastan los sustratos calcáreos (Carriker et al, 1969).

Calcio

Debido a la geología de la zona, abundante en rocas calcáreas, sobre todo en el vaso del embalse el calcio aparece como catión dominante (subcapítulo 2.2.2.).

El nivel máximo medido es de 44 mg Ca/l y fue registrado el 6 de Enero de 1979 a 2 m de profundidad. El valor mínimo correspondió a 10 mg Ca/l y fue registrado el 29 de Septiembre a 0 m, a finales del período de estratificación estival. La distribución anual y en profundidad de los valores expuestos en la tabla nº 9 se representan en la figura nº 12. El valor medio para todos los análisis fue de 29,6 mg Ca/l. Ello está de acuerdo con las características de otros embalses pertenencientes al grupo de los "embalses mineralizados" ó de la España caliza (Margalef y colaboradores, 1976).

El comportamiento del calcio en el ciclo anual sigue lo ya explicado para la dureza, las isopletas presentan un aspecto diferente en la figura nº 11 correspondiente a la dureza, ya discutida, y se debe a los diferentes rangos de las isolíneas, pero se alcanza a distinguir la separación entre los valores dominantes de antes del verano ó primera mitad del año (zona de 20 a 28 mg Ca/l), desde fines de Julio de 1978 a Enero de 1979 aporximadamente. Esto significaría que los niveles de calcio soluble aumentaron en el embalse.

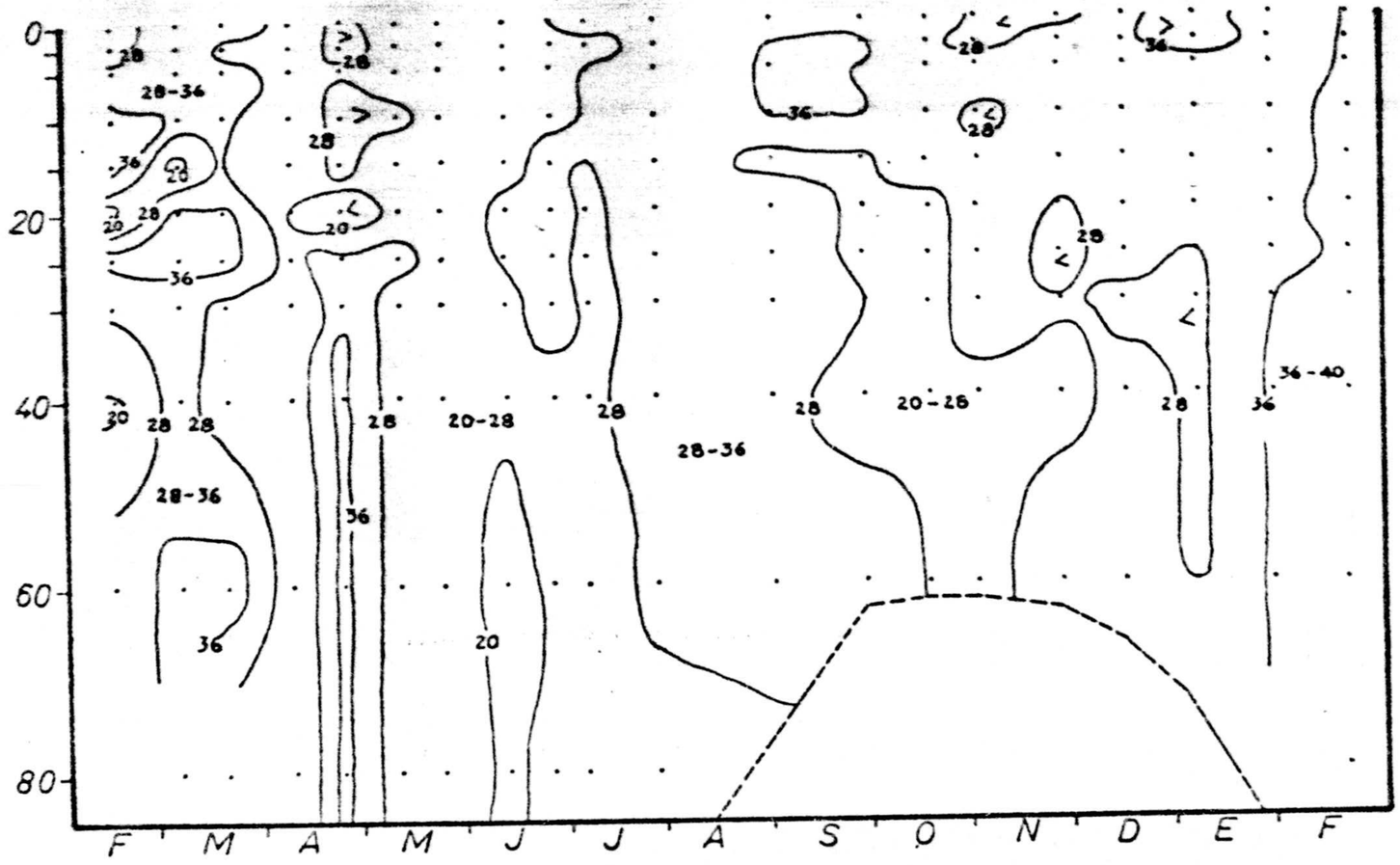


Fig.nº 12. Variación espacio-temporal de las concentraciones de calcio (mg Ca/l)

por los equilibrios con las fases sólidas en contacto. Rea - firmándose la hipótesis ya planteada de que siendo la cuenca y el vaso ricos en minerales de calcio es posible que por el aumento de la temperatura y el tiempo de residencia de las aguas en el período primavera-otoño se produzca una mayor solubilización. Consideremos que la solubilidad del $CaCo_3$ es a 18º C de $1x10^{-8}$ y a 25ºC es $6x10^{-8}$, ó sea aumenta varias veces de valor en las capas de agua caliente en relación con las capas de agua más frías. Posteriormente a partir de Septiembre-Octubre se detectan valores inferiores al rango 28 - 36 mg Ca/l, lo cual puede deberse a perturbaciones por inicio del período de mezcla otoñal y aportes exteriores. El aumento en todo el perfil en Febrero de 1979, y en algunas profundidades de Enero del mismo año se debería tambien a la mezcla y aportes externos de modo similar a lo sucedido con otros aniones en esta época de invierno.

Magnesio

La figura nº 13 representa la variación observada en la distribución del magnesio expresada en mg · Mg/l. El comportamiento espacio-temporal del magnesio presenta un aspecto similar al del calcio y al de la dureza en el sentido que una linea divisoria de valor 7 mg·Mg/l separa los valores de la primera mitad del ciclo (Febrero-Agosto 1978) con los de la segunda mitad del ciclo (Septiembre-Febrero 1979).

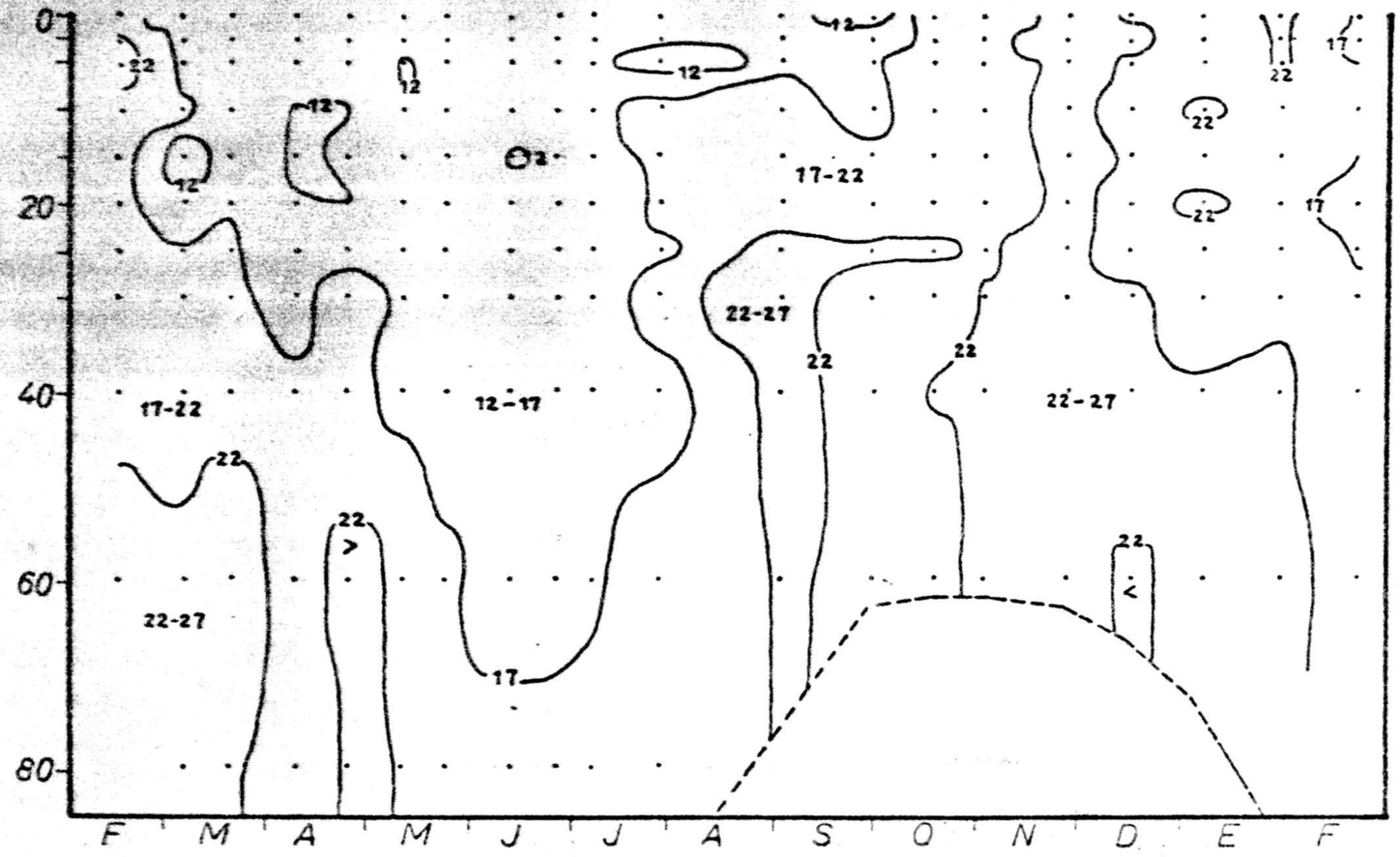


Fig.nº 13. Variación espacio-temporal de las concentraciones de magnesio (mg Mg/l)

También se observan aumentos en la concentración con la profundidad en la primera mitad del año. En Febrero de 1978 este aumento llega a todas las profundidades siendo el rango de las concentraciones de 17 a 22 mg/l. A medida que avanza la primavera, las concentraciones de 17 a 22 mg Mg/l y mayores de 22 mg Mg/l, se van desplazando hacia las máximas profundidades. Con la llegada del verano se produce nuevamente un aumento de la cantidad de magnesio en todo el perfil, dibujándose la línea divisoria ya mencionada para la dureza y calcio. A principios de Septiembre cuando el embalse se encuentra plenamente estratificado se distingue también claramente una estratificación del magnesio. De 0 a 5 metros de profundidad hay concentraciones inferiores a 17 mg Mg/l, de 10 a 20 metros, concentraciones de 17 a 22 mg Mg/l y bajo los 25 metros de profundidad concentraciones de 22 a 27 mg Mg/l.

Los valores promedios mundiales de las zonas estudiadas por Hutchinson (1975) para las relaciones calcio y magnesio en aguas de baja salinidad es de 3,4:1 y en los ríos de 3,6:1. En Quentar la concentración media fue de 18,22 mg Mg/l, por lo tanto esta razón Ca:Mg toma valores cercanos a 1,6:1. Esto confirma lo encontrado por Velilla (1976), que al analizar algunos cursos de aguas corrientes de la hoya del río Aguas Blancas encuentra varias muestras con predominio de facie catiónicas magnésicas.

La concentración máxima de magnesio encontrado durante el muestreo fue 28,1 mg·Mg/l. La concentración mínima fue de 3,5 mg·Mg/l. Este último valor, bastante bajo, se situaba en la profundidad de 2 metros a fines de verano (29 de Septiembre). A 0 metro también había un valor similar. Esto indica que el magnesio tendría un comportamiento de bastante variabilidad en el perfil vertical de un embalse profundo durante la estratificación, con disminuciones importantes en las capas superiores.

Hutchinson (1975) menciona que el magnesio y el potasio en solución tienden a disminuir su concentración en relación al contenido de orígen en la cuenca, mientras que el calcio y el sodio tienden a enriquecerse. En Quentar las capas de menor renovación en esta fecha (29 de Septiembre) son las del epilimnion, que incluye a 0 y 2 metros, ya que la extracción de agua del embalse ha sido por el fondo, no afectando a las capas superiores.

4.1.2.4. Potasio

Los valores de la concentración de potasio obtenidos de los análisis efectuados con el fotómetro de llama, en mg·K/l, se expresan en la tabla nº 9 y se representan en la figura nº 14.

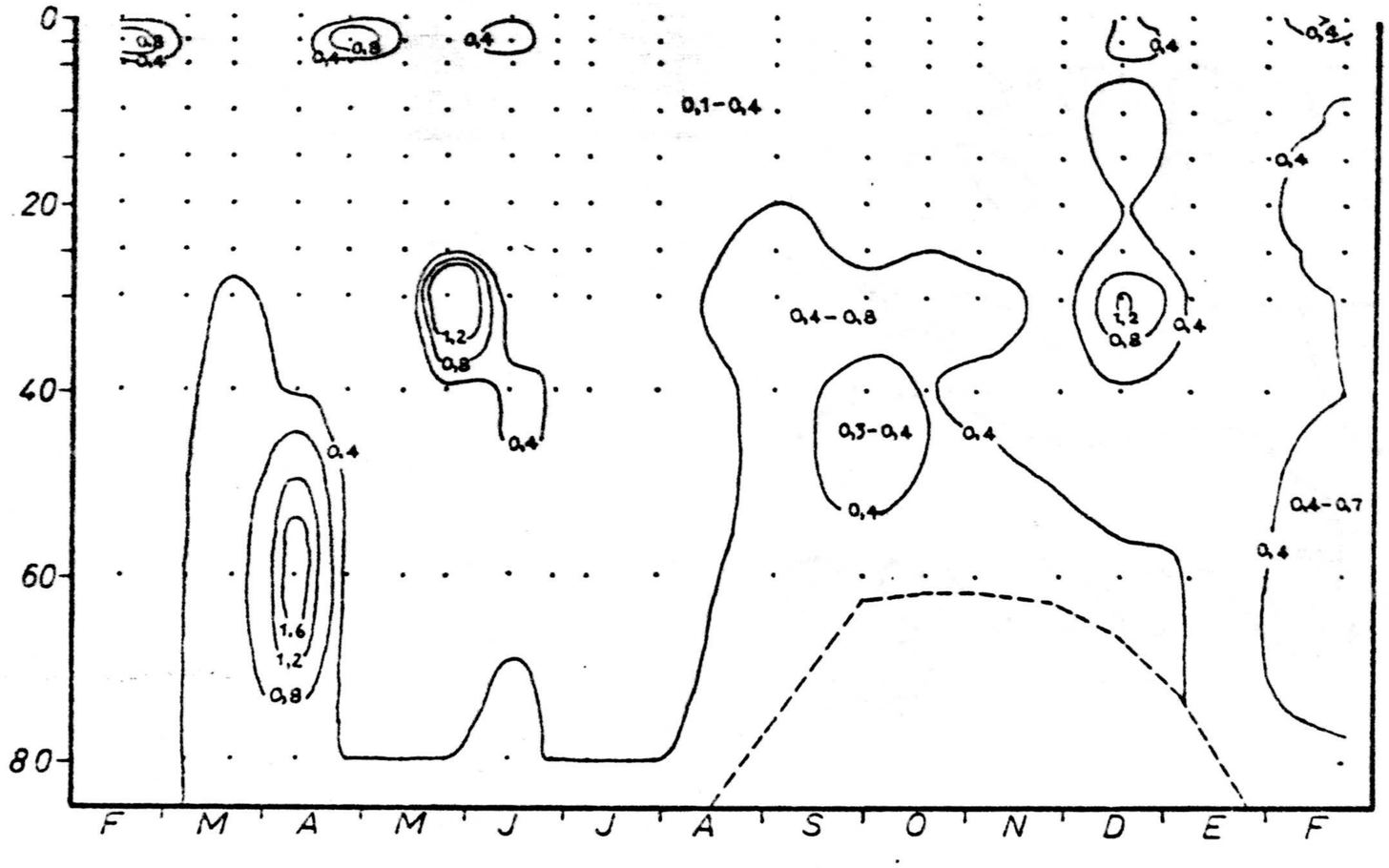


Fig.nº 14 Variación espacio-temporal de las concentraciones de potasio (mg K/l)

En general las concentraciones aumentan con la profundidad y se encuentran separadas por una isolínea de 0,4 mg K/l, que sufre variaciones en profundidad a lo largo del ciclo. Salvo pequeños núcleos aislados, las concentraciones son menores de 0,4 mg K/l a profundidades superficiales y mayores hacia el fondo. El límite marcado por la isolínea de 0,4 mg K/l alcanza su mayor profundidad de Abril a Julio, en que se situúa hacia los 80 m. El 20 de Marzo sube hasta los 30 m y el 2 de Septiembre y 5 de Noviembre hasta los 20 y 25 m, lo cual se debería posiblemente a variaciones del nivel del agua con respecto al fondo, con la consiguiente influencia sobre la concentración de K en las profundidades cercanas al fondo muestreadas. Esta línea sólo se interrumpe cuando el embalse se encuentra igualado en sus temperaturas verticales y por lo tanto hay mezcla (Febrero 1978-Enero 1979).

Los pequeños núcleos con mayores concentraciones de potasio existentes en la zona superior, de 0,1 a 0,4 mg K/l, se deberían a la turbulencia del embalse en los meses en que estratificación térmica no está completamente lograda.

En general las concentraciones de K detectadas son bastante bajas si pensamos que es catalogado como un elemento mayor en las aguas dulces (Golterman, 1971; Hutchinson, 1975) junto al calcio, magnesio, y sodio. La media y desviación en los embalses españoles estudiados por Margalef et al(1976)son de

1,48 y de 2,13 mg/l respectivamente, lo que indica que presenta una alta variabilidad en sus concentraciones en España. En todo caso, Quéntar se encuentra en el grupo de embalses de bajo nivel de K si comparan los resultados obtenidos con los reseñados por este autor, ya que la media fue de 0,361 mg/l.

Höll (1951) sugiere que en algunos lagos de alta productividad habría tendencia a un enriquecimiento en K, mientras disminuiría la concentración de calcio. Por ser Quéntar un embalse joven es posible esperar mayores aumentos en el futuro de este catión.

4.1.2.5. Sodio

La figura nº 15 nos muestra la distribución del Sodio durante el ciclo anual. Se distinguen algunas variaciones en las fechas de muestreo respecto a los valores dominantes durante el estudio que se sitúan en el rango de 1 a 1,2 mg Na/l.

En los meses de Febrero a Marzo de 1978 se observan variaciones espacio-temporales que serían causadas por la mayor turbulencia y agitación. Al comenzar Abril y hasta Julio se distinguen algunos núcleos aislados donde las concentraciones estan algo inferiores o superiores al rango general de 1 a 1,2 mg Na/l.

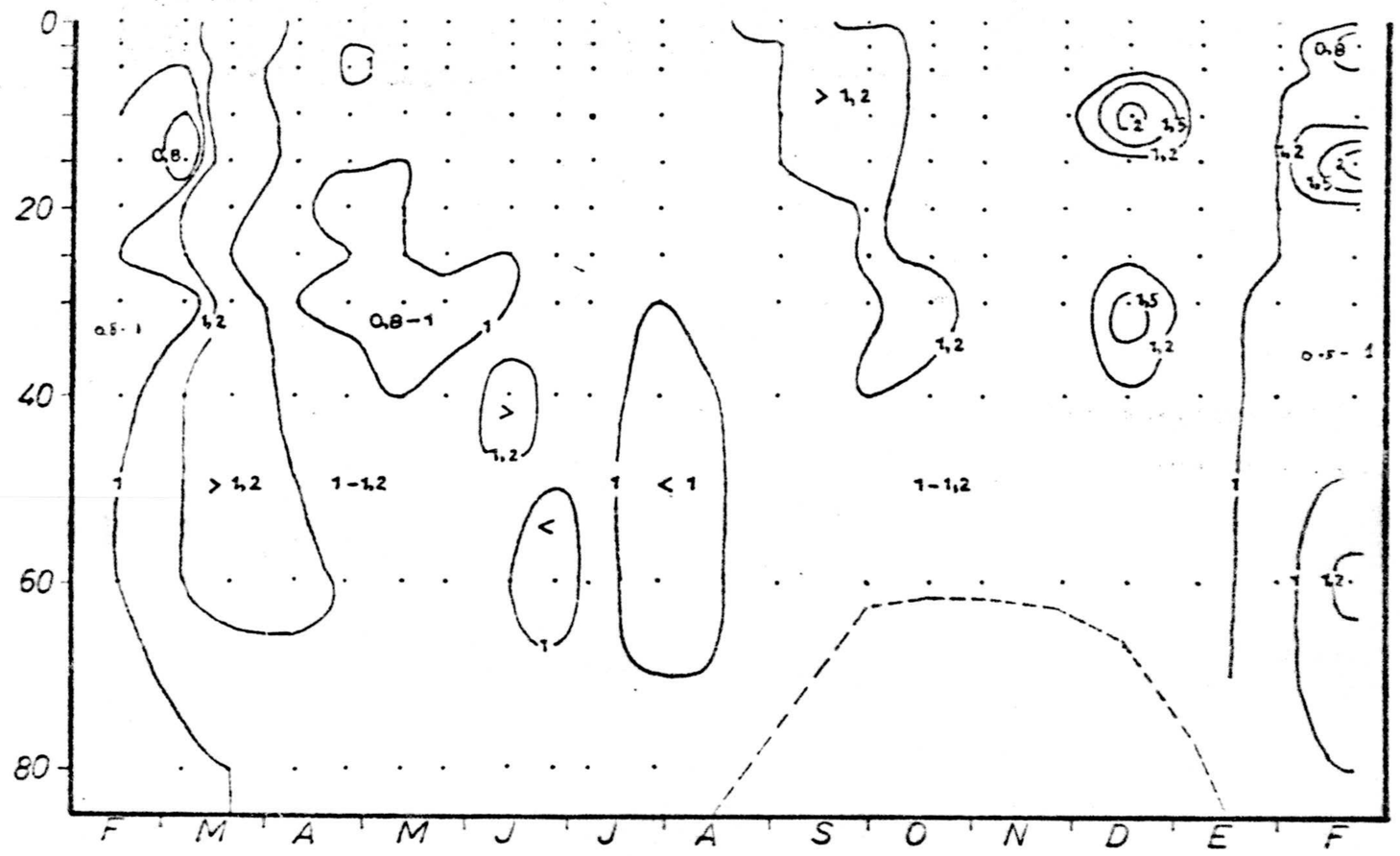


Fig.nº 15. Variación espacio-temporal de las concentraciones de sodio (mg Na/l)

A fines de la temporada de estratificación térmica, hay un leve aumento de las concentraciones en el epilimnion, que se podría relacionar con el mayor tiempo de residencia del agua y actividad biológica de las zonas fóticas, pero es difícil imaginar relaciones directas entre el sodio y el plancton en magnitudes que afecten la concentración del medio ya que no es un elemento mayoritario en la composición de las células y organismos planctónicos.

Al llegar el invierno es posible distinguir (16 de Diciembre a 15 y 30 m) aumentos locales del Na. Posteriormente, en Enero de 1979, debido al mayor volúmen embalsado, hay una bajada general en el perfil de la concentración de Na.

Los núcleos de mayor concentración detectados el 20 de Febrero de 1979, se deberían a la fuerte turbulencia y agitación del embalse en esta época.

Los valores extremos obtenidos en los análisis son 0,5 y 2,2 mg Na/l, la mayoría de las concentraciones estan comprendidas entre 1 y 1,2 mg Na/l (tabla nº 9).

El sodio tambien es considerado un elemento del medio dulceacuícola de proporcionalidad constante por estar escasamente afectado por la actividad biológica

4.1.2.6. Elementos metálicos

Hierro

Las concentraciones de hierro durante el ciclo anual fueron bajísimas con niveles cercanos al límite del expec - trofotómetro de absorción atómica.

Sólo se encuentran concentraciones detectables, de 0,05 a 0,1 mg·Fe/l con cierta continuidad espacio-temporal en la zona más profunda del embalse y en los meses de invierno.

Otras fechas y profundidades donde aparecen trazas de hierro estan representadas en la figura nº 16 y no presentan una or - denación que permita efectuar mayores interpretaciones. En todo caso considerando la solubilidad de las diferentes for- mas del hierro a los valores de pH existentes en Quéntar no sería posible una presencia fácilmente detectable. Sólo cuan - do el pH es igual o menor de 7,5, es posible encontrar canti - dades detectables en los lagos (Hutchinson, 1975).

En las formaciones geológicas presentes en la cuen - ca de Quéntar hay rocas que presentan en su composición óxidos de hierro en abundancia, como es el caso de la unidad Manto del Veleta (Puga, et al, 1974). Por esta razón se supone que no hay deficiencia de este metal esencial para el crecimiento del plancton vegetal ya que se necesitan cantidades mínimas, bajo los niveles de 0.05 mg/l para sostener abundantes poblaciones

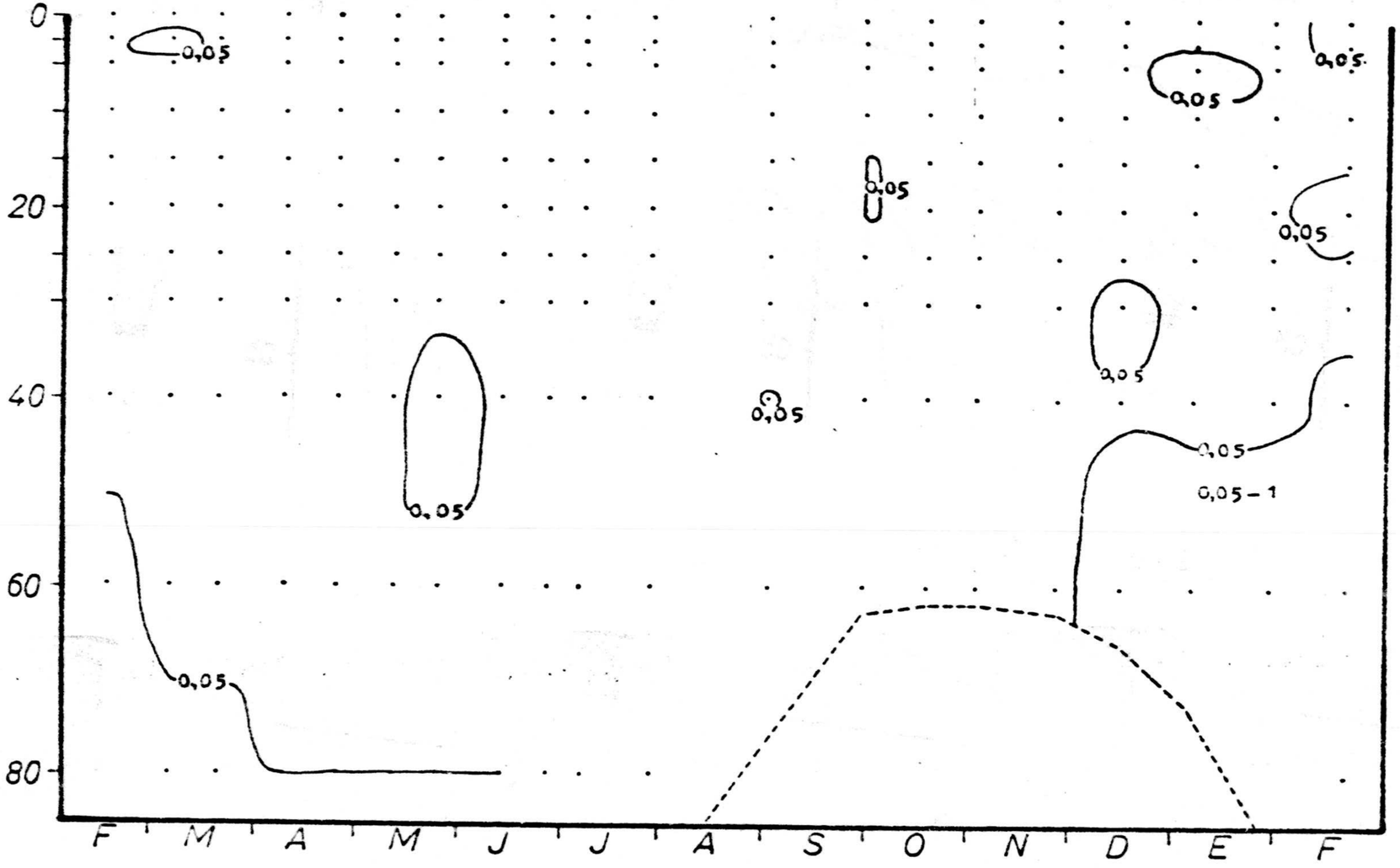


Figura nº 16. Variación espacio-temporal de las concentraciones de hierro (mg Fe/l)

de algas.

Zinc.

En las mediciones efectuadas con el espectrofotómetro de absorción atómica las concentraciones de zinc fueron inferiores a los límites de detección del instrumento, ó sea menor de 0,01 mg/l de Zn.

En las muestras de agua integradas de toda la columna (tomando cantidades de cada profundidad proporcionales a la diferencia entre las profundidades muestreadas y mezclándolas), que se concentrarón en la proporción de 1:8 tampoco se detectó el elemento.

Manganeso

Las concentraciones de manganeso alcanzaron los niveles de detección del instrumento (0,1 mg/l). Dada su escasez cabe suponer que las concentraciones existentes son rápidamente fijadas por el fitoplancton, ya que es un elemento que forma parte de la molécula de clorofila de las algas. Normalmente el manganeso se encuentra acompañando al hierro en las aguas naturales en concentraciones de unas 5 a 6 veces inferiores (Margalef, 1974). Tampoco se detectó en las muestras integradas y concentradas.

Cobre

Se efectuaron algunas mediciones en muestras concen - tradas de 8:1 y no se detectó presencia de cobre en las muestras.

4.1.2.7. Compuestos del nitrógeno.

El nitrógeno se encuentra presente en las siguientes formas en las aguas dulces (Hutchison, 1975): nitrógeno molécular (N_2), compuestos orgánicos complejos (proteínas, aminoá - cidos, úrea, metilaminas, etc), amonio (NH_4 y NH_4OH), nitratos y nitritos. En el presente estudio se analiza el nitrógeno como amonio, nitratos y nitritos, que son las formas más comunes analizadas en los trabajos de limnología y a la vez más directamente relacionados con la nutrición del fitoplancton correspondiendo fundamentalmente al llamado nitrógeno inorgánico.

Amonio

Los resultados de las determinaciones de amonio efectuadas se representan en la figura nº 17. Se puede apre - ciar que la mayoría de las muestras se encuentran en el ran - go de 0 (no detectable) a 1,4 µg N/l.

En el período de invierno y primavera temprana de 1978 (Febrero-Mayo) se detectan concentraciones de 1,4 a

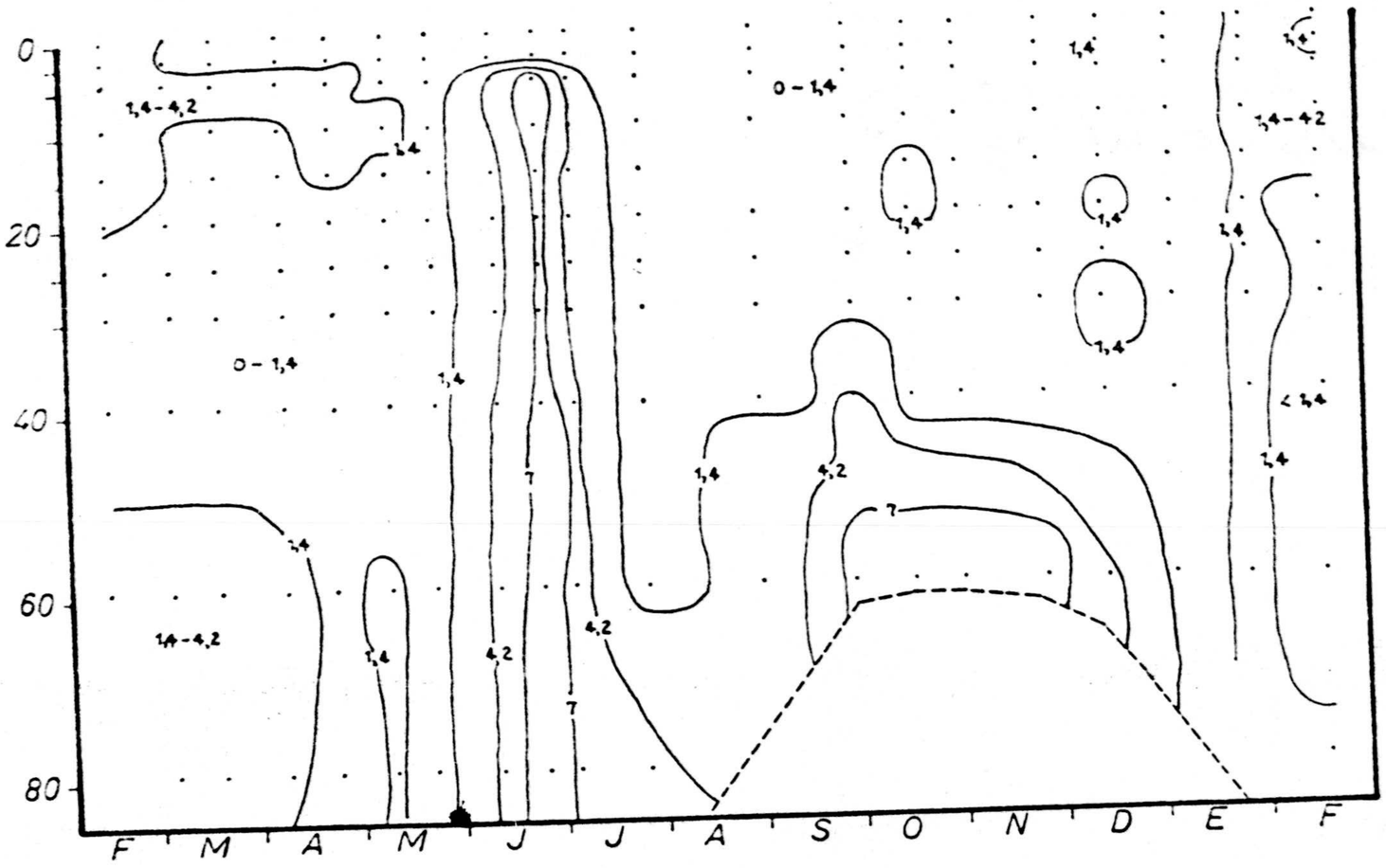


Fig.nº 17. Variación espacio-temporal de las concentraciones de amonio (µg N/l)

4,2 µg N/l en la zona profunda (60 a 80 metros) y en la zona superficial (entre 0 a 15 metros).

Al llegar Junio y Julio se observa un aumento en todo el perfil, excepto en 0 y 2 metros, el cual tendría como única explicación la mayor actividad biológica, tanto del zooplancton como del fitoplancton, que ocurre en el embalse en esta época del año. A pesar de tener las isolíneas unas formas típicas de indicar un resurgimiento desde el fondo del embalse, donde indudablemente tiene que haber más amonio por la descomposición de la materia orgánica sedimentada, es difícil pensar que se origine este amonio desde la zona bentónica profunda dado que la estratificación está progresivamente aumentando en esta época del año y por lo tanto las condiciones de mezcla disminuyen. Otra posibilidad sería que el amonio presente en primavera fuera debido a aportes externos, pero al observar la tabla nº 1 se puede ver que en los meses de primavera y verano no se detecta amonio en las agua de los arroyos afluentes al embalse. Por lo tanto el origen del amonio sería la mayor actividad biológica de los consumidores, desde los herbívoros planctónicos hasta la población piscícola que es muy importante en este joven embalse debido a las repoblaciones efectuadas por Icona, fundamentalmente con trucha arco iris.

En cambio, los aumentos del amonio que se detectan en las zonas profundas a fines de verano y durante el otoño, corresponden a las condiciones de carencia de oxígeno que se detectan en el hipolimnion en esta época del año, siendo lógico que exista una mayor proporción de nitrógeno reducido cuando el medio presente esta situación de anoxia. Entre el 29 de Septiembre y el 28 de Noviembre se detectan valores superiores a 70 µg N/l en los 60 metros de profundidad.

Con la llegada de la mezcla invernal, 29 de Enero de 1979, prevalecen condiciones de circulación de nutrientes y se produce un aumento en todas las profundidades de la concentración de amonio. Este amonio puede originarse por una circulación de materia orgánica proveniente de los sedimentos como por aportes del exterior. Posteriormente, en Febrero ya disminuye en el perfil en algunas profundidaes la cantidad de amonio libre.

En todo caso los niveles detectados son bastante bajos si consideramos los datos existentes para las aguas naturales y embalsadas. Por ejemplo, Vidal (1972) obtiene valores cerca de 0,1 a más de 5 mg N/l en el embalse de Sau (Barcelona) en 1970. Según Stammer (1953) en su clasificación de la saprobiedad, los valores inferiores a 0,1 mg N/l corresponden a xenosaprobiedad, ó sea aguas muy limpias, y este sería el caso de Quéntar con respecto al amonio.

Nitratos.

La figura nº 18 muestra las variaciones espacio-temporales de nitratos. Se aprecia en este nutriente una estratificación muy notoria en el período de Junio a Octubre. Las causas de la variabilidad gradual en el eje vertical luz-fondo del embalse serían de orígen biológico ya que los nitratos son muy solubles en agua y son intensamente utilizados por las algas. El mayor consumo de nitratos por parte del fitoplancton en los estratos iluminados provoca disminuciones de aproximadamente un 20 a 25% en la concentración en relación con el contenido en mayores profundidades en verano. Es muy conocido en la limnología actual que los nitratos y fosfatos son los nutrientes que normalmente aparecen como limitantes para las algas en las aguas continentales. Pero los niveles de nitrato detectados no son tan bajos como para convertirlo en factor limitante.

Los valores extremos obtenidos en los análisis van desde 0,059 mg N/l hasta 0,403 mg N/l. Estos valores son algo elevados para un embalse no eutrofizado y joven, por lo que el orígen debe ser fundamentalemente de las aguas de escorrentía y la solubilización del nitrato presente en la capa edáfica inundada del vaso, más bien que del reciclaje sedimentos-organísmos en las aguas embalsadas.

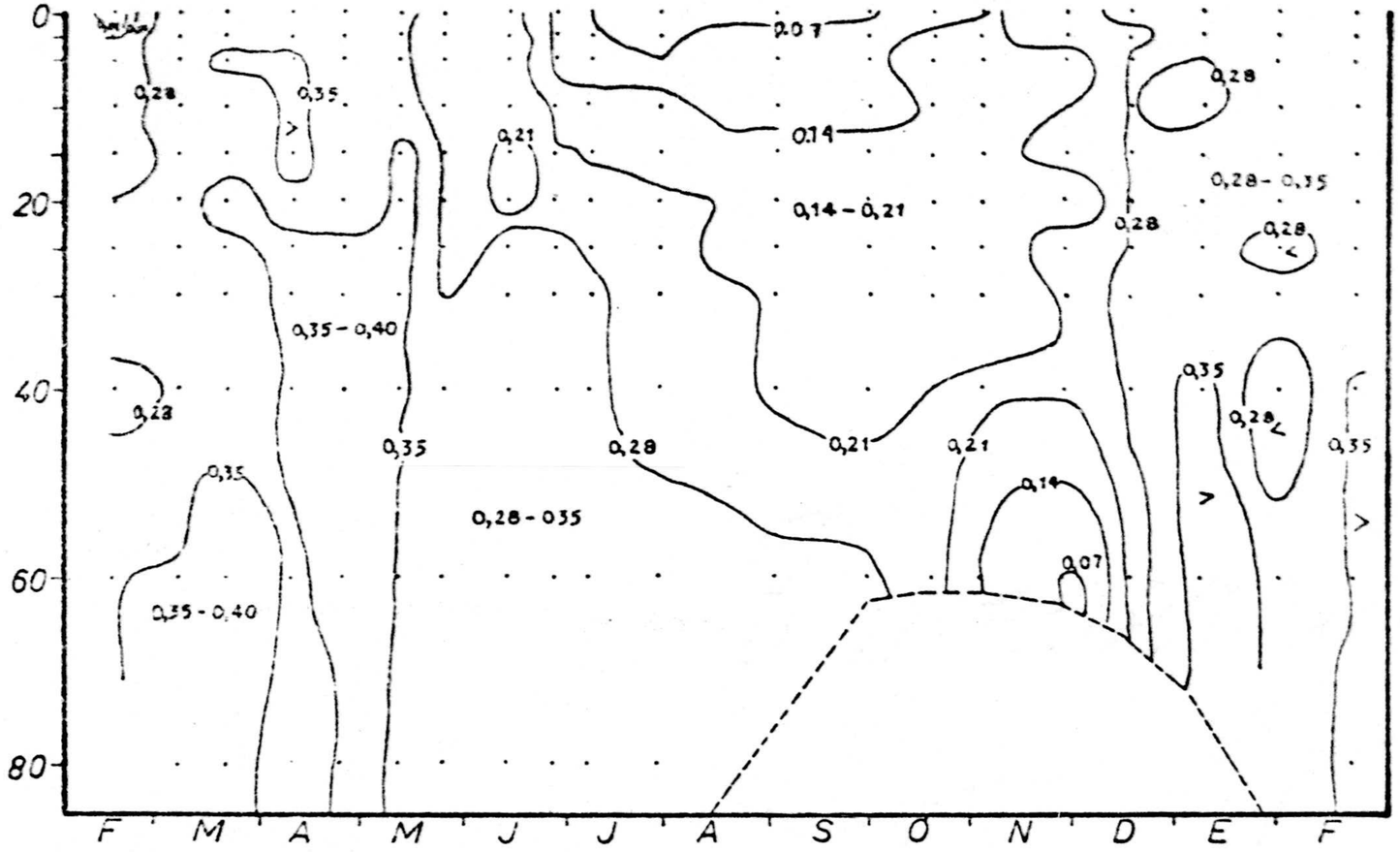


Fig.nº 18. Variación espacio-temporal de las concentraciones de nitrato (mg N/l)

Por haber limitaciones de fosfato, el nitrato no se utiliza en gran medida por las algas. Se corrobora por la escasa biomasa/m^3 de fitoplancton y la escasa representación de cianofícias que fijan nitrito atmosférico cuando escasea en un medio abundante en fosfatos.

Nitritos.

Los nitritos son mencionados, en los estudios linmológicos, por su importancia como productos intermedios de la nitrificación, ó paso de amonio a nitritos, de los compuestos nitrogenados gracias a la acción bacteriana. Se trata de compuestos muy lábiles, cuya presencia en cantidad apreciable suele indicar un alto contenido en nitrógeno total.

El comportamiento de los nitritos a través del ciclo deberá estar relaccionado con los niveles encontrados de ni - tratos y amonio. Solo se observa claramente ésta relación en el perfodo de estratificación Julio-Septiembre al comparar las figuras nº 17 y nº 19. Hay un aumento de la cantidad de nitritos, con la profundidad, al igual de lo que sucede con el amonio. En el resto del año no se vislumbran relaciones muy claras al tratar de analizar ambas figuras.

En los meses de Febrero a Abril de 1978 se observa una gran variabilidad espacio-temporal en el contenido de

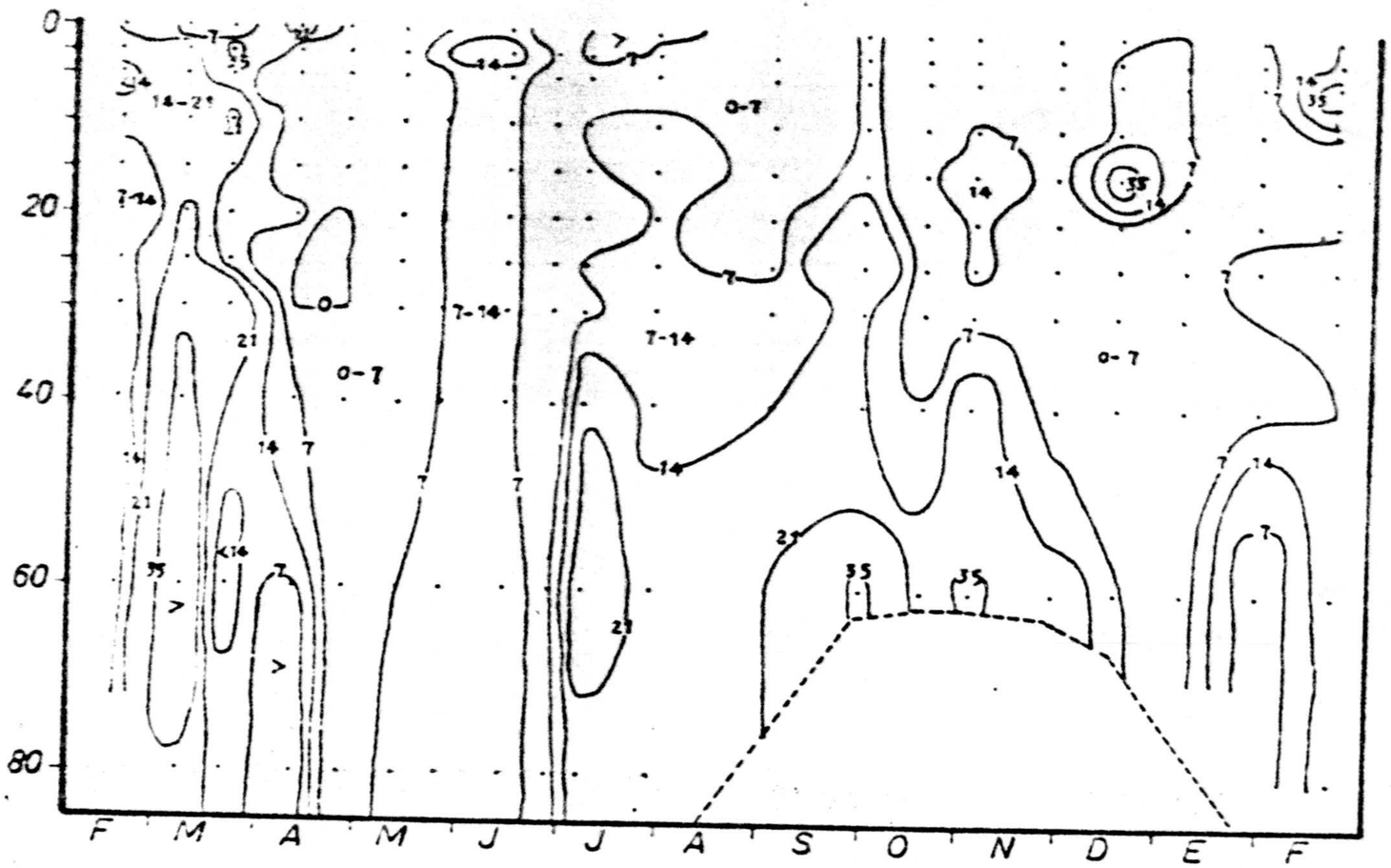


Fig.nº 19. Variación espacio-temporal de las concentraciones de nitrito (µg N/l)

nitritos lo cual estaría motivado por las condiciones de agitación y mezcla que existen en el embalse en ésta época del año. Del mismo modo, en Enero y Febrero de 1979, también se distinguen algunas variaciones espacio-temporales que tendría su origen en la inestabilidad del medio durante la mezcla.

Los valores obtenidos en nitritos oscilan desde 0 a 37,8 µg N/l. La relación entre nitratos y nitritos fué normalmente mayor de 10:1 lo cual es lógico por las condiciones aeróbicas del agua. Sólo en las profundidades de 60 m de fines de primavera a otoño, cuando existe anoxia, la relación es inferior, llegando a 3,3:1 lo cual puede ser tóxico para muchos organismos.

4.1.2.8. Fosfatos.

La importancia del fósforo como nutriente esencial en los organismos animales y vegetales es un hecho muy conocido. Pero que era el nutriente clave en la aceleración de la eutrofización de las aguas naturales por sobre su tasa natural de eutrofización lo demostró claramente Thomas (1953). Pero varios autores antes ya lo mencionaban como nutriente limitante en los lagos (Juday, 1928; Naumann, 1930; Gessner, 1934).

El fósforo se encuentra en múltiples formas en las aguas. De acuerdo con Hutchinson (1975) las categorías de éste serían: 1) fosfatos solubles, 2) sestónico ácido soluble,

3) orgánico soluble y coloidal, 4) sestónico orgánico. La suma de todas estas clases de fósforo se conoce como fósforo total.

El fosfato inorgánico soluble es el que directamente utilizan la mayoría de las algas, las otras formas necesita - rían ser solubilizadas ó transformadas previamente en fosfatos solubles.

El método utilizado, basado en la reacción colorimétrica del ortofosfato con solución de molibdato en medio ácido detecta solo las formas solubles presentes en el agua en el momento del muestreo. Esto equivale a aproximadamente un 10% del Fósforo total en el momento del muestreo (Hutchinson, 1975). Las cantidades mínimas detectadas por éste método, 1,5 µg/l de fósforo como ortofosfato, son suficientes para permitir crecimiento de algas. Experimentos con varias diatomeas planctónicas han mostrado que las concentraciones limitantes del fósforo a menudo son tan bajas, que no las capran los métodos colorimé - tricos (Kuenzler y Ketchum, 1962; Thomas y Dodson, 1968 y Fuhs, 1969).

Durante los primeros meses del ciclo estudiado (Febrero a Junio de 1978) se observan cantidades detectables de fosfato soluble en el perfil vertical. En algunas fechas se observa una mayor disponibilidad de éste elemento de las aguas profundas, que puede relacionarse con un menor consumo de los

organismos de la zona afótica con relación a los organismos de las capas superficales, a pesar de los aportes que existen en ésta época, ya sea fosfato alóctono (exterior) como autóctono (de circulación interna del embalse).

A partir del mes de Junio hasta Octubre se produce un consumo de fósforo en el embalse que baja la concentración hasta cantidades no detectables, se representan como valores 0 en la figura nº 20. Nótese que la carencia ocurre en todo el perfil lo que indica la avidez con que es usado tanto por los organismos autótrofos de la superficie como por los heterótrofos de las zonas oscuras.

Posteriormente en Octubre y Noviembre, a pesar de encontrarse el lago todavía estratificado, con una termoclina a los 40 m, aparece nuevamente fosfato soluble en cantidades detectables en el epilimnion y en el hipolimnion. El origen de este fósforo tendría diferente explicación ya que por la estratificación térmica (con cerca de 10º C de diferencia entre las capas) se puede suponer que no hay comunicación ó trans - porte por mezcla desde el fondo hacia la superficie.

El fósforo presente en el epilimnion en Octubre entonces se puede originar de dos maneras. En primer lugar, a par - tir del seston acumulado durante el perfodo de estratificación en la capa de agua cercana a la termoclina y que en esta época del año circularía con mayor intensidad, por la acción

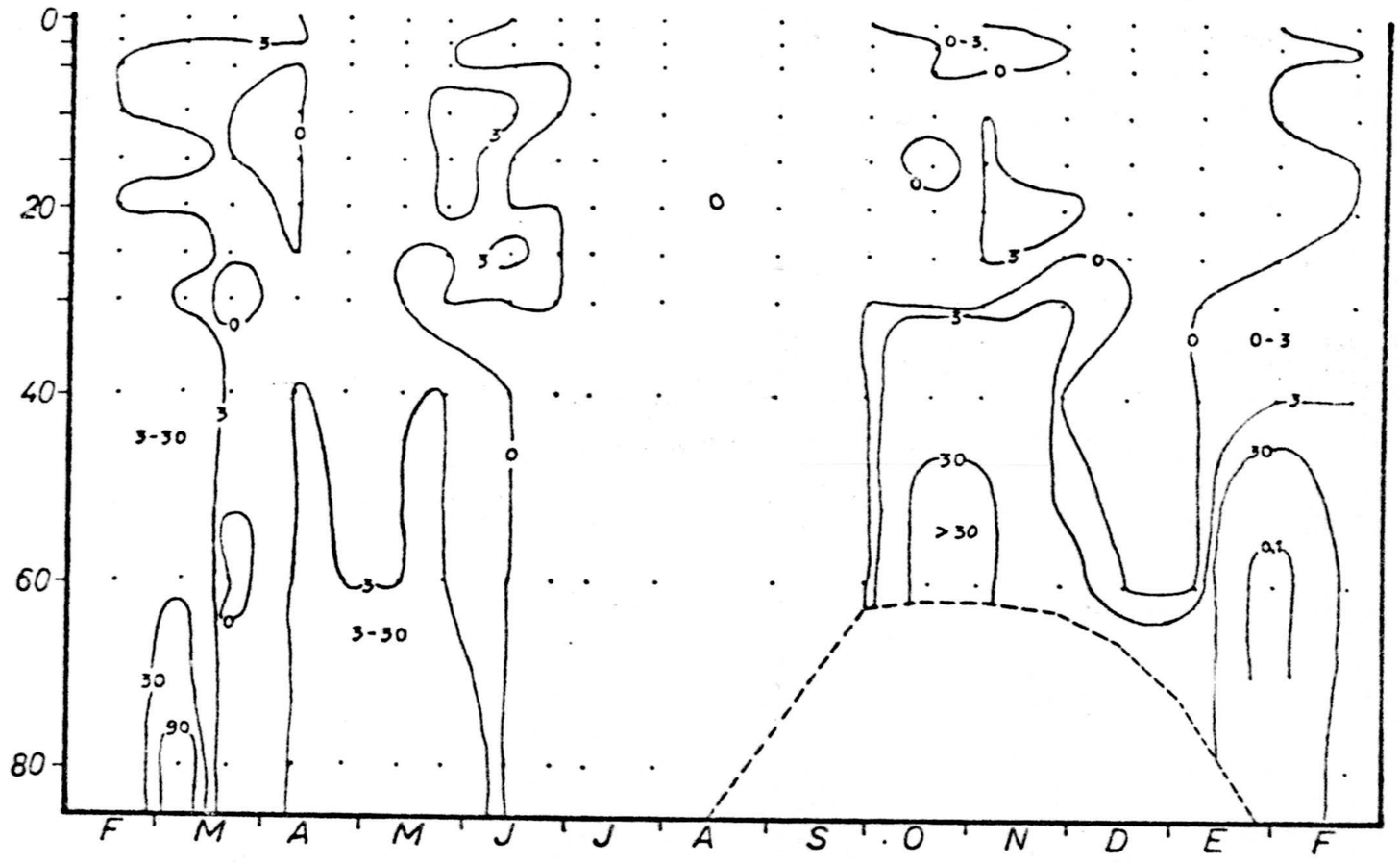


Fig.nº 20. Variación espacio-temporal de las concentraciones de fosfato (µg P/l)

eólica sobre el epilimnion. En segundo lugar, está el aporte de los fosfatos de los arroyos afluentes y las zonas litorales que no penetrarían en el hipolimnion en la época de estratificación por diferencia de temperatura en las aguas y se acumularían en el epilimnion. En este sentido el experimento de Hutchinson (1941) y de Mc Carter y colaboradores (1952) utilizando fósforo radioactivo demuestra la importancia del movimiento horizontal de los fosfatos.

En cambio,el fósforo soluble del hipolimnion de fines de verano y otoño coincide con la carencia de oxígeno y baja del pH (fig. nº 8 y 10) por lo que su presencia se debería a la descomposición de materia orgánica que provoca liberación de fósforo. Se puede decir que en la época de estratificación, en el epilimnion hay un consumo mayor de fósforo, mientras en el hipolimnion habría una leve acumulación ya que no es aprovechado totalmente por los organismos de estas profundidades al mismo ritmo que es liberado desde el fondo como de las partículas sestónicas que caen por gravedad.

A fines de Noviembre y Diciembre se observa nuevamente una bajada en la concentración del fosfato en el perfil que puede deberse al crecimiento poblacional de otoño que se detecta en esta época del año.

En el mes de Enero y Febrero de 1979 ya hay una mezcla invernal y embalsamiento abundante que permiten detectar algunas cantidades de fósforo. Al igual que lo observado en el año anterior en Marzo, hay una mayor concentración en las zonas profundas, posiblemente por la cercanía de la interfase sedimento-agua.

4.1.2.9. Silicato .

Los compuestos de sílice analizados corresponden al llamado "silicato reactivo" cuyas fórmulas químicas son variadas y poco conocidas, pero corresponde en todo caso a las formas solubles que comunmente se encuentran en las aguas naturales (Hutchinson, 1975), como los ortosilicatos ($H_nSiO_4^{4-n}$). Stumm y Morgan (1970) dicen que la forma dominante sería el $SiO(OH)_3$ para los valores de pH corrientes en las aguas naturales.

Los resultados de las determinaciones se encuentran representados en la figura nº 21. Los valores máximos obtenidos, 2,8 a 4,48 mg·Si/l, presentan variaciones como en el caso de otros nutrientes analizados en los meses de invierno y primavera de 1978. A medida que avanza el verano y otoño hay una bajada gradual de las concentraciones en todo el perfil vertical, aumentando nuevamente y bruscamente el 16 de Diciembre por el aporte de la escorrentía de las lluvias y

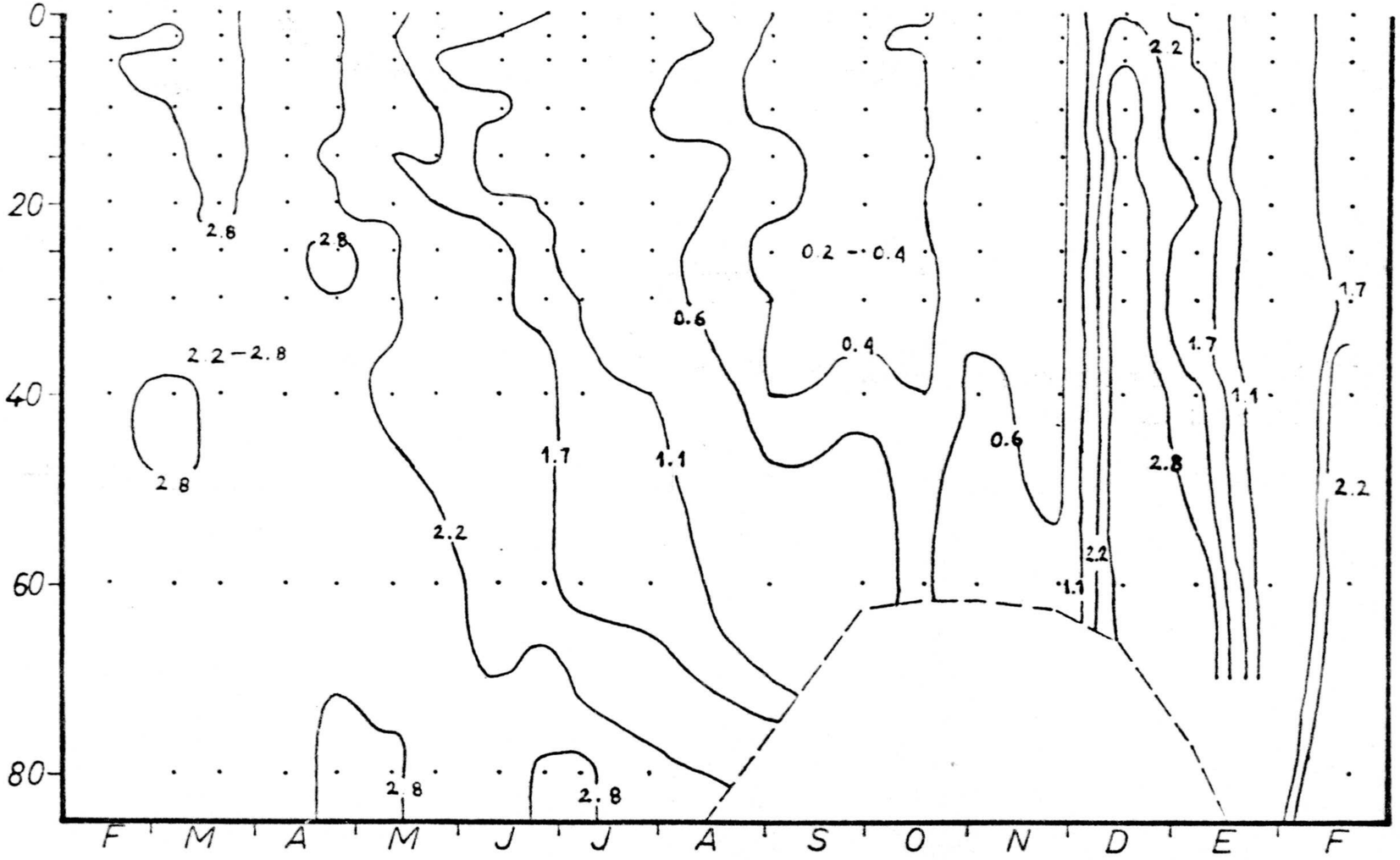


Figura nº 21. Variación espacio-temporal de las concentraciones de silicato (mg Si/l)

del comienzo de la mezcla invernal. Las concentraciones mínimas, entre 0,2 y 0,4 mg·Si/l, se detectaron en el epilimnion en la época de estratificación del embalse.

Es un hecho conocido que la biomasa de diatomeas consume silicato soluble para formar la membrana que recubre las células. También existen antecedentes de que las especies epifíticas y béntónicas son capaces de solubilizar silicatos minerales para utilizarlos posteriormente (Hutchinson, 1975; Werner, 1977).

La disminución en la concentración del silicato durante los meses de estratificación se debería al consumo de las diatomeas y al proceso de sedimentación, ya que la bajada en las concentraciones en el epilimnion y en el hipolimnion durante el período de estratificación es muy notoria para ser explicada exclusivamente en base a la extracción por diatomeas. Varios estudios demuestran la importancia del proceso de sedimentación sobre la disponibilidad de nutrientes. Muchos compuestos pueden ser adsobidos y coprecipitados por la sedimentación de partículas ricas en carbonato de calcio (Otzuki y Wetzel, 1972, 1973; Wetzel, 1975). Indudablemente en la zona fótica la disminución de silicatos se ve acentuada por la mayor biomasa de diatomeas que soporta por unidad de volumen y de tiempo. En Quentar, la concentración en el hipolimnion es de 50 a 100% mayor que en

el epilimnion durante el período de estratificación.

A fines del período de estratificación (5 de Noviembre) es posible distinguir un leve aumento en las zonas profundas, previo al aumento generalizado que ocurre en todo el perfil en Diciembre. Esta situación puede ser debido a la carencia de oxígeno del hipolimnion en esta época que provoca aumentos en la concentración de silicato, con un comportamiento similar al del fosfato (Hutchinson, 1975, tomo I). En todo caso este aumento no es tan notorio como los detectados en fosfato, sulfuro y hierro.

A la vista de los datos de la distribución espacio-temporal del silicato en el embalse de Quentar, es posible afirmar que no existen diferencias de este elemento esencial para el crecimiento de las poblaciones de diatomeas.

Algunos autores han estudiado los requerimientos de las diatomeas y encuentran que concentraciones de 0,5 mg·Si/l afectan el crecimiento de Asterionella formosa (Lund, 1950). Jorgensen (1957) señala que decrece Eunotia cuando el contenido es inferior a 0,03 mg·Si/l. Margalef et al(1976)afirman que 0,084 mg Si/l bastarían para mantener una densa población de diatomeas. Comparando estos antecedentes con lo encontrado en Quentar se puede suponer que no existen limitaciones en el contenido de silicato para el crecimiento de las diatomeas.

4.1.2.10. Compuestos del azufre.

Las formas más corrientes del azufre en las aguas naturales son sulfato y sulfuro. Ambas formas fueron analizados en el presente estudio de acuerdo a los métodos mencionados en la tabla nº 7.

Sulfato.

Las concentraciones detectadas en el ciclo anual tienen valores extremos de 0,1 a 1,52 mg S/l y una media de 1,06 mg S/l. Los valores corrientes registrados en las aguas de los lagos naturales del mundo oscilan entre 1 y 60 mg S/l, lo cual depende de la geología de la cuenca normalmente (Hutchinson, 1975). El promedio de los embalses españoles registra 0,13 mg·S/l y una desviación normal de 0,09 mg·S/l (Margalef y colaboradores, 1976), por lo tanto Quentar tendría más sulfato que la media de los embalses españoles.

La figura nº 22 representa las variaciones espacio-temporales del sulfato. Es posible distinguir una isolínea de 0,6 mg.S/l en Agosto, que separa las concentraciones de la primera y de la segunda mitad del estudio, similar a lo mencionado para el calcio, magnesio y alcalinidad.

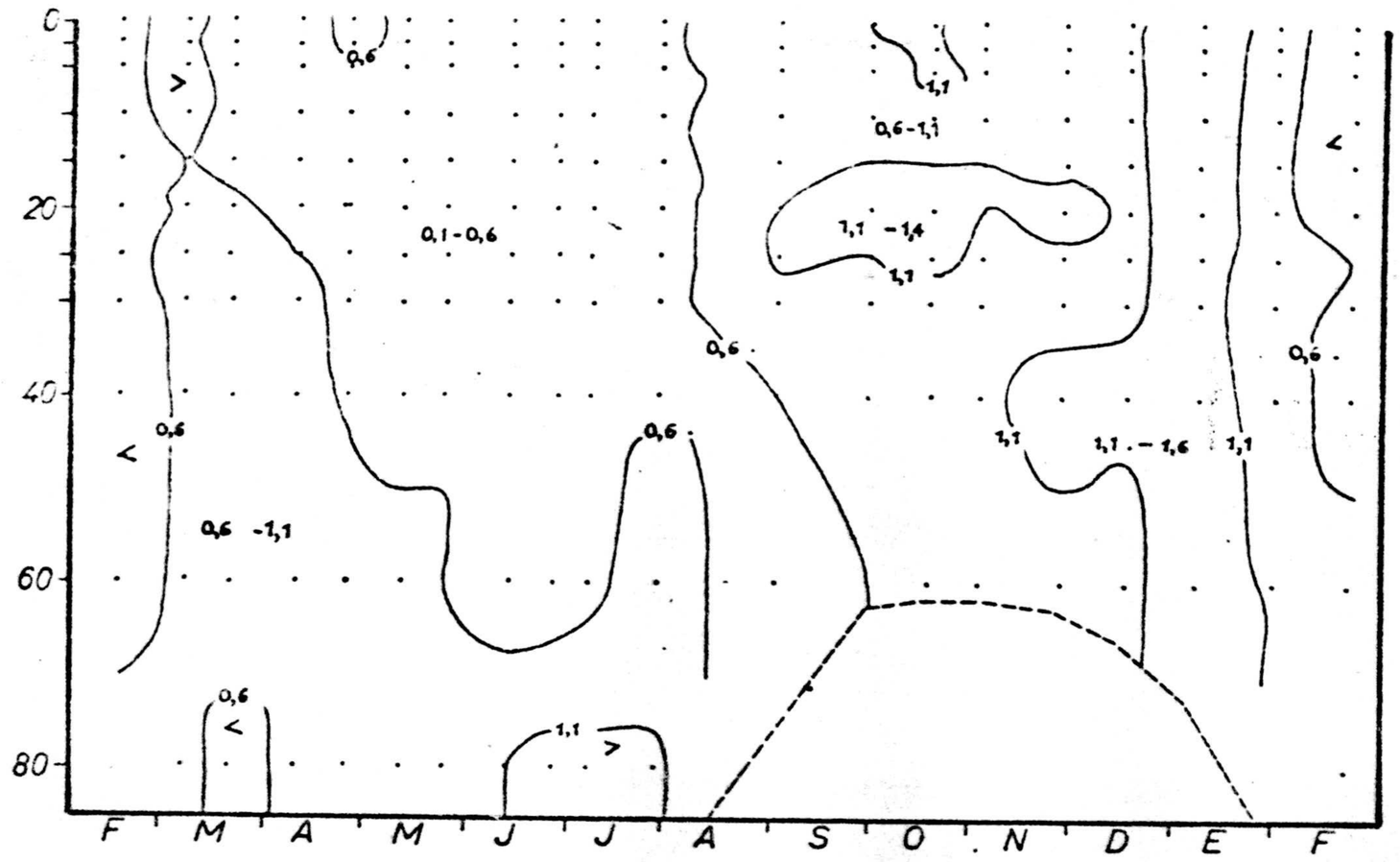


Fig.nº 21. Variación espacio-temporal de las concentraciones de sulfato (mg S /l)

En los meses de invierno se distinguen isolíneas verticales que indican una oscilación entre fechas de los valores que se debería a la mezcla invernal. Entre Febrero y Marzo de 1978 se distingue un aumento de las concentraciones en todo el perfil. A medida que avanza la primavera se conservan estos valores (0,6 a 1,1 mg S/l) sólo en las zonas más profundas. En Junio y Julio se distingue una estratificación de las concentraciones de sulfatos. Entre los 0 metros y los 40 a 60 metros de profundidad se encuentran en el rango de 0,1 a 0,6 mg S/l. Entre los 40 a 60 metros y los 80 metros de profundidad, existe una zona de 0,6 a 1,1 mg S/l. Mientras que en la profundidad máxima, 80 metros, se obtienen valores superiores a 1,1 mg S/l.

Al término del verano (Septiembre a Noviembre) se detectan algunos aumentos en los valores del sulfato entre, los 20 y 30 metros y a 0 metro. Posteriormente, a fines de Noviembre y Diciembre, empieza la mezcla invernal que eleva la cifra en todo el perfil. El rango máximo, 1,1 a 1,6 mg S/l, sucede en Enero de 1979, coincidiendo con la subida del nivel del embalse por las fuertes lluvias de la época.

La distribución espacio-temporal de las concentraciones de sulfato se asemejan a las concentraciones del sodio, con quien se detecta una correlación positiva (figura nº 24).

También se detecta una línea divisoria entre las muestras de antes del verano y las muestras de después del verano, al igual de lo que ocurre con la distribución temporal de la dureza, calcio y magnesio.

Sulfuro.

El sulfuro presenta una distribución muy ligada al aumento de la profundidad tal como se observa en la figura nº 23, donde se representan los resultados de la tabla nº 9.

En general, en las zonas de profundidad menor a 40 metros no aparecieron cantidades detectables durante el estudio, salvo el 29 de Septiembre que se encontró sulfuro hasta los 25 metros (fines de verano) y en Febrero que existían concentraciones de sulfuro constatables en todas las profundidades.

La presencia de sulfuro en todo el perfil, en Febrero, significaría que hubo una difusión hacia la superficie de este anion desde el fondo a causa de la mezcla invernal. Es extraño en todo caso encontrar esta presencia de sulfuro, aunque sea en cantidades mínimas, en un embalse que no tiene un grado avanzado de eutrofia. Las razones de esta

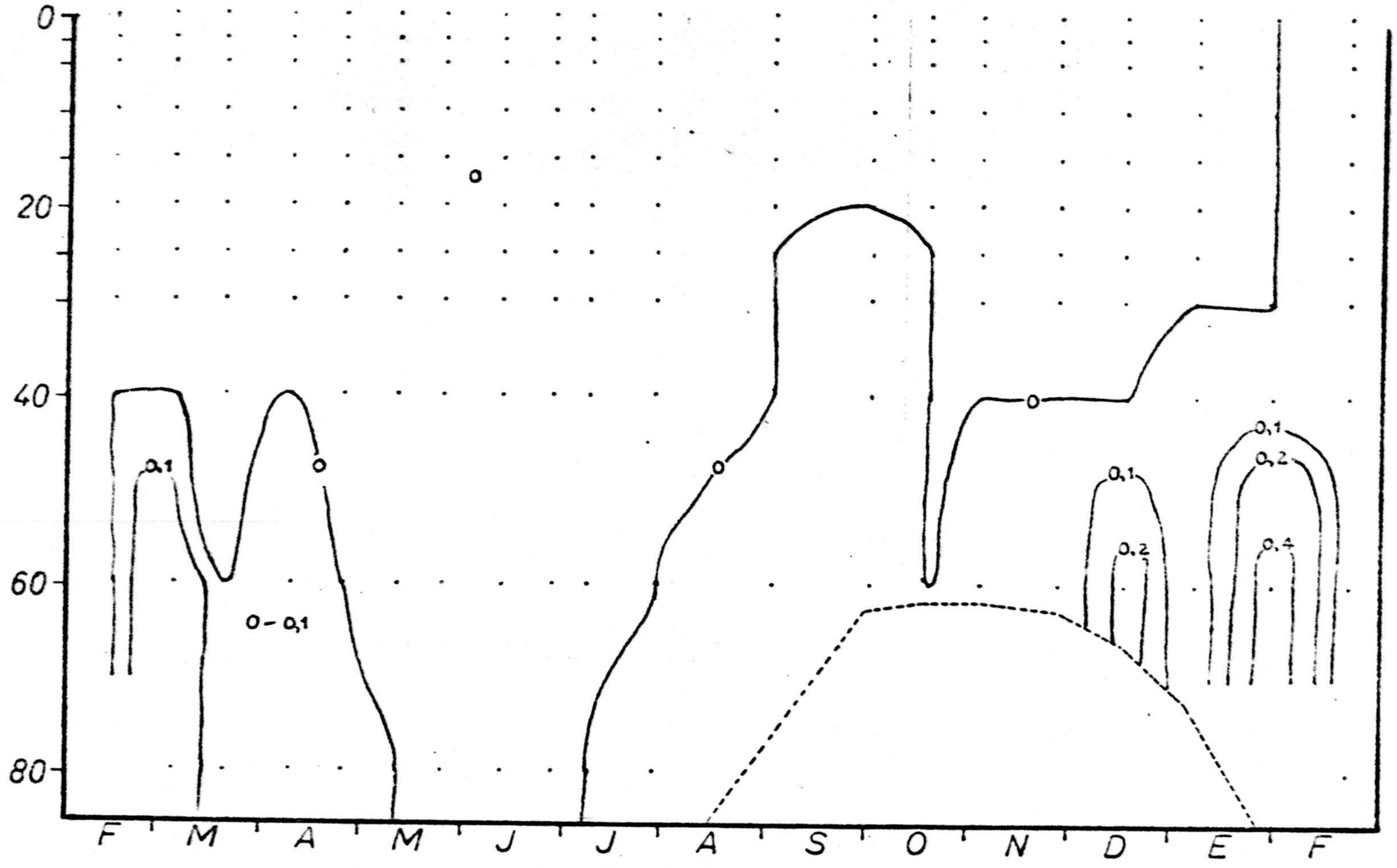


Figura nº 23. Variación espacio-temporal de las concentraciones de sulfuro (mg S/l)

presencia pueden ser en primer lugar, la escases de hierro libre que tendrían las aguas que no alcanzarían a precipitarlo ó retenerlo en el fondo. Y en segundo lugar, las condiciones anaeróbicas del hipolimnion profundo a fines de verano y otoño, que producen una reducción de parte del sulfato a sulfuro. Posteriormente con la mezcla el sulfuro entra en circulación y no es oxidado ó fijado por otros iones de manera inmediata.

Otros autores también mencionan presencia de sulfuro y sulfato mezclados a lo largo del perfil en estudios de lagos (Yoshimura, 1932), pero se deben a aportes externos ricos en sulfato que se mezclarían con el sulfuro presente. Con respecto al sulfuro presente en todo el perfil en la fecha de muestreo 20 de Febrero de 1979, es difícil pensar que pueda tener una presencia tan extensiva a pesar de las dos explicaciones mencionadas, relacionadas con una difución desde el fondo, por ser un embalse bastante joven por lo tanto no se debe descartar una posible medición errónea involuntaria, pero lo raro es que ocurra en las once profundidades. Debido a la posibilidad de error en una fecha, como precaución las concentraciones de sulfuro obtenidas no fueron incluídas en los análisis de las relaciones entre los parámetros ambientales y biológicos considerados en el estudio.

4.1.3. Análisis de las relaciones entre los parámetros físicos y químicos.

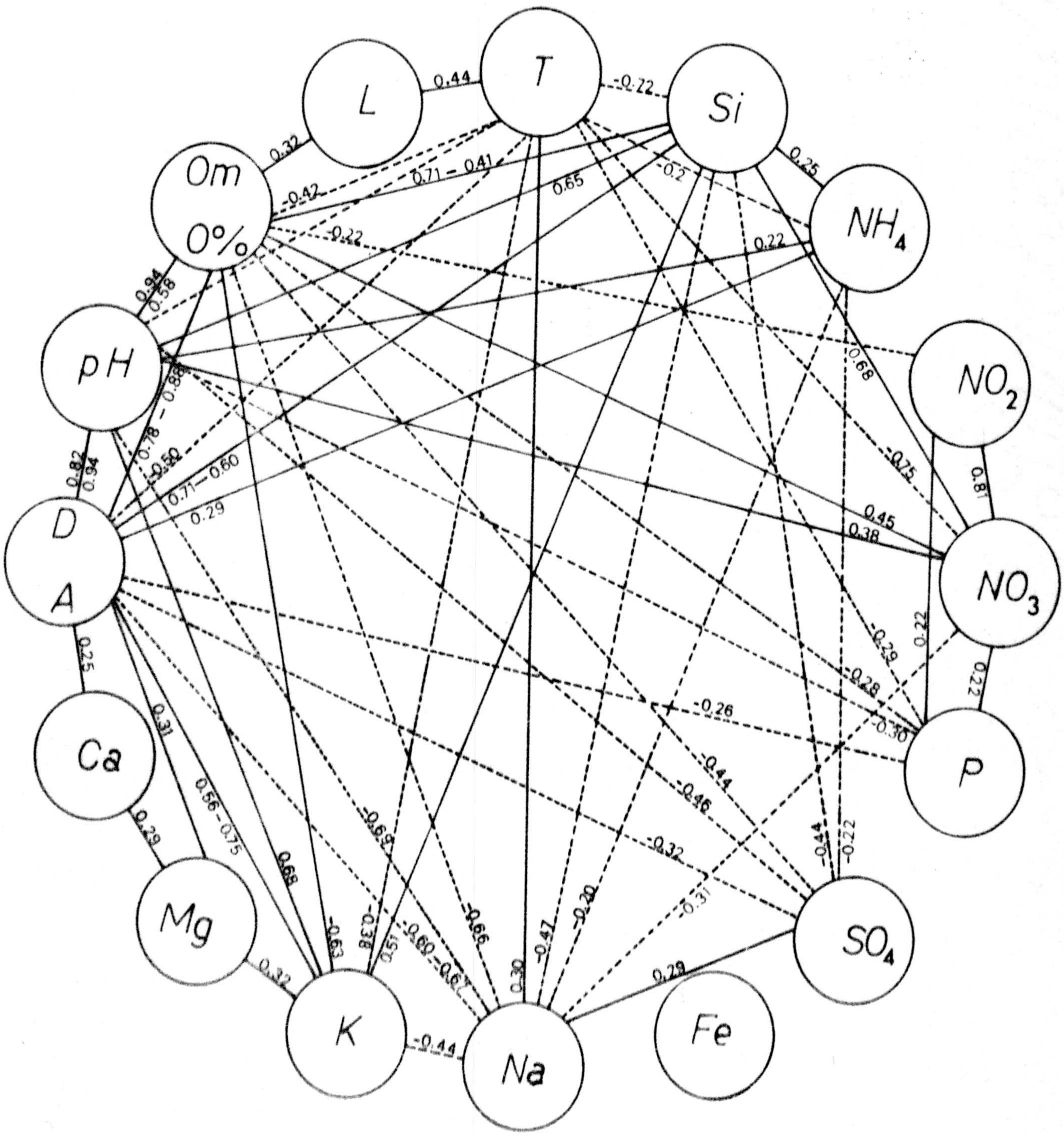
Las relaciones entre las diferentes variables que describen el componente abiótico del sistema planctónico de Quentar fueron ya analizados espacio-temporalmente en forma individual. El presente capítulo analiza sus relaciones a través de las correlaciones simples que existen entre ellas y a través de un análisis factorial.

Las correlaciones existentes entre las variables transformadas, de acuerdo con lo señalado en el capítulo Material y Métodos, se exponen en la figura nº24, donde las líneas contínuas indican que hay correlación positiva y las líneas discontínuas que hay correlación negativa. Los símbolos representan las variables físico-químicas que estan señaladas en la tabla nº 8. Sólo se consideró significativo un valor superior a 0,181 para r, ya que según Fisher y Yates (1963) este valor corresponde a un nivel de riesgo de 0,01 cuando se efectúan correlaciones simples entre 200 muestras y dos variables. En el apéndice se incluye la matríz nº 1 donde están los valores (r) de todas las correlaciones simples efectuadas.

Se puede apreciar que son muchas las variables físico-químicas que presentan altas correlaciones entre ellas,

Figura nº 24.

Correlaciones entre las variables físicas y químicas (algunas simbolizadas según tabla nº 8). Trazos contínuos significa correlación positiva, línea discontínua significa correlación negativa.


L
T
Si
Om
O%
NH4
pH
NO2
D
NO3
A
P
Ca
Mg
K
Na
Fe
SO4
0.44
-0.22
0.32
0.71 – 0.41
-0.42
0.65
-0.2
0.25
-0.22
0.22
0.94
0.58
0.78 – 0.86
0.82
0.94
-0.52
0.71 – 0.60
0.29
-0.68
-0.75
0.81
0.45
0.38
0.25
0.22
-0.29
-0.28
-0.26
-0.30
0.31
0.56 – 0.75
0.68
-0.44
-0.46
-0.69
-0.32
-0.44
-0.22
0.29
-0.63
-0.38
0.51
-0.69 – 0.67
-0.66
0.30
-0.47
-0.20
-0.37
0.32
0.29
-0.44

tanto positivas como negativas.

La dureza y alcalinidad se encuentran representadas en un mismo círculo por ser medidas equivalentes, y tienen una alta correlación positiva entre ellas (r=0,757) y se relacionan de manera similar con otras variables. Presentan correlaciones positivas con el pH, oxígeno, silicato, amonio, potasio, calcio y magnesio. A la vez son negativas las correlaciones con la temperatura, fosfato, sulfato y sodio.

La concentración de oxígeno expresado en mg/l y el porcentaje de saturación del mismo, también se representan en un mismo círculo. Se encuentran altamente correlacionados (r=0,784) y presentan un comportamiento similar con las otras variables. Sólo difieren con respecto a la temperatura. La correlación negativa cuando se trata de mg/l de oxígeno, y no hay correlación cuando se trata del porcentaje de saturación. Esto es lógico ya que éste se calcula previo descuento del efecto de la solubilidad la cual es menor a mayor temperatura. Ambas expresiones del oxígeno se correlacionan positivamente con la transparencia del agua, silicato, nitrato, potasio, dureza y pH. Negativamente se correlacionan con la temperatura, nitrito, fosfato, sulfato y sodio. Las relaciones del oxígeno con el fosfato soluble tendría una explicación biológica. Las algas consumen fosfatos y liberan oxígeno en forma casi simultánea en el tiempo, cuando los

fosfatos son limitantes en el medio. Seguramente la correlación sería alta y positiva si se efectuara entre el proceso de absorción de fosfato y el crecimiento del plancton. Es difícil encontrar relaciones entre concentraciones estáticas, ya que indican mas bien resultados de procesos químicos y biológicos que han ocurrido en los días anteriores al muestreo. En el caso del fósforo, la mayor parte de él se encuentra fijado en los organismos, escaseando en el medio. La ubicación espacio-temporal de los organismos coincide con las zonas ricas en oxígeno, este último proveniente de la fotosíntesis y de la atmósfera.

El pH mantiene correlaciones positivas muy altas con la dureza y la alcalinidad (r=0,94 y 0,82 respectivamente) y negativas con sodio, sulfato, fosfato y temperatura. Mientras la transparencia luminosa sólo se correlaciona positivamente con la temperatura y oxígeno, variables con valores altos en la superficie en la mayoría de los muestreos.

La temperatura parece ser un factor importante por el número de relaciones que mantiene. Presenta correlación positiva con la luminosidad y sodio y negativas con amonio, nitrato, fosfato, potasio, pH y silicato. Estas últimas variables tienen valores elevados durante el invierno en general.

Al contrario, el hierro no presenta correlaciones significativas positivas ni negativas al 1%. La razón de esto sería el alto número de muestras con concentraciones no detectables.

El análisis factorial de los elementos físicos y químicos da una imagen más simplificada de la información y presenta ventajas comparado con el método de correlaciones simples, ya que como técnica de análisis mutivariante permite comparar todas las variables en forma integrada. El método parte de una matríz de correlación de las variables, posteriormente calcula los valores propios de la matríz, porcentaje de varianza por cada eje, vectores propios y factores de carga. Posteriormente se efectúa la rotación de los ejes, si se considera adecuado. Tal como se menciona en el capítulo Material y Métodos, el programa utilizado efectúa la rotación Varimax. Por último se calculan las coordenadas de las observaciones con respecto a los factores, rotados y no rotados. Los ejes obtenidos recogen las más importantes tendencias de variación de datos. Las variables que obtienen factores de carga con valores similares con respecto a un eje significa que se asemejan en relación a la variación ó gradiente que representa ese eje. Así mismo, las variables que se encuentran cercanas en el plano ó espacio que definen dos ó más ejes tienen un comportamiento semejante respecto a las tendencias que representan esos ejes.

En el apéndice nº 1 se encuentran los factores de carga, despues de la rotación Varimax, de las variables físico-químicas analizadas en esta primera parte del estudio. Las figuras nº 25 y 26 visualizan las variables con respecto a los cuatro primeros factores ó ejes. El porcentaje de la varianza que absorben los cuatro primeros ejes son: 33,5%, 14,3%, 10,0% y 7,5%. En conjunto representan el 65,3% de la varianza explicada. Los ejes siguientes absorben porcentajes del 5% e inferiores.

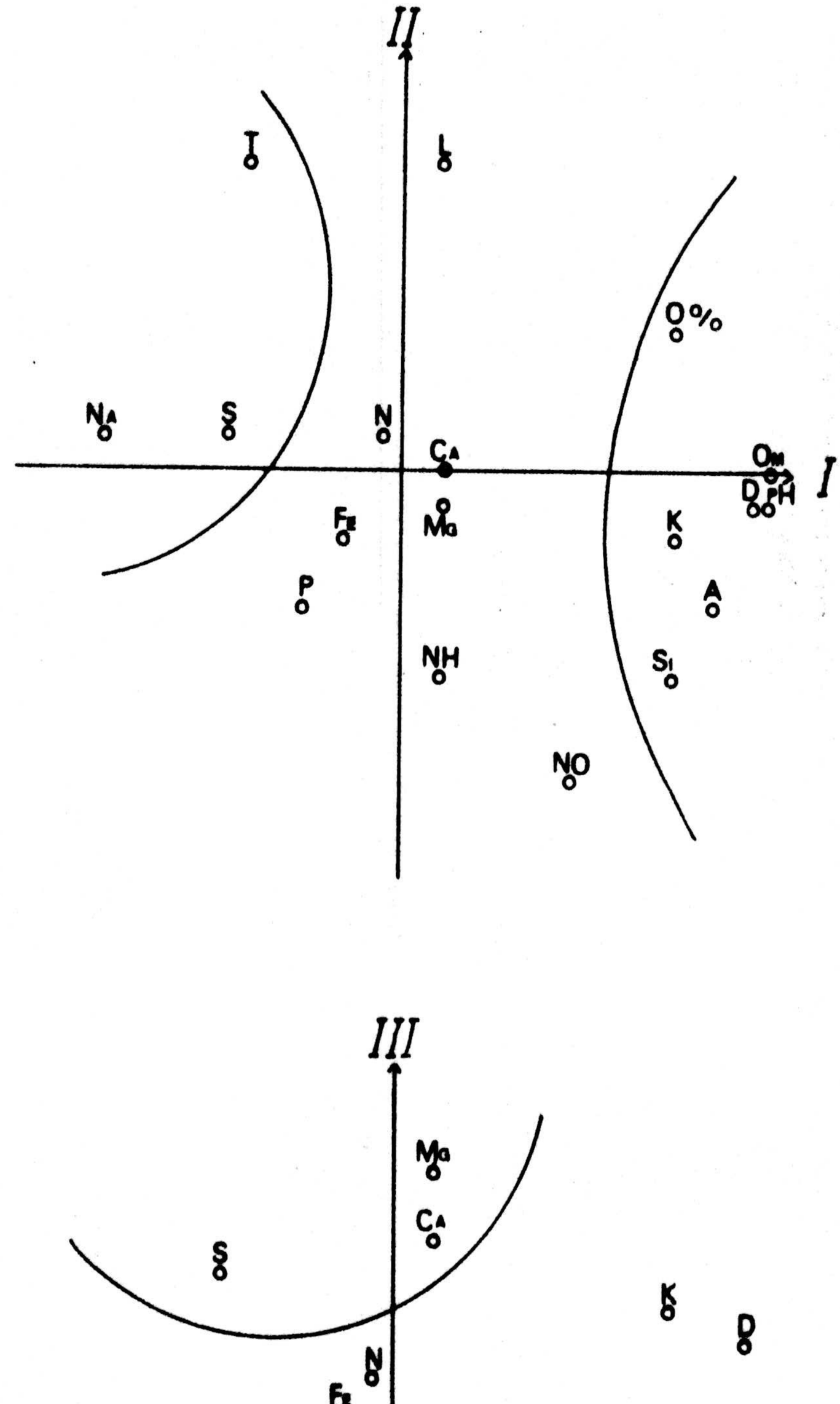
El primer factor es el más difícil de explicar ya que son muchas las variables que toman valores positivos altos y que participan de la varianza de este eje. La situación se aclara al analizar la distribución espacio-temporal de las variables con valores extremos y las coordenadas de las observaciones. El hecho de que el oxígeno (mg/l) tenga un alto valor positivo, mientras que la temperatura, sodio y sulfato mantienen valores negativos bajos, se puede comprender que este eje representa las variaciones que hay entre las muestras del período de mezcla invernal y algunas superficiales versus las muestras del período de estratificación é hipolimnéticas. Este eje estaría gobernado fundamentalmente por el oxígeno presente lo cual se verifica por el hecho de que las variables que tienen valores negativos opuestos en este eje son justamente los que se correlacionan negativamente con él y los que tienen valores positivos altos

Figura nº 25

Análisis factorial de variables físico-químicas. Representación respecto a los ejes I y II y ejes II y III. Los símbolos corresponden a los especificados en la tabla nº 8.

Figura nº 26

Análisis factorial de variables físico-químicas. Representación respecto a los ejes I y IV y ejes II y III. Los símbolos corresponden a los especificados en la tabla nº 8.


II
I
O%
Na
S
N
Ca
Om
D
H
I
Fe
Mg
K
P
A
NH
Si
NO
III
Mg
Ca
S
K
N
D
Fe
NH
Na
T
I
NO
A
Om
P
I
O%Si
I

son las que se correlacionan positivamente con un coeficiente elevado (figura nº 24). Se puede considerar por lo tanto un eje que recoje variaciones con sentido temporal y espacial a la vez, pero con una mayor influencia de lo temporal.

El eje II es mucho más claro ya que opone luz (transparencia) y temperatura al resto de los componenetes químicos, por lo tanto tiene un claro sentido de la profundidad ó eje superficie-fondo. El porcentaje de saturación del oxígeno (% O) también adquiere un factor de carga alto correspondiendo a su mayor concentración superficial.

El eje III tiene un sentido de mineralización al oponer calcio, magnesio y sulfato al resto de las variables. Estrada (1975) al efectuar análisis de componentes principales a muestras provenientes de diferentes embalses españoles encuentra que el primer componente corresponde al grado de mineralización de las aguas. Se forman dos grupos de embalses, por un lado los embalses del oeste, de la España con materiales geológicos más siliceos, y por otro lado los embalses del este, de la España con materiales geológicos más calizos. Esta división entre los embalses también rige para muestras de un mismo embalse tomadas en distintas épocas y profundidades, ya que hay situaciones durante un ciclo anual con más y menos mineralización de acuerdo con lo observado en Quentar.

El eje IV tiene un significado que podíamos llamar biológico ya que opone al fosfato y nitrito con el resto de los elementos. Ambos elementos adquieren valores nulos en muestras del período de estratificación estival y posiblemente el fosfato en esta época llegue a ser limitante para las algas. El valor negativo que adquiere el amonio en este eje se relacionaría con el pequeño aumento detectado en las muestras de fines de primavera y comienzos del verano.

4.2. Fitoplancton.

Los resultados del estudio cuantitativo del fitoplancton se presentan en las tablas nº 13, 14, 15 y 16. En la primera tabla figuran las abundancias de las especies de diatomeas. En la siguiente los datos de las especies de criptoficeas, dinoficeas, cianoficeas y algunas clorofíceas. En la tercera tabla se exponen los resultados del resto de las clorofíceas. La cuarta tabla contiene los resultados de las crisoficeas. Los datos estan referidos a individuos por 50 ml, ya que este fue el volumen de agua usualmente sedimentado al aplicar la metodología de Utermöhl (1958). El concepto de individuo corresponde normalmente a célula, excepto en algunas algas que forman colonias ó cenobios. En el caso de Scenedesmus sp_1 se refiere a cuatro células, Scenedesmus sp_2 a dos células, Coelastrum reticulatum a ocho células, Pediastrum boryanum a ocho células, Crucigenia quadrata a cuatro células, Merismopedia sp a dieciseis y Fragilaria crotonensis a cuatro células. En Lyngbia sp y Zignema sp se refiere al número de filamentos solitarios. Si aparecía, por ejemplo, un cenobio de diezisels células de Crucigenia quadrata, éste se contaba como cuatro individuos y así sucesivamente. El resto de las poblaciones se refieren a células por 50 ml.

TABLA Nº 13: Resultados de los recuentos del fitoplancton. Diatomeas (nº individiduos/50 ml).

Fecha	Profundidad	Cyclotella kutzingiana	Cymbella sp	Achnanthes sp	Cocconeis sp	Nitzchia acicularis	Synedra acus	Synedra ulna	Fragilaria crotonensis	Ceratoneis arcus	Diatoma vulgare	Pinnularia sp	Navicula spl	Navicula spp	Pinnularia mesolepta	Gomphonema acuminatum	Campylodiscus sp	Tetracyclus lacustris	Gomphonema sp	Surirella sp
18/02/78	0	6.126	12,7		12,7															
	2	89.570				25,5														
	5	138.580	12,7	563		1126,0	563	25,5		12,7	38,2									
	10	171.815		563		563,0		38,2	63,8							12,7			12,7	
	15	96.893						12,7			12,7									
	20	219.687				25,5	25,5	51,0				12,7								
	25	44.221				6,3													6,3	
	30	65.909																		
	40	141.959	12,7		12,7	12,7	25,5	38,3		25,5		12,7								
	60	141.388	25,5	1.127		1127	51,0					12,7					12,7		12,7	
06/03/78	0	34.204					51,0							6,3						
	2	60.241						12,7				56,3								
	5	44.503					25,5													
	10	35.208				1126,0														
	15	23.378																		
	20	74.077																		
	25	55.770																		
	30	30.983																		
	40	52.390																		
	60	28.175																		
	80	33.800																		
20/03/78	0	246.738																		
	2	46.193					63,8	25,5												
	5	132.382					38,3	12,7												
	10	46.165				563,0	563,0					25,5	56,3							
	15	26.476		282																
	20	45.911		63			6,3							6,3						
	25	22.533				6,3		12,7						6,3						
	30	13.520																		
	40	9.000																		
	60	8.450																		
	80	2.815																		
10/04/78	0	22.533																		
	2	28.166					563,3	63,8												
	5	25.350					255,3	63,8												
	10	22.533				2817,0	63,8													
	15	16.400	281,7				63,8			63,8	12,7	25,5						63,8		
	20	22.462					63,8													
	25	25.000					63,8													
	30	36.785					63,8			63,8										
	40	58.023	12,7			12,7	38,3	12,7		51,0										
	50	10.984					12,7		12,7	25,5										
	60	563				12,7	38.3			25,5										
25/04/78	0	95.766		563		563,0	563,0		12,7	25,5		12,7	12,7	12,7				25,5		
	2	86.189				63,8	165,9			63,8								25,5		
	5	131.055				563,0	153,2			12,7								12,7		
	10	167.774	12,7	563			280,8			38,3		12,7								
	15	117.736					421,2		51,0			12,7								
	20	75.000					2700,0													
	25	6.760					127,6													
	30	19.153	282,0				76,6						12,7							
	40	15.492					25,5	12,7		6,3		12,7								
	60	5.000																		
	80	3.943																		
11/05/78	0	43.940																		
	2	81.401					574,0													
	5	25.350							12,7											
	10	94.358						25,5	38,3	25,5	12,7	51,0	12,7					28,2		
	15	20.280		563,0			563,0											28,2		
	20	30.420																		
	25	17.463																		
	30	12.000						12,7												
	40	11.549																		
	60	3.379						12,7												
	80	14.294																		
25/05/78	0	142.804				282,0	4722,0													
	2	125.622	6,3	6,3			3893,0	19,1		38,3	25,5									
	5	176.885	12,7			563,0	5615,0	12,7		25,5	25,5	6,3						19,1		
	10	126.742					2425,0	12,7		89,3	25,5	12,7	51,0							
	15	152.944					2744,0	19,0			38,3	51,0	51,0							
	20	58.023					1723,0	12,6		6,3	19,1	12,7	6,3	6,3						
	25	55.203					893,0	16,3	6,3	12,7	19,1	12,7								
	30	63.375	6,3			6,3	845,0			19,1	12,7	6,3						6,3		
	40	24.996					965,0	7,4			6,3			6,3						
	60	10.697					255,0													
	80	563					63,0													
13/06/78	0	162.802				282,0	3510,0	12,6												
	2	200.545				1278,0	5760,0					6,3								
	5	134.035				563,0	3701,0	56,3												
	10	25.631				127,0	255,0	6,3		6,3		51,0								
	15	174.913				282,0	7402,0	28,2		12,7	6,3									
	20	44.503					1386,0	19,0												
	25	50.700		6,3			1723,0			12,7										
	30	19.716					957,0			6,3										
	40	13.520					766,0			12,7		6,3								
	60	8.449																		
	80	1.845					845,0													
26/06/78	0	49.010		6,3		12,7	1.532,0	12,7				6,3								
	2	21.970		6,3			893,0					6,3								
	5	192.658		6.3		282,0	1.532,0		6,3											
	10	213.783					1.978,0					28,2								
	15	85.908					957,0													
	20	38.588							6,3											
	25	12.957				1.690,0	3.254,0	6,3												
	30	3.943				282,0	1,914,0				6,3									
	40	3.662																		
	60	63					319,0													
	80	563																		
07/07/78	0	5.633																		
	2	26.664					1.127,0													
	5	10.515				25,5	6.760,0					8,5								
	10	70.416					3.300,0					6,3								
	15	218.291					563,0													
	20	38.588					447,0		12,7											
	25	30.983					282,0					6,3								
	30	14.083	6,3				9.295,0													
	40	2.535					8.449,0		12,7		28,2									
	60	563				25,5	282,0													
	80	127																		

TABLA Nº 13. (Continuación)

Fecha	Profundidad	Cyclotella Kützingiana	Cymbella sp	Achnanthes sp	Cocconeis sp	Nitzchia acicularis	Synedra acus	Synedra ulna	Fragilaria crotonensis	Ceratoneis arcus	Diatoma vulgare	Pinnularia sp	Navicula sp1	Navicula sp2	Pinnularia mesolepta	Gomphonema acuminatum	Campylodiscus sp	Tetracyclus lacustris	Gomphonema sp	Surirella sp
28/07/78	0	3.943				563,0			12,7				56,3							
	2	2.253																		
	5	3.943					127					12,7								
	10	310.958				845,0	255		6,3											
	15	283.918					830	6,3	19,1											
	20	181.392		12,7			1.690						12.7							
	25	39.996	6,3			12,7	1.127					12,7								
	30	18.872					2.535		12,7											
	40	14.647					574	6,3												
	60	4.225					510													
	80	1.972					638													
02/09/78	0	59.713				563,0														
	2	193.786				1.690,0	25,5						12,7							
	5	176.323				1.127,0														
	10	154.917				1.127,0	12,7													
	15	30.420				383,0	640						25,5							
	20	8.732					70,2						6,3							
	25	10.703					31,9						6,3							
	30	3.361					28,2						6,3							
	40	4.788					25,5				6,3		12,7							
	60																			
29/09/78	0	79.430					25,5													
	2	116.891				845,0	12,7											6,3		
	5	77.458								6,3			6,3							
	10	109.145		282,0			8,0	8,0												
	15	82.247					63,7					25,5	12,7							
	20	14.646					6,3	6,3					19,1							
	25	16.337					25,5				6,3		25,5					6,3		
	30	49.573					31.9						28,2					6,3		
	40	9.295	6,3				57,4	12,7			6,3	12,7								
	60	127																		
17/10/78	0	91.541	12,7				6,3	6,3				12,7		6,3						
	2	61.967	12,7	563,0									12,7							
	5	100.000					6,3	6,3												
	10	71.824					6,3	6,3												
	15	95.000					6,3	6,3												
	20	87.880					6,3	6,3												
	25	24.223					56,3	12,7												
	30	47.320					22,7	3,8				3,1								
	40	84.782	28,2		6,3		25,5	6,3				12,7	28,2	6,3			12,7			
	60	1.690									6,3									
05/11/78	0	71.543				563,0		12,5				10,1	6,2	5,0						
	2	41.405					282,0						5,0							
	5	38.306																6,3		
	10	35.206		563,0	14,0		563,0					14,0								
	15	32.673					282,0	5,0					10,0							
	20	41.123	2,5					5,0			5,0	5,0								
	25	44.503					11,7		4,0		7,8			4,0						
	30	20.843					116,0	9,0				2,0	3,6	2,0						
	40	9.000																		
	60	1.690																		
26/11/78	0	12.313	4,4				35,0	8,6					13,1	4,4						
	2	18.027	8,5			8,5	59,0	24,0												
	5	26.289	8,8				145,0	10,6				17,5	44,0	4,4						
	10	20.280		563,0			103,4	203,0		5,1	7	15,5								
	15	25.350	12,5			6,2	62,4	2,5				12,5	18,7							
	20	16.900					190,0	15,6		7,80		7,8						6,3		
	25	16.900	5,2				36,2	5,2				28,2	12,9						2,6	
	30	13.520	6,2		3,12		81,0	9,4			3,7	4,7	44,0							
	40	13.520					81,0	9,3					3,1							
	50	2.253	3,1		3,12		15,0	6,2		3,10										
16/12/78	0	12.056	7,7				15,5	23,3		7,70				7,8						
	2	7.182	7,7				256,7				7,7	7,7	23,3	7,8					7,8	
	5	7.887					26,0	40,0				18,0	2,0							
	10	4.507			2,00	2,0	44,0	32,0				10,0								
	15	20.279	7,7	845,0		22,0	845,0	23,4			39,0	39,0	15,6	7,8					3,1	
	20	2.560	22,0				34,0	18,0						2,0						
	25	9.295		282,0	6,00		148,0	15,6			6,0		7,8	7,8					4,0	
	30	18.000	4,0				68,0		18			2,0	22,0							
	40	15.210	10,0				240,0				30,0	10,0	40,0	40,0						
	60	1.127			6,00		12,0													
06/01/79	0	6.760																		
	2	9.013	68,0	3730,0			1127,0	14,0			12,5	56,3	394,3		6,2					
	5	7.605	12,5	845,0			222,0	31,2				6,2	6,2						4,0	
	10	5.492	18,7				262,0	6,2			6,2		12,0	6,2					6,2	
	15	4.225	5,2	469,0		5,1	166,0	20,4				5,1		5,0					6,2	
	20	3.800		563,0		4,4	202,0	35,1						4,4						5,2
	25	4.000					200,0	28,0			5,0	10,0		10,0						
	30	6.760	4,0				190,0	18,0			4,0		4,0							2,0
	40	563	7,0			37,5	70,0	21,0			5,0	15,0	15,0					3,0	3,0	
	60	1.127	2,0		3,00		82,0	24,0			4,0	6,0		3,0					2,0	
29/01/79	0	2.113																		
	2	2.535	25,0	422,0	282,0		845	61,8			15,3	5,0	5,0	10,0					10,0	
	5	3.380	20,0				730	19,0			25,0		6,0	6,0					6,0	
	10	563	31,0		6,3		1.557	30,0			10,0	4,0	4,0	6,0					12,0	2,0
	15	3.259	68,7			31,0	655	43,2			12,5	25,0								1,0
	20	1.014	12,5				1.300	93,6		6,2	56,0	2,0	19,0	6,2						6,2
	25	1.690	56,0				930	37,0		18,7	31,0	6,2		12,5					6,2	6,2
	30	4.501			282,0		1.448	99,0			56,0		19,0			6,2			6,2	6,2
	40	1.127					527	74,8			12,5	6,2	6,2	12,5						
	60	282	6,0				240	16,4			3,9									
20/02/79	0	2.817				2,0	108	20,0			4,0			10,0						
	2	1.268	2,0				128	8,0			6,0	6,0		2,0						
	5						128													
	10	4					112	2,0						2,0						
	15	420	2,0				70	6,0			6,0									
	20	6	4,0				142													
	25	6	2,0				54	10,0			2,0		2,0	2,0						
	30	18					40	1,0			1,0									
	40	124					83	2,0			2,0			2,0						
	60	30					9				2,0			2,0						
	80	282					84	2,0				1,0								

4.2.1. Diatoméas (Bacillariophyceae, Diatomophyceae)

Las diatomeas se consituyen en la clase de algas más representadas, tanto en riqueza de especies presentes, como en su abundancia en las aguas del pantano de Quentar, Gran número de las especies presentes corresponden a formas bentónicas que aparecen en baja densidad, en forma discontínua en los perfiles verticales, pero con bastante continuidad en el tiempo. Se destaca Cyclotella kutzingiana Thwaites por su abundancia entre las diatomeas.

4.2.1.1. Familia Naviculaceae

Gomphonema (Ehrenberg, 1831)

Género de la familia Naviculaceae que se caracteriza por su heteropolaridad y presencia de estilete gelatinoso que las fija a un sustrato. Este género agrupa a unas cincuenta especies de agua dulce, siendo la forma presente en los muestreos seguramente de orígen bentónico-litoral por corresponder al tipo de organísmo micropectónico. Se observó que su presencia en el embalse es mayor en los meses de invierno y primavera.

Las densidades encontradas fueron bajas no mostrando preferencia por ninguna profundidad lo cual puede ser ca-

racterístico de organísmos ticoplanctónicos. El tamaño de las células de Gomphonema sp variaba de 33 a 69 micrometros de largo y de 15 a 26 micrometros de ancho (en adelante se mencionará μ L x μ l para indicar las dimensiones de los individuos).

Gomphonema acuminatum var. coronata (Ehr.) W. Smith

De muy escasa presencia en los muestreos realizados. Se encontraron ejemplares sólo el 18 de Febrero a 60 m y el 17 de Octubre a 40 m con una densidad de 0,254 individuos/ml. El tamaño medio de los individuos fue de 60 μ L x 15 μ l.

Cymbella Agardh, 1830

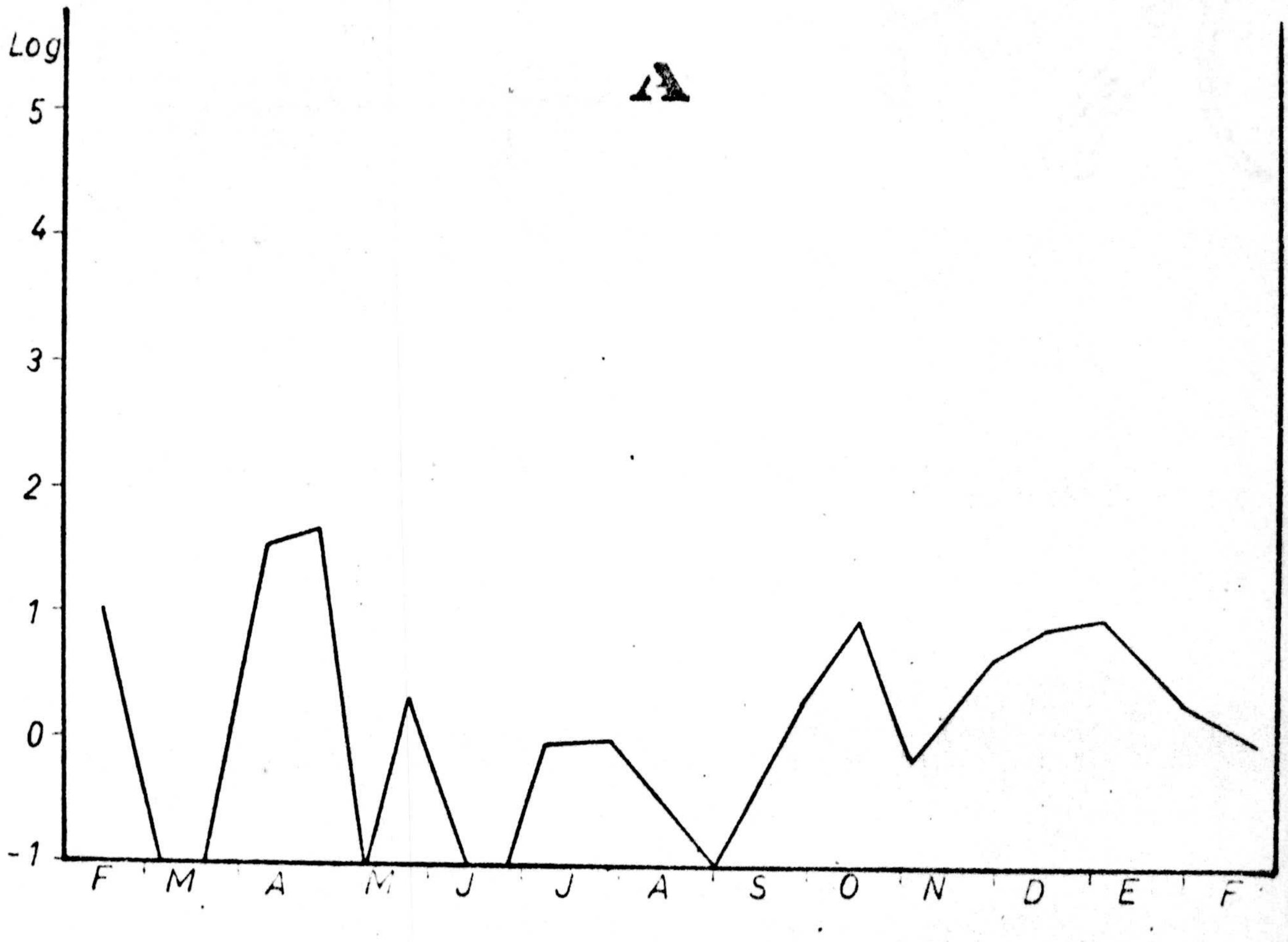
Se agruparon en el género Cymbella por lo menos dos ó tres formas que en los recuentos muchas veces fue difícil distinguirlas. En todo caso en identificaciones posteriores sobre muestras de red, obtenidas por arrastre, se detectó Cymbella ventricosa Kutz. Muchas de las ciento cuarenta especies que conforman el género se caracterizan por ser perifíticas y micropenctónicas. Seguramente el orígen de las poblaciones detectadas son formas fijas a las paredes rocosas del embalse. En el caso de C. ventricosa los individuos pueden provenir del sustrato rocoso de los arroyos afluentes, ya que es una especie comun en aguas corrientes limpias (Margalef,

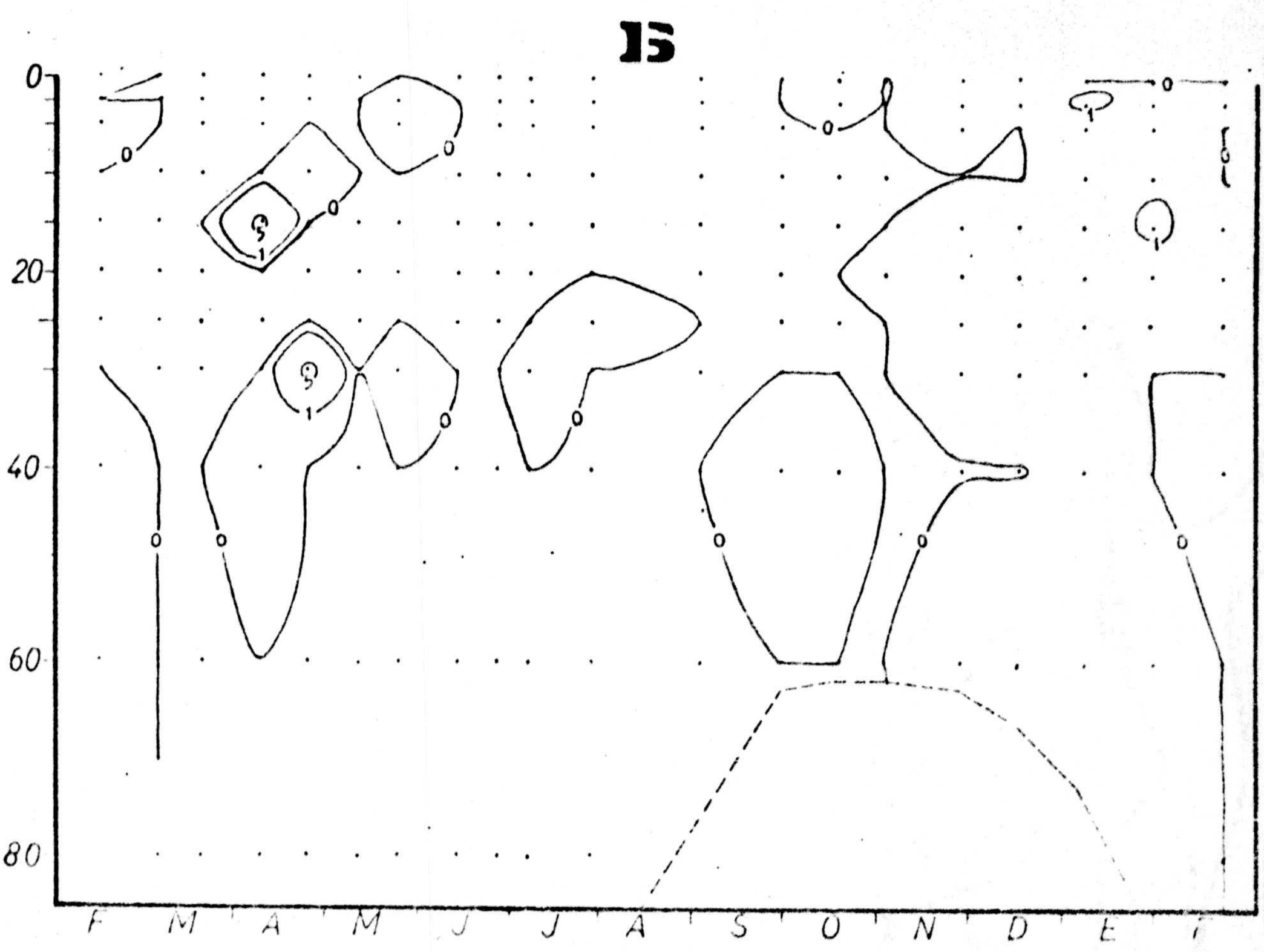
Figura nº 27.

Variación espacio-temporal de las densidades de Cymbella sp.

A. Variación en la columna (Log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (ind/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
F M A M J J A S O N D E F

1953). En lagos de montañas coloniza las aguas poco profundas del litoral (Besch y colaboradores, 1972). Round (1957) la menciona como especie confinada a lagos no productivos.

Las densidades encontradas variaban de 0,04 a 5,60 cél/ml, siendo mayor su presencia en otoño, invierno y primavera, en relación a los meses de verano (figura nº 27). La distribución espacio-temporal de la figura nº 27 no indica una continuidad en la zona pelágica, lo que confirma que puede deberse su presencia a individuos errantes, desprendidos de sus sustratos de fijación. A partir de Noviembre hasta Febrero se observa una presencia algo mas constante a lo largo del perfil del embalse lo cual está relacionado con la mezcla invernal que facilita los desprendimientos de las algas bentónicas y posterior circulación en el volumen embalsado.

El tamaño medio de los individuos de Cymbella spp era de 19,3 µ L x 7,5 µ l.

Navicula Bory, 1822

El género comprende unas 500 especies de agua dulce (Bourrelly, 1968). En los recuentos efectuados en Quentar fue posible distinguir dos formas dentro del género que no pudieron ser determinadas exactamente, pero que pertenecen en todo caso a la sección Navicula, dentro del género Navicula, descri-

ta por Hustedt (1930).

Las figuras nº 28 y 29 describen la distribución espacio-temporal para Navicula sp_1 y Navicula sp_2. En el caso de Navicula sp_1 se observa una distribución más contínua en el tiempo durante el período 10 de Abril 1978 al 20 de Febrero de 1979. La distribución espacial indica que la especie no baja de los 30 m de profundidad durante el período de tiempo que está presente.

En cambio Navicula sp_2 tiene dos períodos en que aparece; el primero va desde fines de invierno a primavera (6 de Marzo al 25 de Mayo de 1978) con presencias discontínuas en el perfil vertical de 0 a 30 m. El segundo período (otoño-invierno) va desde el 17 de Octubre al 20 de Febrero de 1979, con una distribución espacial más homogénea a lo largo del perfil vertical, que incluso alcanza en algunas fechas los 60 m de profundidad.

Las densidades de ambas especies fueron bajas, normalmente entre 0,04 a 0,88 cél/ml.

Pinnularia Ehrenberg, 1843

Como especies de este género se detectó Pinnularia mesolepta (Ehr.) W.Smith y otra especie no identificada.

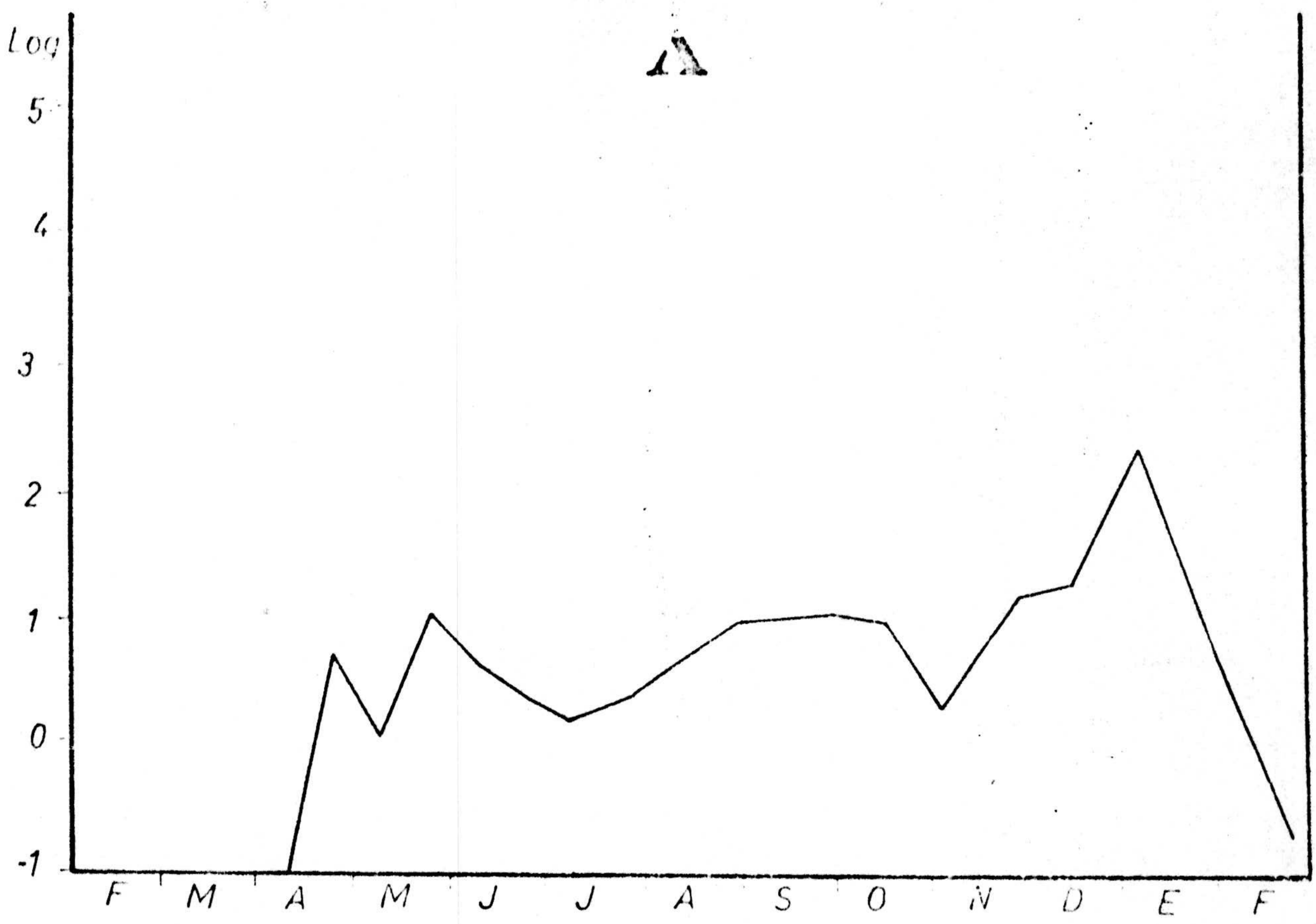
Figura nº 28

Variación espacio-temporal de las densidades de Navicula sp1.

A. Variación en la columna (Log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

A



B

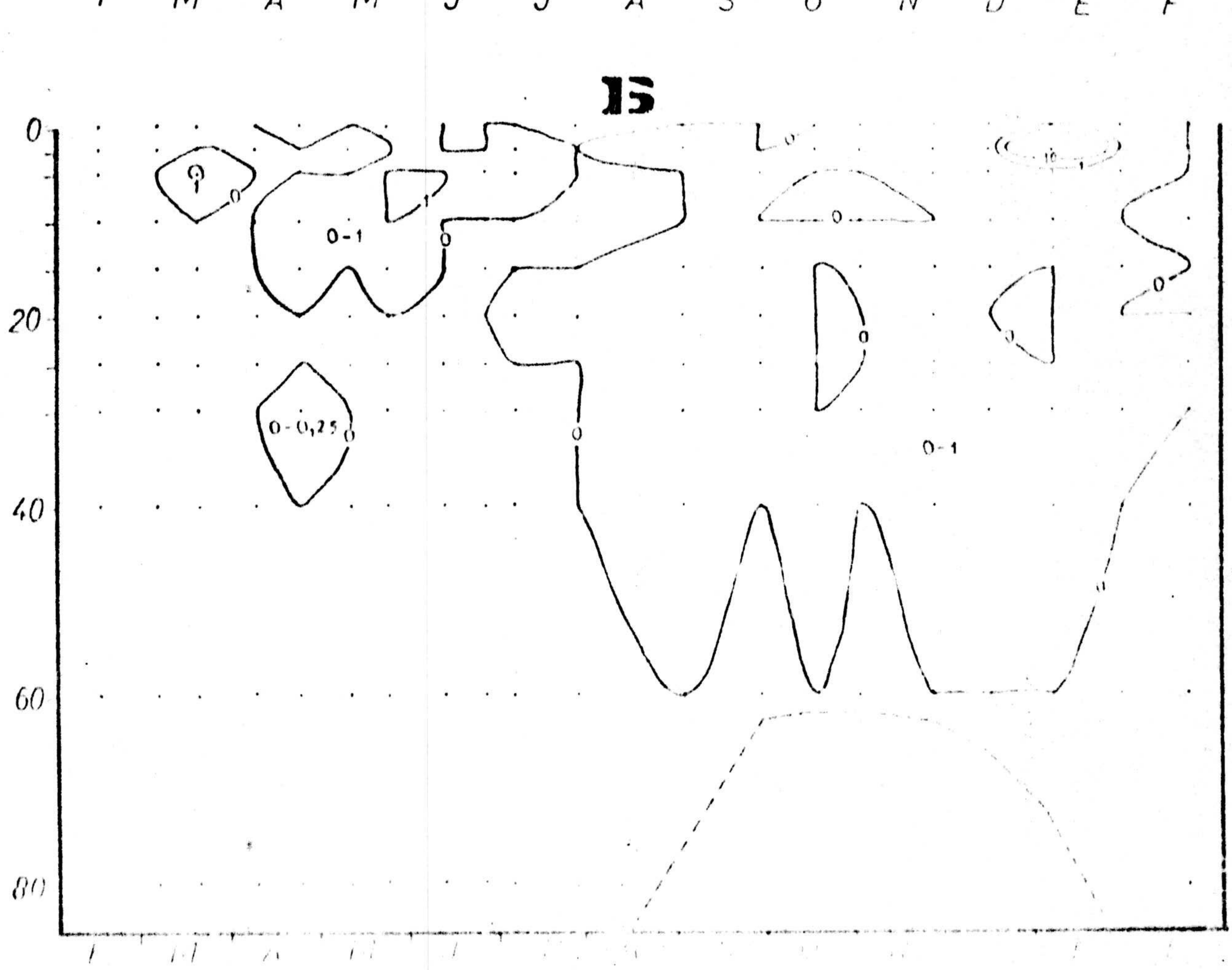
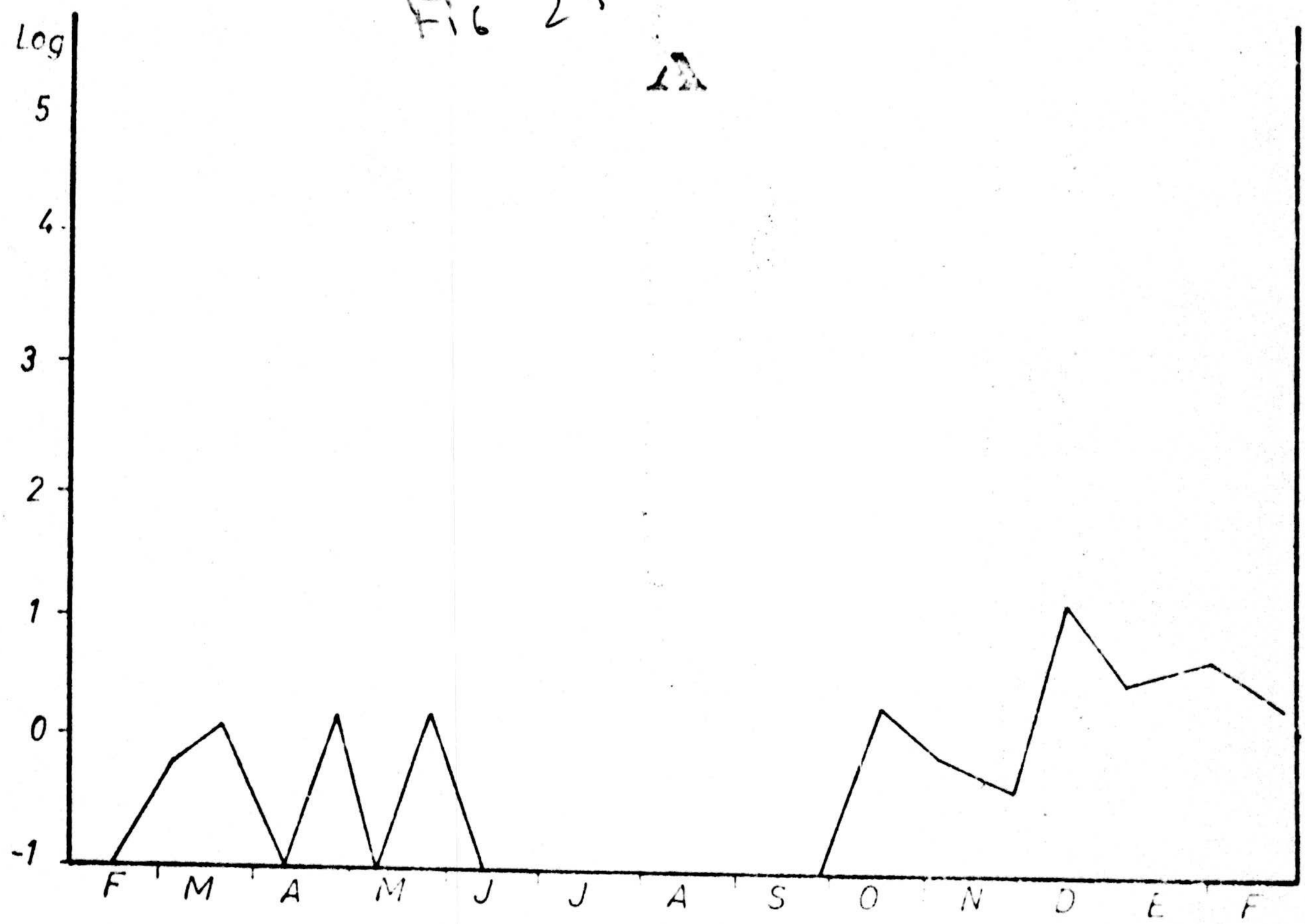
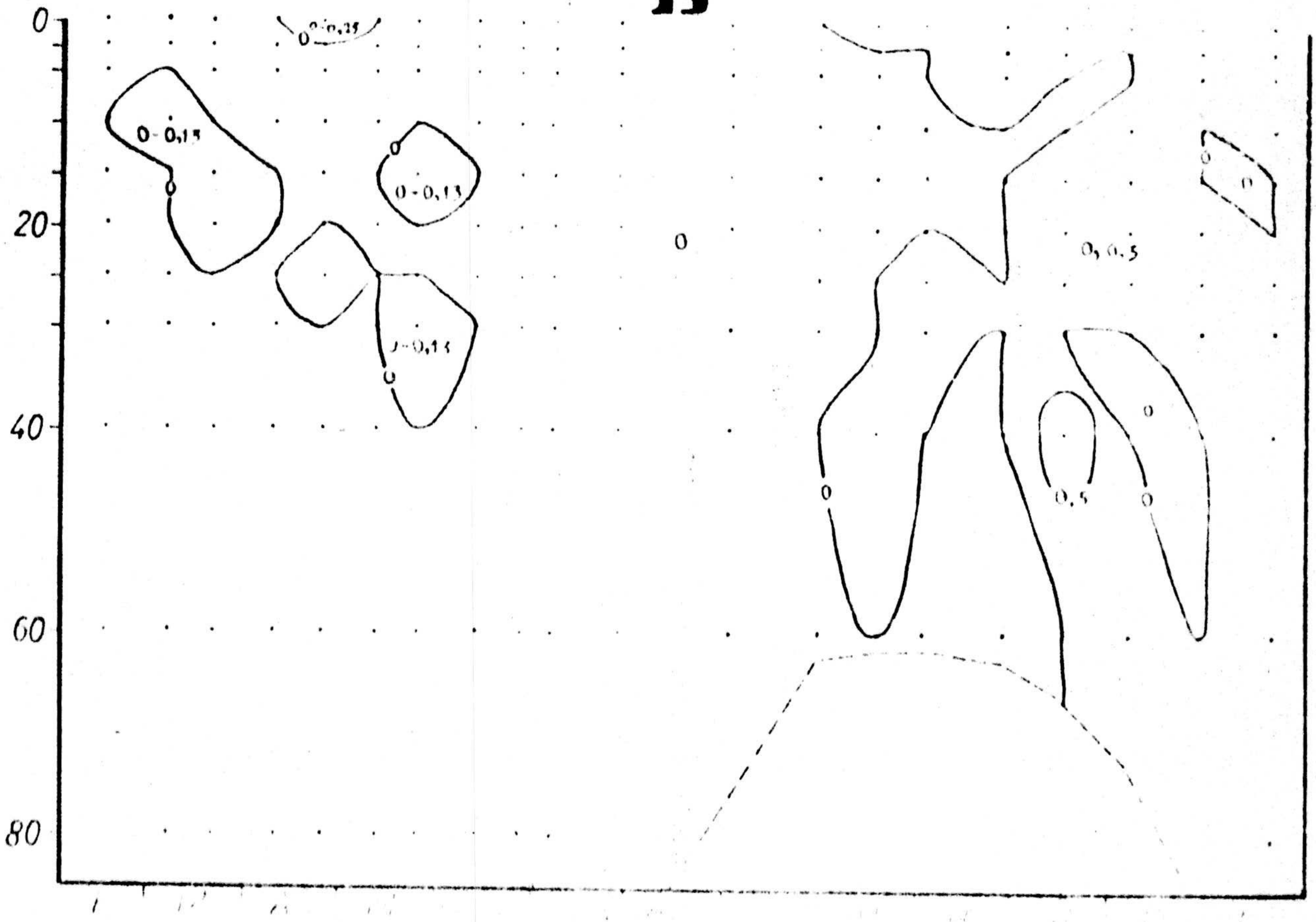


Fig 29


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F


0
20
40
60
80
0-0,15
0-0,15
0-0,15
0
0,5
0,5
0

P. mesolepta tuvo muy escasa presencia encontrándose sólo en una muestra (6 de Enero de 1979 a 2 m), y es posible que su presencia sea accidental en la zona pelágica del embalse ya que es más bien una especie típica bentónica (Round, 1957). El tamaño medio para la especie en Quentar fue 23 µ L x 7 µ l, inferior al mencionado por Hustedt(1930).

Pinnularia sp se encontró presente en mayor número de muestreos y tiene una distribución temporal más o menos uniforme a lo largo del ciclo estudiado, pero una distribución vertical variable según la época del año. En invierno se encuentra en todo el perfil, de preferencia desde los 60 m hasta la superficie, en cambio, en primavera-verano es más común en la zona superficial (0 a 30 m), pero con gran variabilidad entre las fechas (fig. nº 30). El tamaño de los individuos fue de 54 µ L x 9 µ l en promedio.

4.2.1.2. Familia Nitzschiaceae

Nitzschia Hassal, 1845

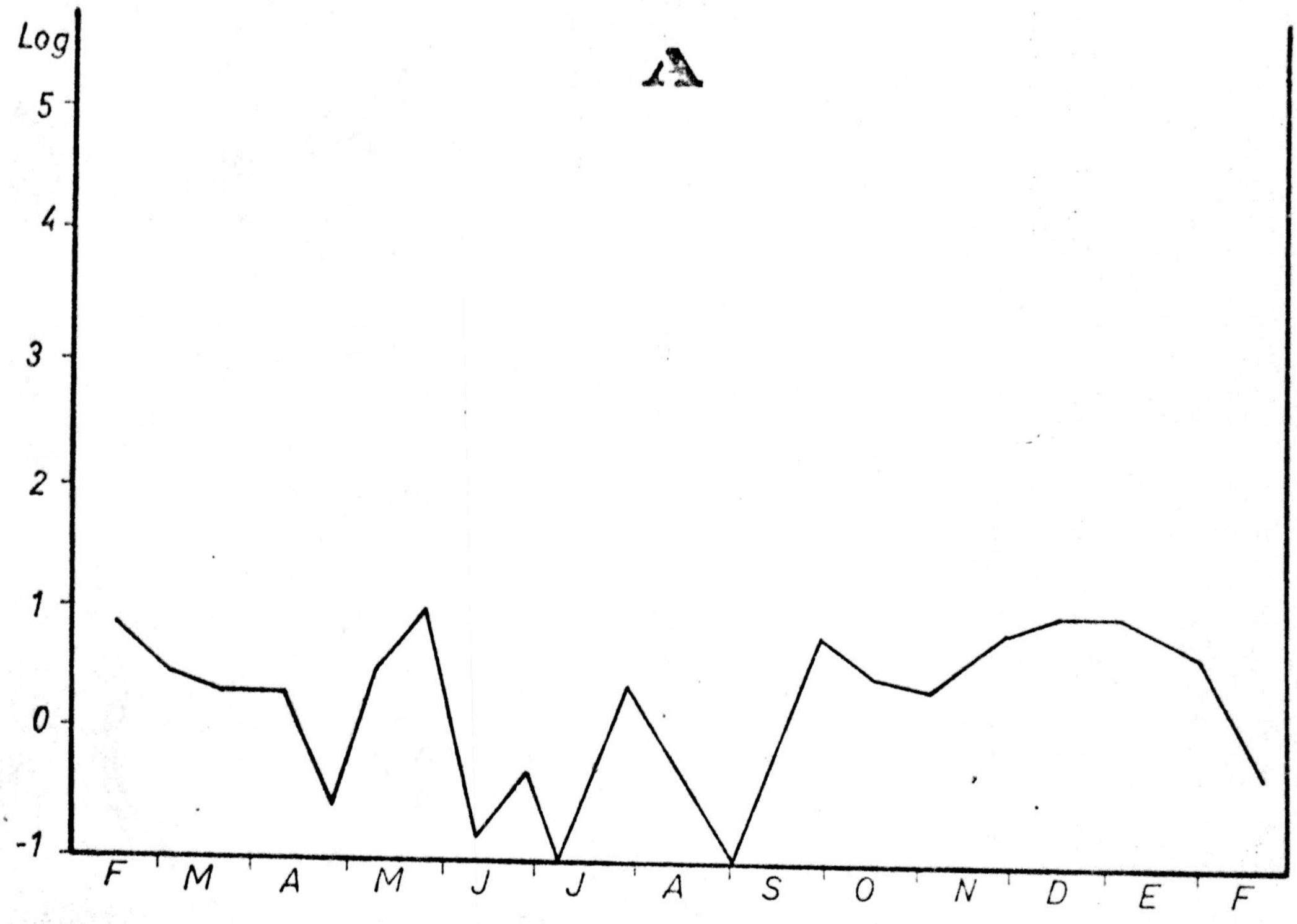
Género abundante en las aguas dulces del mundo, alrededor de 200 especies según Bourrelly (1968). Fue posible distinguir Nitzschia acicularis W.Smith, especie que sería bastante común en las aguas productivas según Round (1957) y de aguas corrientes ó mesosaprobias según Margalef (1953).

Figura nº 30

Variación espacio-temporal de las densidades de Pinnularia sp.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F

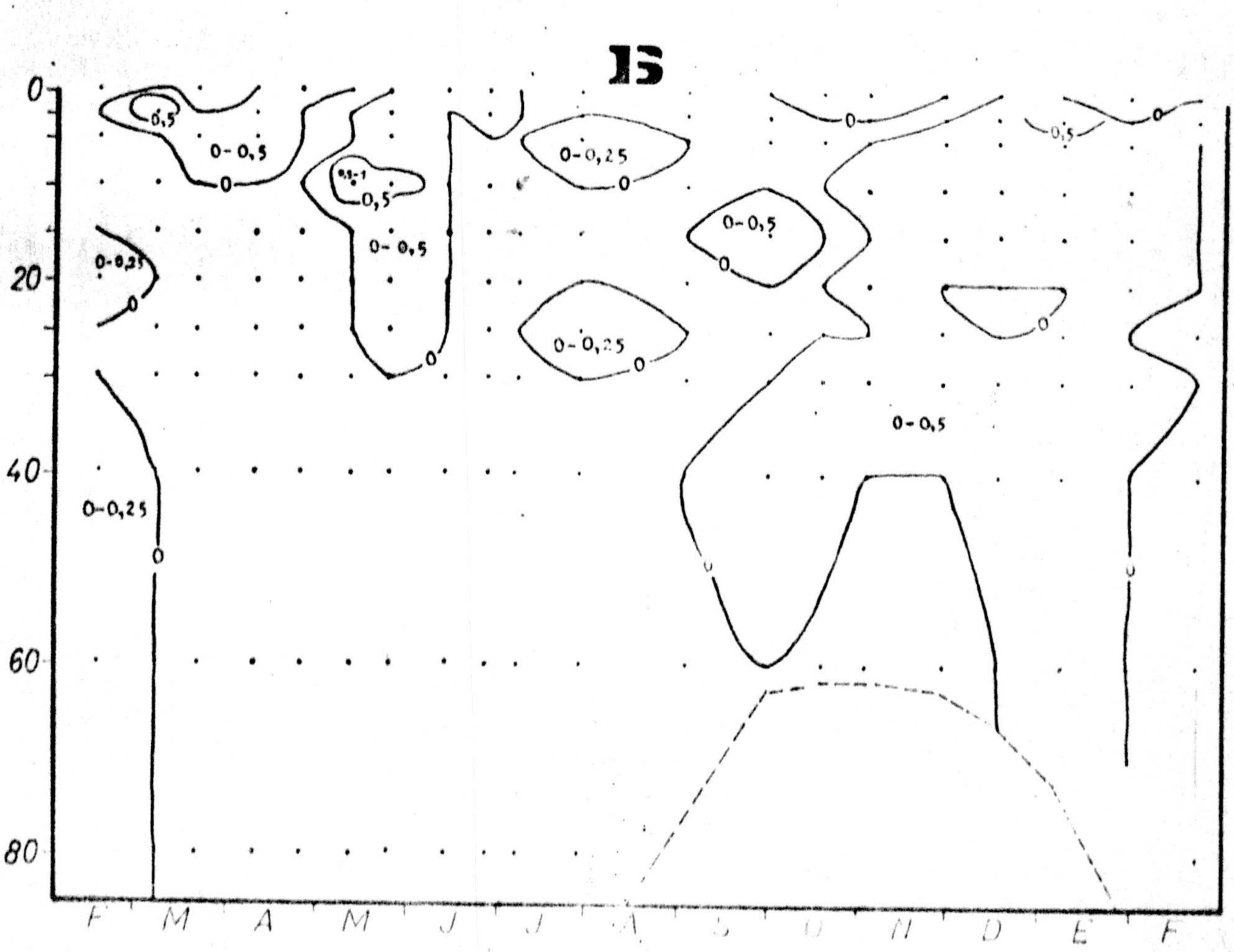

15
0
20
40
60
80
0,5
0-0,5
0-0,25
0
F M A M J J A S O N D E F

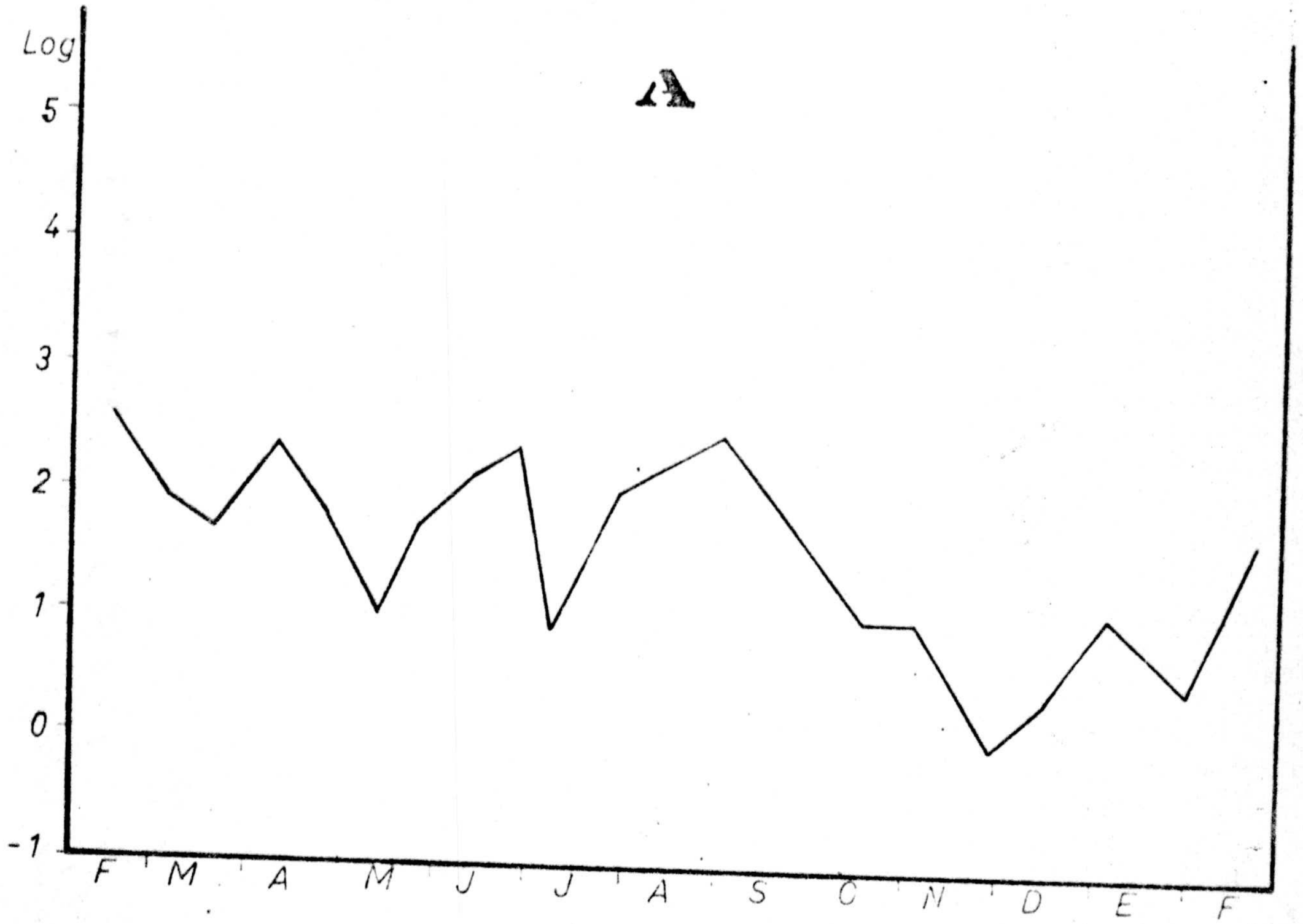
Figura nº 31

Variación espacio-temporal de las densidades de Nitzschia acicularis.

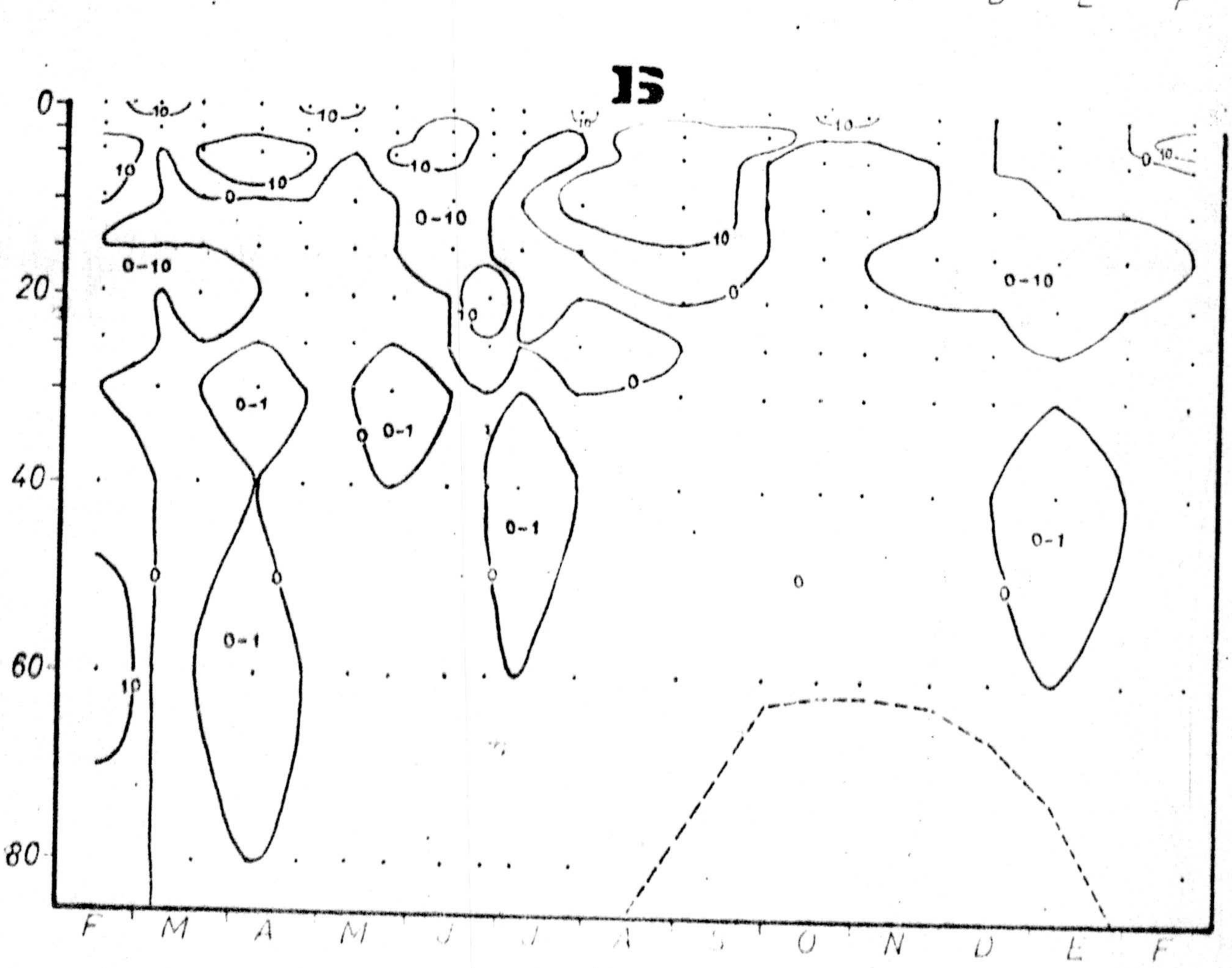
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F

B


0
20
40
60
80
10
0
0-10
0-1
F M A M J J A S O N D E F

El tamaño de las células observado fue de 148 µ L x 2 a 0,2 µ l (variación entre la zona central y los extremos). La figura nº 31 señala la distribución espacio-temporal de los individuos.

4.2.1.3. Familia Surirellaceae

De muy escasa presencia, encontrándose sólo células del género Surirella Turpin, 1828, en muestras del 10 de Abril de 1978 a 30 m, y en 1979, el 6 de Enero a los 15 y 30 m y el 29 de Enero desde los 5 a los 25 m. Las densidades fueron bajas, desde 0,04 a 0,25 cél/ml. Las dimensiones de las células eran de 40 µ L x 12 µ l. También se encontraron individuos del género Campylodiscus Ehr., 1840, en dos oportunidades, 18 de Febrero de 1978 a 60 m y 17 de Octubre de 1978 a 40 m, ambas con densidades de 0,25 indiv/ml.

4.2.1.4. Familia Diatomaceae

Synedra Ehrenberg, 1830

Las especies del género Synedra encontradas fueron S. ulna (Nitzsch.) y S. acus (Kutz.). Ambas especies presentaron una distribución anual y vertical más contínua que la mayoría de las diatomeas pennadas ya mencionadas.

La figura nº 32 nos muestra la distribución espa-

Figura nº 32

Variación espacio-temporal de las densidades de Synedra acus.

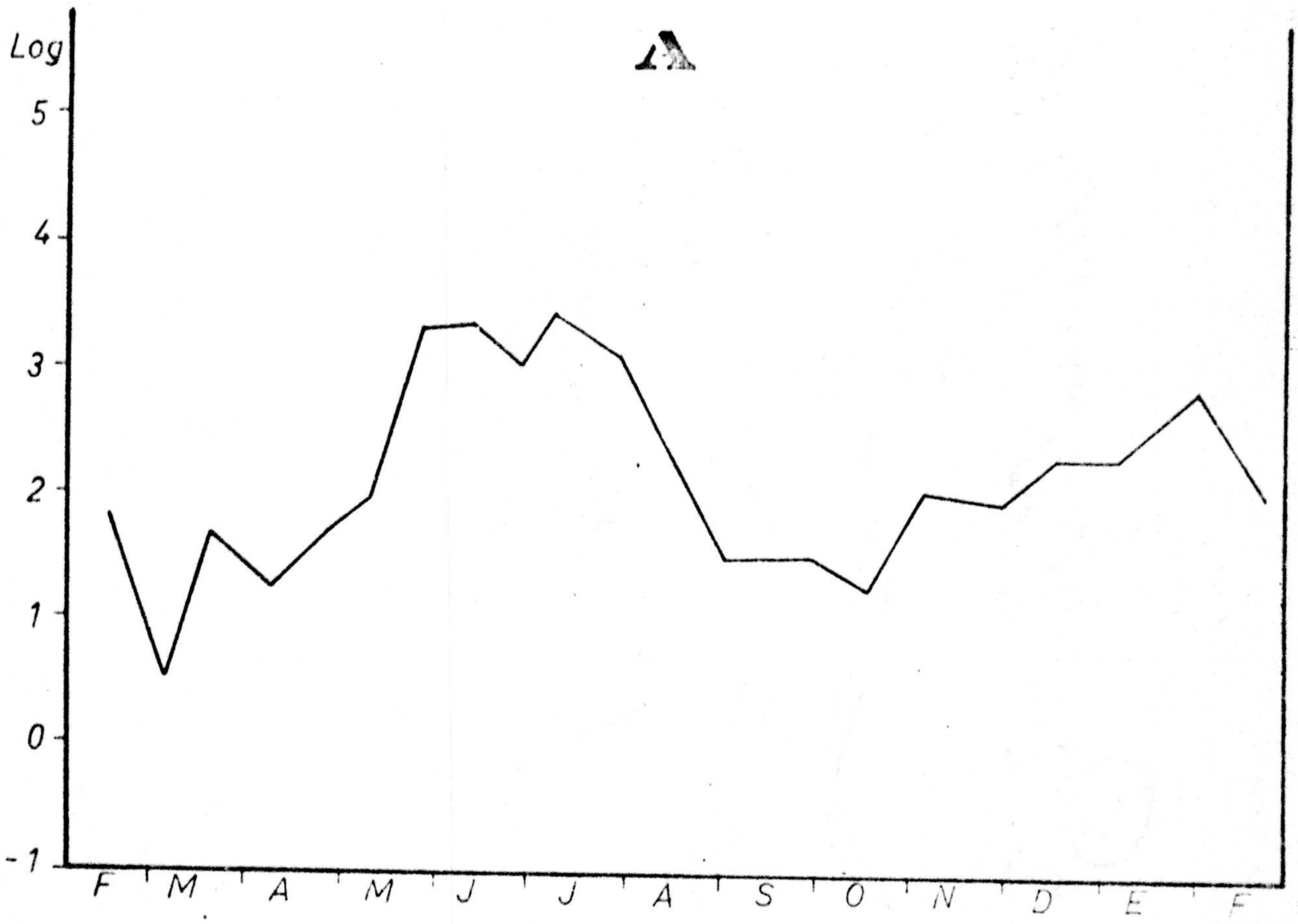
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

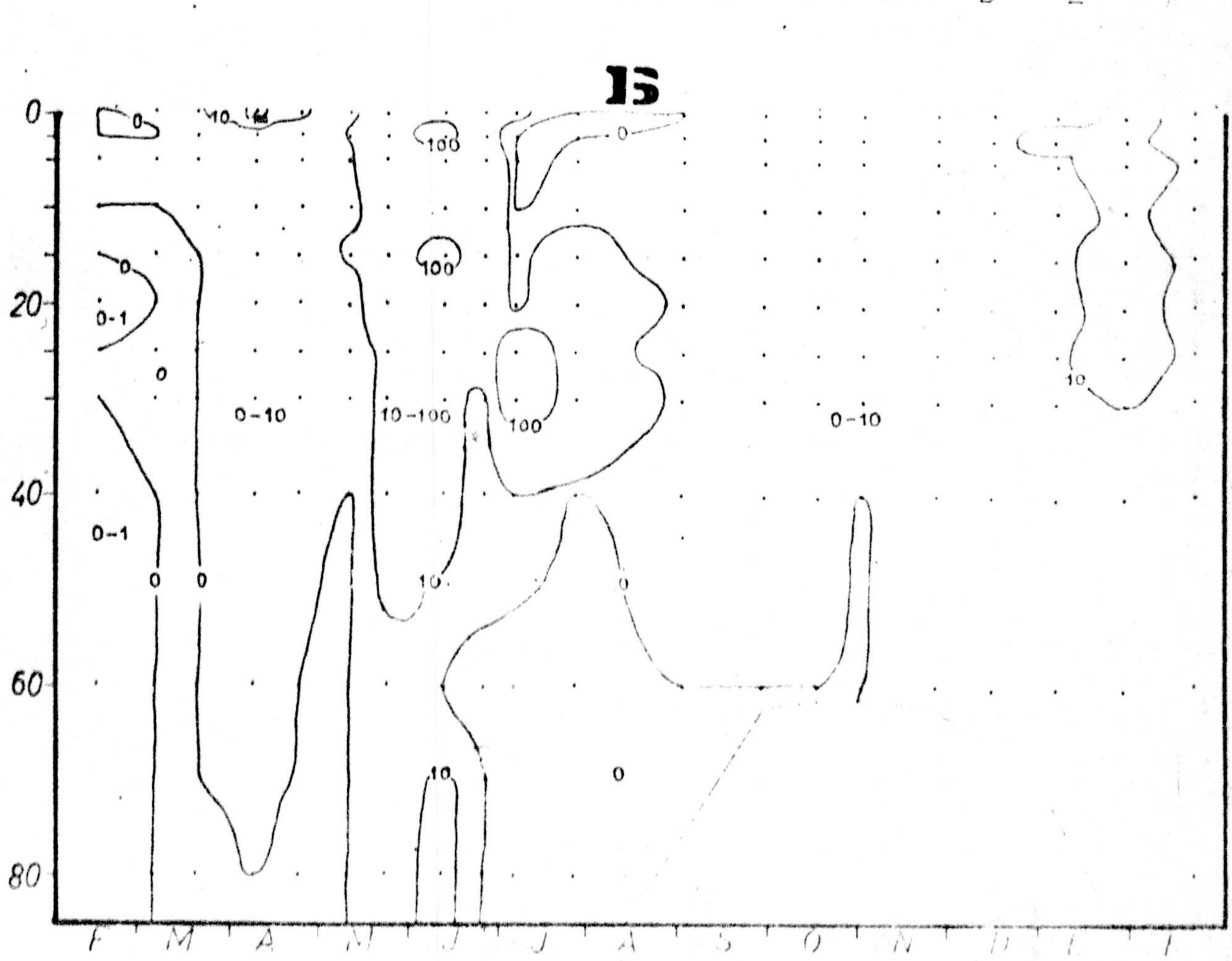
B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

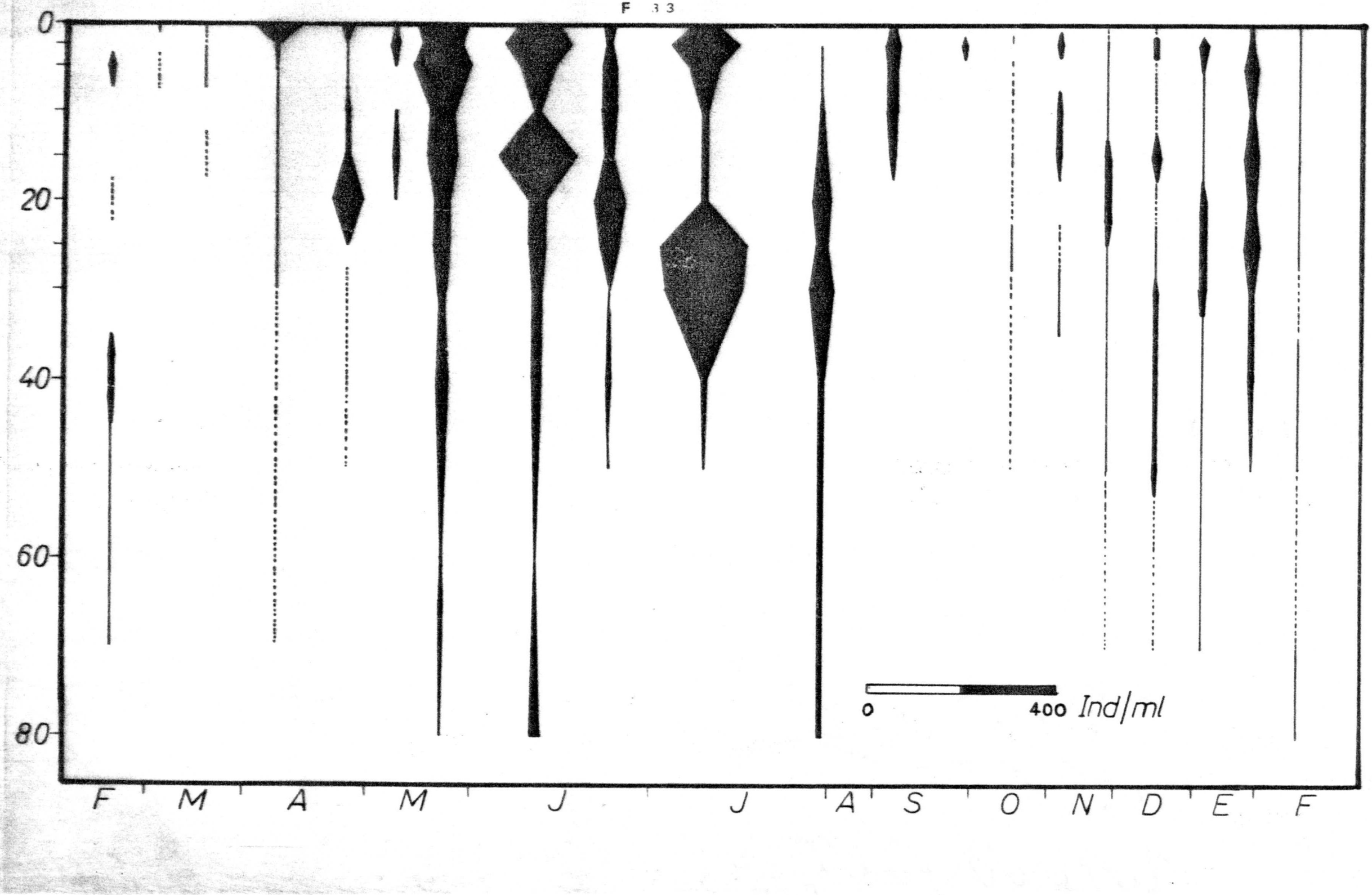
Figura nº 33

Perfiles de distribución vertical de Synedra acus.

BIBLIOTECA UNIVERSTARIA GRANADA


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
0
0-1
0-10
10-100
100
10
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
0
400 Ind/ml
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

cio-temporal de S. acus. Prácticamente en todas las fechas se encontraron ejemplares, pero con más abundancia en los meses de primavera. Las densidades encontradas fueron de 0,12 hasta 148,04 cél/ml. La distribución vertical en las diferentes fechas de muestreo se observa más claramente en la figura nº 33. Se distinguen células vivas hasta los 80 m, siendo las máximas densidades en los primeros 30 m. El 10 de Abril la mayor parte de la población se encuentra en la superficie (0 a 2 m), el 25 de Abril se encuentra a mayor profundidad (20 m) posteriormente el 25 de Mayo reaparece en la superficie la población con un máximo a los 0 m y otro a los 5 m. El 13 de Junio nuevamente hay dos profundidades donde se concentra la población, 2m y 15 m. Posteriormente, el 7 de Julio, cuando la población total llega al nivel máximo en el lago (2.664 cél/mm^2) para todas las profundidades integraas, se observan unos máximos en 2 m y otro en 25-30 m. Parece extraño esta doble segregación en la población de una especie, pero es común encontrar esta figura para algunas fechas en estudios de distribución vertical del fitoplancton, incluso en lagunas de menor profundidad (Hickman, 1974).

La figura nº 34 indica la distribución de S. ulna. Presenta menor abundancia que S. acus. Sus densidades estan entre 0,12 y 1,2 cél/ml. También se observa una disminución poblacional durante el período de verano. En general hay un aumento de la abundancia durante el invierno, siendo el máxi-

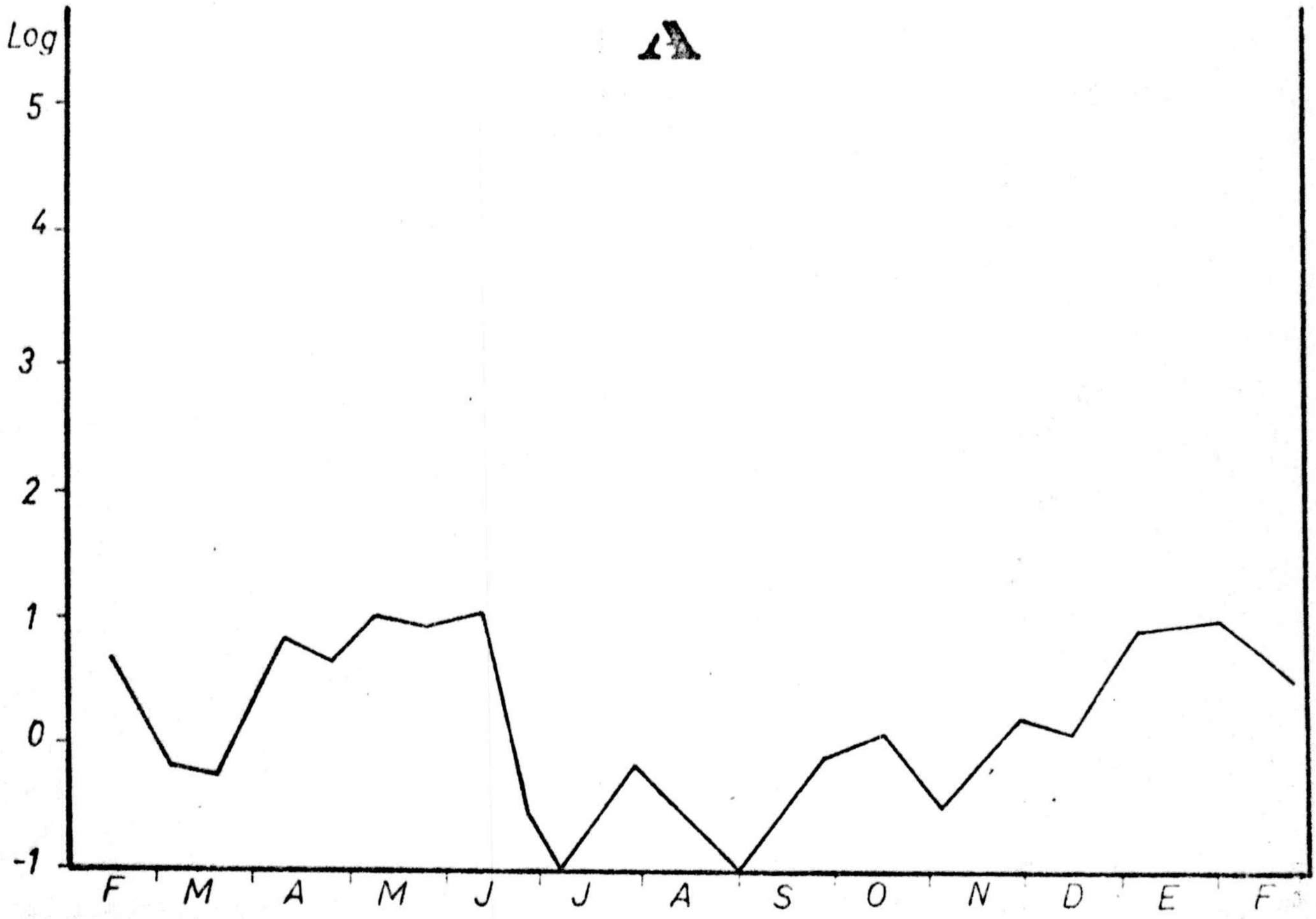
Figura nº 34

Variación espacio temporal de las densidades de Synedra ulna.

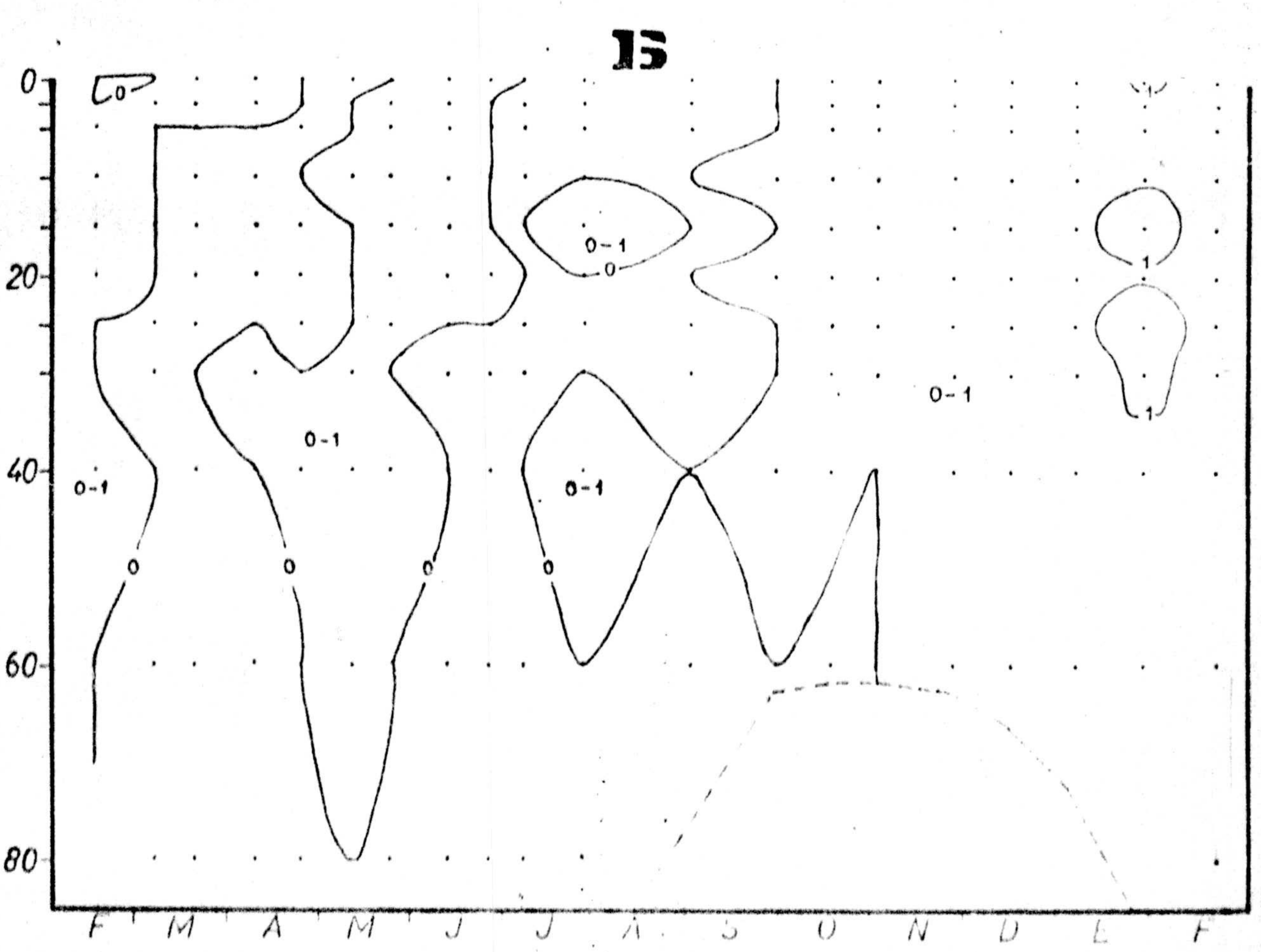
A. **Variación** en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. **Isolíneas** de densidad (indiv/ml)

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
0-1
0-1
0-1
0-1
0-1
0
0
0
0
1
1
1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

mo en la columna de agua el 29 de Enero de 1979. Las dimensiones medias observadas fueron 100 u L x 7 u l en S. ulna y de 111 µ L x 3,4 µ l en S. acus. Ambas especies presentan máximas poblacionales en primavera y en invierno.

Ceratoneis arcus Kützing, 1849

Margalef (1955) la cita como una especie de arroyos de montaña. Bourrelly (1968) la menciona también como especie de las aguas corrientes frías y de distribución mundial. Besch y colaboradores (1972) la encuentran en el bentos de lagunas de alta montaña de los Pirineos franceses.

En Quéntar aparece con cierta uniformidad en las muestras pelágicas de primavera e invierno (figura nº 35), lo cual implica que el embalse en esta época sería un habitat adecuado para la especie. Es posible que exista reproducción en el propio embalse que justifique la presencia constante en el espacio y el tiempo durante esta época del año. A esta posible población autóctona deben sumarse las células procedentes de afluentes y zonas litorales, ya sea como células maduras arrastradas ó como aporte de esporas al embalse.

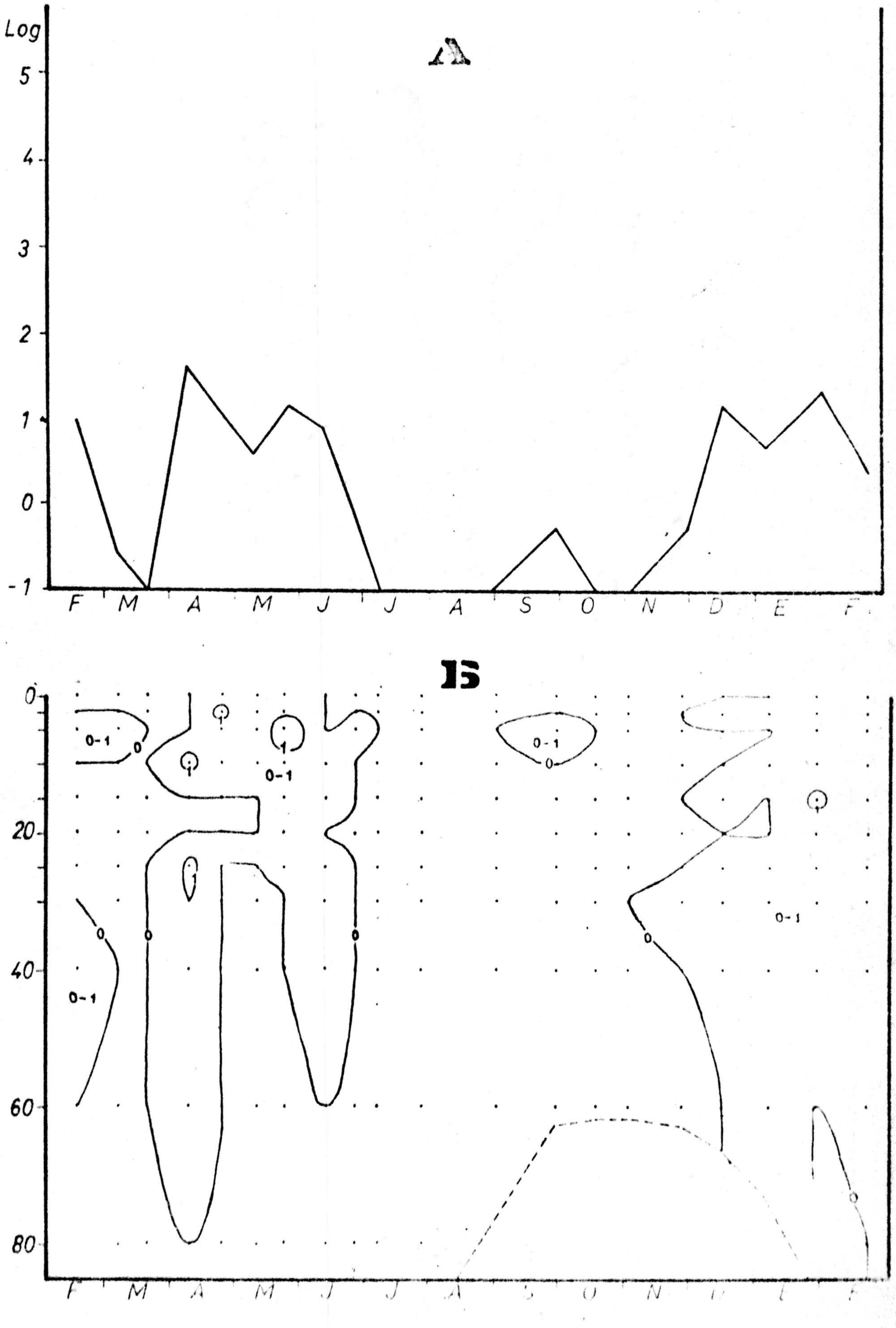
Las densidades estuvieron habitualmente entre 0,02 y 1,8 cél/ml. Las mayores cifras por unidad de superficie

Figura nº 35

Variación espacio-temporal de las densidades de Ceratoneis arcus.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F
0
20
40
60
80
0-1
0
1
F M A M J J A S O N D E F

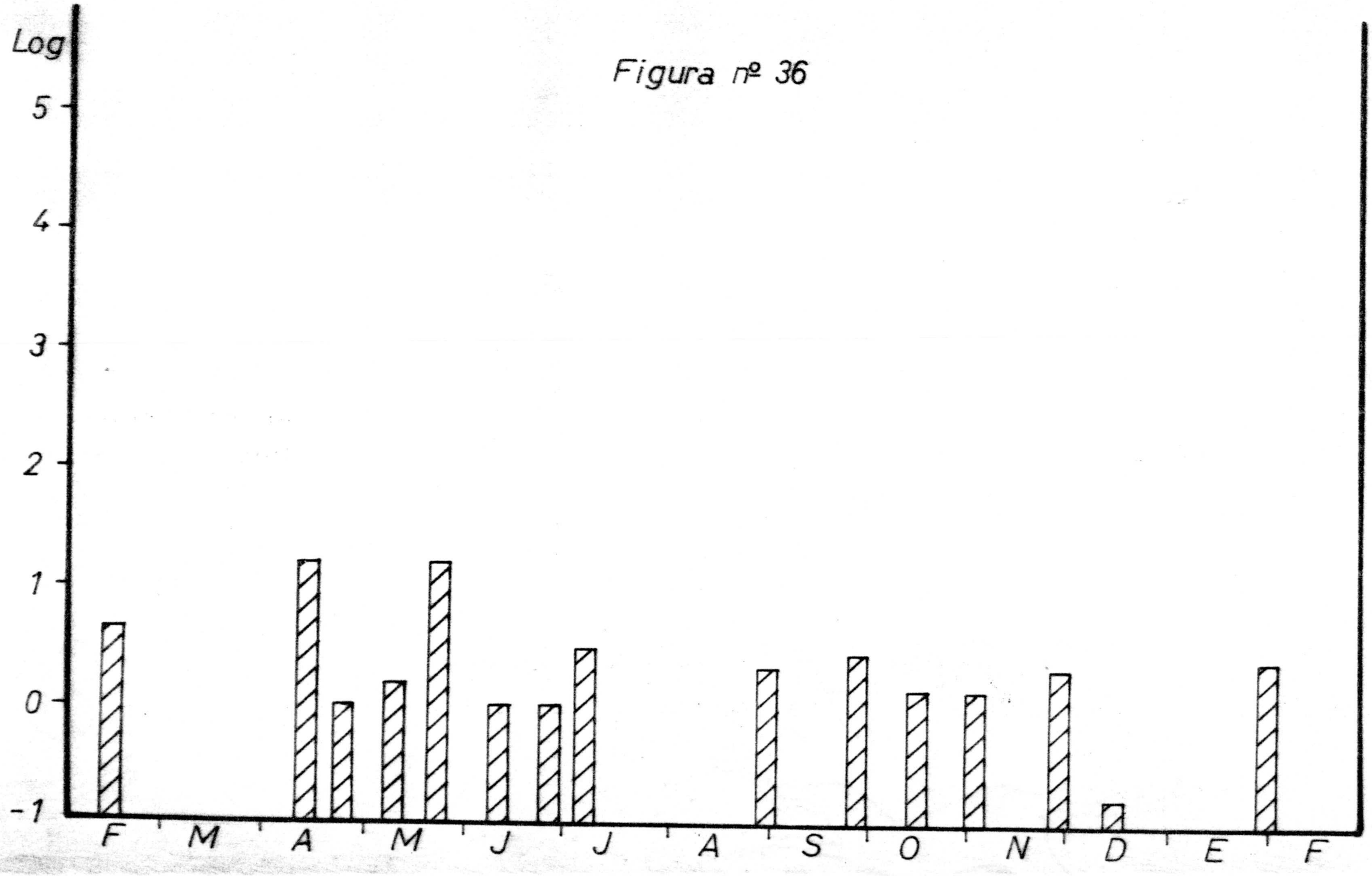
corresponden al 10 de Abril, 16 de Diciembre y 29 de Enero durante el perfodo de estudio (fig. nº 35-A). El tamaño medio de los especímenes fue 57 µ L x 9 µ l.

Diatoma vulgare Bory, 1822

Especie muy común en aguas mineralizadas ó eutróficas corrientes. En Quentar tiene escasa presencia, Se distinguió en algunas muestras D.vulgare var. capitulata. En la figura nº 36 se muestra la distribución durante el año de estudio de las abundancias en el perfil despues de efectuar las correspondientes integraciones en la columna de agua. En general no presenta una distribución que permita detectar claramente máximos entre las fechas que se encuentra presente. Sólo aparece el 10 de Abril hasta el 7 de Julio y desde el 2 de Noviembre hasta el 29 de Enero. Su distribución en profundidad es errática y no se ajusta a ningún patron. Su presencia sugiere un orígen ticoplanctónico propio de especies bentónicas, ó de las provenientes del pecton de los arroyos afluentes. Margalef (1955) la menciona como componente de la asociación Cladophoretum glomeratae que se encuentra en las aguas corrientes en general (plocon ó pecton que se desprende facilmente y herpon).

El tamaño de los frústulos de Diatoma vulgare fue 42 µ L x 14 µ l y en la var. capitulata de 53 µ L x 12 µ l.

Figura nº 36



Fragilaria crotonensis Kitton

Esta diatomea colonial planctónica presenta escasa abundancia en los conteos efectuados. Generalmente aparecía en sólo una profundidad para cada fecha de muestreo excepto el 28 de Julio que estuvo presente en las profundidades de 0, 10, 15 y 30 m.

Margalef (1955, 1976) dice que es una especie extraña en los ecosistemas de aguas dulces naturales españoles, pero abundante en los embalses. En aguas naturales de Italia, Goldman y colaboradores (1968) detectan que es la segunda especie de diatomea más abundante despues de Tabellaria fenestrata en un estudio efectuado en el Lago Maggiore, donde las diatomeas eran el grupo que dominaban la biomasa.

En todo caso se menciona como una especie más típica de aguas oligo ó B-mesosaprobias (Sládeček, 1973). Su abundancia parece ser independiente de las condiciones de la mezca ó estratificación (Margalef et al, 1976).

Las colonias de 8 células tenían 69,6 μ L x 39 μ l de dimensiones en promedio.

Tetracyclus lacustris Ralfs., 1843

Especie muy extendida en las aguas de montaña (Margalef, 1955). En Quentar presenta escasa presencia; aparecen células en cinco fechas durante el muestreo y normalmente en sólo una profundidad de muestreo por fecha, excepto el 29 de Septiembre donde se encuentra en tres profundidades (0, 25 y 30 m). Las densidades observadas fueron de 0,06 a 1,27 cél/ml.

4.2.1.5. Familia Coscinodiscaceae

Cyclotella kutzingiana Thwaites

Es la especie más abundante, no sólo de las diatomeas, sino también de todas las algas planctónicas. Además presenta una dominancia en número y biomasa constante a lo largo del año de estudio.

Las densidades a lo largo del estudio muchas veces superaron a las 1.000 cél/ml, siendo el máximo registrado 6.219 cél/ml a 10 m de profundidad el 28 de Julio de 1978. El diametro medio de las células fue de 10,1 μ.

La figura nº 37-A nos muestra la distribución de las densidades en relación al tiempo y espacio. Se observa

la amplia extensión que comprenden las células de Cyclotella con densidades superiores a 100 cél/ml. Sólo en las profundidades máximas de 60 y 80 m, de Diciembre 1978 a Febrero de 1979, las densidades son menores a 100 cél/ml.

La figura nº 37-B es indicativa de la distribución anual en la columna de agua desde la superficie al fondo del embalse. Se observa que a medida que transcurre al año de estudio hay una disminución gradual de la población. Esta disminución no guarda una relación con los cambios estacionales de las condiciones ambientales ya que si comparamos estaciones similares, el invierno de 1978 con el invierno de 1979, las condiciones ambientales no serían tan diferentes como para dar valores de abundancia con diferencias tan notorias. Mientras en Febrero de 1978 había 144.701 cél/mm^2, en Febrero de 1979 sólo existía 271 cél/mm^2.

Por sér Quéntar todavía un embalse muy joven son posibles estos cambios tan bruscos en las especies dominantes que lo pueblan y C.kutzingiana sería una especie pionera, con las características que presentan las poblaciones de estas especies en un comienzo: crecimiento de tipo exponencial y gran densidad, para posteriormente ser desplazada por otras especies que den más estabilidad al sistema. En todo caso es común en los embalses encontrar estas inestabilidades en las poblaciones. Especies dominantes durante un año, pa-

san desapercibidas al año siguiente, por ejemplo, Vidal (1973) detecta cambios importantes en las poblaciones fitoplanctónicas del embalse de Sau al comparar diferentes ciclos anuales. Por otro lado, en embalses más antiguos y no tan eutrofizados habría una mayor estabilidad interanual en las especies dominantes como se observa en los trabajos de Toja (1976, 1979), en el embalse de La Minilla (Sevilla) donde Cyclotella ocellata es casi siempre dominante.

La figura nº 38 representa la distribución vertical en las diferentes fechas muestreadas, Se distinguen dos hechos curiosos en la distribución vertical de la especie: en primer lugar, en Febrero de 1978 hay una alta densidad de individuos en casi todo el perfil de 0 a 60 m, posteriormente a medida que llega la primavera hay una distribución más bien superficial (0 a 25 m). En segundo lugar, se observa que a medida que llega el verano con su mayor luminosidad (mayor radiación solar y mayor transparencia del agua) la población se va desplazando en profundidad para situarse en las máximas densidades entre los 15 y 20 m.

En general la distribución espacial de C.kutzingiana indica que soporta bastante bien la sombra, al existir abundante densidad en las agua profundas del embalse. Estaría de acuerdo con una antigua observación efectuada por Margalef (1946, pág. 51) en el Lago de Bañolas (Gerona) con respecto

Figura nº 37

Variación espacio-temporal de las densidades de Cyclotella kutzingiana.

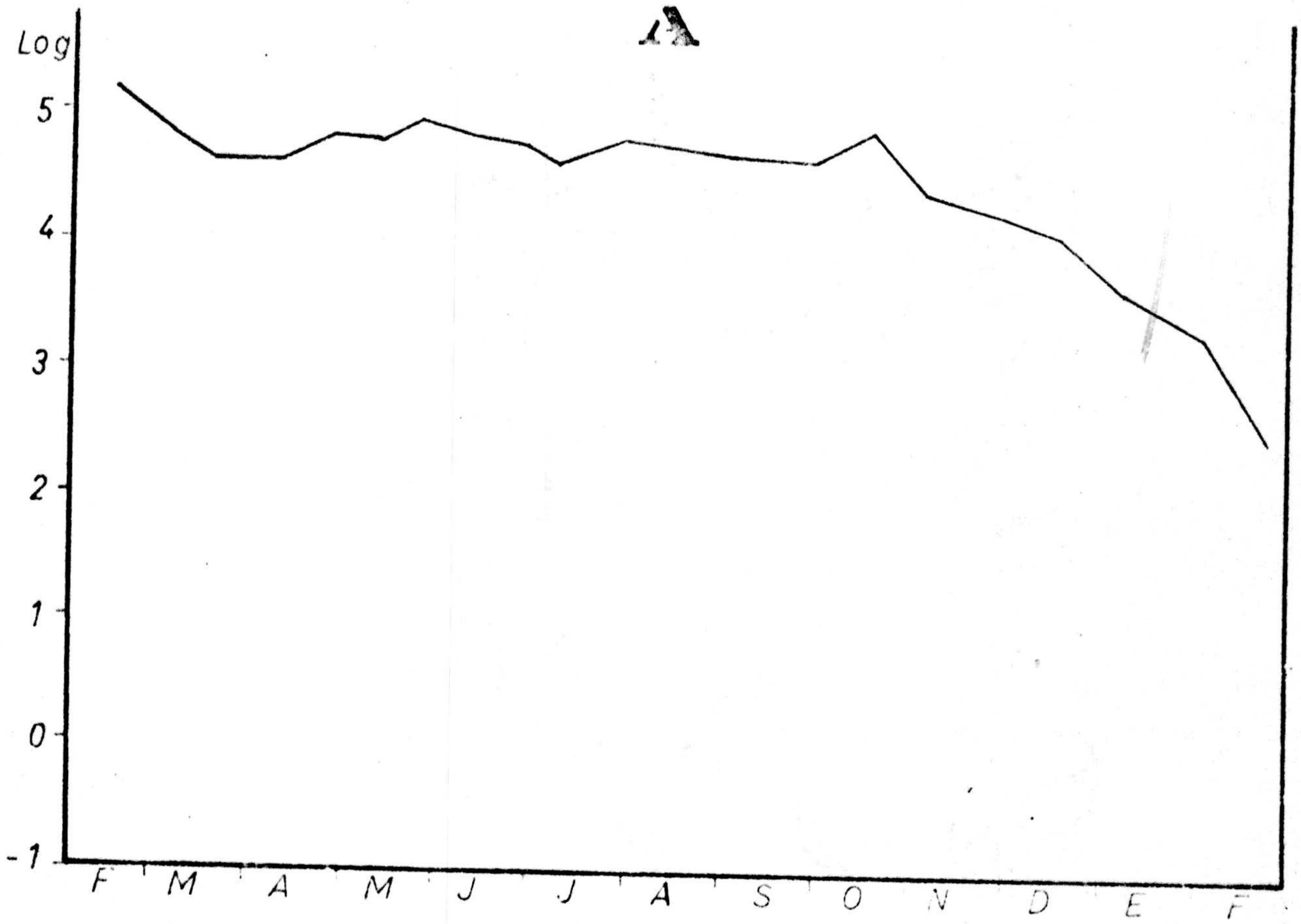
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

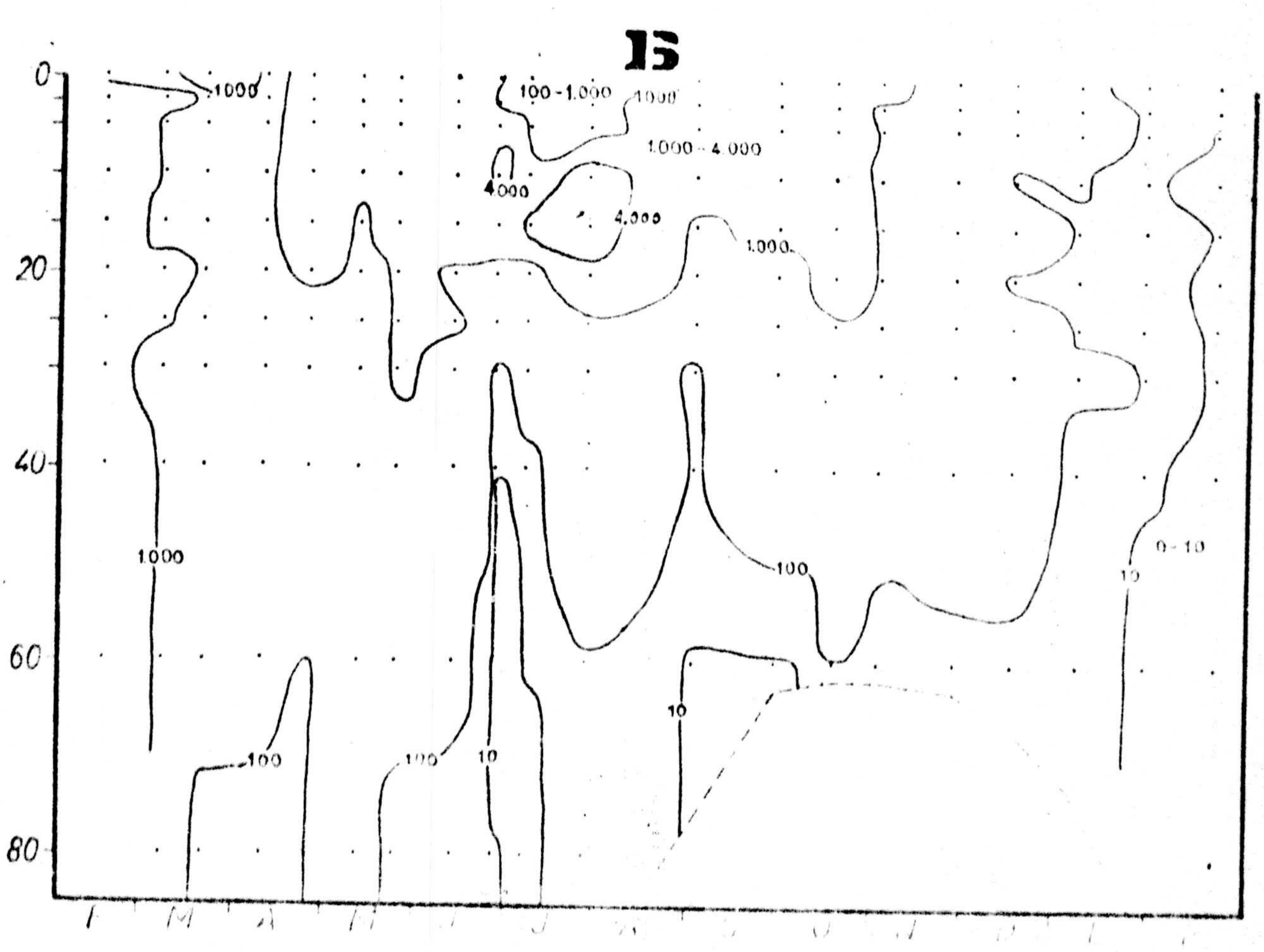
Figura nº 38

Perfiles de distribución vertical de Cyclotella kutzingiana.

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
1000
100-1.000
1000
1.000-4.000
4.000
4.000
1.000
1000
100
100
10
100
10
10
0-10

a otra especie de Cyclotella (C.melosiroides) que se encontraba en un vivero piscícola abandonado y en completa oscuridad: "Es notable: 1º, la abundancia de Cyclotella, que se manifiesta como especie esencialmente amante de la sombra; será interesante estudiar su distribución vertical en las aguas del lago..."

En correlaciones efectuadas entre las densidades (en Log_{10}) de C.kutzingiana y otros organismos planctónicos encontrados en los muestreos se observó que se correlacionaba positivamente (n=200; $P_{0,01}$=0,181) con Daphnia longispina (r=0,523), Gymnodinium sp (r=0,416), Oocystis lacustris (r=0,360), Peridinium spp (r=0,361) y Selenastrum minutum (r=0,341). Negativamente aparece correlacionada con Polyarthra vulgaris (r= -0,350).

4.2.1.6. Familia Achnanthaceae

Achnanthes Bory, 1822

Se encontraron individuos de este género en las muestras sedimentadas con densidades variables (0,12 a 574 cél/ml). No se pudo identificar la especie exactamente en los recuentos aunque reunía varias características morfológicas de Achnanthes minutissima Kütz. en muestras cualitativas analizadas. La presencia fue escasa al igual que la de otras diatomeas ben-

tónicas y pectónicas ya comentadas. Achnanthes sp es más bien pectónico por poseer un estilete gelatinoso que lo fija al sustrato sólido.

Existía abundancia de células en algunas muestras de diferentes fechas a lo largo del año extraídas de la cuerda de nylon que amarra la boya al fondo en la estación de muestreo y es posible que este sea el orígen de su presencia en el plancton pelágico muestreado. En resumen se puede decir que estuvo presente en 16 días de los 20 muestreos y sin mostrar preferencia en cuanto a profundidad ya que apareció tanto en muestras de 0 m como de 60 m. Se puede pensar en este caso con mayor seguridad que sería una especie de presencia ocasional en las muestras pelágicas por las razones anteriores.

También se ha encontrado en el bentos de lagos de montañas, Capblancq(1972) y Besch y col. (1972) citan una gran abundacia de especies del género Achnanthes para el lago de Port-Bielh (Pirineos, Francia). Además en los sedimentos del lago Valkiajärvi (Finlandia) se encuentra gran cantidad de frústulos y por su distribución horizontal que presentaba en un plano efectuado, se puede decir que es una especie de litoral, a pesar de encontrarse valvas distribuídas en casi toda la superficie que ocupa el lago (Meriläinen, 1971).

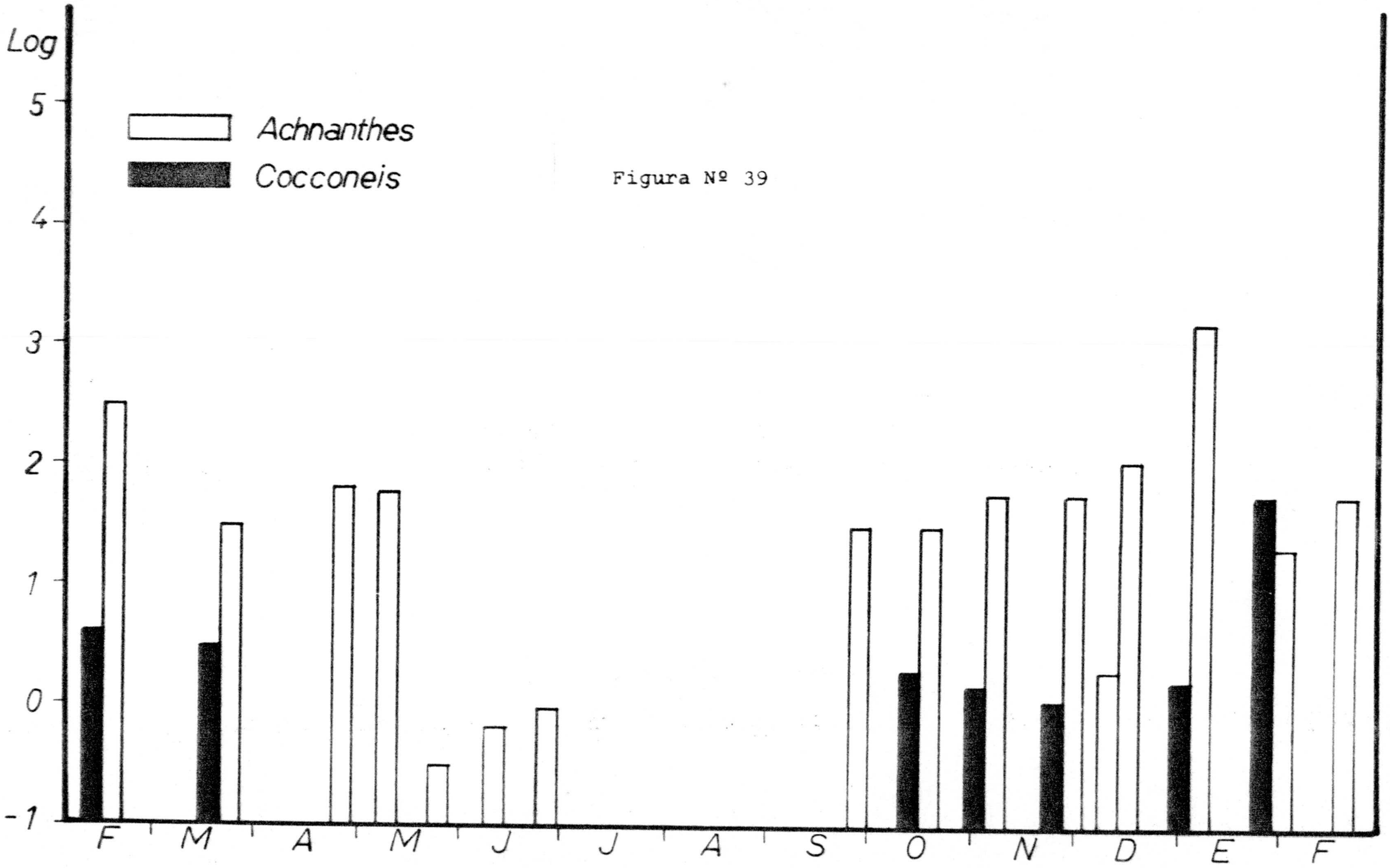


Figura Nº 39

Cocconeis spp Ehrenberg, 1838

Otro género de diatomeas perifíticas y pectónicas que viven fijas a un sustrato normalmente y que se encontraría en el plancton de forma circunstancial. Cocconeis spp sólo se observó en siete fechas de muestreo, en una a tres profundidades por fecha y en bajas densidades (0,04 a 5,64 cél/ml). La figura nº 39 señala la distribución de Cocconeis spp y Achnanthes sp durante el ciclo anual.

En muestras cualitativas se distinguieron algunos individuos de C.placentula Ehr., pero en las muestras cuantitativas se anotó sólo Cocconeis spp porque es posible que existiera otra especie debido al pequeño tamaño y difícil observación de ambas valvas en muestras poco densas de fitoplancton sedimentado.

4.2.2. Criptoficeas (Cryptophyceae)

Los resultados de los recuentos de las especies de criptoficeas se encuentran incluídos en la tabla nº 14.

Fecha	Profundidad	Cryptomonas erosa	Rhodomonas minuta	Cryptomonas ovata	Cryptomonas sp	Ceratium hirundella	C.hirundella Quistes	Peridinium sp	Gymnodinium sp	Cosmarium sp	Closterium acutum	Pandorina morum	Lyngbia sp	Merismopedia sp	Ankistrodesmus sp
18/02/78	2							38,3							
	5	7.323,0	3.380			12,7		63,8	563,0				25,5		
	10	563,0	2.253					38,3							
	15	12,7	127												
	20	12,7	127												
	25	127,0	282												
	30	282,0						6,3	282,0						
	40												1,7		
	60								563,0						
06/03/78	0		510												
	2	563,0													
	5	563,0	1.282										12,7		
	10	12,7	282					6,3						28,2	
	15	12,7	127												
	20	282,0	1.127												
	25	845,0													
20/03/78	0	3.380,0	1.127					51,0	1.127,0						
	2	225,0	563					51,0	1.127,0						
	5	6.760,0	6.760					25,5							
	10	12,7	563					12,7							
	15	282,0	63											28,2	
	20	845,0	63												
	25	12,7	63												
	30		1.127												
10/04/78	0	2.817,0	127			63,8		127,0							
	2	2.817,0	127					191,0							
	5	2.817,0	2.817					63,8		638,0					
	10	5.633,0	127						638,0	638,0					
	15	25,5	127												
	20	25,5	2.042												
	25	25,5	371						1.276,0						
	30		371												
	40	25,5										12,7			
	60		563												
25/04/78	0	282,0	1.690			51,0		153,2	1.127,0		563,0				
	2	1.127,0	1.690			12,7		114,9	2.817,0		510,0				
	5	5.633,0	1.127			12,7		229,7	563,0		893,0				
	10	3.379,0	1.127		25,5			51,0	383,0		563,0				
	15	3.943,0	1.690					76,6	127,0						
	20	1.127,0	1.127					38,3							
	25	1.127,0	563					25,5							
	30	563,0	282					19,1							
	40	63,8						6,3	345,0						
	80	12,7													
11/05/78	0	12,7													
	2	282,0	282			44,7		2.236,1							
	5	3.000,0	282			38,3		1.021,0							
	10	845,0						89,3	12,7						
	15	845,0	282					51,0							
	20	563,0	282					12,7							
	25							12,7							
	30							12,7							
	40							12,7							
	60							12,7							
	80								12,7						
25/05/78	0	845,0	1.690			165,9		1.161,4	896,0						
	2	563,0	845			325,5		2.150,6	1.741,0	63,0	6,3				
	5	1.690,0	1.690			255,3		2.029,3	102,1						
	10	2.553,0	1.127	563		12,7		242,5	51,0						
	15	563,0	282	282				197,8		563,0					
	20	563,0	563					95,7							
	25	563,0						31,9							
	30	12,7						6,3							
	40	35,2						23,9							
	80							6,3							
13/06/78	0	1.408,0	563	563		408,4		63,8	1.127,0						
	2	2.817,0	2.253			127,6		6,3	563,0		563,0				
	5	3.943,0	2.817			472,2			3.379,0						
	10	1.127,0						6,3							
	15	1.972,0	1.408			12,7		44,7	282,0					28,2	
	20		63		563			25,5							
	25	563,0						6,3	6,3						
	30	282,0													
	40	6,3						6,3							
26/06/78	0	563,0				293,6			845,0						
	2	563,0	563			229,7		6,3	845,0						
	5	3.943,0	4.225			89,3		57,4	2.648,0						
	10	563,0	3.662		282	6,3		6,3							
	15	1.408,0				12,7		31,9	19,1						
	20	282,0	63			12,7		6,3	19,1						
	25	830,0							6,3						
	30	563,0													
	40	25,5	282					6,3							
	80												6,3	28,2	
07/07/78	0	563,0				127,6									
	2	1.127,0	30			536,0		8,5	5.637,0						
	5	563,0	63			136,1			1.127,0	85,0					
	10					25,5		19,1	563,0						
	15	1.127,0				19,1		6,3							
	20					19,1			282,0						
	25	1.690,0	282			6,3		19,1	282,0						
	30	563,0	4.225			6,3			282,0						
	40	1.127,0	282			6,3		6,3							

Continuación TABLA Nº 14.

Fecha	Profundidad	Cryptomonas erosa	Rhodomonas minuta	Cryptomonas cf ovata	Cryptomonas sp	Ceratium hirundella	Cyclotella C.hirundella	Peridinium sp	Gymnodinium sp	Cosmarium sp	Closterium acutum	Pandorina morum	Lyngbia sp	Merismopedia sp.	Ankistrodesmus sp
28/07/78	0	3.943,0	1.690			331,8			1.126,0						
	2	3.379,0				625,4			8.450,0	1.127,0					
	5	1.127,0				638,1		12,7	2.816,0						
	10	4.507,0	2.535						3.382,0		25,5				
	15	3.943,0	3.379					38,3	1.127,0		28,2				
	20	563,0	6.760			25,5		12,7	563,0		1690,0				
	25	282,0	2.253			25,5		12,7	1.127,0						
	30	563,0	845					12,7							
	40	1.127,0	1.972			6,3		31,9							
	60	1.127,0	282			6,3		31,9							
	80		563			6,3		19,1							
02/09/78	0	563,0	563			867,0		38,3	1.127,0						
	2	2.253,0	2.817			1.187,0		12,7	2.253,0		563,0				
	5	1.690,0	1.690			931,7	12,7	25,5	1.127,0						
	10	2.253,0	563			689,2		25,5	1.127,0		563,0				
	15	1.127,0				100,1		25,5	114,9						
	20	282,0	845			25,5			12,7						
	25	282,0				44,6		6,3	28,2						
	30					19,1		12,7	28,2	6,3				6,3	
	40		63			12,7									
29/09/78	0	1.127,0	1.690	282		570,0		63,8	28,2						
	2	563,0	1.690	282		229,7			563,0						
	5	3.098,0	3.943			434,0	6,3	57,4	28,2		282,0		6,3	6,3	
	10	1.408,0	2.817			343,0	6,3	31,9			3,0				
	15	845,0	1.972			191,2	12,7	51,0	563,0						
	20	563,0	1.690			89,3		6,3	6,3						
	25	563,0	2.253			63,8									
	30	282,0	845	563		44,6									
	40		5,4												
17/10/78	0	1.408,0	3.379			179,0		19,1							
	2	2.253,0	3.943			242,0	12,7	12,7							
	5	2.800,0	2.600			215,0									
	10	3.379,0	1.408			197,7		44,7	845,0						
	15	2.500,0	1.200			140,6									
	20	1.190,0	563			106,0						12,7		6,3	
	25	1.127,0	563			212,0	25,3								
	30		2.253			216,0									
	40	845,0	282			140,4			56,2						
	60						51,0								
05/11/78	0	3.943,0	1.127			218,0									
	2	3.098,0	3.662			66,0	10,0	10,0	12,7						
	5	1.127,0	3.379			51,0	10,0								
	10	2.253,0	282			106,0									
	15	4.225,0	7.324			120,0	5,0	5,0							
	20	3.098,0	845			184,0		12,6							
	25	1.690,0	1.690			85,6		4,0	282,0						
	30	282,0				114,0	5,7	7,6							
28/11/78	0	3.379,0	10.140			201,0		8,8							
	2	2.628,0	563			93,6		8,5						8,5	
	5	5.070,0	9.013			83,2		25,0	25,0						
	10	2.817,0	11.270			36,4		10,4							
	15	3.943,0	14.647			125,0		18,7							
	20	3.943,0	8.168			46,7		11,7							
	25	3.379,0	4.275			51,7	2,6	7,7							
	30	1.972,0	7.605		3,1	40,6		3,1					3,1		
	40	282,0	2.253			31,2		9,4				3,1			
16/12/78	0	965,0	8.688			14,0									7,8
	2	563,0	422			77,8		15,6			7,8				
	5	5.500,0	4.500			38,0									
	10	1.127,0	6.760			40,0		6,0			2,0				
	15	1.127,0	3.380			7,8									
	20	3.899,0	4.500			248,0		16,0					2,0		
	25	1.972,0	8.169		6,0	15,6		4,0							
	30	563,0	7.000			80,0									
	40	2.253,0	6.197			140,0		20,0							
	60	563,0	1.690												
06/01/79	0	2.535,0	8.450			22,0					6,2				
	2	1.127,0	2.253			32,0					6,2			6,2	
	5	845,0	1.127			34,3		6,2			3,1				
	10	5.492,0	2.957			56,0		6,2							
	15	2.253,0	7.041			62,0		21,0							
	20	3.379,0	2.957												
	25	2.800,0	1.127												
	30	2.253,0								4,0			4,0		
	40	2.253,0				12,0		3,0							
	60	1.127,0				2,0							4,0		
29/01/79	0	2.112,0				15,3		5,3							
	2	1.690,0	845			18,7									6,0
	5	5.912,0	1.690			17,0	4,0								
	10	1.127,0	1.300			18,7		6,2							
	15	1.300,0	1.300			31,0	6,2								
	20	3.042,0	2.366			38,0		12,5							
	25	2.112,0	1.056			56,0									
	30	1.127,0	845			25,0									
	40	845,0	4.507										4,0		
													4,0		
20/02/79	0	2.253,0	1.690												
	2	1.268,0	4.225					4,0							2,0
	5	3.943,0	282												
	10	2.817,0	563			2,0		2,0							
	15	845,0	563					2,0							
	20	1.690,0	845			4,0									
	25	563,0	563					2,0							
	30	1.127,0													
	40										2,0				
	60												1,0	1,0	
	80	282,0	282												

4.2.2.1. Familia Cryptomonadaceae .

Cryptomonas erosa Ehrenberg, 1838

Especie cosmopolita y euroica ya que se la encuentra en múltiples situaciones ambientales. Por ejemplo, Morgan y Kalff (1975) la encuentran sobreviviendo en invierno bajo la capa de hielo del mesotrófico lago Hertel (Montreal, Canadá) y Planas (1975) la cita como frecuente en los embalses españoles con variado grado de eutrofia. Presenta una morfología muy plástica de acuerdo a la descripción dada por Huber-Pestalozzi (1968) para la especie. Cita como tamaños dados por Skuja: 13-45 μ L x 6-26 μ l; según Dicke: 6-17 μ; Pascher: 15-32 μ L x 8-16 μ l y a Lemmermann: 18-27 μ L x 9-13 μ l. Además Huber-Pestalozzi (1968) la considera como una especie euriterma y euritrófica.

En Quéntar los tamaños detectados variaban de 20,4-13,6 μ L x 7,12-12 μ l y se encontraban en densidades de 0,25 a 170 cél/ml y aparece durante todo el año en las muestras. Se registran aumentos en la población a comienzos de verano (28 de Julio) y a fines de otoño (28 de Noviembre) y a comienzos de invierno (16 de Diciembre).

Vollenweider y col. (1974) señalan que C.erosa está presente en invierno, verano y otoño en los grandes la-

Tabla nº 40

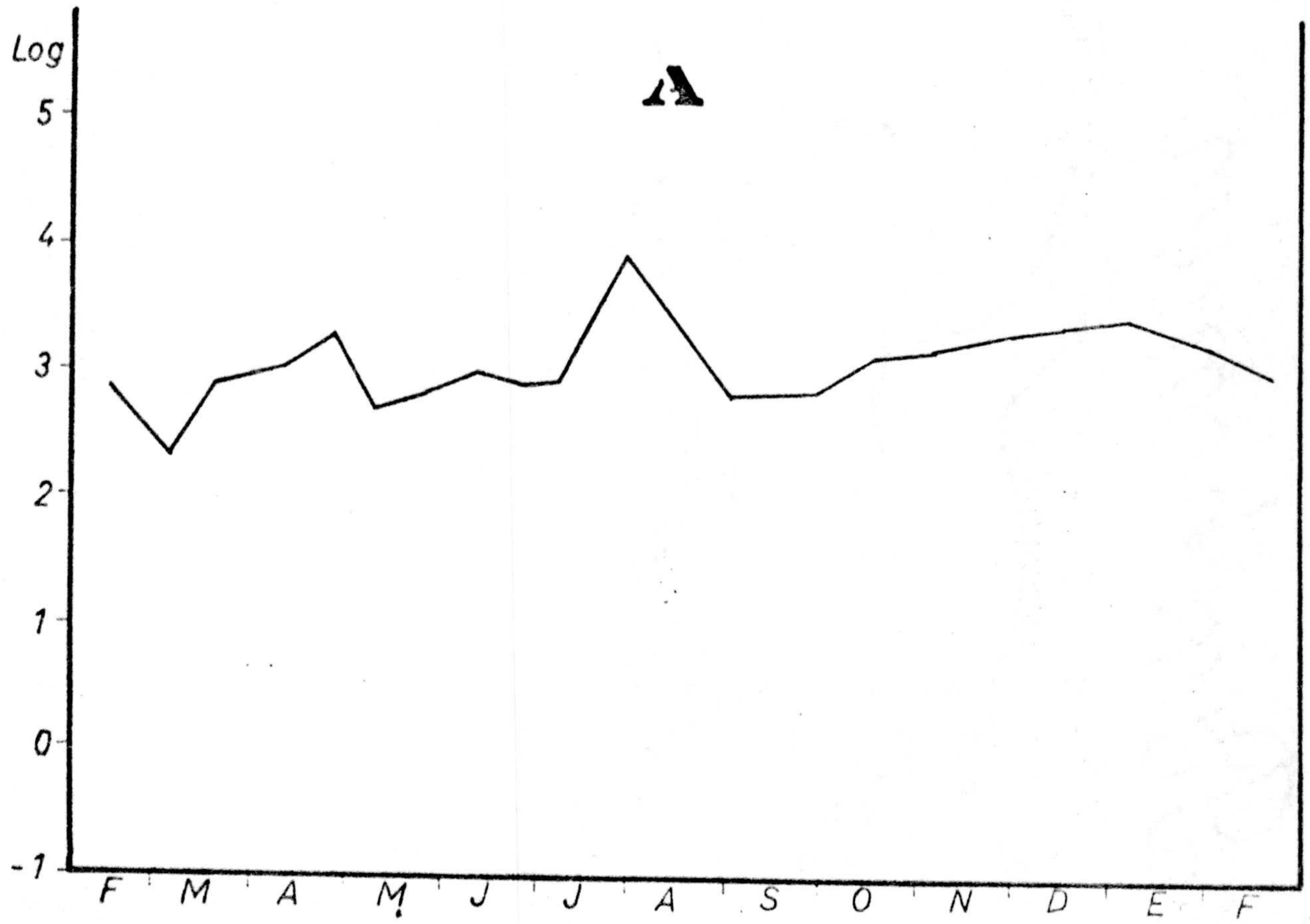
Variación espacio-temporal de las densidades de Cryptomonas erosa.

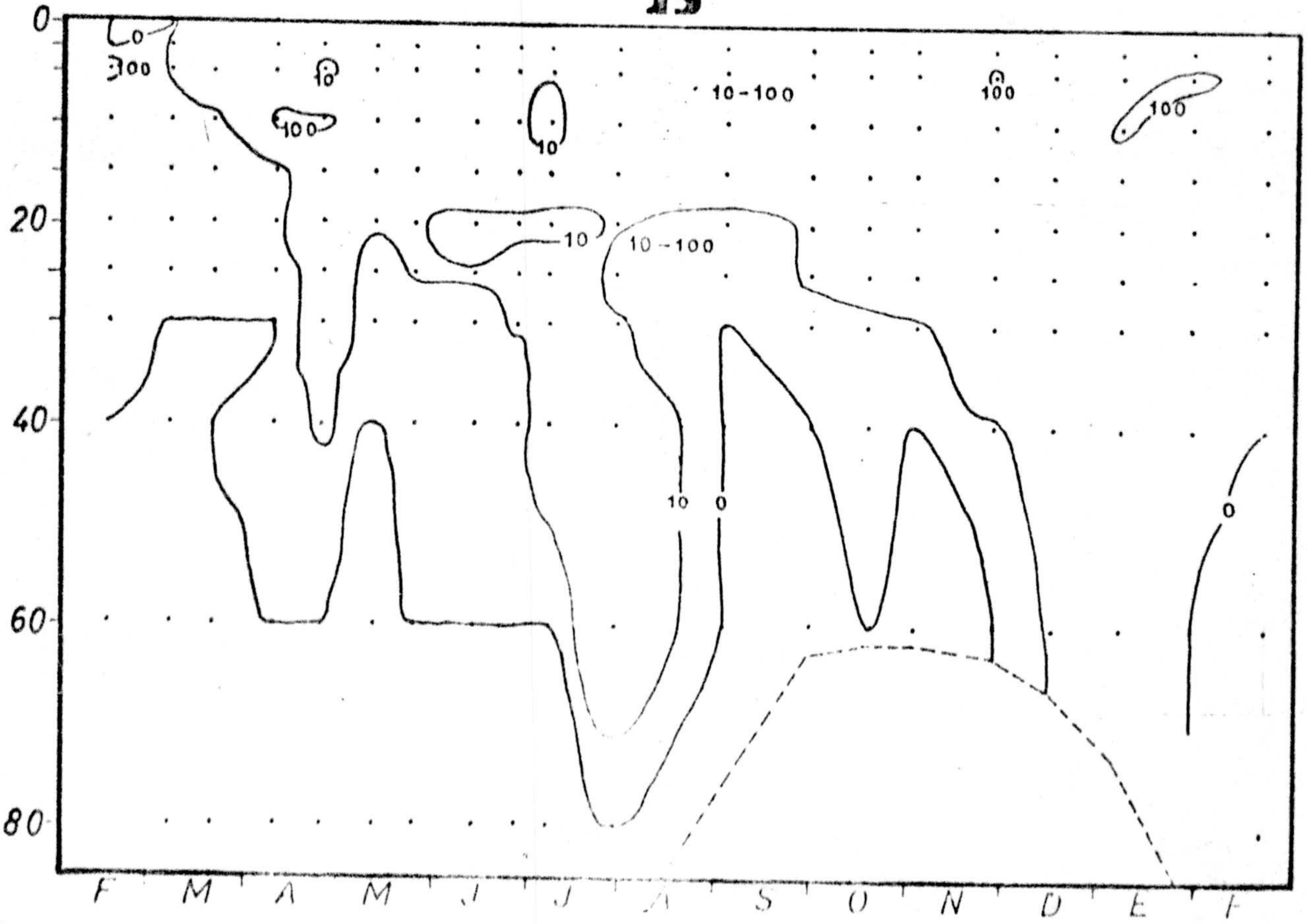
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

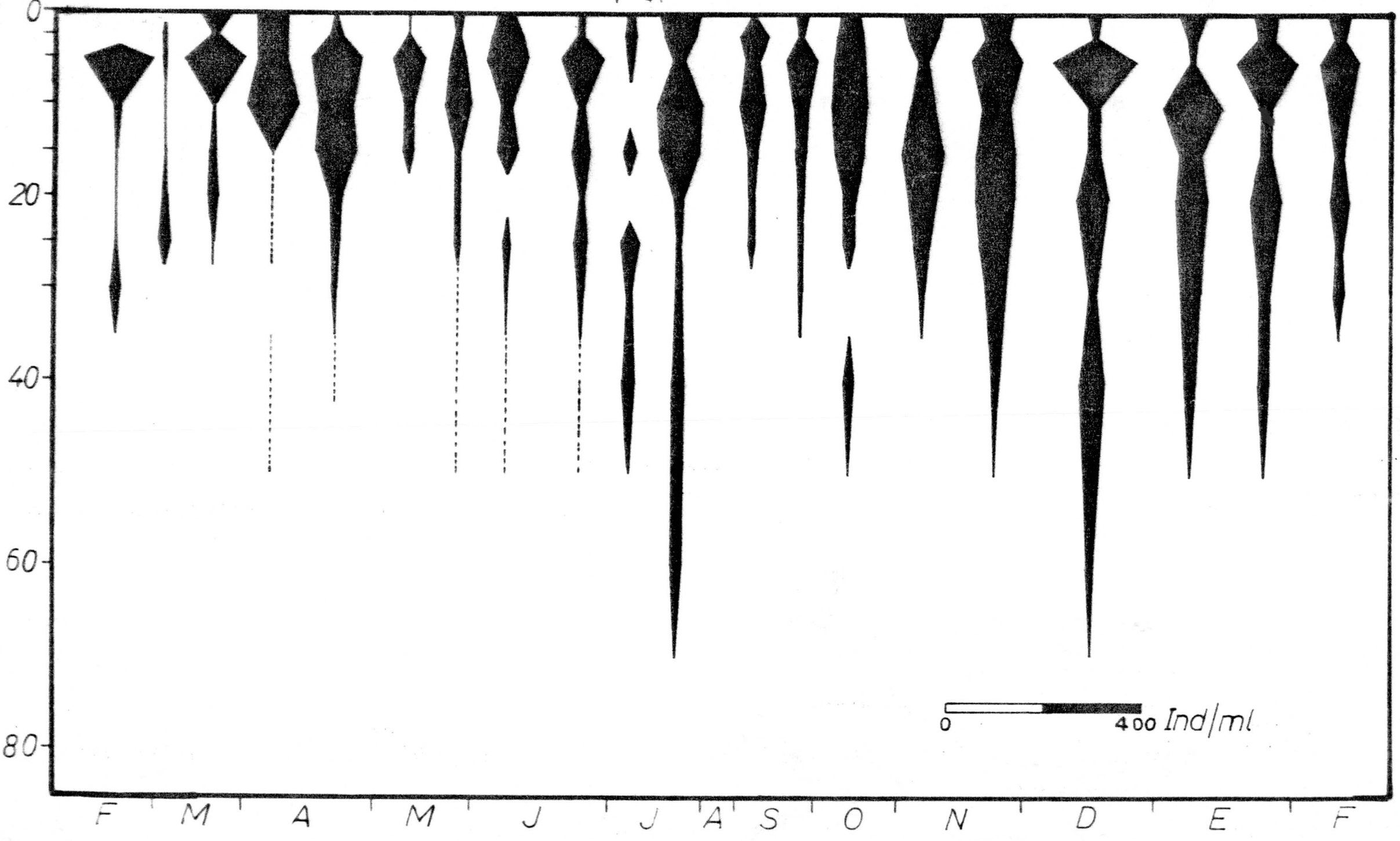
B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

Figura nº 41

Perfiles de distribución vertical de Cryptomonas erosa.


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
0
100
10
10-100
100
100
10
10-100
10
0
0
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
0
400 Ind/ml
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

gos Laurentianos (Canadá y Estados Unidos). Por otro lado Hallegraeff (1976) encuentra a C.erosa como especie dominante junto a Peridinium inconspicuum en la laguna de Uiversnest (Holanda), de condiciones oligotróficas durante el verano.

La distribución vertical de C.erosa (figura nº 40 y 41) nos muestra que normalmente llega a los 30 a 40 m de profundidad y en las fechas de aumentos poblacionales es capaz de extenderse hasta los 60 m.

Presenta una ocurrencia en los muestreos semejante a Rhodomonas minuta.. Correlaciones simples entre el logarítmo de las densidades de ambas especies tenían un índice $r = 0,591$ ($N = 200$; $P_{0,01} = 0,181$). Otras correlaciones significativas obtenidas fueron con Synedra acus ($r = 0,457$), Scenedesmus sp_2 ($r = 0,311$), Peridinium spp ($r = 0,330$), Ceratium hirundella ($r = 0,476$) y Polyarthra vulgaris ($r = 0,380$)

Cryptomonas cf ovata Ehrenberg, 1838

En dos fechas de muestreos (13 de Junio y 29 de Noviembre) se encontraron ejemplares aislados en algunas profundidades y en escaso número de un Cryptomonas similar a C.ovata Ehr., pero no pudo ser confirmado exactamente en las muestras fijadas ya que los gránulos de almidón teñidos por lugol no permitían observar claramente si había ó no pirenoides, además en las muestras de arrastre revisadas no se

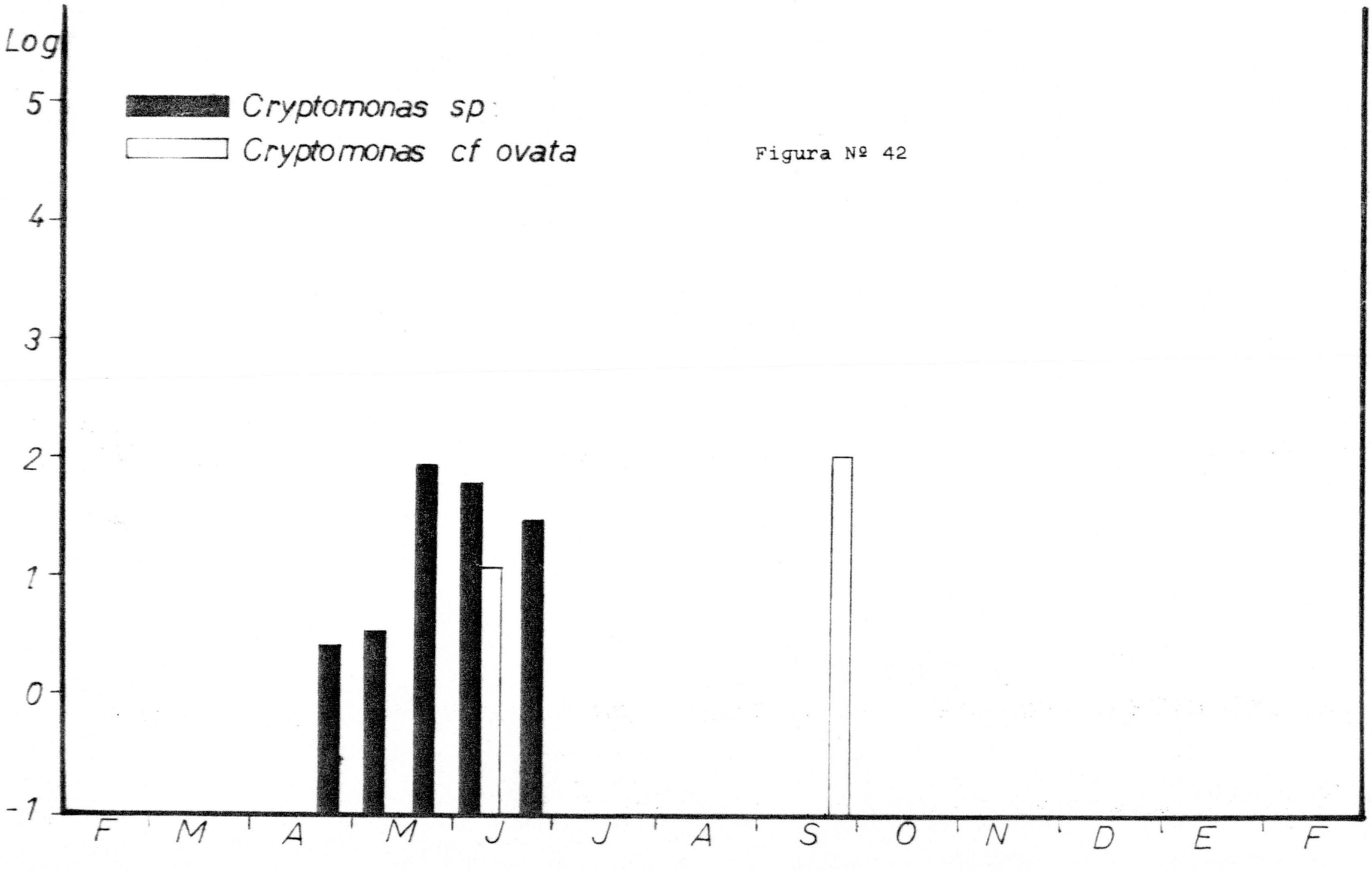

Log
5
4
3
2
1
0
-1
Cryptomonas sp
Cryptomonas cf ovata
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Figura Nº 42

encontraron suficientes ejemplares en buenas condiciones. En todo caso las características morfológicas exteriores y dimensiones corresponden a C.ovata según la clave de Huber-Pestalozzi (1968) para el género.

Cryptomonas sp Ehrenberg, 1838

También existieron dificultades para su identificación lo cual es bastante común para este género (Bourrelly, 1970). Son cuarenta especies muy similares y donde las características taxonómicas (presencia ó ausencia y número de pirenoides, importancia de la citofaringe, forma y número de plastos y dimensiones de la célula) son enmascaradas por el almidón y son muy variables según las características ecológicas del medio. En todo caso los ejemplares de esta especie indeterminada se distribuían en los meses de primavera (25 de Abril al 26 de Junio) a las profundidades de 10 a 20 m. La figura nº 42 representa la distribución temporal de Cryptomonas cf ovata y Cryptomonas sp.

Rhodomonas (Chroomonas) minuta var. nannoplanctica Skuja, 1948

La figura nº 43 nos muestra la distribución espacio-temporal. En ella se aprecia un aumento de población durante los meses de Noviembre y Diciembre, alcanzando el

máximo el 28 de Noviembre a 10 y 15 m de profundidad (más de 200 cél/ml). La distribución es prácticamente la inversa que presenta Cyclotella kutzingiana, durante el año de estudio, donde la población de la primera mitad del ciclo anual era superior a la segunda mitad.

Correlaciones simples efectuadas, entre las densidades medias de ambas especies por fecha en la capa de 0 a 30 m, indican una correlación negativa (r= -0,424). Otras correlaciones con los organismos planctónicos, considerando todas las profundidades, fueron significativas (n= 200; $P_{0,01}$= 0,181) con Ceratium hirundella (r= 0,435), Cryptomonas erosa (r= 0,591), Chrysidalis sp (r= 0,310) y Polyarthra vulgaris (r= 0,390).

R.minuta var. nannoplanctica va aumentando su densidad a medida que transcurre el año 1978, para disminuir posteriormente en los meses de Enero y Febrero de 1979 cuando la mezcla es completa en todo el perfil del embalse.

La figura nº 44 nos muestra con más claridad la distribución vertical de la especie. Es bastante común observar que las mayores concentraciones de individuos son en diferentes profundidades de forma tal que nos puede hacer pensar en poblaciones con diferencias de adaptación de orígen genético para adecuarse a las muy diversas condiciones am-

Figura nº 43

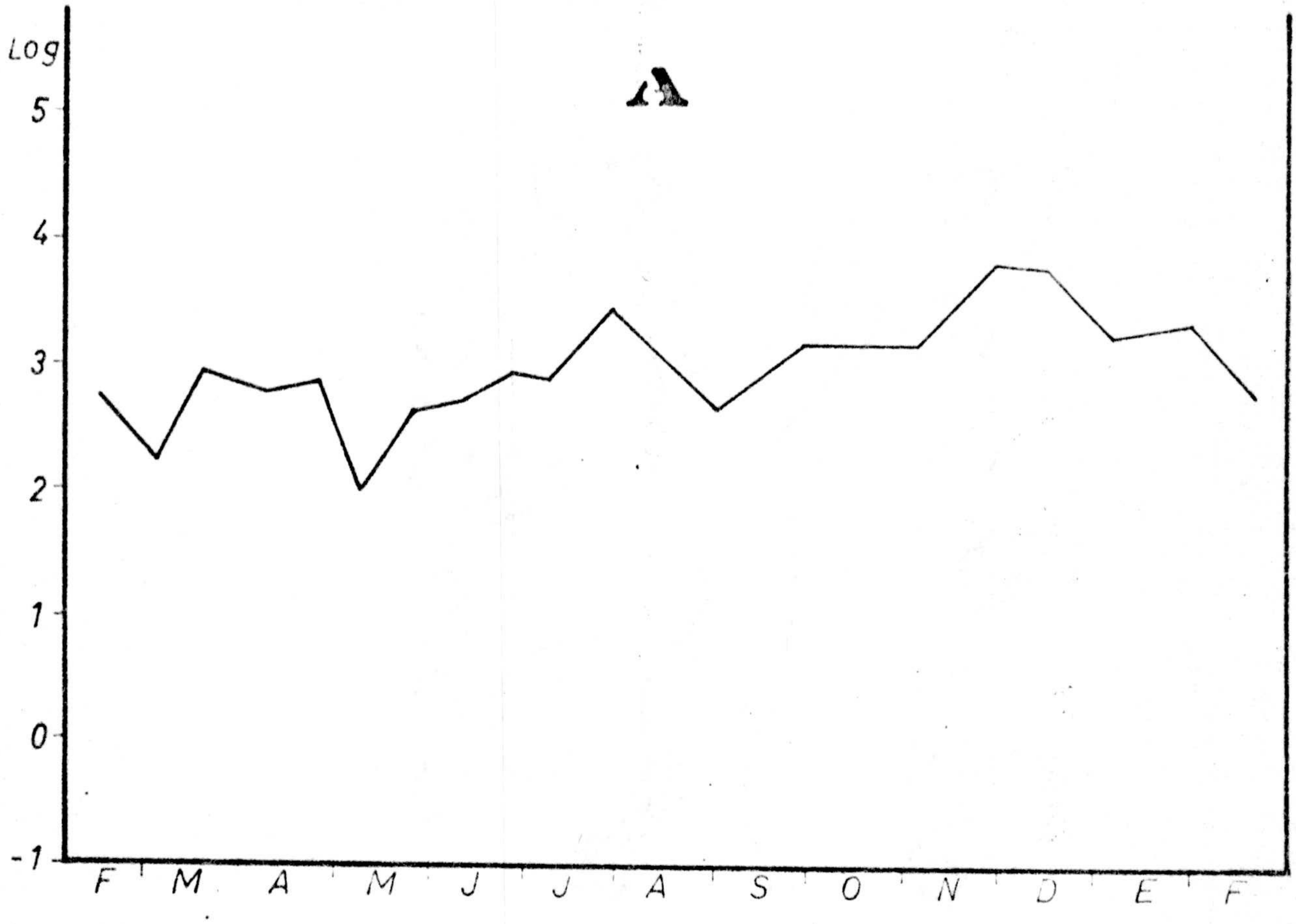
Variación espacio-temporal de las densidades de Rhodomonas minuta.

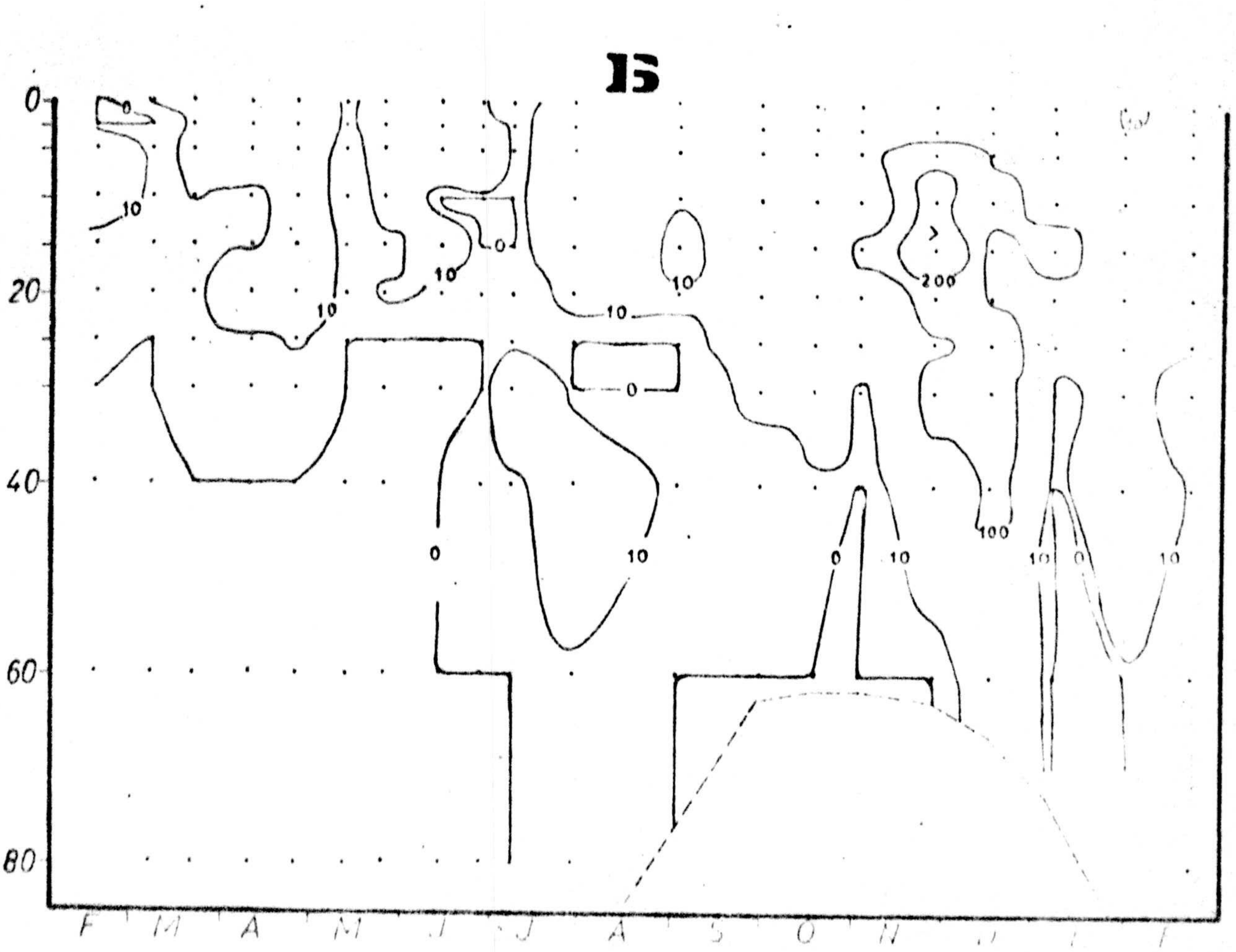
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

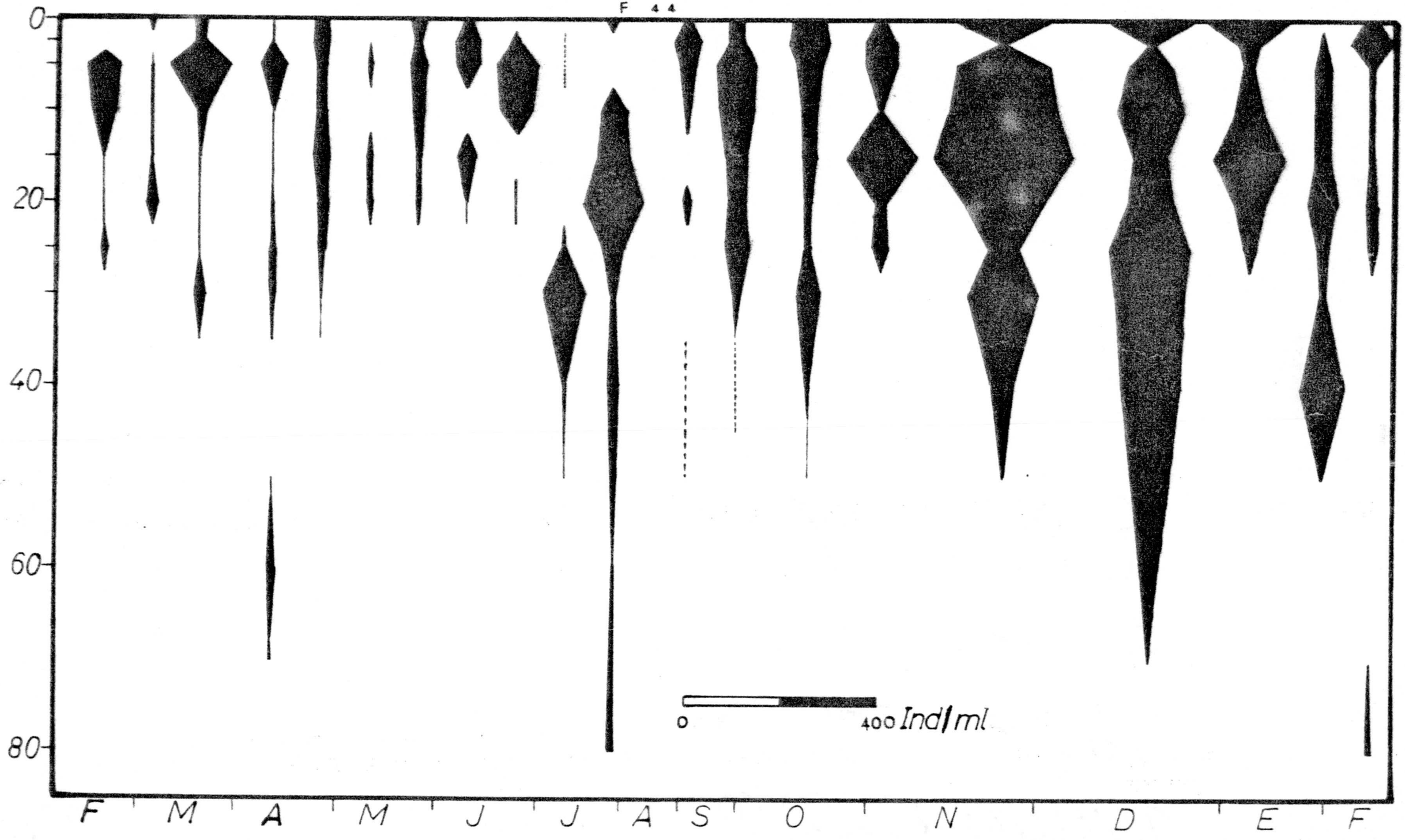
B. Isolíneas de densidad (indiv/mm^2)

Figura nº 44

Perfiles de distribución vertical de Rhodomonas minuta.


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
10
0
200
100
F M A M J J A S O N D E F


0
20
40
60
80
0
400 Ind/ml
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

bientales en las profundidades. Por ejemplo el 28 de Noviembre, cuando se alcanzaba el máximo número de individuos por unidad de superficie se observó que la población estaba segregada con un máximo a 0 m, otro a 15 m y un tercero a 30 m. Lo mismo ocurre el 16 de Diciembre pero cambiando un poco la ubicación de las mayores densidades poblacionales(0 m, 10 m y 25 m). También puede que influya en ésta distribución vertical el consumo del zooplancton, la turbulencia del embalse y las migraciones diarias. Martínez (en prensa) encuentra gran movilidad vertical para esta especie en un estudio de migraciones diarias del fitoplancton de la laguna de La Caldera (Sierra Nevada).

R.minuta var.nannoplanctica presentaría características ecológicas similares y capacidad para compartir el habitat por variado que sea con Cryptomonas erosa, ya que según Hickman (1974), también aparecen ambas asociadas en una pequeña laguna del Reino Unido con bastante frecuencia (Abbot, North Somerset). También la cita Planas (1975) como especie corriente en los embalses españoles. Martínez (1975) la menciona en la laguna de La Caldera, Sierra Nevada, a más de 3.000 m.s.n.m., lo que confirma su capacidad de adaptación a diferentes biotopos de agua dulce ó a la existencia de varios ecotipos de la especie.

4.2.3. Dinoficeas (Dinophyceae)

Las Dinoficeas estuvieron presentes durante todo el año de estudio. Ceratium hirundella y especies del género Peridinium fueron las más abundantes. En la tabla nº 14 se encuentran incluídos los resultados de los recuentos de Dinoficeas.

4.2.3.1. Familia Ceratiaceae

Ceratium hirundella (O.F.Müller) Schrank, 1793

Muy común en los grandes lagos y embalses del mundo, aparece en condiciones variadas de eutrofia de acuerdo con Hallegraeff (1976) en el plancton predominante de verano de los lagos Montcineyre (Francia, mesotrófico), Maarsseveen (Holanda, oligotrófico) y Barlosche Kolk (Holanda, eutrófico).

Por otro lado Hutchinson (1966) señala que es una especie típica del plancton de verano y que pasa el invierno como quiste. Pero advierte dudas sobre esta simplicidad en la distribución espacio-temporal de la especie citando las exepcionales observaciones para este especie de Einsele y Vetter (1938) en el Schleinsee (Alemania oeste) donde lo señalan como una especie hipolimnética y el máxi-

mo poblacional ocurría con 10 ºC entre Julio y Octubre. Martínez y colaboradores (1975) señalan un máximo en las poblaciones de Ceratium y Peridinium en el mes de Enero de 1974 con visibilidad mínima, aguas oxigenadas (7 mg/l) y temperaturas bajas (9 ºC) en el embalse de Cubillas, Granada.

La distribución espacial en Quéntar, representada en la figura nº 45 y 46, nos indica que es una especie de distribución superficial ya que las máximas densidades ocurren generalmente en los primeros 5 m de profundidad. Sólo al llegar los meses de mayor agitación y mezcla en el embalse se distingue un poblamiento en mayores profundidades que bien puede deberse al efecto de la mezcla de las capas de aguas y turbulencias internas, además está la sedimentación de individuos senescentes y muertos que caen más rápidamente que otras especies planctónicas por su gran tamaño y la dificultad de distinguir individuos muertos de los vivos debido a la buena conservación de las tecas celulósicas.

La figura nº 45-A nos muestra la distribución estacional de la población en una columna de agua de 1 mm^2. La línea discontínua muestra la cantidad de quistes. Se puede decir que C.hirundella presenta una mayor abundancia durante el verano en Quéntar, y se encuentra presente durante todo el año. La producción de quistes de resistencia

Figura nº 45

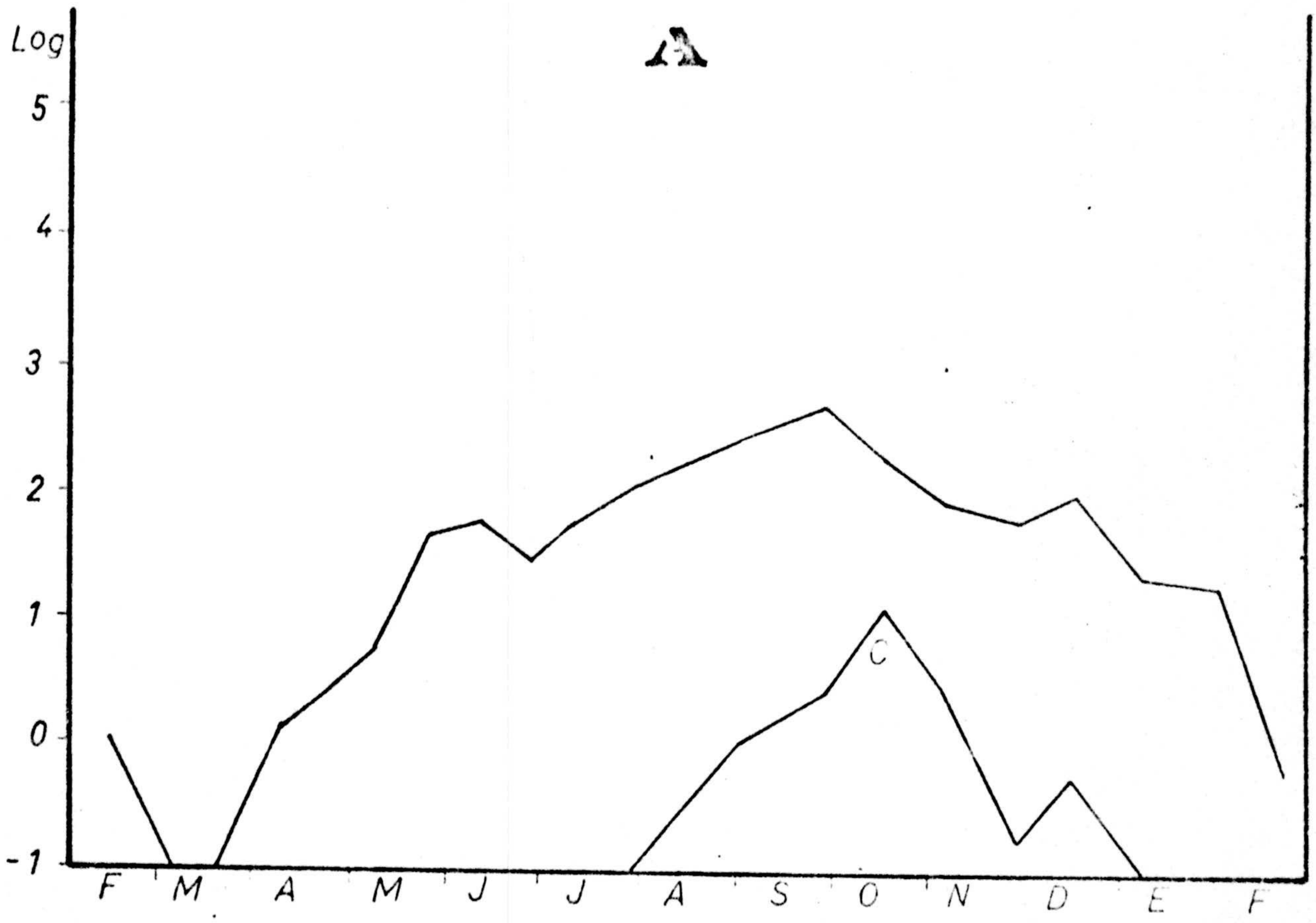
Variación espacio-temporal de las densidades de Ceratium hirundella.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

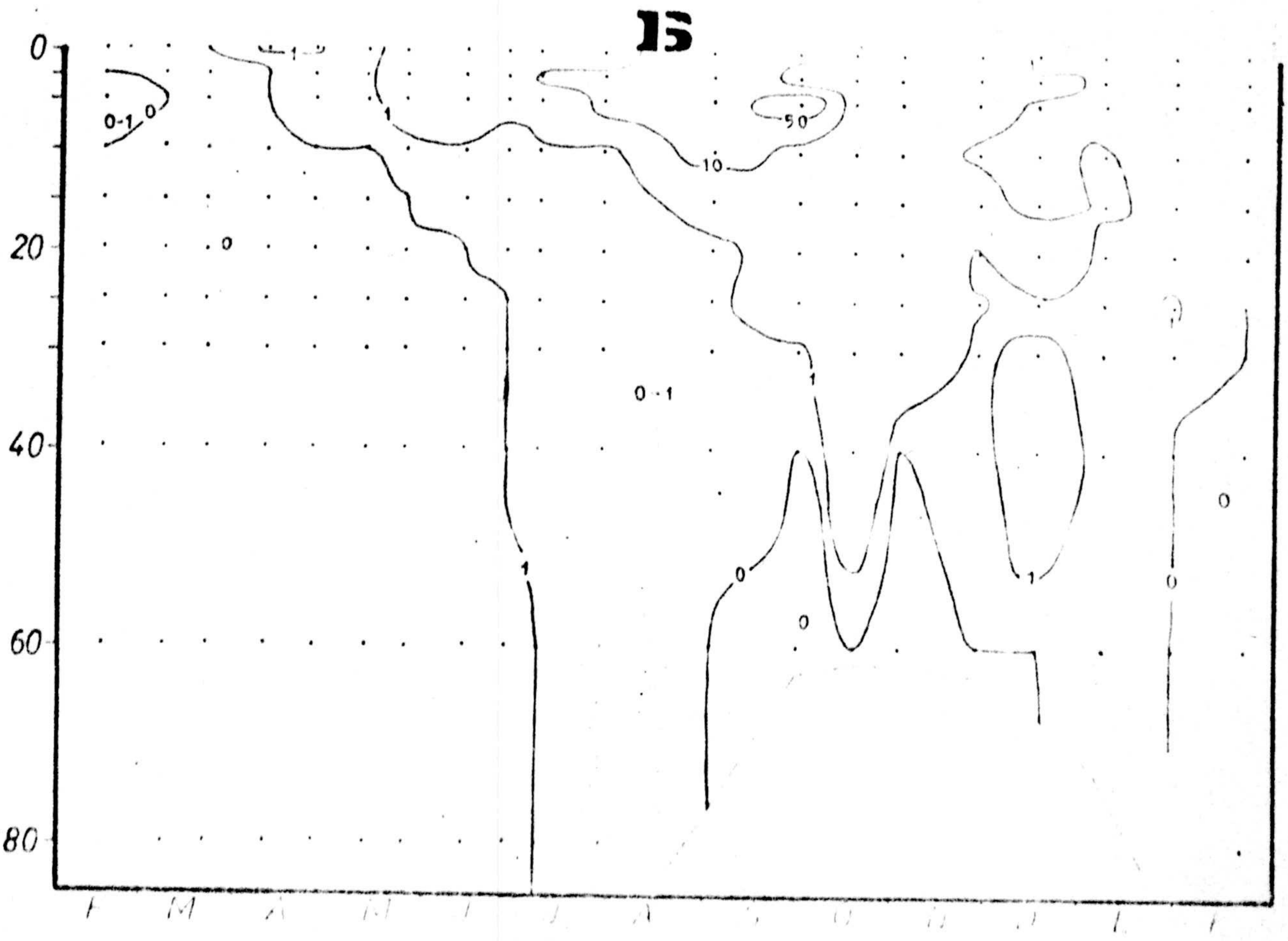
B. Isolíneas de densidad (indiv/mm^2)

Figura nº 46

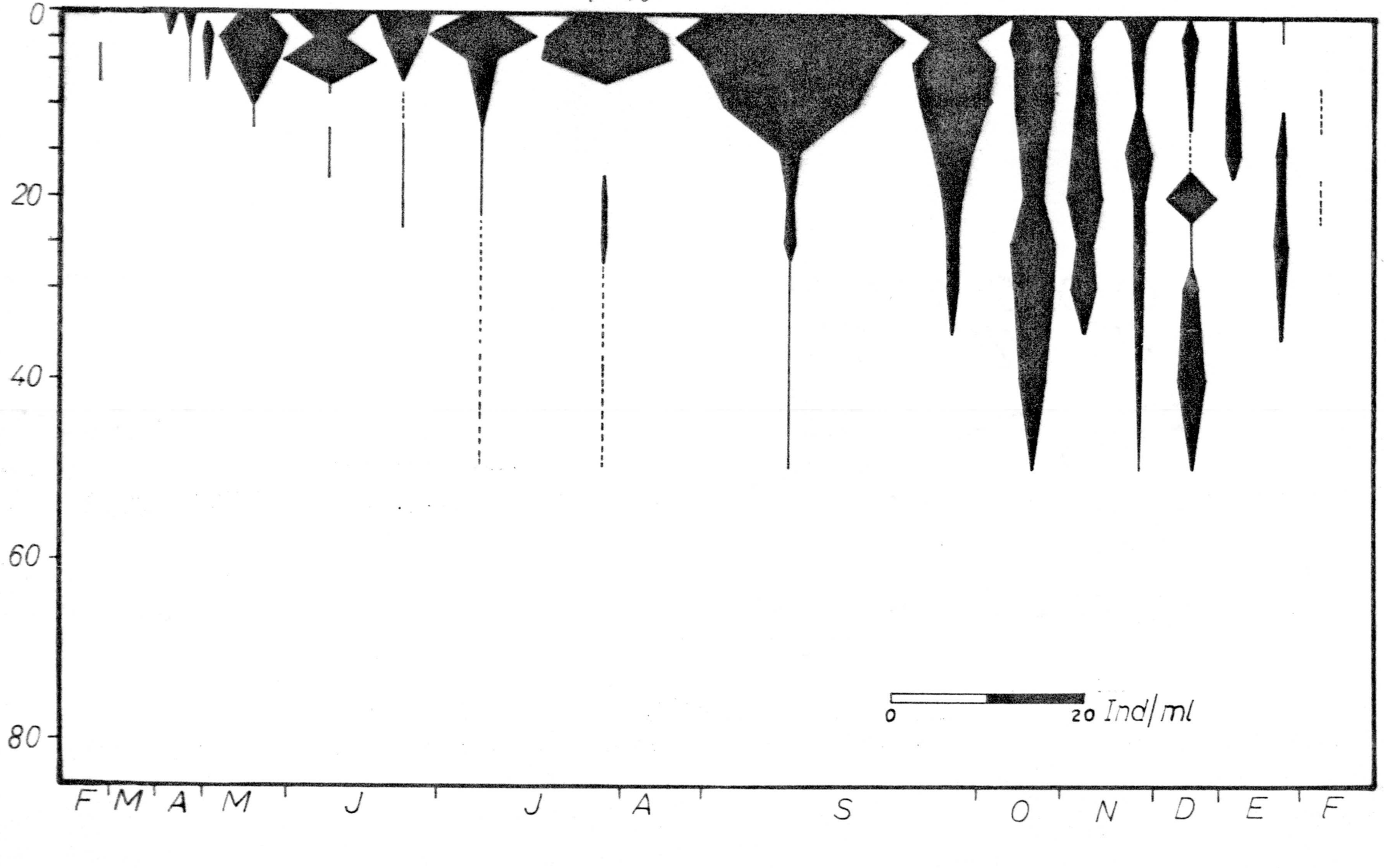
Perfiles de distribución vertical de Ceratium hirundella.


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F
C

A


0
20
40
60
80
0-1
1
10
50
0
0-1
1
0
0
1
0
F M A M J J A S O N D E F

15


0
20
40
60
80
0
20 Ind/ml
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

ocurre a fines de verano, comienzos de otoño, sería por lo tanto un estímulo los cambios ambientales de esta época del año (disminución de las temperaturas y de las horas-sol)

4.2.3.2. Familia Peridiniaceae

Peridinium Ehrenberg, 1832

La figura nº 47 nos muestra la distribución espacio-temporal. Se observa que el máximo poblacional ocurre en Mayo de 1978 y es un género con desarrollo primaveral más intensivo, a pesar de encontrarse presente prácticamente durante todo el año.

La figura nº 48 nos indica con más detalle la distribución vertical y se observa una vocación epilimnética y superficial en las fechas que alcanza alta densidad. Al llegar el verano la población "se diluye" en el perfil vertical alcanzando una mayor extensión espacial.

En muestras de red no cuantitativas fue posible identificar especímenes de Peridinium cinctun (Müller) Ehr., y P.volzii Lemm, cuyas dimensiones promedio eran 49,5 µ L x 47,6 µ l, por lo tanto lo referente a la distribución espacio-temporal del género se refiere a ambas especies mencionadas. En las muestras sedimentadas y fijadas con lugol no

Figura nº 47

Variación espacio-temporal de las densidades de Peridinium sp.

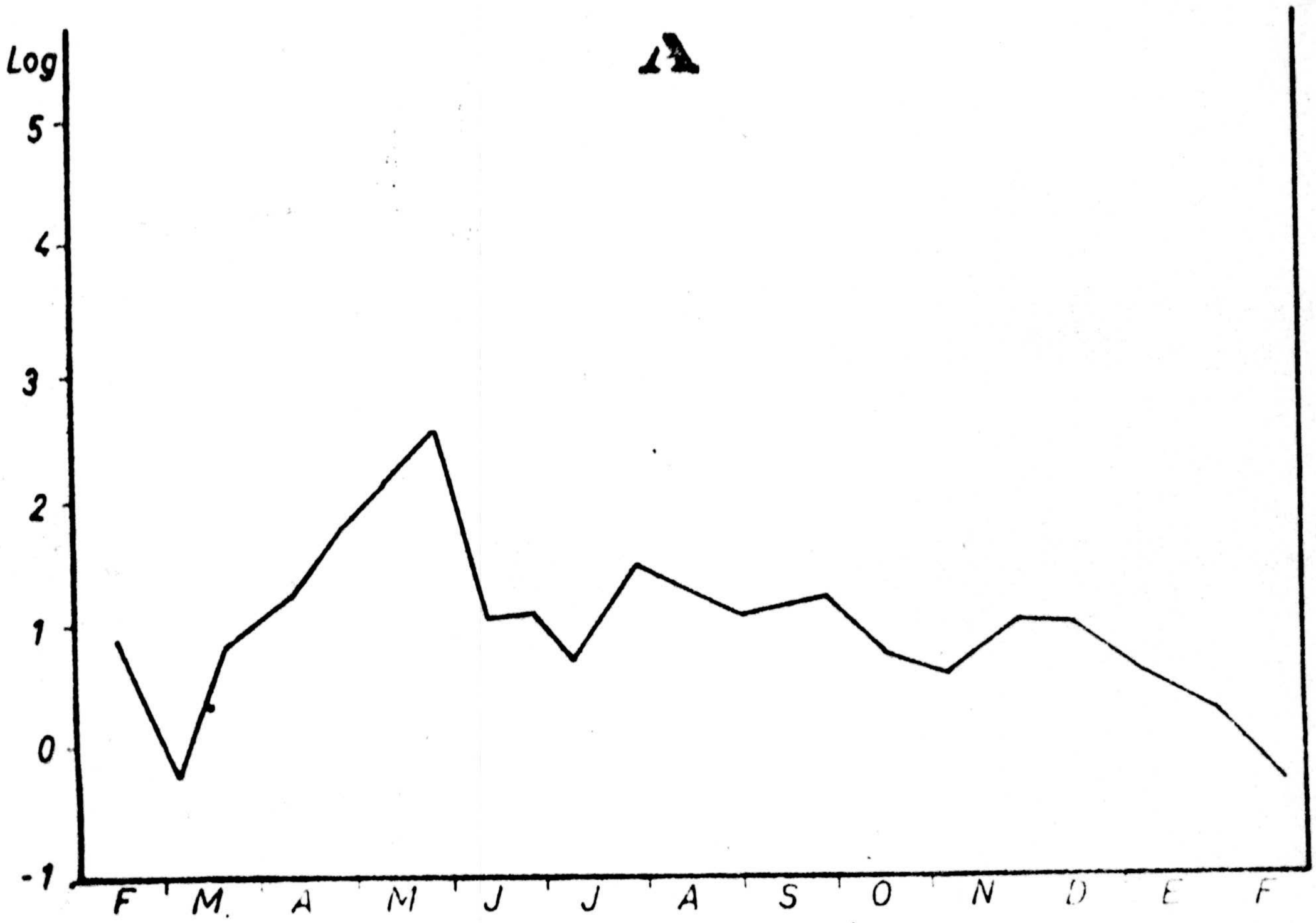
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

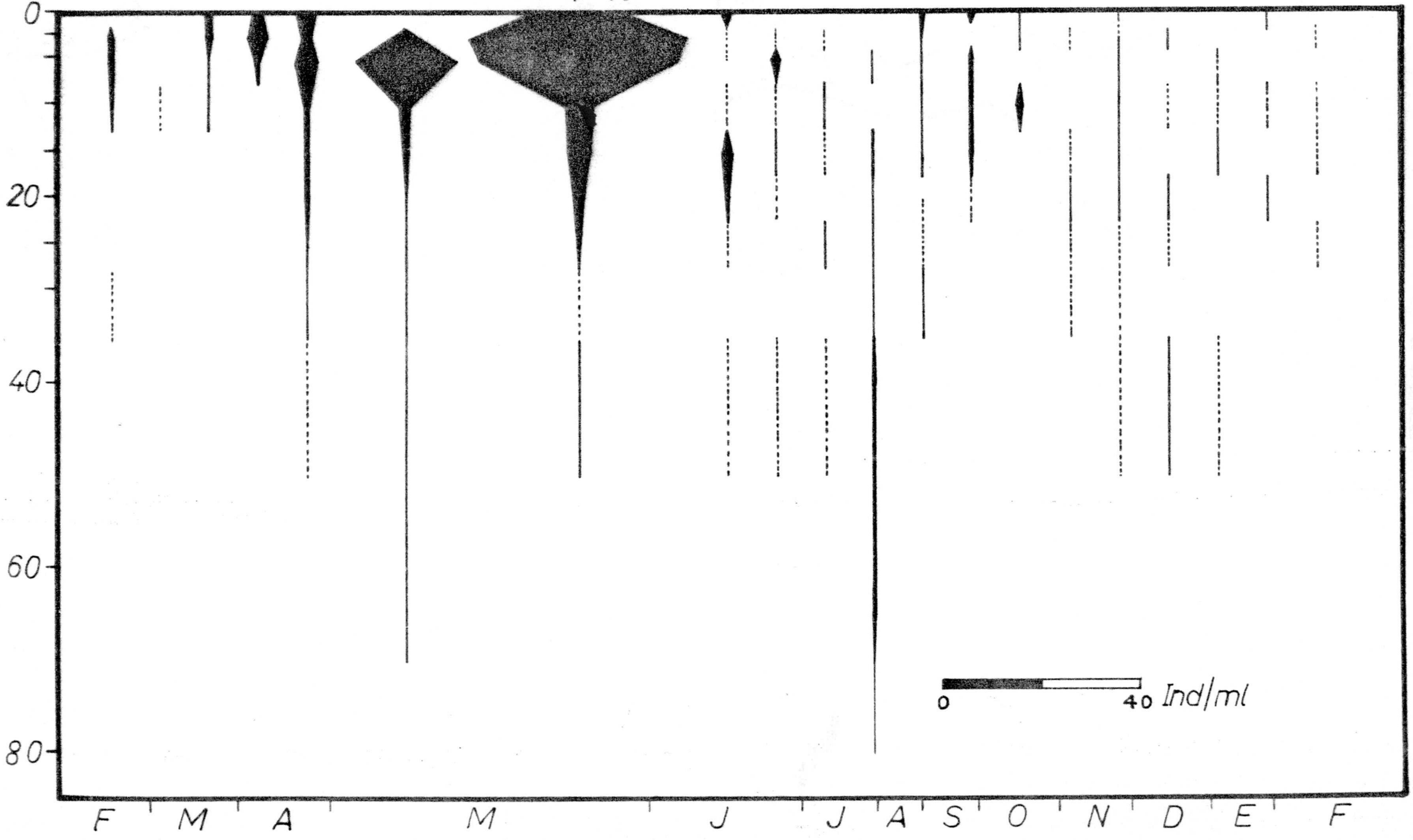
Figura nº 48

Perfiles de distribución vertical de Peridinium sp.

A



B


0
20
40
60
80
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F
0
40 Ind/ml

fue posible observar claramente las placas de la tecas y separar las diferentes especies y variedades con exactitud, por tal razón se agruparon las abundancias en un sólo taxón: Peridinium spp.

4.2.3.3. Familia Gymnodiniaceae

Gymnodinium Stein, 1878

Individuos de este género se encontraron presentes durante la primera etapa del ciclo anual, la máxima densidad ocurrió durante las fechas de primavera y verano, posteriormente al comenzar el otoño las poblaciones de Gymnodinium sp desaparecen del embalse. La distribución espacio-temporal (figura nº 49) nos muestra que las mayores densidades ocurren a 2m, el 7 de Julio (112,7 cél/ml) y el 28 de Julio (169 cél/ml), lo cual indica la preferencia por los meses cálidos de primavera y verano.

No fue posible distinguir la especie presente en las muestras sedimentadas debido a lo difícil que era observar las características citológicas de los pequeños individuos en muestras fijadas con lugol y que permitieran diferenciar las especies: presencia ó ausencia de pirenoides y estigma, cuerpos mucíferos, lugar del núcleo, etc. En todo caso, la forma de la célula, del sulcus (casi en un mis-

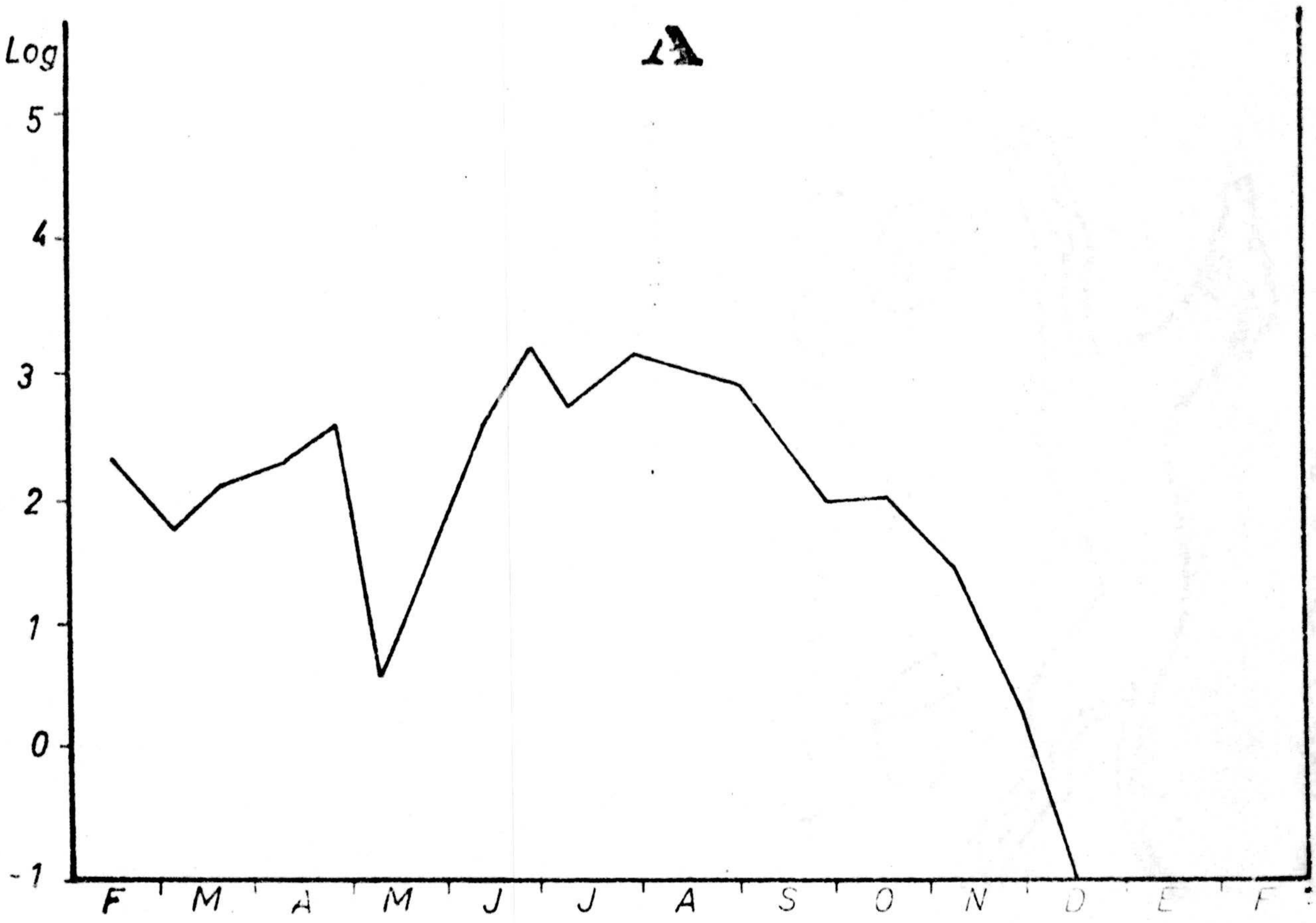
Figura nº 49

Variación espacio-temporal de las densidades de Gymnodinium sp.

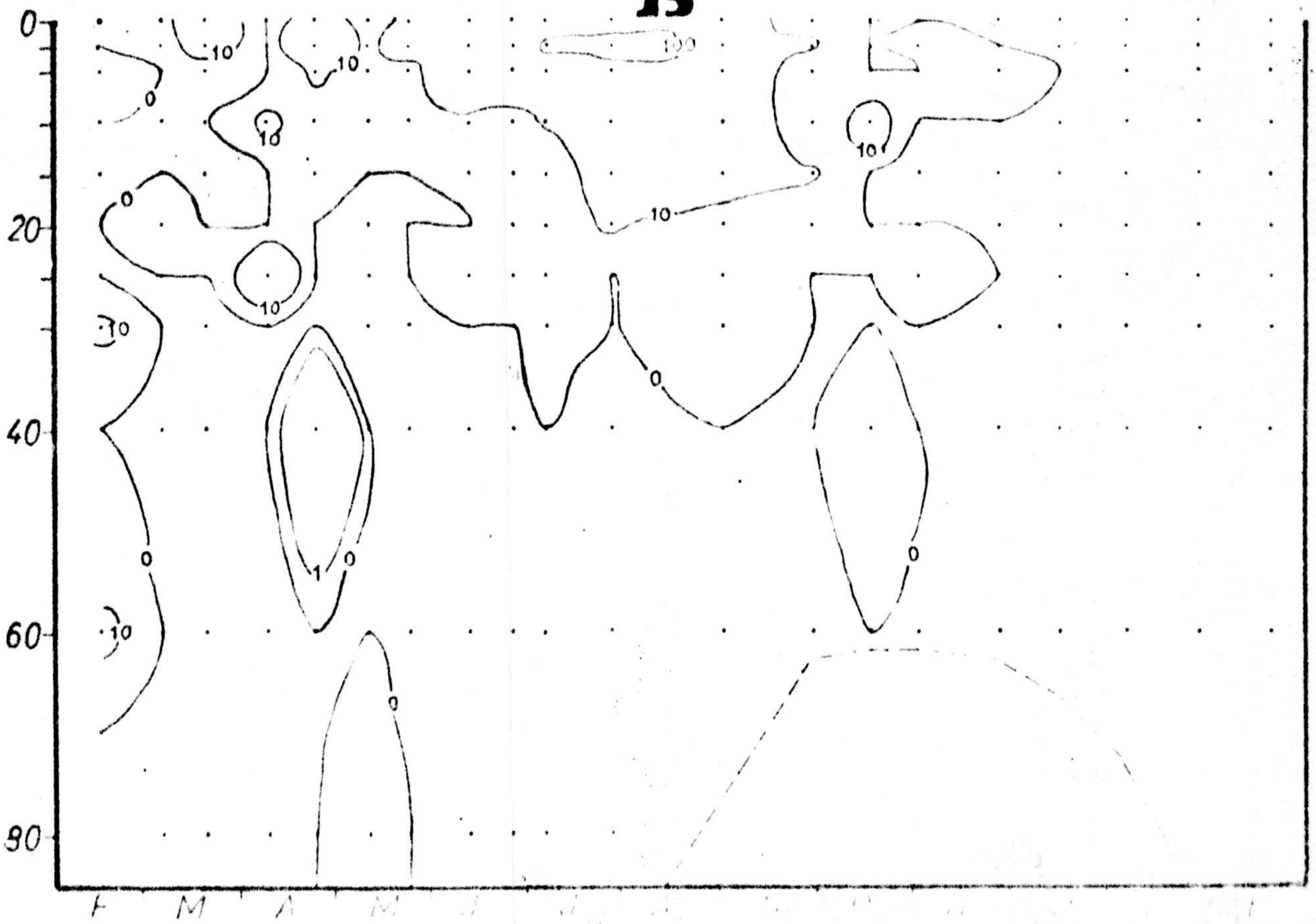
A. Variación en la columna ($\log_{10}$ nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
10
0
10
10
10
10
10
10
0
0
0
0
0
0
0
1
0
0
0
F
M
A
M

mo plano, mediano y que dá la vuelta completamente a la célula), ausencia de teca marcada y otras características morfológicas observables al microscopio óptico, permiten distinguir las células de Gymnodinium sp de otras Peridiniales.

Las dimensiones medias observadas fueron de 17,5 μ L x 14,8 μ l.

4.2.4. Euclorofíceas (Euchlorophyceae)

Las familias Scenedesmusceae y Oocystaceae son las más representadas entre las algas verdes planctónicas de Quéntar. También se encuentran algunos géneros representantes de las familias Palmellaceae, Chlorococcaceae, Hydroctictyaceae, Polyblepharidaceae y Volvocaceae.

Las euclorofíceas son consideradas, en general, como un grupo de especies típicas de verano, de la época de estratificación y de aguas eutróficas (Hutchinson, 1966). En los embalses españoles presentan abundancia, en el plancton de red, los siguientes géneros ó especies de Euclorofíceas que también estan presentes en Quéntar: Scenedesmus sp, Sphaerocystis sp, Pandorina morum, Oocystis lacustris y Pediastrum boryanum.

La tabla nº 15 incluye los resultados de los recuentos de Euclorofíceas.

TABLA Nº 15. Resultados de los recuentos del fitoplancton. Cloroficeas (nº individuos/50 ml).

Fecha	Profundidad	Scenedesmus sp1	Scenedesmus sp2	Oocystis lacustris	Selenastrum minutum	Tetraedron sp	Coelastrum reticulatum	Pediastrum boryanum	Chodatella quadriseta	Crucigenia quadrata	Trachelomonas sp	Polytomella cf	Sphaerocystis sp	Zygnema sp
18/02/78	0		1021	127										
	2		1126				12,7							
	5		1126	563		563	12,7				25,5			
	10		1690	510						563	12,7		12,7	
	15		563	563										
	20			563						51				
	25	56,3												
	30	12,7					12,7							
	40		563										12,7	
	60						25,5							
06/03/78	2						12,7							
	20		282							282				
20/03/78	0		2253											
	2					563								
	5									563				
	10		282											
	20	28,2	282								6,3			
10/04/78	2			2817						2817	63,8			
	5			2817										
	15		845											
	25		371	371										
	30		371	371										
	40			2817							12,7			
	60			1127										
25/04/78	0			1127	563						12,7			
	2		563		383						25,5			
	5	12,7			1127									
	10	25,5	563										563	
	15									563	12,7			
	25			127										
	30				282						19,1			
	40				282						19,1			
11/05/78	0					563								
	2		563											
	5										12,7			
	10				282								282	
	15				282									
	20				282									
	25					563								
25/05/78	0			1127	1972									
	2		13	2253	4507	67					56,3			
	5		1690	563	2253						12,7			
	10			1690	1127		12,7							
	15			282	383						6,3			
	20				1971						6,3			
	25		563		1971									
	40				352						15,9			7,4
	60			63										
13/06/78	0			563	845	282								
	2		1127	1127		563	12,7							
	5			2253	2817									
	10			563			6,3							
	15			563	2535		6,3							
	20			282	282									
	60				282									
26/06/78	05			563	282									
	2			845	63		6,3							
	5		563	2817	563	282								
	105			1690	1498									
	15			1408	1127		6,3							
	20			563	282		6,3							
	25				563									
07/07/78	2			1502										
	5			751			17,0							
	10			563										
	15			1127	563									
	20									282				
	25				282									
	30			563	63	63								
	40				63			6,3						
28/07/78	0	127		4507	563								127	
	2	255		2253										
	5	563		1127	563		25,5							
	10		563	1690		563							63	
	15			3098										
	20			563		563	25,5							
	25			563	127		6,3							
	30			563	282									
	40		282	563			6,3							
	60			282			6,3	6,3						
	80					845					12,7			

Continuación TABLA Nº 15.

Fecha	Profundidad	Scenedesmus sp1	Scenedesmus sp2	Oocystis lacustris	Selenastrum minutum	Tetraedron sp	Coelastrum reticulatum	Pediastrum boryanum	Chodatella quadriseta	Crucigenia quadrata	Trachelomonas sp	Polytomella cf	Sphaerocystis sp	Zygnema sp
02/08/78	0	102,0	1127	2253	563,0	1127,0	63,8			2817			563,0	
	2	255,3	6760	3379	563,0	1690,0	268,0	25,5	6760,0	6760				
	5	306,0	10140	18590			217,0		5633,0	19717				
	10	153,0	5633	12393			293,6	12,7	3379,0	9577				
	15	165,9	1127					12,7	4507,0	563	38,3			
	20	63,6	282	1127			95,7		282,0	282	28,2			
	25	28,2	845	1127		282,0	6,3		563,0	282				
	30	6,3		1127		6,3	19,1		563,0	563	31,9			
	40	12,7		282			6,3			282				
	60			6,3										
29/09/78	0		563	1127		563,0	12,7	12,7	1690,0	11830				
	2	2808,0	1972	282		3662,0	12,7		563,0	3098		38,3		
	5	408,4	2817		563,0	1127,0	12,7		3943,0	7225		31,9		
	10	574,3	2817	352	704,0	1056,0	47,8	6,3	2817,0	8450				
	15	471,7	3943	80	282,0	282,0	38,2		563,0	2253		76,5		
	20			1972		282,0	38,2		1972,0	1408	19,1	6,3		
	25	38,3	1690		12,7	563,0	25,5		1127,0	1690		38,3		
	30	44,6	845	63		282,0	25,5		282,0			19,1		
	40	44,6	63	284		6,3	89,3	6,3	25,5	563				
17/10/78	0	306,0	3379		563,0	1408,0	57,4	6,3	1690,0	6478		63,8		
	2	306,0	7887		563,0	563,0	51,0		1690,0	4507	102,0			
	5	240,0	4000				55,0		1200,0	5000				
	10	229,7	2253		563,0	563,0	63,8	6,3	845,0	6197		63,8	6,3	
	15	127,0	3000		563,0	563,0	63,8			3000				
	20	25,5							6,3	2253				
	25	331,0	9070			563,0	89,0	25,0		4507		38,0		
	30	37,9	1127		3,9			3,8		3379				
	40	140,0	1408	282			25,5		84,5	3662		19,1		
05/11/78	0	106,0	3943				18,7		563,0	563				
	2		4225				10,0	5,0		1408		279,0	5,0	
	5		1127									120,0		
	10	317,2	2253				7,0		563,0	1408		85,0		
	15	100,0	2535	282					1127,0	1972		165,0		
	20	80,0	1127						282,0	845				
	25	191,0	2253				4,0		282,0	282		563,0		
	30	17,0	1127				2,0		282,0	282			2,0	
28/11/78	0	57,0	2253				21,9	4,4	282,0	1127			4,4	
	2	59,0	2698	375			35,5		8,5	3755				
	5	74,5	1690				4,4	4,4		3379			4,4	
	10	67,2	1127				15,5			3943				
	15	37,5					31,2			3380				
	20	50,0	2817				42,6	3,9		1690				
	25	31,0	282				7,7		282,0	1690				
	30	15,6	563				6,2			1408				
	40	12,4	563				28,1			2253				
	60	3,12	563											
16/12/78	0		2411						96,5	483		7,8		
	2	38,9	1690				7,7		422,0	1267				
	5	4,0								1127				
	10	2,0					2,0		4,0	127				
	15	31,0					15,6			30				
	20	2,0								43				
	25	4,0	845							43				4
	30	6,0	1127							1127			1,0	
	40	20,0	3943							563				
06/01/79	0		2535							423				
	2	25,0	1690				6,2	6,2	6,2	1690				
	5	12,5	845							2253				
	10		423							1268				
	15		1408				31,0			939				
	20	4,4	1690				4,4			1690				
	25	5,0	563				3,0			563	4,4			
	30	20,0	563				2,0			63				
	40	7,0	1127				3,0		5,0	1127				
	60				4				2,0	563				
29/01/79	0	5,0	422							423				
	2	25,0	1690				6,0		43,0	1690	210,0			
	5	6,0					8,0			845	12,0			
	10	6,2					18,7		3,0	563				
	15	12,5	650				18,7			650	37,5			
	20		1014				44,0	6,2	12,5	1014	62,4			
	25	12,0					25,0		26,2	282				
	30	6,2	282						28,2	563	37,5			
	40	3,9					6,2			4				
	60								12,7					
09/02/79	0		563											
	2						2,0							
	5						4,0							
	15	2,0					2,0							
	20								4,0		2,0			
	25						4,0				2,0			
	30						2,0				1,0			
	40		2				4,0			2				
	60		2				2,0							1

4.2.4.1. Familia Scenedesmaceae

Coelastrum reticulatum (Dang.) Senn., 1902

Cenobios de Coelastrum reticulatum se encontraron fundamentalmente en los meses de verano-otoño en las densidades de 0,08 a 5,87 cenobios/ml. El tamaño medio de los cenobios (8 células) medidos fue de 25 µ L x 23,3 µ l.

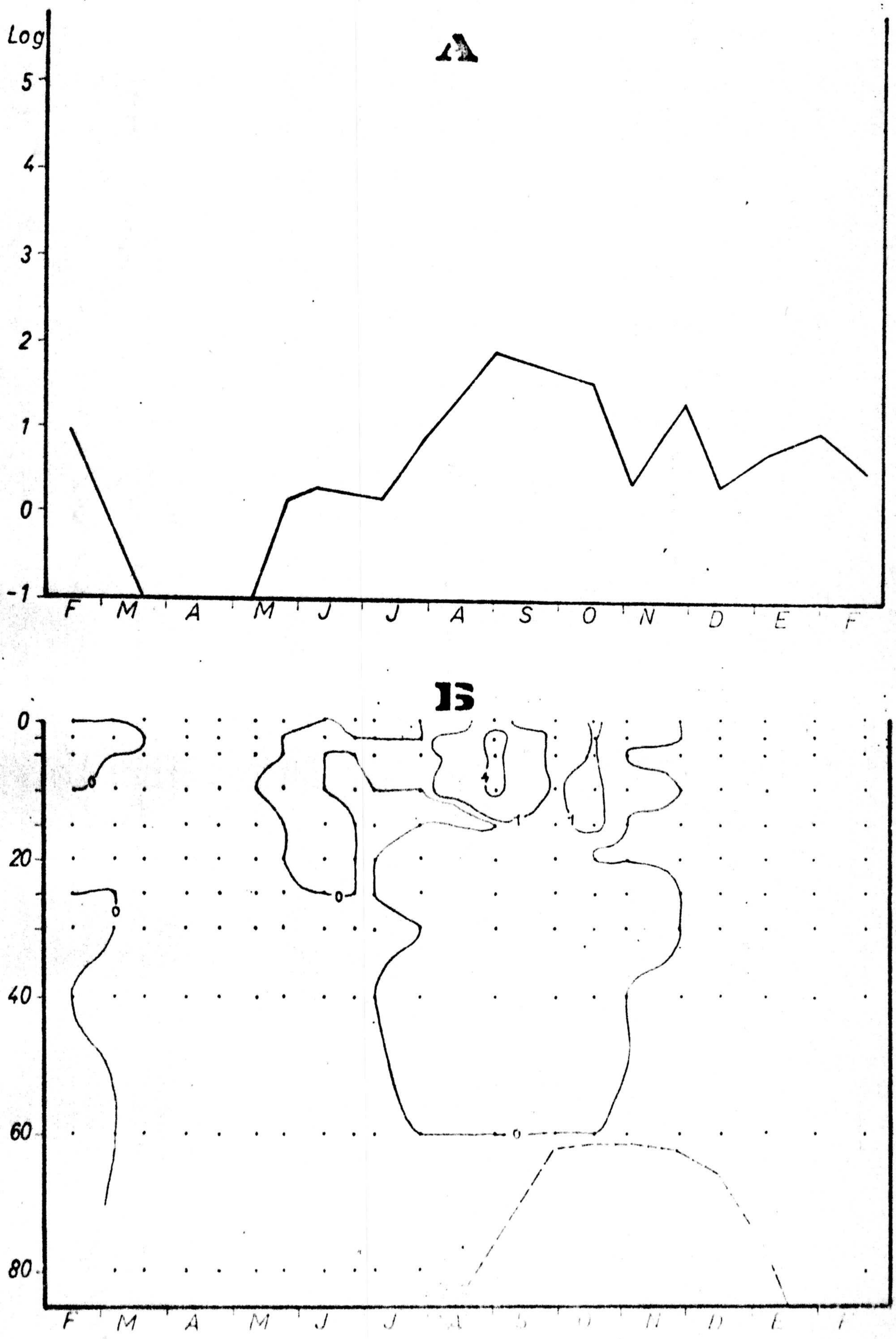
La figura nº 50 muestra la distribución espacio-temporal de esta especie. En Febrero de 1978 se observa también una población con densidades de 0,25 a 0,51 cenobios/ml, lo cual se debería posiblemente a dos razones: 1º,una situación climática excepcionalmente benigna para este mes de invierno como se observa en la tabla nº 3 las temperaturas máximas fueron casi 3 ºC superiores a Febrero de 1979 y a la vez en la figura nº 6 se observa que el embalse tiene una leve estratificación térmica en Febrero de 1978, situación que no se detecta en Febrero de 1979. 2º,un cambio en la composición específica de condiciones más eutróficas a menos eutróficas. El embalse, al empezar a acumular agua, y tener un menor volumen embalsado, posiblemente tuvo características más eutróficas que las detectadas en el ciclo estudiado, ya que se asemejaría más a un charco ó laguna poco profunda. El muestreo de Febrero de 1978 habría detectado parte de la composición específica de los meses anteriores.

Figura nº 50

Variación espacio-temporal de las densidades de Coelastrum reticulatum.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F
0
20
40
60
80
0
0
0
1
1
0
F M A M J J A S O N D E F

Por último se debe mencionar, que si no hay una mezcla completa en el embalse, ó el invierno se presenta más benigno, es posible que poblaciones de cloroficeas más típicas de la época de estratificación sobrevivan y se encuentren presente en muestreos de invierno.

Estas interpretaciones realizadas para C.reticulatum se hacen extensivas para otras especies de algas eucloroficeas detectadas en este muestreo de Febrero de 1978.

Posteriormente en Marzo de 1978 al darse condiciones más típicamente invernales y aumentar el embalsamiento desapareció la población de C.reticulatum, por lo menos dentro de los límites detectables del muestreo. Al llegar la primavera y desarrollarse la estratificación, la población adquiere nuevamente importancia.

Crucigenia quadrata Morren, 1930

La distribución en el espacio y tiempo de Crucigenia quadrata se presenta en la figura nº 51. Los resultados se expresan en cenobios de cuatro células. La especie es de distribución otoño-invernal, ya que en Septiembre se detecta un aumento poblacional y perdura hasta Febrero de 1979.

La distribución vertical (fig. nº 52) nos muestra

Figura nº 51

Variación espacio-temporal de las densidades de Crucigenia quadrata.

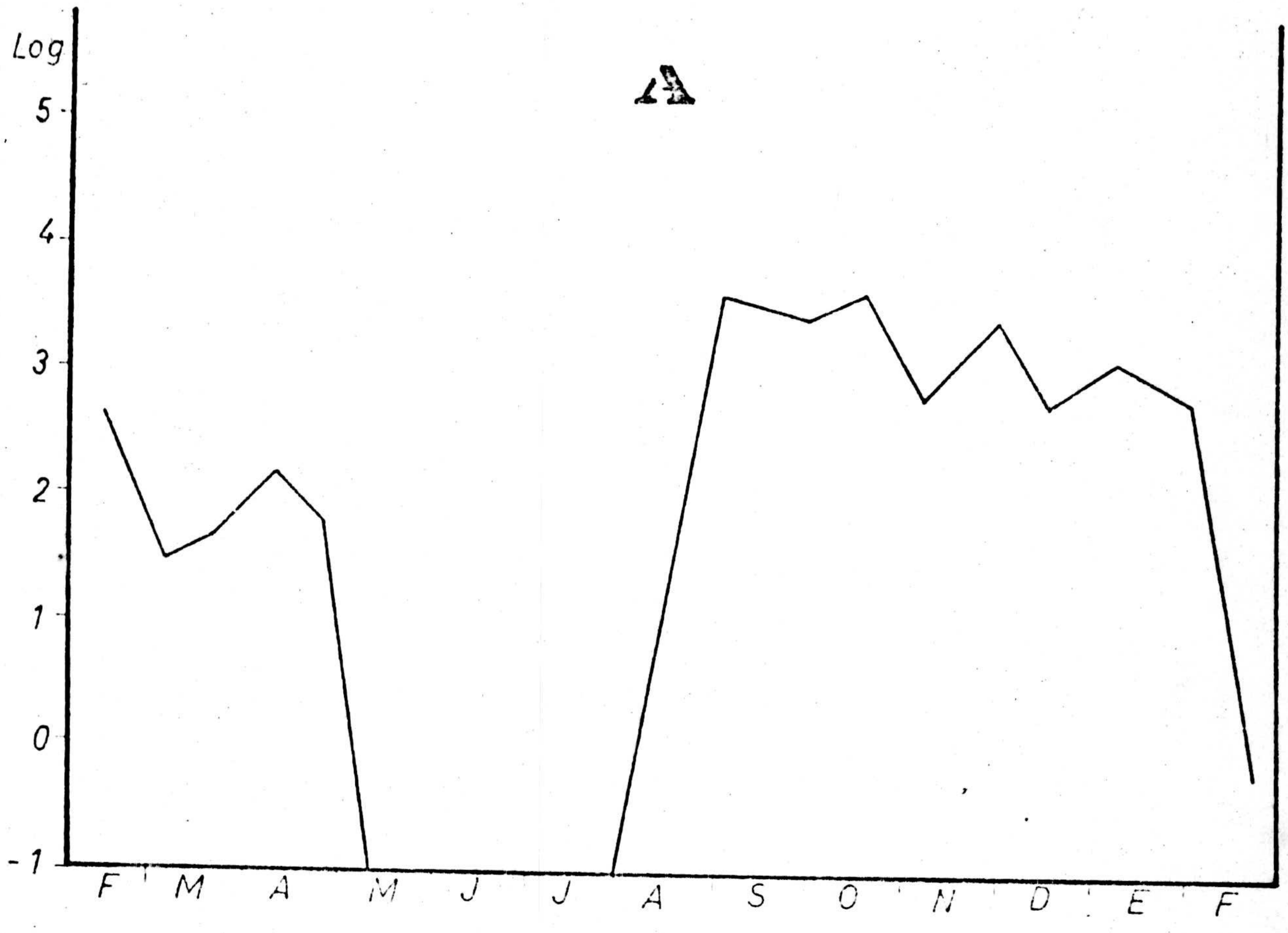
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

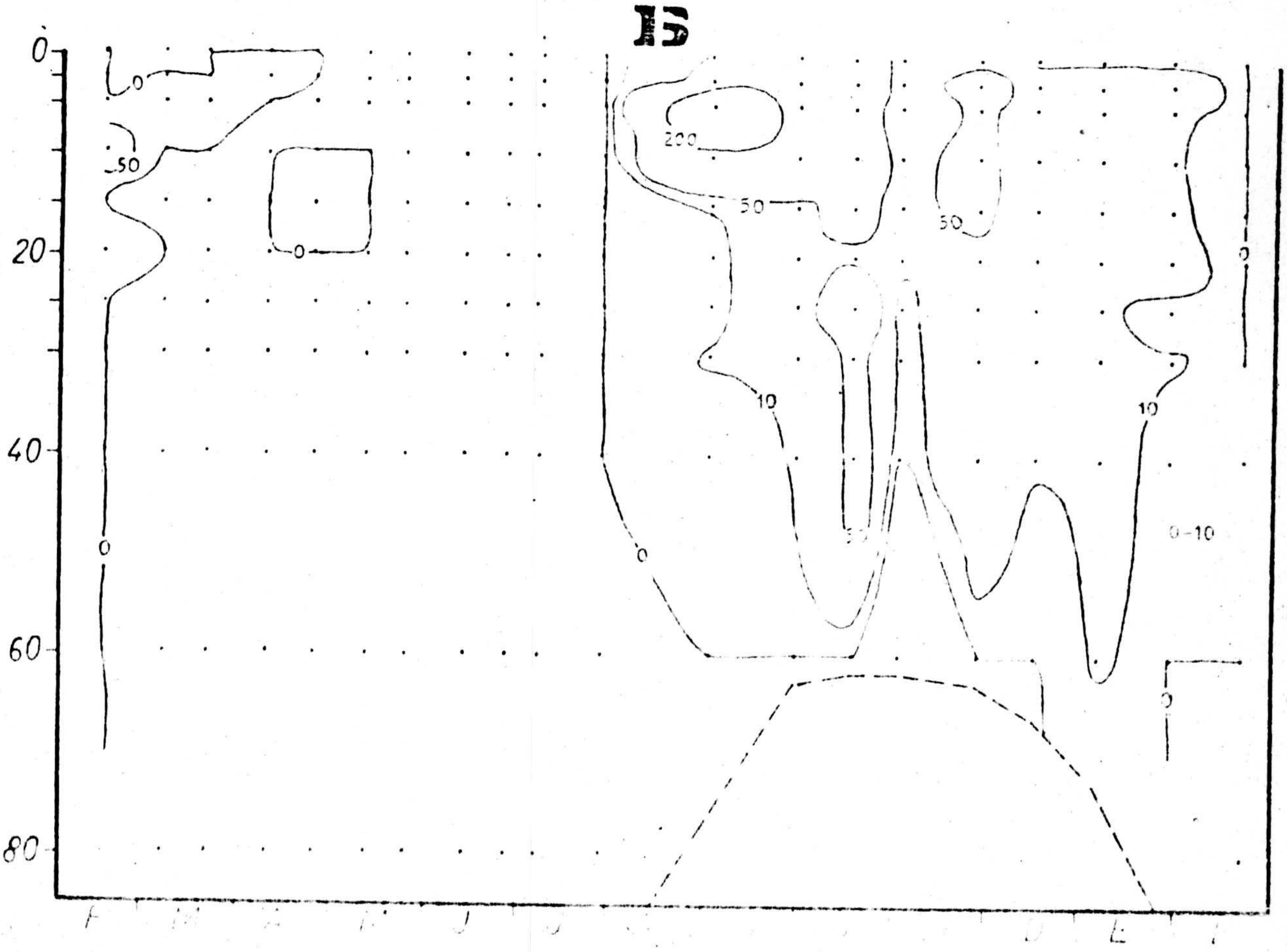
Figura nº 52

Perfiles de distribución vertical de Crucigenia quadrata.

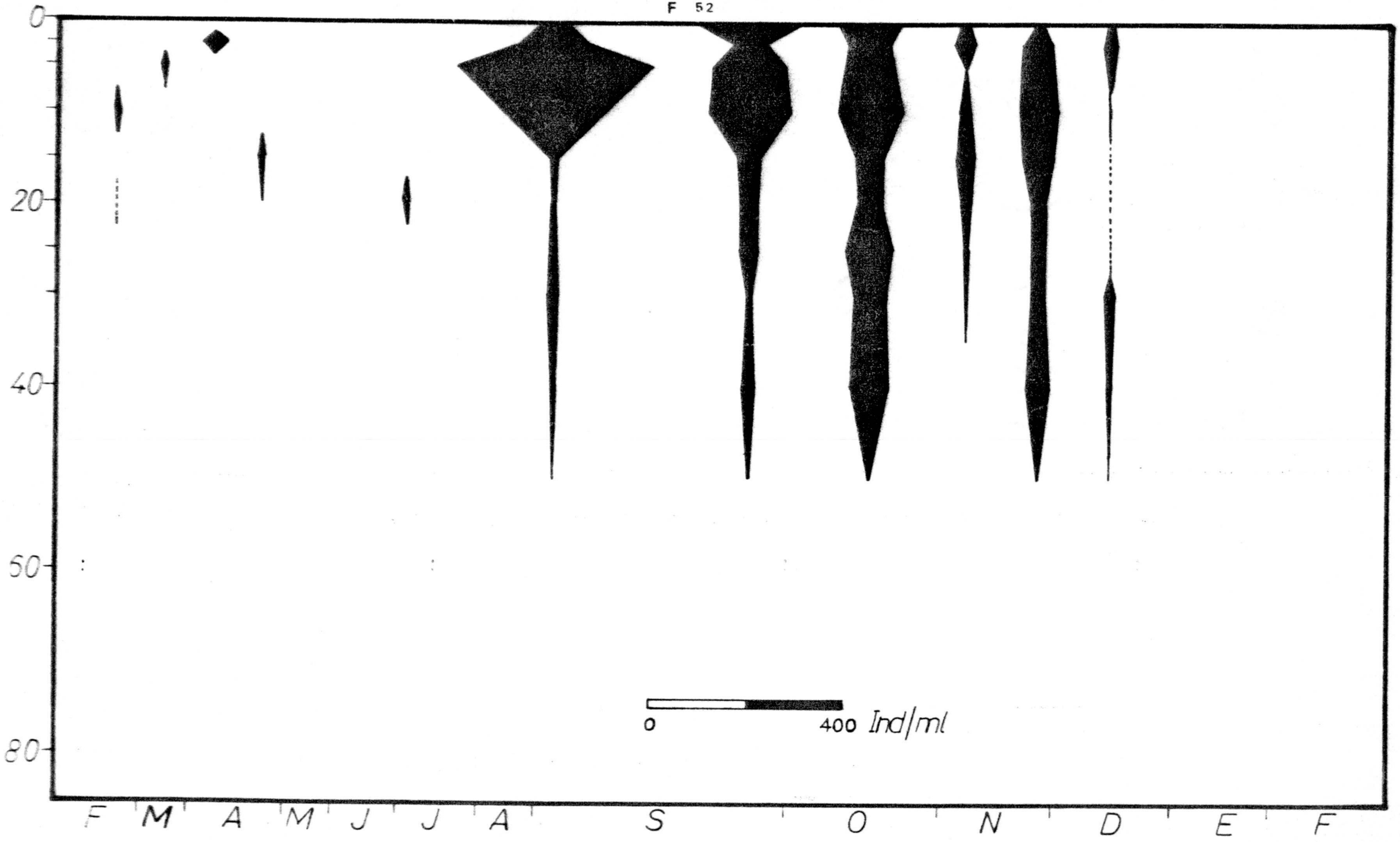
14


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

15


0
20
40
60
80
50
0
200
50
50
10
10
0
0-10
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

F 52



que el crecimiento poblacional de Septiembre, se originaría en los 5 m de profundidad ya que es donde ocurre una mayor densidad de cenobios. A medida que trancurre el tiempo la población se desplaza a lo largo del perfil ocupando mayor espacio con menor densidad e incluso segregándose la población en dos ó tres máximos que alcanzan hasta los 40 m de profundidad en algunas fechas.

Las densidades de cenobios observadas varían desde 0,04 por ml (40 m, Febrero de 1979) hasta 394 por ml (5 m, Septiembre de 1978). Las dimensiones de estos cenobios era de 7,2 μ L x 7,2 μ l en promedio.

En los embalses españoles se han mencionado cinco especies ó formas diferentes de este género como abundante en las muestras de plancton sedimentado (Planas, 1975). A pesar de ser mencionada como género común en charcas y lagunas, la presencia de Crucigenia en los lagos de Finlandia no está relacionada con el grado de eutrofia (Järnefelt, 1956).

Scenedesmus Meyen, 1829

Se distinguieron dos formas pertenecientes al género Scenedesmus, las cuales morfológicamente presentaban similitud pero grandes diferencias en volumen (tabla nº 17) de manera que en los conteos se computaron separadamente con el

objeto de tener más exactitud en los cálculos de biomasa. Ambas formas en todo caso pertenecen a la sección Desmedesmus, serie obtusi de acuerdo con las divisiones que hace del género Chodat (1926) y se asemeja bastante a Scenedesmus ecorni (Ralfs) Chodat, aunque las dimensiones no coinciden exactamente con las descritas. La sistemática del género que encierra más de 150 especies es bastante difícil según Bourrelly (1966).

La distribución a lo largo del tiempo y en las profundidades se representan en la figura nº 53 para el género Scenedesmus (ambas fueron incluídas). Ambas se encuentran presentes durante prácticamente todo el año. Sólo en una fecha de muestreo (7 de Julio) durante el ciclo no se detecta la presencia de ninguna de las dos formas y podría estar relacionado con la abundancia del zooplancton en esta fecha, y que debido al consumo baje la densidad a niveles no detectables con la intensidad muestreada.

4.2.3.2. Familia Oocystaceae

La familia se encuentra representada por cinco especies pertenecientes a otros tantos géneros. Tienen mayor importancia por su abundancia relativa Selenastrum minutum, Oocystis lacustris y Chodatella quadriseta. De escasa ocurrencia son Ankistrodesmus sp y Cerasterias cf irregularis

Figura nº 53

Variación espacio-temporal de las densidades de Scenedesmus sp1 y Scenedesmus sp2.

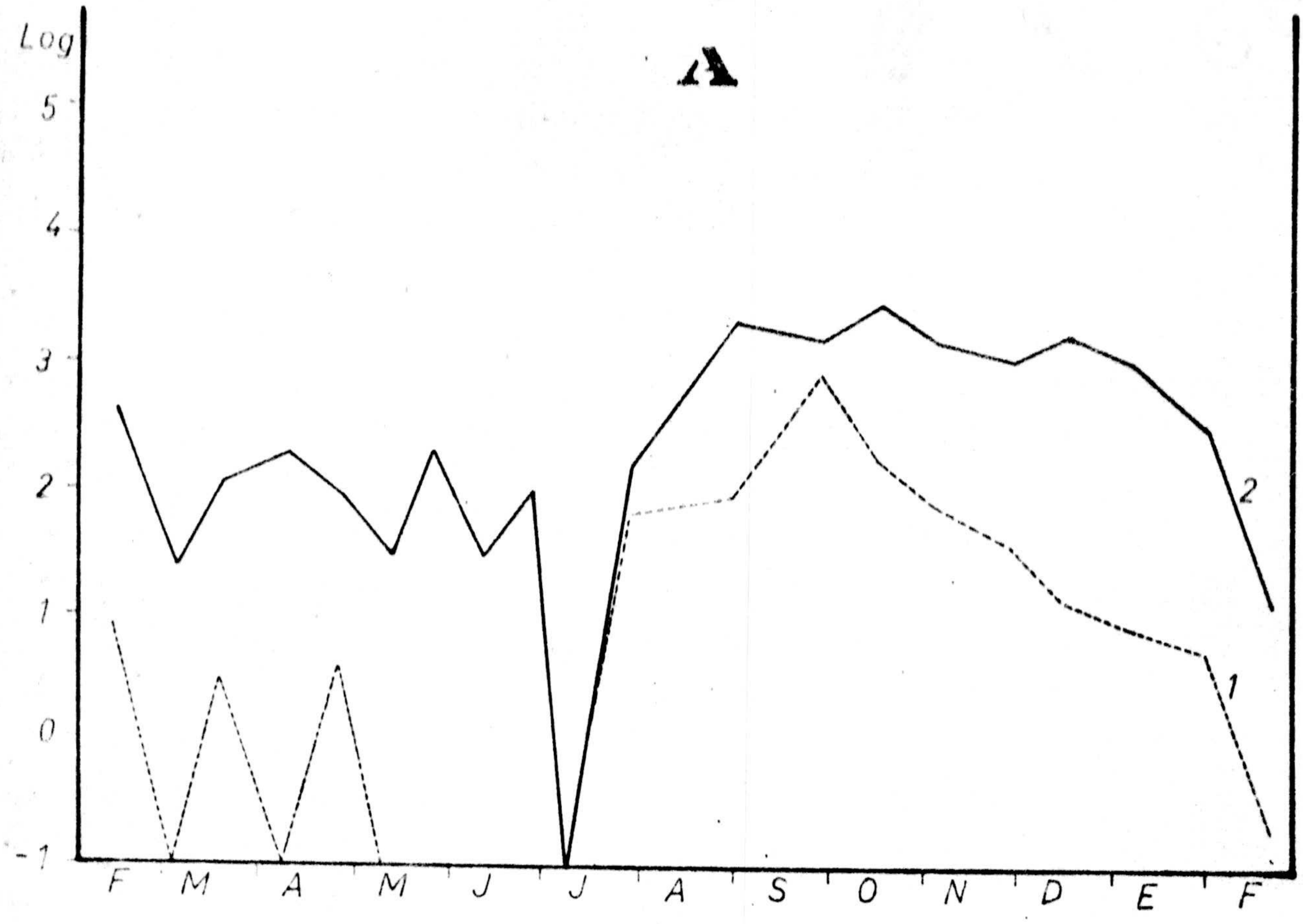
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2).

Scenedesmus sp1: línea discontínua.

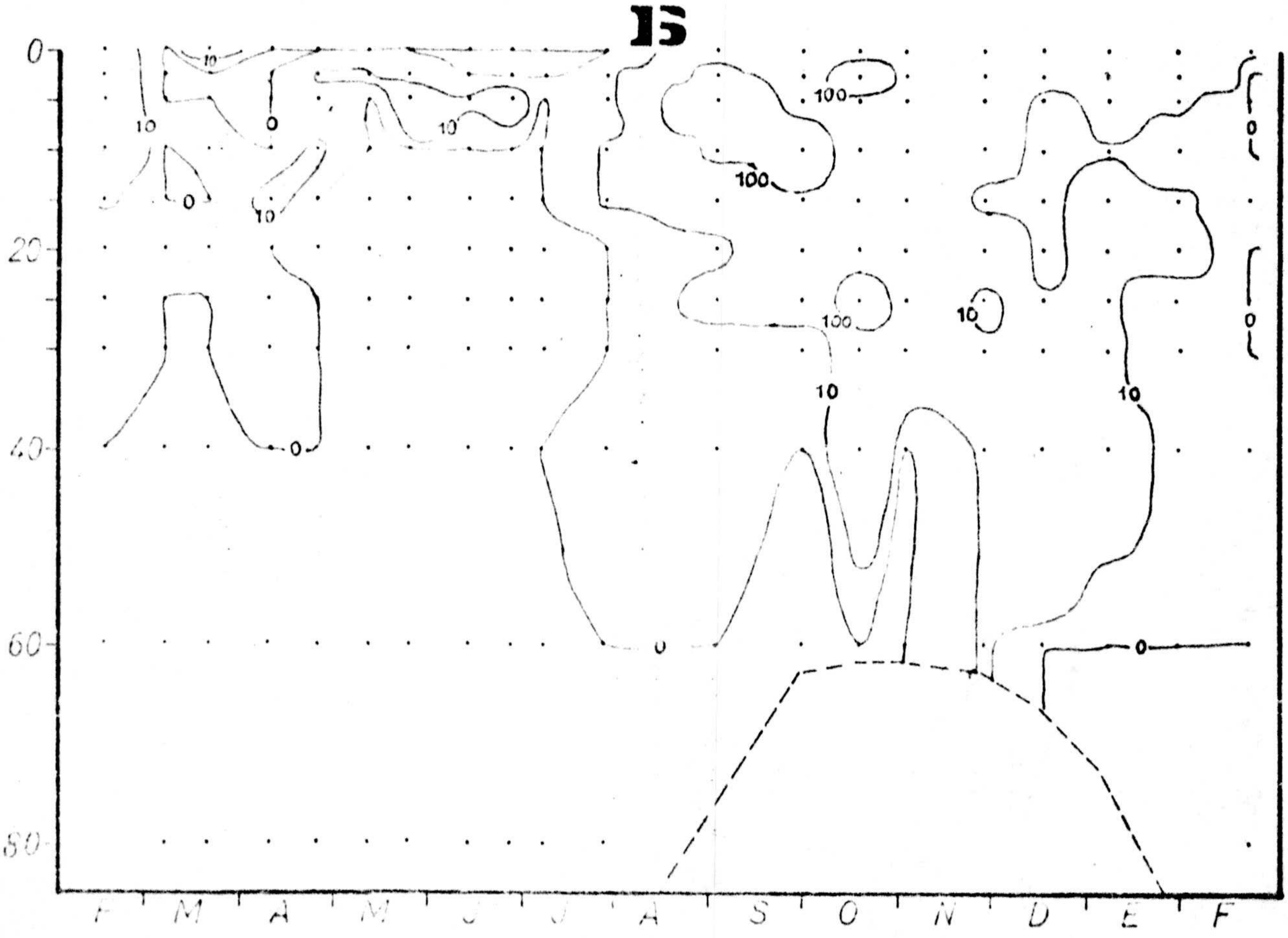
Scenedesmus sp2: línea contínua.

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml).

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F
2
1

15


0
20
40
60
80
10
0
100
F M A M J J A S O N D E F

que aparecen en conteos aislados durante los meses de invierno (Diciembre-Febrero).

Oocystis lacustris Chodat, 1897

La especie presenta su máxima abundancia en verano que se distingue muy claramente en la figura nº 54. Excepcionalmente en Febrero de 1978 aparece Oocystis lacustris en algunas muestras, lo cual se debería a las razones ya explicadas para Coelastrum reticulatum y no a una posible distribución diácmica que se podría imaginar al observar la figura nº 54.

Las densidades observadas, máxima y mínima, eran de 371,8 cél/ml y 1,6 cél/ml. Las dimensiones medias de las células eran de 13,5 μ L x 11 μ l.

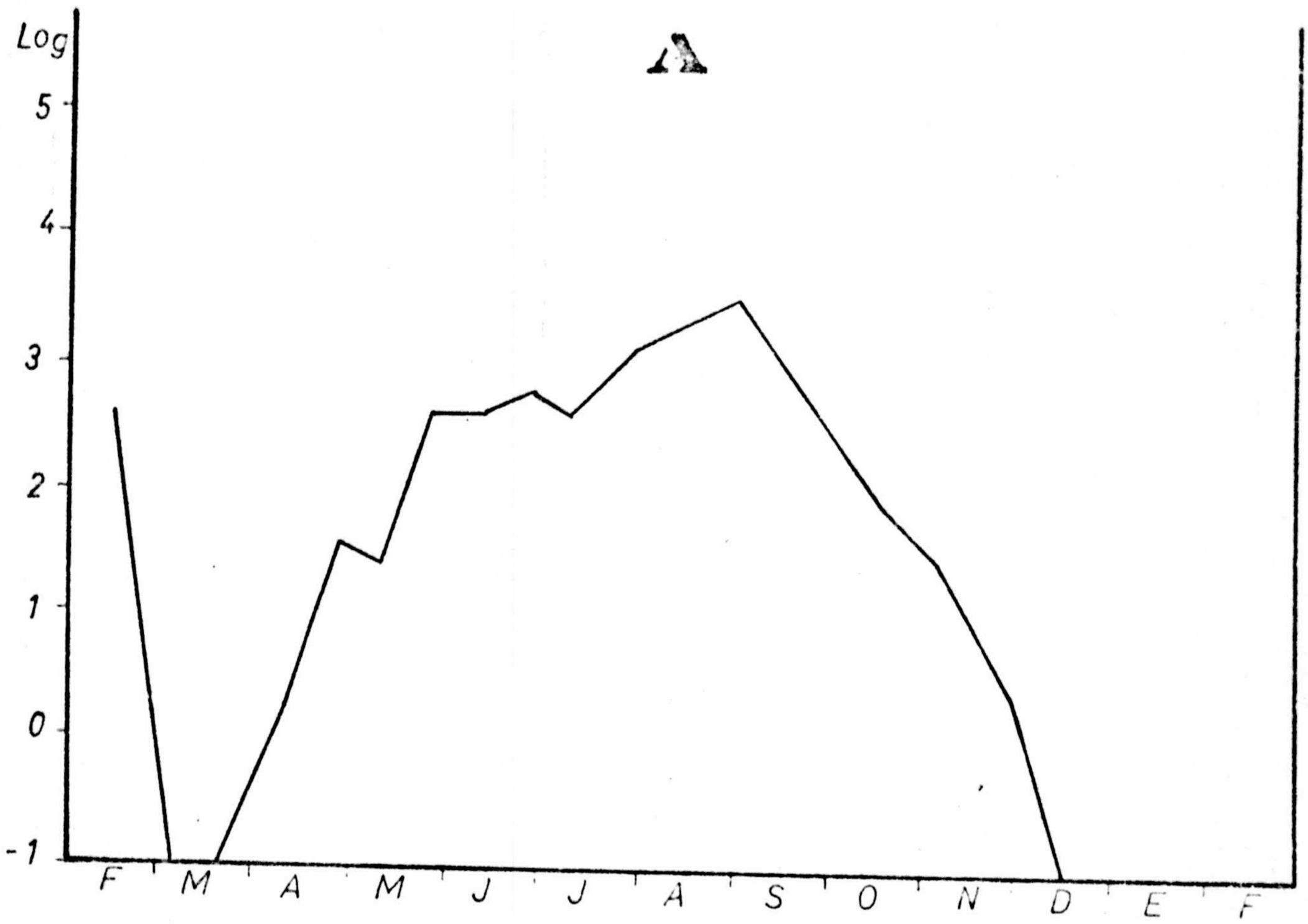
Según Hutchinson (1966), Oocystis es más común de lagos grandes y no productivos, en cambio Järnefelt (1956) encuentra que la distribución en los lagos de Finlandia estudiados por él es independiente del grado de eutrofia que presenta. En los embalses españoles se afirma que esta especie tendría predominancia durante el período de estratificación en muestras obtendidas con red (Margalef et al, 1976).

Figura nº 54

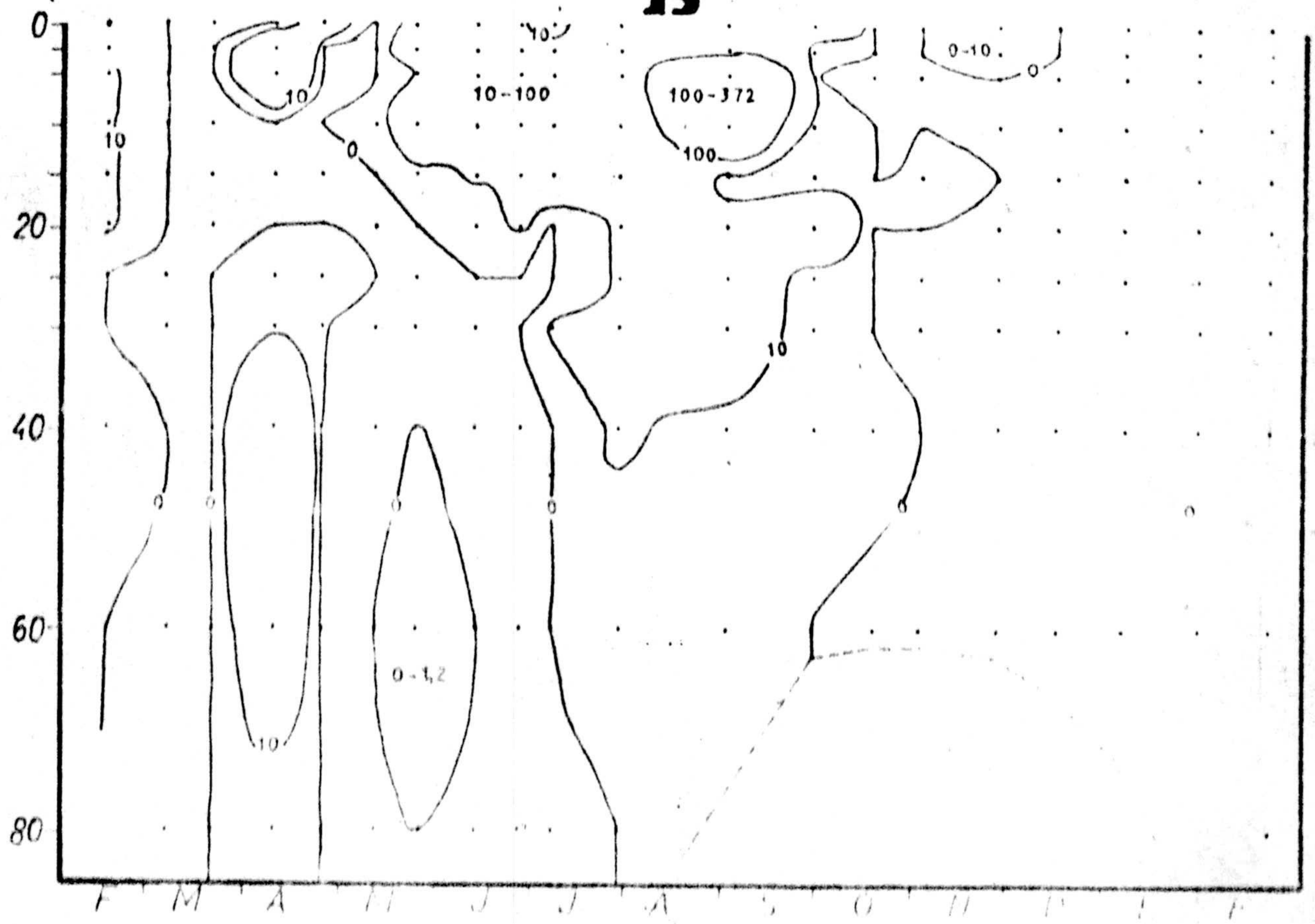
Variación espacio-temporal de las densidades de Oocystis lacustris.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

15


0
20
40
60
80
10
0
10-100
100-372
100
0-10
0
0-1,2
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Chodatella quadriseta Lemmermann, 1898

Su ocurrencia es desde fines de verano y se prolonga hasta llegar el invierno. Se observa que la población crece en un comienzo exponencialmente, para posteriormente ir disminuyendo su abundancia gradualmente a medida que empieza el otoño y sigue el invierno. Esto indicaría que el óptimo ambiental para la especie ocurre en Septiembre y Octubre y es capaz de sobrevivir hasta bien entrado el invierno.

Las densidades mayores detectadas fueron 135,2 cél/ml y 112,7 cél/ml en las profundidades 2 y 5 m respectivamente el 2 de Diciembre. Las densidades mínimas fueron 0,04 y 0,08 cél/ml para el 16 de Diciembre (10 m) y 6 de Enero de 1979 (60 m) respectivamente.

El tamaño medio de las células (sin las sedas ó espinas polares) era de 13 µ L x 7,5 µ l respectivamente. No es mencionado por Planas (1975) como especie frecuente en los embalses españoles dentro del grupo Euclorophyceae.

Selenastrum minutum (Näegeli) Collins, 1849

Presenta una distribución de abundancias del tipo diácmica donde los máximos son de primavera (25 de Mayo) y en Otoño (17 de Octubre). Las figuras nº 56-A y 56-B repre-

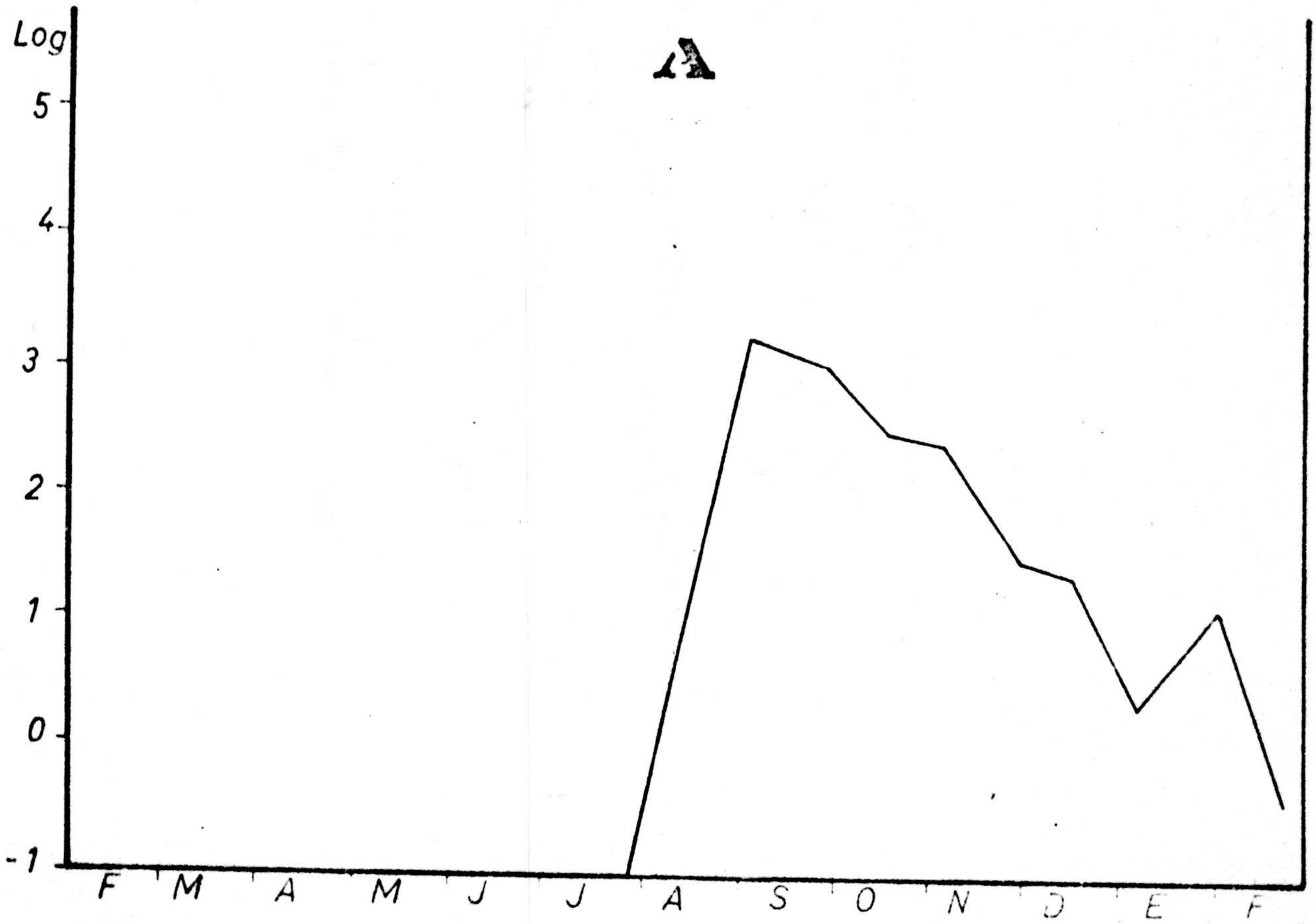
Figura nº 55

Variación espacio-temporal de las densidades de Chodatella quadriseta.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

A



B

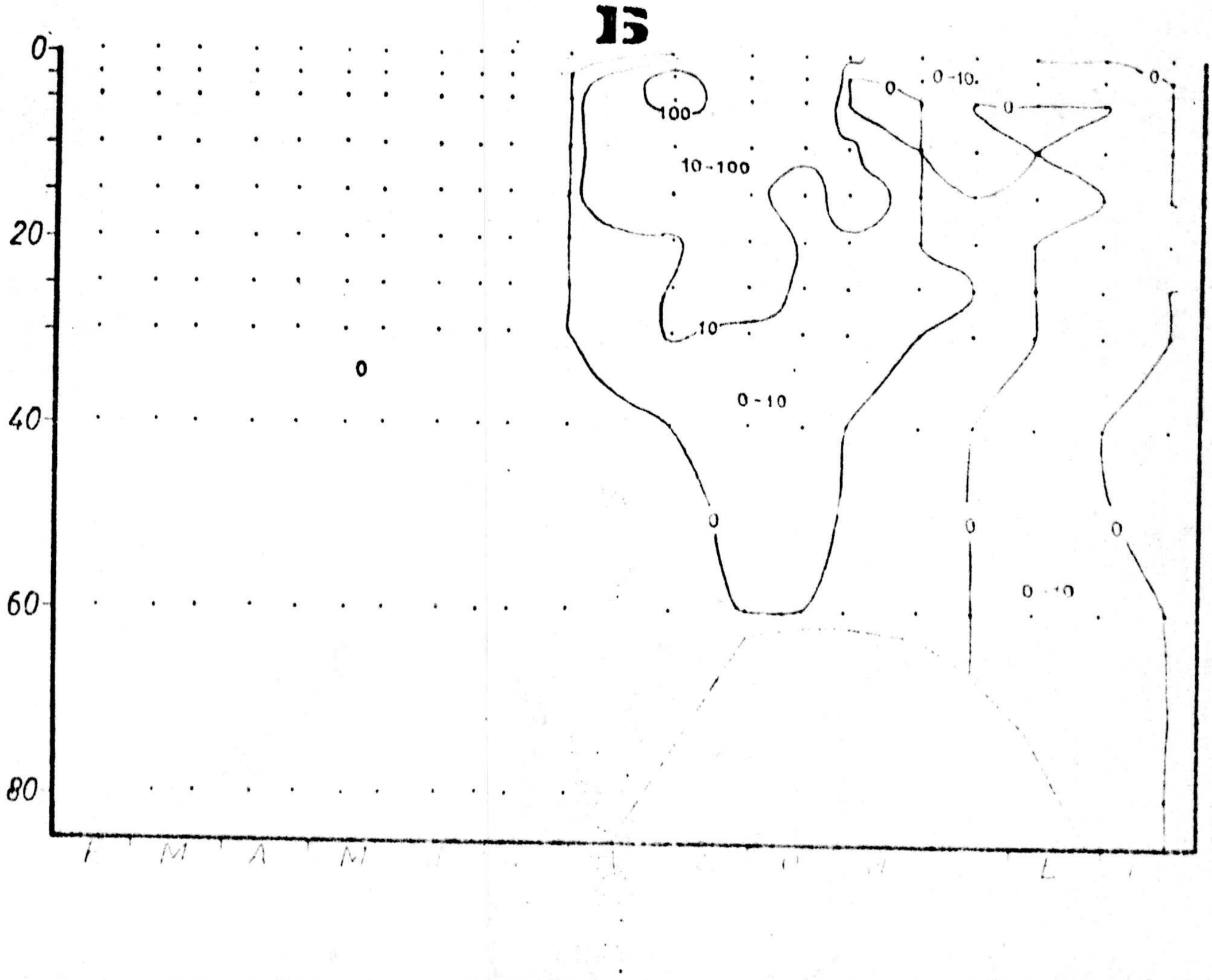

0
20
40
60
80
0
100
10-100
10
0-10
0
0-10
0
0
0

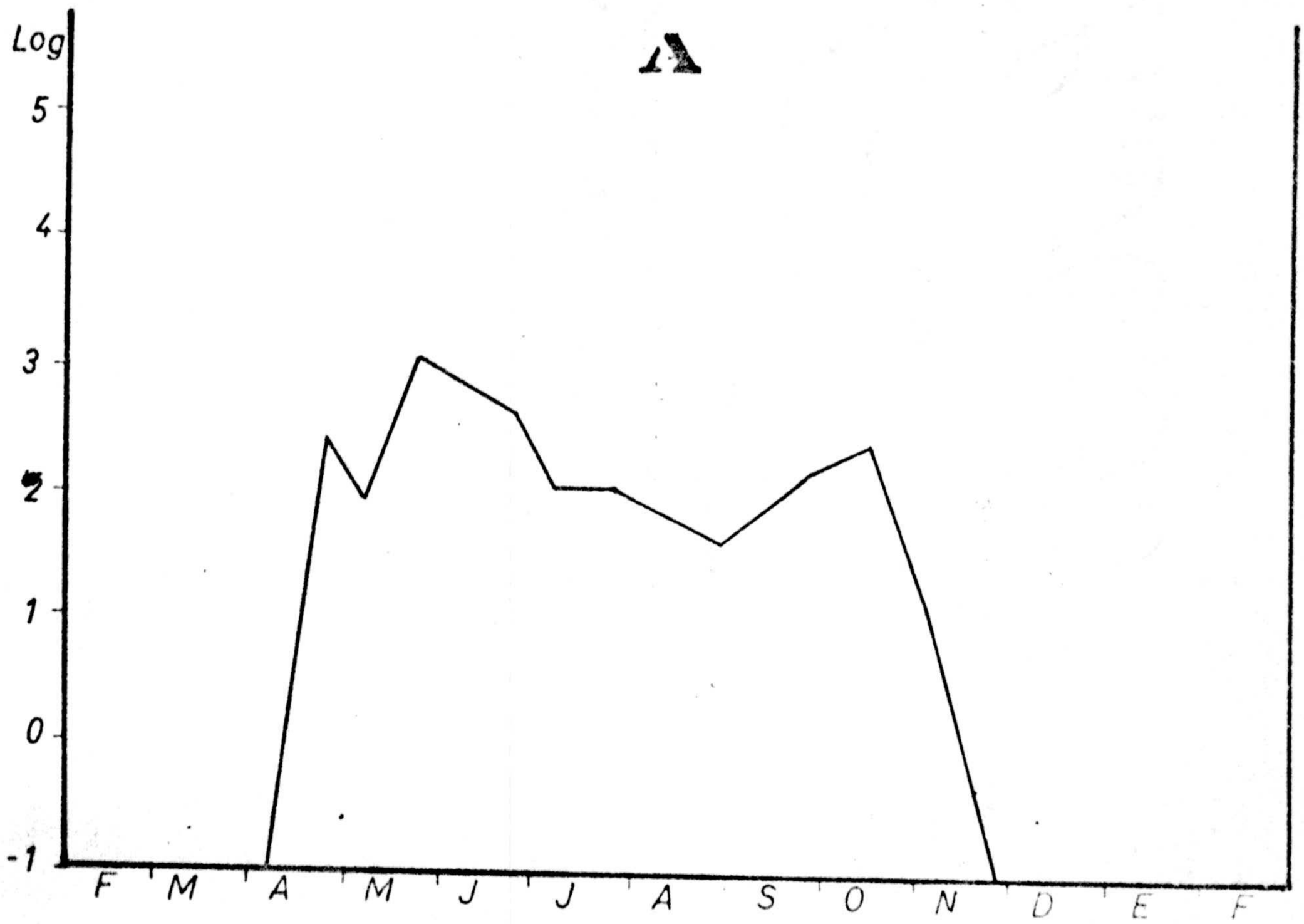
Figura nº 56

Variación espacio-temporal de las densidades de Selenastrum minutum.

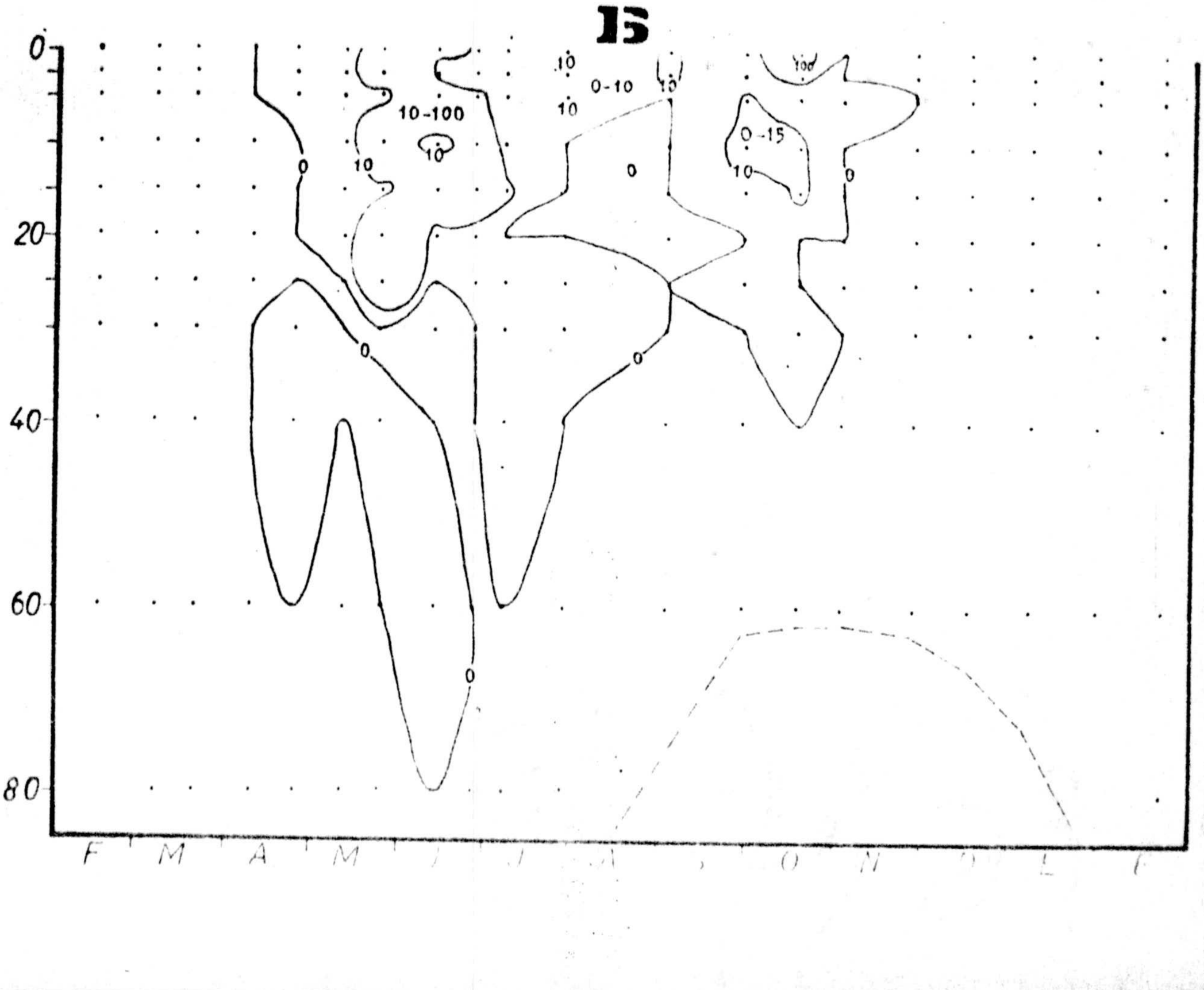
A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
10-100
0-10
0-15
10
0
F
M
A
M
J
J
A
O
N

sentan la distribución espacio-temporal y la distribución anual integrada de S.minutum. Las densidades máximas por unidad de volumen ocurren el 17 de Octubre a 0 m (112,6 cél/ml) y el 25 de Mayo a los 2 m (90,1 cél/ml). Las densidades mínimas fueron de 0,08 cél/ml (17 de Octubre a 30 m) y 0,25 cél/ml (29 de Septiembre, 25 m). El tamaño medio observado fue de 14,8 µ L x 3,2 µ l.

Ankistrodesmus Corda, 1838

En los muestreos de invierno el 16 de Diciembre al 20 de Febrero se encontraron algunos individuos de este género, muy similares a la especie A.mucicola, pero debido al escaso número de ejemplares examinados, los cuales no estaban claramente observables, se prefirió denominarlo sólo hasta el género.

La presencia del género Ankistrodesmus no parece estar relacionada con el grado de eutrofia de acuerdo a lo observado por Järnefelt (1956). Por otro lado, se menciona a Ankistrodesmus setigerus como especie frecuente en los embalses españoles (Planas, 1975) pero no fue encontrada en el plancton de Quéntar.

Cerasterias Reinsch, 1867

También se distinguieron en dos muestras de Enero (6 y 29 de Enero a 5 m y 20 m respectivamente), la forma correspondía a C.irregularis G.M.Smith pero también debido al escaso número de células observadas en las muestras sedimentadas no se puede afirmar si ésta era la especie.

4.2.4.3. Otras Chlorococcales

Se encontraron en Quéntar algunos géneros de la familia Palmellaceae: Sphaerocystis; de la familia Chlorococcaceae: Tetraedron y de la familia Hydrodictyaceae: Pediastrum. Todos ellos tienen escasa importancia cuantitativa comparado a otras familias y géneros de Chlorococcales ya mencionados.

En la figura nº 57 se representa el número de organísmos de cada género que había en cada fecha en la columna de agua de 1 mm^2 en el embalse.

Sphaerocystis Chodat, 1897

La distribución temporal nos muestra dos períodos de presencia, un primer período de primavera (25 de Abril y 11 de Mayo) y un segundo período verano-otoño (28 de Julio al 16 de Diciembre). Las densidades fueron bajas en general,

oscilando entre un máximo de 11,2 cél/ml (25 de Abril a 10 m y 0 m el 2 de Septiembre) hasta 0,02 cél/ml (16 de Diciembre a 30 m).

Tetraedron Kützing, 1845

Tiene una distribución más bien escasa entre el 18 de Febrero y el 28 de Julio. En Septiembre y Octubre, meses de mayor estratificación, alcanza una presencia más abundante estando presente en casi todas las profundidades de la capa de 0 a 30 m. Las densidades eran de 1,26 a 73,24 cél/ml y el tamaño medio de 8 μ L x 7,6 μ l.

Pediastrum boryanum (Turp.) Meneghini

Es bastante común encontrarlo en las muestras obtenidas con arrastre de red ó en las muestras de 8 l para la cuantificación del zooplancton. En cambio en las muestras de 100 ml para el estudio cuantitativo del plancton aparece con menos frecuencia, esto se debería al "pattern" de distribución espacial de la especie que sería a una escala mayor del que se puede detectar con plancton sedimentado. En todo caso gracias al gran número de muestras obtenidas para cada fecha, se puede vislumbrar una distribución temporal en la columna de agua al observar la figura nº 57.

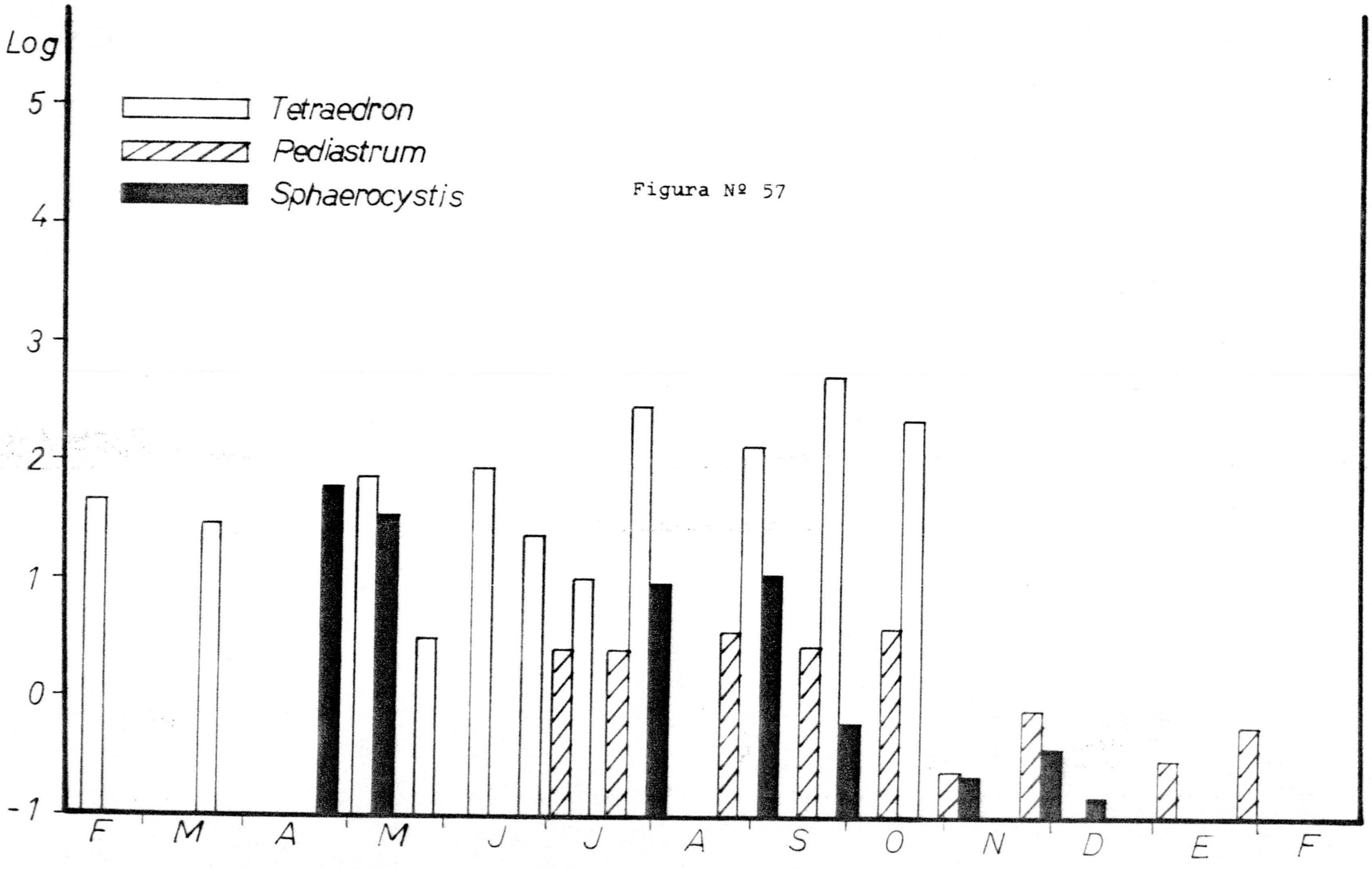

Log
5
4
3
2
1
0
-1
Tetraedron
Pediastrum
Sphaerocystis
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Figura Nº 57

La población tiene su ocurrencia a partir del 7 de Julio llegando al máximo la abundancia el 7 de Octubre, para posteriormente decrecer irregularmente en invierno.

4.2.4.4. Volvocales

Presentan escasa abundancia en el plancton de Quéntar, sólo se han distinguido Polytomella cf (fam. Polyblepharidaceae) y Pandorina morum (fam. Volvocaeae).

Polytomella cf (De Beaurepaire Aragao, 1910)

Individuos posiblemente de este género, fueron encontrados en el período Septiembre-Diciembre, alcanzando la máxima abundancia el 5 de Noviembre. En general ocupó las profundidades de 0 a 30 m para estas fechas. La figura nº 58 muestra la distribución en el tiempo de la población.

Las densidades obtenidas en los recuentos fueron bajas siendo el máximo detectado a 2 m el 5 de Noviembre de 1978 con 5,58 indiv/ml. El valor mínimo fue de 0,156 indiv/ml a 0 m el 16 de Diciembre de 1978.

Este género pertenece a la familia Polyblepharidaceae de acuerdo con Bourrely (1966) y se caracterizan los individuos por ser incoloros, presentar cuatro flagelos iguales

por célula, simetría, sección redondeada, vacuolas y un núcleo mediano. Los ejemplares medidos tenían los siguientes valores promedios: largo 23,9 µ, ancho 18,7 µ y espesor 18 µ. Lo que indica que su tamaño es algo mayor de los mencionados por Bourrelly (1966) para el género y por Huber-Pestalozzi (1969) en su clave de especies del género Polytomella. Además se observan algunas diferencias con las figuras de estos autores, razón por lo cual no fue posible identificar la especie ni el género exactamente.

Pandorina morum (Müller) Bory, 1822

Especie de muy escasa presencia, encontrada en cuatro fechas de muestreo que se representan en la figura nº 58. Se considera una especie típica de aguas eutróficas (Margalef, 1955) y siendo más común de las orillas donde las condiciones son algo más eutróficas normalmente en los lagos y embalses. Por esta razón aparecía con mayor constancia en los arrastres horizontales que se efectuaban en el embalse comparado con su presencia en las muestras sedimentadas. Las colonias presentes en Quéntar tenían un diametro de 26 µ en promedio.

4.2.5. Zigoficeas (Zygophyceae)

Estas algas verdes están escasamente representadas en el plancton de Quéntar. Sólo se encontró 3 géneros del grupo

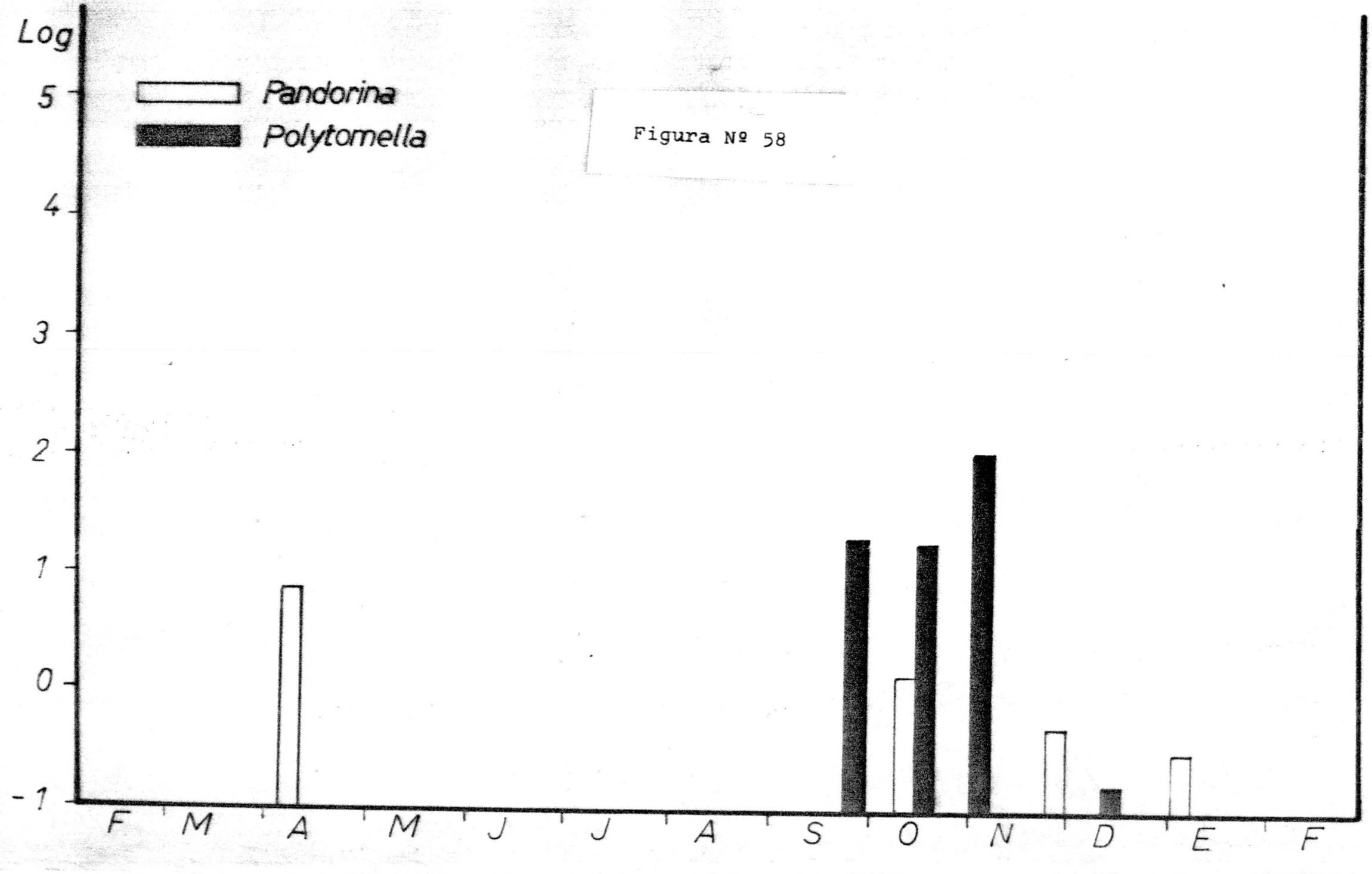


Figura Nº 58

pertenecientes a las familias Desmidiaceae y Zygnemataceae.

Familia Desmidiaceae

Closterium acutum var. variabile (Lemm.) Krieger, 1930

La distribución anual de la especie se representa en la figura nº 59 para el total en la columna de agua. No se observa una clara ordenación en la distribución anual del género ya que aparece en las fechas de primavera, verano e invierno. No se puede estudiar su distribución vertical con los resultados obtenidos ya que normalmente se encontró presente en una a tres muestras por fechas. Pero aparece generalmente en la capa superficial, 0 a 10 m, en las diferentes fechas, excepto en invierno (6 de Enero y 20 de Febrero de 1979) donde algunos individuos estan a 20 y 40 m de profundidad, lo cual propablemente esta relacionado con la turbulencia del agua en esta época del año.

Cosmarium Corda, 1834

También presenta escasa representación en el plancton de Quéntar, encontrándose en primavera-verano (figura nº 59) en las capas superficiales. Las densidades fueron de 0,126 a 12,76 cél/ml y los ejemplares observados correspondían al subgénero Cosmarium y a la sección Gonatidium, de acuerdo a

las descripciones que recopila Bourrelly (1966) para el género. El tamaño de los individuos era de 25,5 μ L x 17 μ l.

Familia Zygnemataceae

Zygnema Agardh, 1817

Sólo apareció en tres fechas de muestreo y en las profundidades entre 10 a 40 m. Las fechas de muestreo están representadas en la figura nº 59 y corresponden a invierno y primavera. Las densidades fueron bajas, 0,08 a 0,15 filamentos/ml. No se pudo determinar la especie por escaso número de ejemplares presente en las muestras y no encontrarse material fructificado. Pero normalmente el habitat de este género es de aguas corrientes formando parte del plocón ó pecton que se desprende fácilmente (Margalef, 1955).

4.2.6. Euglenophyta

Familia Euglenaceae

Trachelomonas Ehrenberg, 1833

El género posee, entre otras características, una teca ó cutícula amarilla a café por las impregnaciones de sales férricas. Los individuos presentes en Quéntar pertenecían a

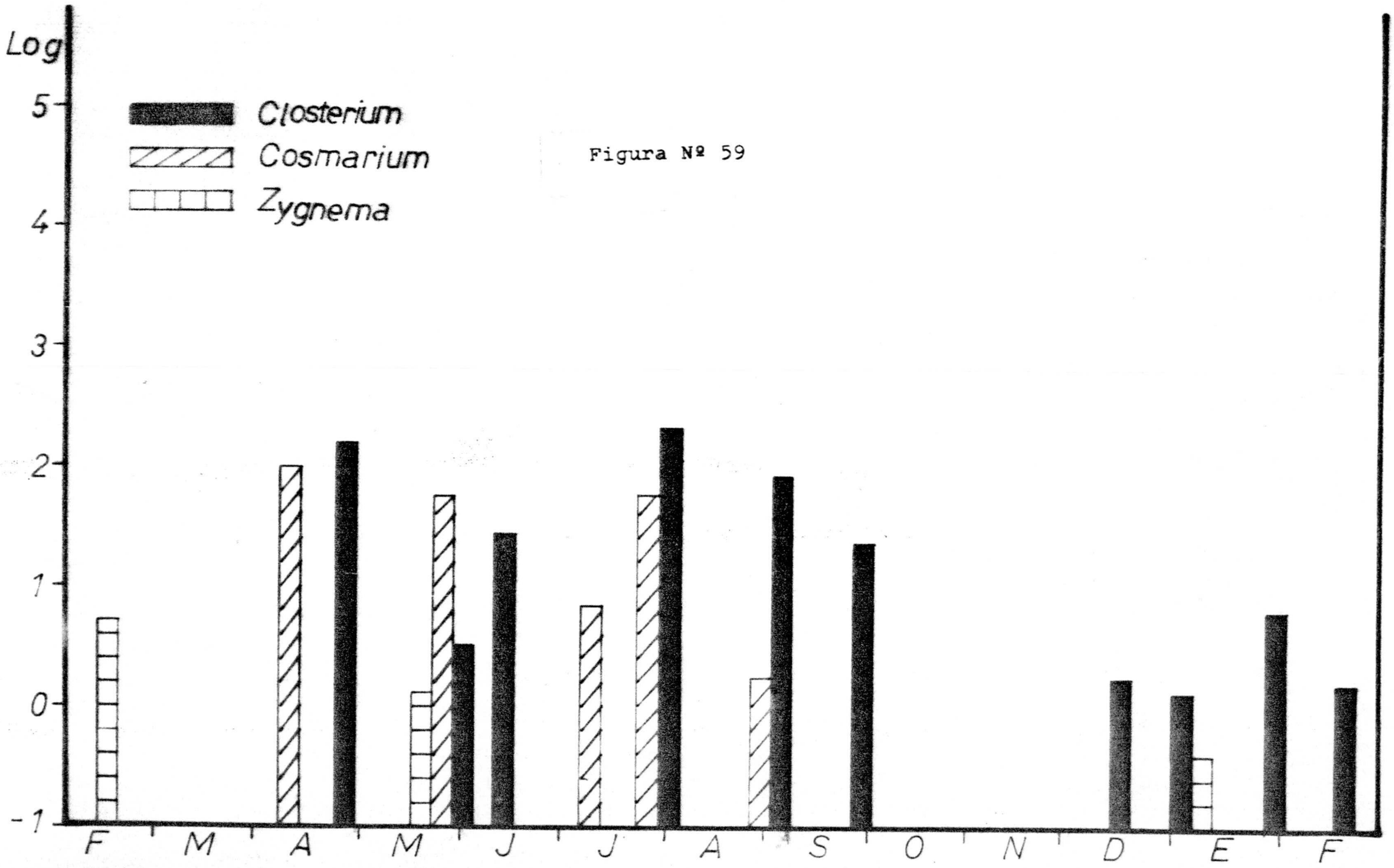


Figura Nº 59

la sección Trachelomonas (ó Rotundatae), subsección Longisetae, serie Subarmatae según la monografía de Deflandre (1926).

La distribución temporal (fig. nº 60) nos muestra una distribución casi permanente en el año excepto en algunas fechas de los períodos de transición entre primavera y verano y posteriormente entre otoño e invierno, justo cuando las poblaciones de los rotíferos mayoritarios, Trichocerca similis y Polyarthra vulgaris, llegan a sus "peaks" poblacionales (fig. nº 75 y 77). También Ceriodaphnia reticulata coincide en parte su crecimiento exponencial de primavera-verano con la declinación y ausencia de Trachelomonas. Las relaciones entre estas poblaciones de herbívoros pueden ser de tipo excluyente, de competencia por el recurso alimenticio en estas épocas del año, ya que parece más difícil que pueda ser de predator a presa, ya que Trachelomonas sp tiene por dimensiones medias (sin espinas) 30,1 µ L x 27 µ l y movilidad propia, por lo tanto no podría ser filtrado pasivamente. Polyarthra vulgaris como especie herbívora de flagelados (Cryptomonas por ejemplo) podría consumirlo, pero no se ha detectado una relación de consumo con las euglenales (Pourriot, 1977). Además, el tamaño de Trachelomonas sp es bastante mayor (50%) si se suma el largo de las espinas polares, como para que pueda ser consumido por Polyarthra vulgaris.

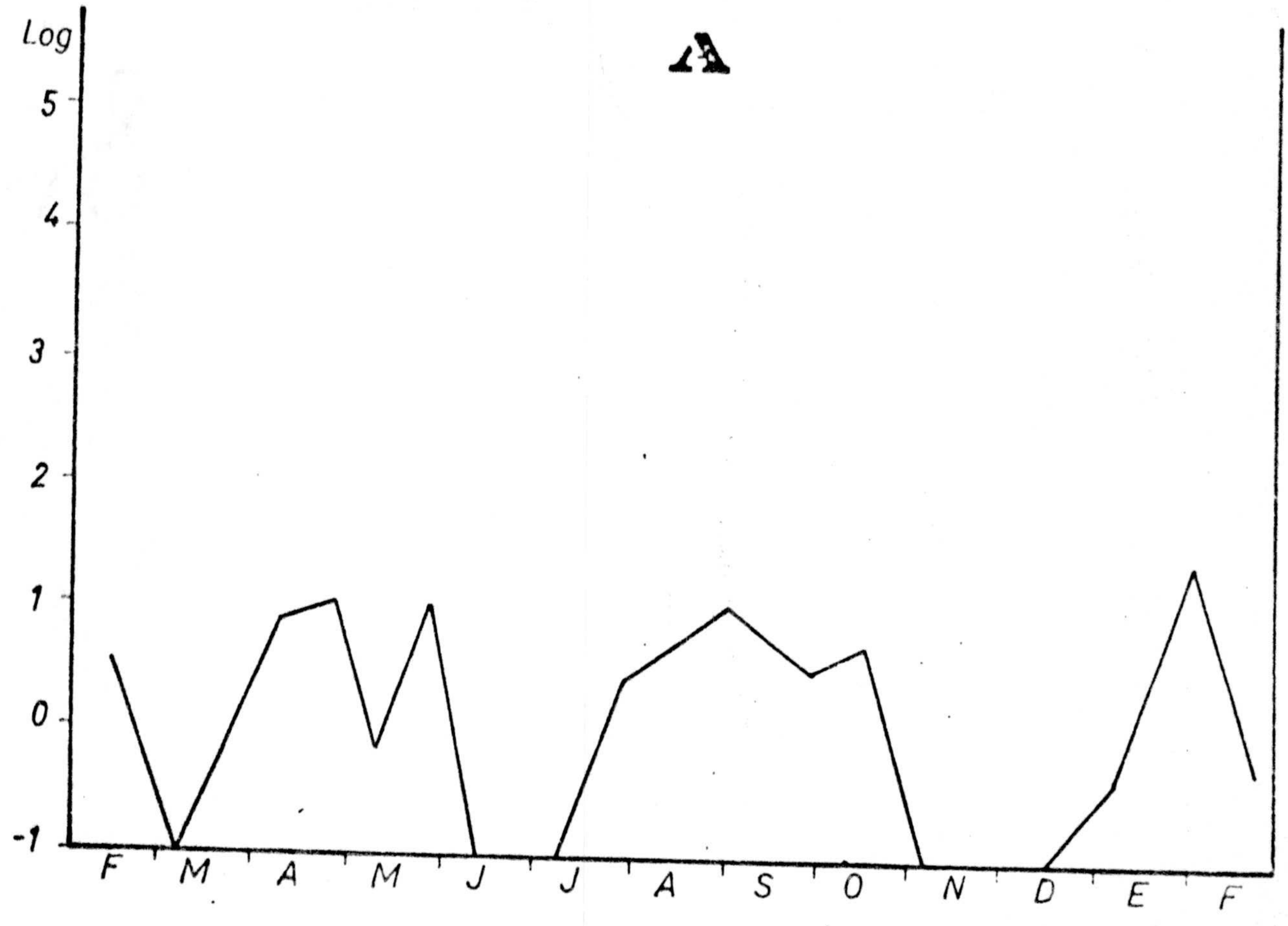
Se detectó una correlación positiva (r= 0,272) con

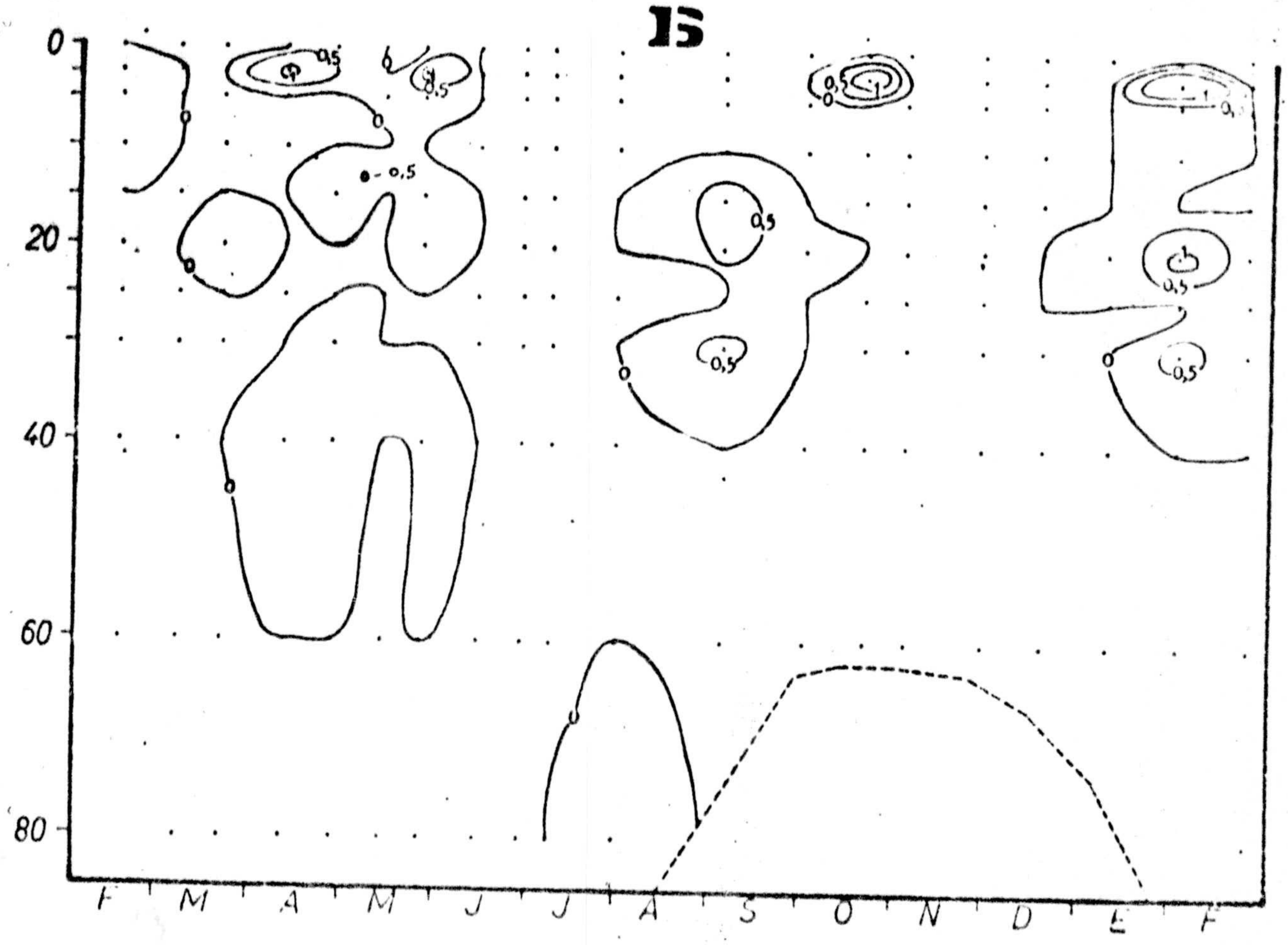
Figura nº 60

Variación espacio-temporal de las densidades de Trachelomonas sp.

A. Variación en la columna (log_{10} nº indiv/mm^2)

B. Isolíneas de densidad (indiv/ml)


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F


0
20
40
60
80
0,5
-0,5
1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Ceratoneis arcus al comparar las densidades de ambas especies el las 200 muestras planctónicas.

4.2.7. Crisoficeas (Chrysophyceae)

Este grupo de algas presenta escasa importancia en el plancton. Debido a las bajas y discontínuas densidades sólo se representa la distribución en el tiempo para la columna de agua, en la figura nº 61. Los resultados de los recuentos se encuentran en la tabla nº 16.

En lagos naturales de alta montaña con aguas muy oligotróficas (La Caldera, Sierra Nevada) las crisoficeas presentan mayor abundancia (Martínez, 1975 y 1977). En los embalses españoles estudiados, las crisoficeas de más frecuencia son Dinobryon sertularia, Dinobryon divergens, Dinobryon bavaricum, Mallomonas sp, Chromulina (varias especies), Kephyrion rubriclaustri, Chrysidalis (varias especies), Synura echinulata y Chrysococcus minutus (Planas, 1975 y Margalef 1976). Sólo algunas de estas especies se presentaron ocasionalmente en el plancton sedimentado de Quéntar durante el período de estudio.

TABLA Nº 16. Resultados de los recuentos de fitoplancton.
Crisofíceas (nº individuos/50 ml).

Fecha	Profundidad	Kephyrion sp	Dinobryon divergens	Chrysidalis sp	Mallomonas sp
18/02/78	5			1.126,0	
20/03/78	0				1.127,0
10/04/78	40	67			
25/04/78	0	563			
	30	282			
11/05/78	2	282			
25/05/78	0	563			
	2	2.253			563,0
	5	1.127			
	15				282,0
13/06/78	2				12,7
	5	1.690			
	10				282,0
	15			563,0	6,2
26/06/78	0		845,0		
	2		63,0		
	5		63,0		
	10		63,0		
	25				282,0
	40				282,0
07/07/78	2		4.507,0		
	30		63,0		
28/07/78	0		7.324,0	563,0	
	2		2.253,0		
	5		1.690,0		
	15		63,0	282,0	
	20		127,0		25,5
	25		563,0		
	30		12,7		
	80		6,3		6,3
02/09/78	2	1.690			
	5	563			
	10	1.690			
	40				6,3
29/09/78	0	3.379			
	2			282,0	
	5	1.127			
	10			352,0	
	15			12,7	
	20				12,7
	25				38,3
	30	282		563,0	
	40		6,3		12,7
05/11/78	0		1.127,0		
	2		563,0		
	10		282,0		
	15		3.098,0		
	20		1,127,0		
	25		563,0		
	30		282,0		
28/11/78	5		12.205,0		
	10		27.040,0		
	15		15.733,0		
	20		9.858,0		
	25		5.633,0		
	30		14.647,0		
	40		2.535,0		
16/12/78	0		12.551,0		
	2		845,0		
	15		845,0		
	25		3.098,0		
	40		1.411,0		
06/01/79	10		1.[illegible]		

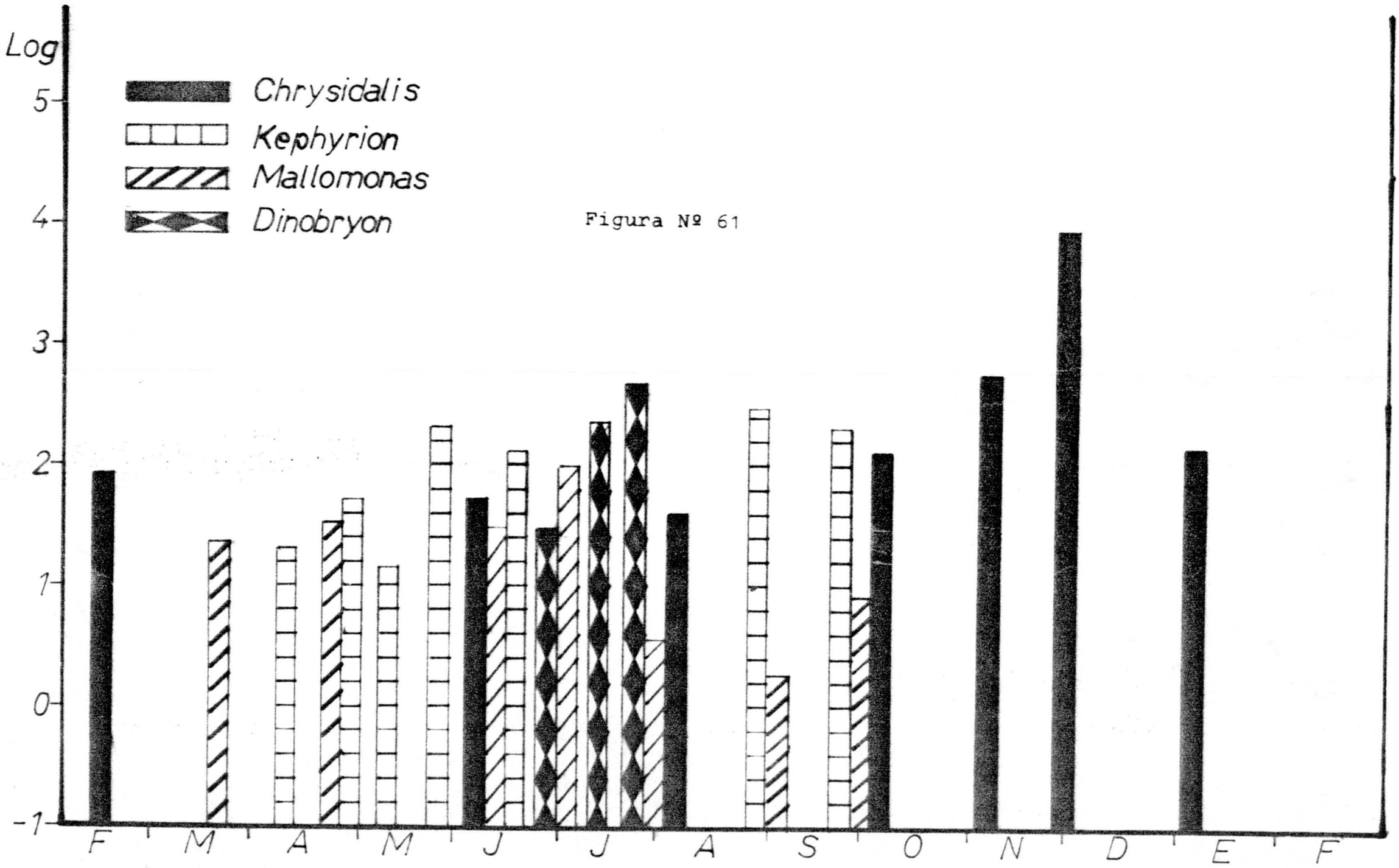

Log
5
4
3
2
1
0
-1
Chrysidalis
Kephyrion
Mallomonas
Dinobryon
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Figura Nº 61

4.2.7.1. Familia Dinobryaceae

Dinobryon divergens var.Schauinslandii

(Lemm.) Brunnthaler, 1901

La población aparece en el muestreo del 26 de Junio y llega a su máxima abundancia el 28 de Julio para despues desaparecer. Las densidades máximas se sitúan a 0 y 2 m para luego disminuir con la profundidad gradualmente. La concentración máxima registrada fue de 146,5 cél/ml a 0 m y la mínima fue de 0,13 cél/ml a 80 m el 28 de Julio. El tamaño medio de las células era de 32 μ L x 8 μ l incluyendo la lórica logeta celulósica.

4.2.7.2. Familia Synuraceae

Mallomonas Perty, 1951

En general exhibe escasa presencia en las muestras; las densidades observadas son de 0,13 a 22,54 cél/ml. La distribución vertical no queda reflejada en los muestreos ya que se encuentran individuos a diferentes profundidades durante el año y nunca en más de dos ó tres profundidades. La distribución anual nos indica que se encuentra entre el 25 de Mayo y el 20 de Septiembre. También se encuentra en una muestra de 0 m el 20 de Marzo. Las células medían

15,9 µ L x 10,5 µ l.

4.2.7.3. Familia Isochrysidaceae

Chrysidalis Schiller, 1929

Bourrelly (1968) lo menciona como un género monoespecífico y que se había observado sólo en Viena (Danubio). Pero en los trabajos de Toja (1976 y 1979) y Margalef et al(1976) se menciona ya la presencia de este género en España, incluso mencionando la posibilidad de tres especies diferentes. En Quéntar se detectaron individuos de 4 a 6 µ para el diametro medio, de menor tamaño que el representado por Bourrelly (1968) en un dibujo a escala de Chrysidalis peritaphrena Schill, única especie dulceacuícola del género según el autor. En el dibujo, las células eran de dimensionas cercanas a las 10 u para el diametro medio. La presencia de Chrysidalis sp a lo largo del año nos indica que prefiere las condiciones ambientales de otoño ya que las mayores densidades se observan en el período 29 de Septiembre a 16 de Diciembre. También se encuentran algunos ejemplares aislados en muestras de primavera e invierno. La densidad máxima se obtiene el 28 de Noviembre a 10 m de profundidad (540 cél/ml), mientras que la mínima fue de 0,13 cél/ml a 40 m el 29 de Septiembre.

4.2.7.4. Familia Chrysococcoceae

Kephyrion Pascher, 1911

Otro género de escasa presencia en el embalse. La mayor densidad de Kephyrion sp se encontró en los muestreos de Septiembre. También estuvo presente en muestras de primavera (10 Abril al 13 de Junio). Las densidades fueron de 1,34 a 67,58 cél/ml. La pequeña especie existente no pudo ser determinada en las muestras fijadas, pero los individuos medían 6,9 µ L x 4,8 µ l en promedio, incluyendo la logeta.

4.2.8. Cianoficeas (Cyanophyceae)

Este importante grupo de algas de agua dulce presenta escasa representación en el plancton de Quéntar, Se observaron los géneros Merismopedia y Lyngbia.

Es conocido que las cianoficeas son algas abundantes en las aguas contaminadas ó eutróficas y donde el fósforo no es el elemento limitante y se encuentra en concentraciones elevadas. Debido a que esto no correspondería a la situación de Quéntar, la presencia de cianoficeas sería más bien ocasional ó relacionada con las zonas bentónicas y litorales donde el agua es más fértil normalmente. Los resultados de los recuentos se encuentran incluídos en la tabla nº 14.

4.2.8.1. Familia Chroococcaceae

Merismopedia Meyen, 1839

Se encontraron colonias aisladas de Merismopedia sp en baja densidad (0,13 a 0,56 colonias de 12 células/ml) en nueve fechas de muestreos y en diferentes profundidades entre los 5 a los 80 m. El tamaño medio de las células era de 2 μ de diametro.

4.2.8.2. Familia Oscillatoriaceae

Lyngbia Agardh, 1824

En siete fechas de muestreo se encontraron filamentos de Lyngbia sp. Las densidades eran bajísimas: 0,08 a 0,25 indiv/ml. La población se encontraba a profundidades de entre 20 y 60 m, basándose en los datos de las escasas muestras que tenían los individuos.

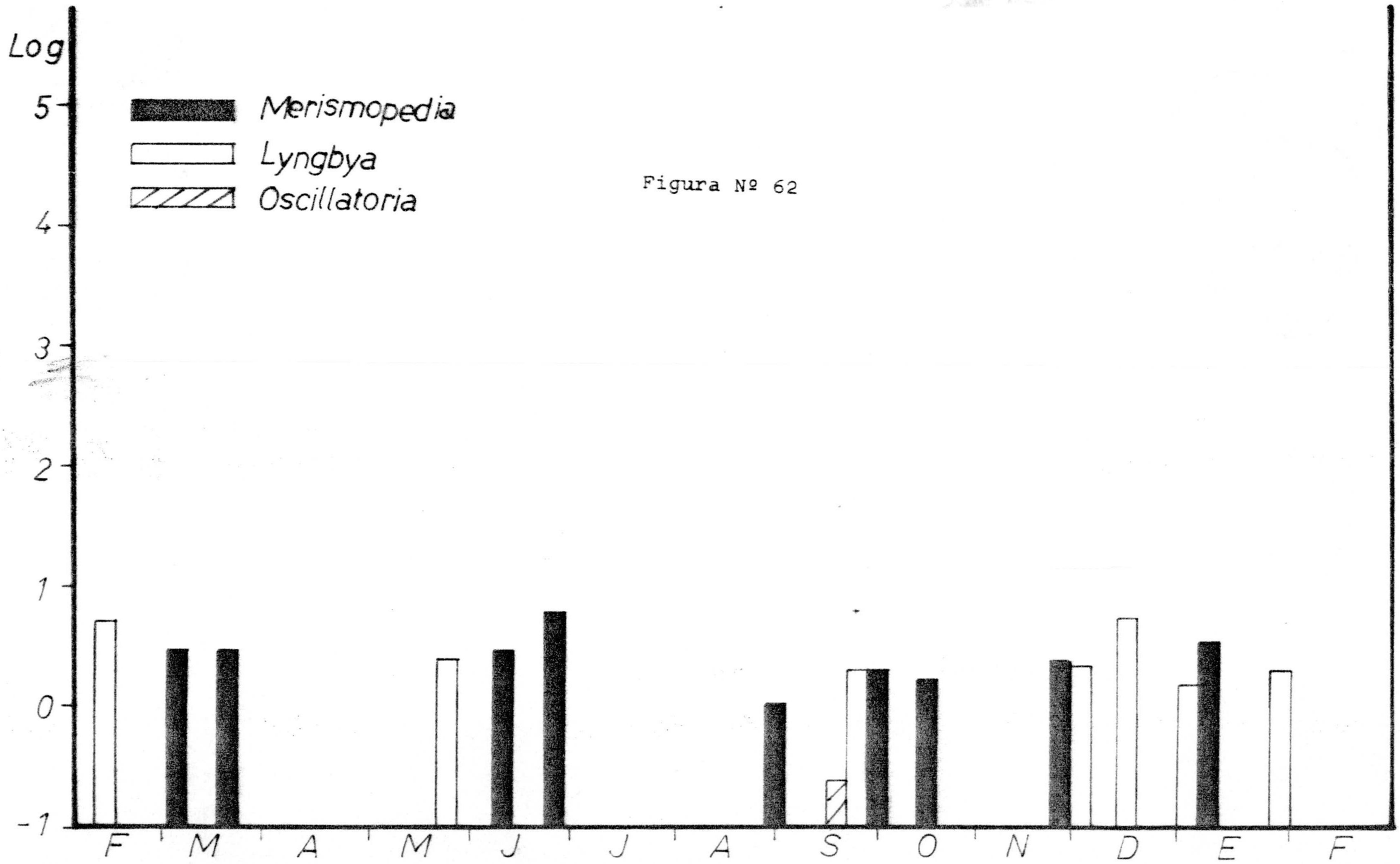

Log
5
4
3
2
1
0
-1
Merismopedia
Lyngbya
Oscillatoria
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

Figura Nº 62

4.2.9. Estimación de la biomasa del fitoplancton.

Para el fitoplancton se encuentra muy generalizado el método de estimar la biomasa (peso humedo) a través del cálculo del biovolumen y asumiendo que el peso específico del fitoplancton es igual a la unidad. En el presente estudio se efectuó una estimación por este método, aplicando fórmulas de cuerpos geométricos que se asemejan. En muchos casos era necesario descomponer la célula en varios cuerpos geométricos y efectuar determinaciones de volumen para cada sección. Por ejemplo, Rhodomonas minuta var. nannoplanctica se calculó su volumen estimando que estaba formado por un cono más un elipsoide donde h era un $\frac{1}{2}$ del largo de la célula. Otras células se ajustan a cuerpos más simples, por ejemplo Cyclotella kutzingiana corresponde a un cilindro, Peridinium y Oocystis a un elipsoide. Una forma más complicada es la de Ceratium hirundella, donde es necesario estimar por separado el volumen de los cuernos y del cuerpo.

La tabla nº 17 expone los resultados obtenidos en las estimaciones de biovolumenes y se comparan con los obtenidos por otros autores para las especies coincidentes con las presentes en Quéntar.

El tamaño de los organismos está influenciado por múltiples factores ambientales, además de los de tipo genético

TABLA Nº 17. Estimación del biovolúmen del fitoplancton (μ^3) en el presente estudio y biovolúmenes estimados por otros autores.

Especies	Presente estudio	Hallegraeff (1976)	Bertilsson (1975)	Ruttner (1959)	Goldman y col.(1968)	Margalef y col.(1976) (1)	Martínez (1977)	Evans,Stockner (1977)
Cyclotella kützingiana	415,0							
Synedra ulna	4.984,0							1.920
Synedra acus	497,0			2.700	280	1.000		360
Ceratoneis arcus	1.800,0							
Fragilaria crotonensis(2)		600-800			230	1.000		360
Diatoma vulgare(3)	1.640,0							5.130
Pinnularia sp	3.750,0							
Navicula sp1	4.116,0							
Navicula sp2	5.400,0							
Cymbella sp	782,0							
Nitzschia acicularis	148,0			170	140			90
Ceratium hirundella	55.000,0	10.000-150.000	42.000	75.000	23.640	42.000-72.000		
Peridinium spp	48.678,0	50.000- 70.000(6)				40.000(7)		
Gymnodinium sp	2.005,0	1.600- 2.500						
Cryptomonas erosa	2.400,0	400- 500			1.730	950- 2.500		
Cryptomonas cf ovata		2.200- 4.600	950					
Cryptomonas sp	2.495,0							
Rhodomonas minuta	84,7		200		42		72	
Dinobryon divergens	510,0	500- 750		1.000	200			
Chrysidalis sp	104,0							
Kephyrion sp	65					50- 100		
Mallomonas sp	589						231	
Coelastrum reticulatum(5)	1.025,4							
Crucigenia quadrata(5)	180,0							
Scenedesmus sp1 (4)	686,8							
Scenedesmus sp2 (4)	56,4						30	
Gocystis lacustris	863,0							
Gloeatella quadriseta	421,0							
Selenastrum minutum	40,0							
Sphaerocystis sp	268,0							
Tetraedron sp	369,0							
Pediastrum boryanum(5)		12.000				12.000		
Pandorina morum(5)						4.000		
Closterium acutum			650		890	650		

(1) Cita a Nauwerk (1963), Pindenneg en Vollenweider (1974) y Bertilsson (1975) como fuentes.
(2) Colonias de 4 células.
(3) Diatoma vulgare más Diatoma vulgare var. capitata
(4) Cenobio: sp1 de 4 células; sp2 de 2 células.
(5) Colonias ó cenobios.
(6) Corresponde a Peridinium cinctum.
(7) Corresponde a Peridinium willei.

que diferencian a poblaciones locales (Margalef, 1944, 1948 y 1955). Un caso cuantificado es el de Morgan y Kalff (1975) que detectan tamaños de 820 y 2.187 μ^3 en Cryptomonas erosa cultivado a diferentes temperaturas e iluminación (15 ºC y 1,5 langleys/día versus 4 ºC y 6,2 langleys/día).

En el presente estudio los organismos fueron medidos despues de ser fijados, lo que puede motivar cambios en su tamaño. Se consideró solamente un valor medio para todas las muestras ya que no se observó diferencias significativas en los tamaños entre fechas para una misma especie. Sólo en el caso de Scenedesmus se detectaron grandes variaciones en tamaño, a pesar de tener las células una morfología similar, que hizo aconsejable separar la población en Scenedesmus sp1 y Scenedesmus sp2. Las diferencias de tamaño en este caso sí eran importantes para efectuar una estimación de la biomasa por separado.

Los valores expuestos en la tabla nº 17 corresponden a las dimensiones medias de 20 a 30 individuos por lo menos. Estas estimaciones se efectuaron fundamentalmente para calcular la variación de la biomasa del fitoplancton en el ciclo anual y realizar comparaciones con otros grupos biológicos planctónicos.

4.2.10 Pigmentos fotosintéticos

Los resultados de las determinaciones colorimétricas de pigmentos están expuestos en las tablas nº18 y 19 y representados en la figura nº 63 (clorofila A) y en la figura nº 64 (razón absorbancia a 430/665 nm ó índice pigmentos de Margalef).

4.2.10.1 Clorofila A

La clorofila A presenta una distribución espacio-temporal muy característica. Las mayores concentraciones ocurren en las profundidades superficiales en los meses de primavera y comienzos de verano (Abril-Julio). También se observa que hay un leve desplazamiento en profundidad de las mayores concentraciones de clorofila a medida que avanza la primavera. Así tenemos que el 10 de Abril la concentración máxima está a 0 m, y al 25 del mismo mes a 2 m, en cambio después las mayores concentraciones de clorofila A se detectan a 5 m (25 de Mayo) y a los 10 y 15 m durante Junio y el 7 de Julio. Posteriormente en verano disminuyen los valores gradualmente en todo el perfil, hasta que a fin del año 1978 llegan a ser mínimos los valores por unidad de superficie. Esta variación temporal guarda una relación con la evolución anual de Cyclotella kutzingiana, especie dominante del plancton, si lo comparamos con la figura nº 37. En la figura nº 63-A, se se-

ñala la cantidad total de clorofila A existente en una columna de 1 m^2 de sección, y en la cual se observa claramente esta disminución de la clorofila A a medida que avanzó el segundo semestre del ciclo estudiado. La línea quebrada inferior muestra las concentraciones integradas para las profundidades de 0 a 30 m, ó sea la de la capa más trófica. La superficie formada por la diferencia entre la línea total de clorofila A de 0 a 60-80 m, con la línea que integra la clorofila A de 0-30 m nos indica la importancia de las concentraciones en la zona de 30 m a 60-80 m con respecto al total existente en el perfil. En los meses de primavera (Abril-Mayo) se produce una diferencia significativa entre ambas líneas, lo que puede indicar que un "bloom" ocurre también en las zonas profundas, con respecto a la clorofila A, aunque sea en baja concentración por m^3, pero al integrarlo da valores altos. Este aumento sería debido al aporte de algas, bentónicas y ticoplanctónicas por un lado, y por otro lado, a una mayor presencia de las diatomeas planctónicas (Cyclotella) que sobreviven a estas profundidades y que no alcanzan a descomponerse ó ser consumidas por el zooplancton y por lo tanto detectadas en las determinaciones de clorofila A. También la presencia de fitoplancton de superficie en las profundidades de 40 a 60-80 m se puede explicar, además por las corrientes de aguas y turbulencias que se forman en el embalse y no sólo por una caída debido a la gravedad, ya que es muy rápida la presencia, casi simultánea con el "bloom" de primavera en la superficie

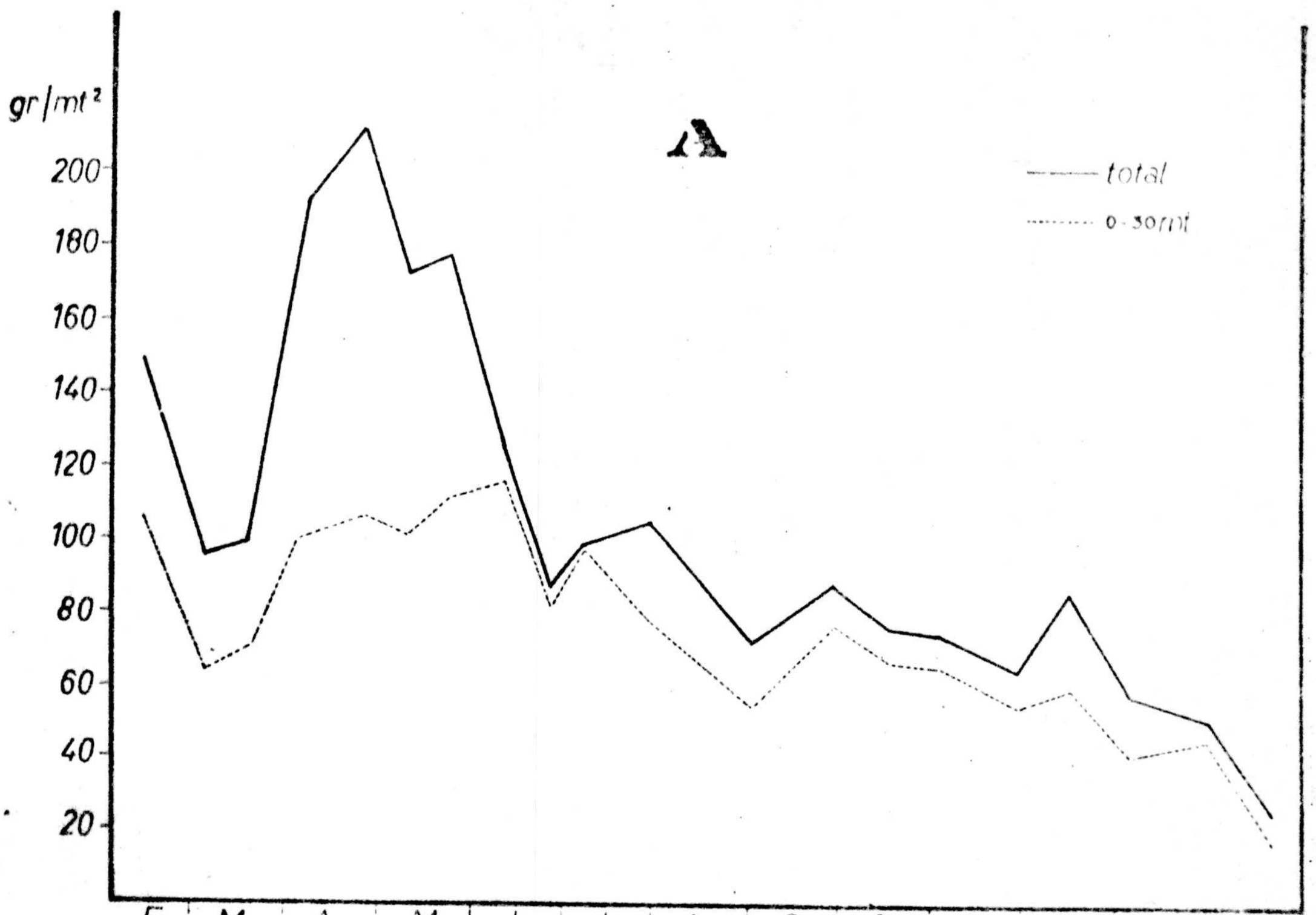
Figura nº 63

Variación espacio-temporal de las concentraciones de clorofila A.

A. Variación en la columna (gr/m^2). La línea contínua indica la integración que incluye todas las profundidades muestreadas en cada fecha. La línea discontínua indica la integración entre las profundidades de 0 y 30 m.

B. Isolíneas de la concentración (ug/l de clorofila A)

A


gr/mt²
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
F M A M J J A S O N D E F
total
0-30mt

B

0
20
40
60
80
F M A M J J A S O N
1,5-3,5
0,5-1,5
0-0,5
3,5
5
1,5
0,5

TABLA Nº 18. Distribución espacio-temporal de la Clorofila A (µg/l).

Fecha	Profundidad										
	0	2	5	10	15	20	25	30	40	60	80
18/02/78	2,22	3,48	3,48	3,82	2,78	4,10	2,02	2,02	1,88	1,39	
06/03/78	1,11	4,03	1,82	1,60	1,53	2,02	1,32	1,67	1,24	0,53	0,16
20/03/78	3,13	2,71	1,81	2,92	1,88	1,74	1,11	2,02	0,70	0,49	0,70
10/04/78	9,73	1,53	2,67	4,17	3,13	2,07	2,09	1,95	3,10	3,50	
25/04/78	2,92	4,17	3,82	4,52	4,86	3,13	2,09	0,49	4,86	0,95	1,39
11/05/78	2,08	3,20	3,06	3,61	3,75	3,06	1,46	2,36	2,57	1,25	0,90
25/05/78	5,00	4,52	5,14	3,41	4,38	2,43	2,02	1,67	2,09	1,39	0,70
13/06/78	3,48	3,61	4,03	6,26	5,00	4,17	1,88	0,07	0,28	0,01	0,42
26/06/78	2,09	3,17	2,78	5,21	5,07	1,04	0,49	0,10	0,35	0,10	
07/07/78	0,70	2,90	0,83	4,52	6,81	2,92	1,74	0,70	0,014	0,10	
28/07/78	0,07	0,50	0,63	2,22	2,20	1,74	2,22	2,64	2,64	0,01	
02/09/78	3,48	3,48	3,48	2,43	1,09	1,04	0,70	0,14	0,45	0,01	
29/09/78	3,61	4,10	4,03	3,48	2,09	1,50	0,70	0,83	0,45	0,01	
17/10/78	2,04	2,39	3,02	2,74	1,46	1,32	1,30	1,46	0,60	0,01	
05/11/78	2,08	2,22	2,22	1,88	1,39	2,08	2,08	1,46	0,45	0,20	
28/11/78	1,04	1,46	2,02	1,74	1,46	1,32	1,38	1,46	0,38	0,40	
16/12/78	1,11	1,39	1,39	1,39	1,39	3,13	1,53	1,40	1,39	0,56	
06/01/79	1,04	1,04	1,04	1,39	1,39	1,04	0,90	1,04	0,83	0,35	
29/01/79	0,69	0,83	0,83	0,69	0,83	2,22	0,556	2,22	0,35	0,01	
20/02/79	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,347	0,347	0,209	0,02	

como para suponer que estas especies hayan sedimentado por su peso.

Según Vincent (1978), la "velocidad de caída" de las algas planctónicas en el ambiente natural es muy lenta, la sedimentación más rápida por él detectada era en Fragilaria crotonensis con 106,3 m por año, mientras la más lenta era de Chorocystis sp que sedimentaba a una velocidad de 1,1 m por año en el lago Tahoe (California-Nevada, Norteamérica). Este mismo autor señala que en las profundidades de la zona afótica de este lago, 150 m a 450 m existe una población de fitoplancton viable permanente a lo largo del año que tiene niveles de clorofila de 4 mg/m^2 hasta 25 mg/m^2 para una capa de agua de 100 m de espesor. Asocia los aumentos poblacionales de las profundidades a una dinámica propia de las algas que viven en zonas abisales.

Existe la posibilidad de que la presencia de clorofila A detectada se deba también en parte a la actividad del zooplancton, que al consumir algas degrada la clorofila produciéndose feofitina y otros derivados (feopigmentos), que tienen absorbancia a longitudes de ondas similares de la clorofila A. Dado que en las determinaciones efectuadas no se midió feofitina separadamente, los resultados obtenidos incluyen feofitina y otros productos de degradación de la clorofila A.

Hallegraeff (1976) encuentra en tres lagos holandeses que los auges de clorofila A purificada coinciden con aumentos de diatomeas en primavera, lo que indica la estrecha relación entre ambas mediciones, a pesar de esta interferencia que existe con otros pigmentos a la longitud de onda de 665 nm.

Rai (1975) observa en lagos de Alemania, que las máximas concentraciones de clorofila se daban en la zona fótica y a veces coinciden con el máximo de feopigmentos. Pero normalmente el máximo de feopigmentos estaban en la termoclina. A medida que aumentaba la profundidad también se incrementaba la proporción de los productos de determinación de la clorofila. Esto reafirma la posibilidad de que las cantidades asignadas como clorofila A en las zonas profundas del embalse de Quéntar se deban en un gran porcentaje a feopigmentos. Debido a que se observaron células vivas con cromatóforo todavía verdes en varias muestras de las zonas profundas, se puede asegurar que un porcentaje es realmente clorofila dentro del extracto que se midió a 665 nm.

4.2.10.2. Indice de pigmentos

La relación 430/665 nm muestra una zona con valores altos (mayor de 5) en las capas profundas de más de 30 m en los meses de Junio a Noviembre. Esto significaría que hay una mayor presencia relativa de pigmentos de color amarillo

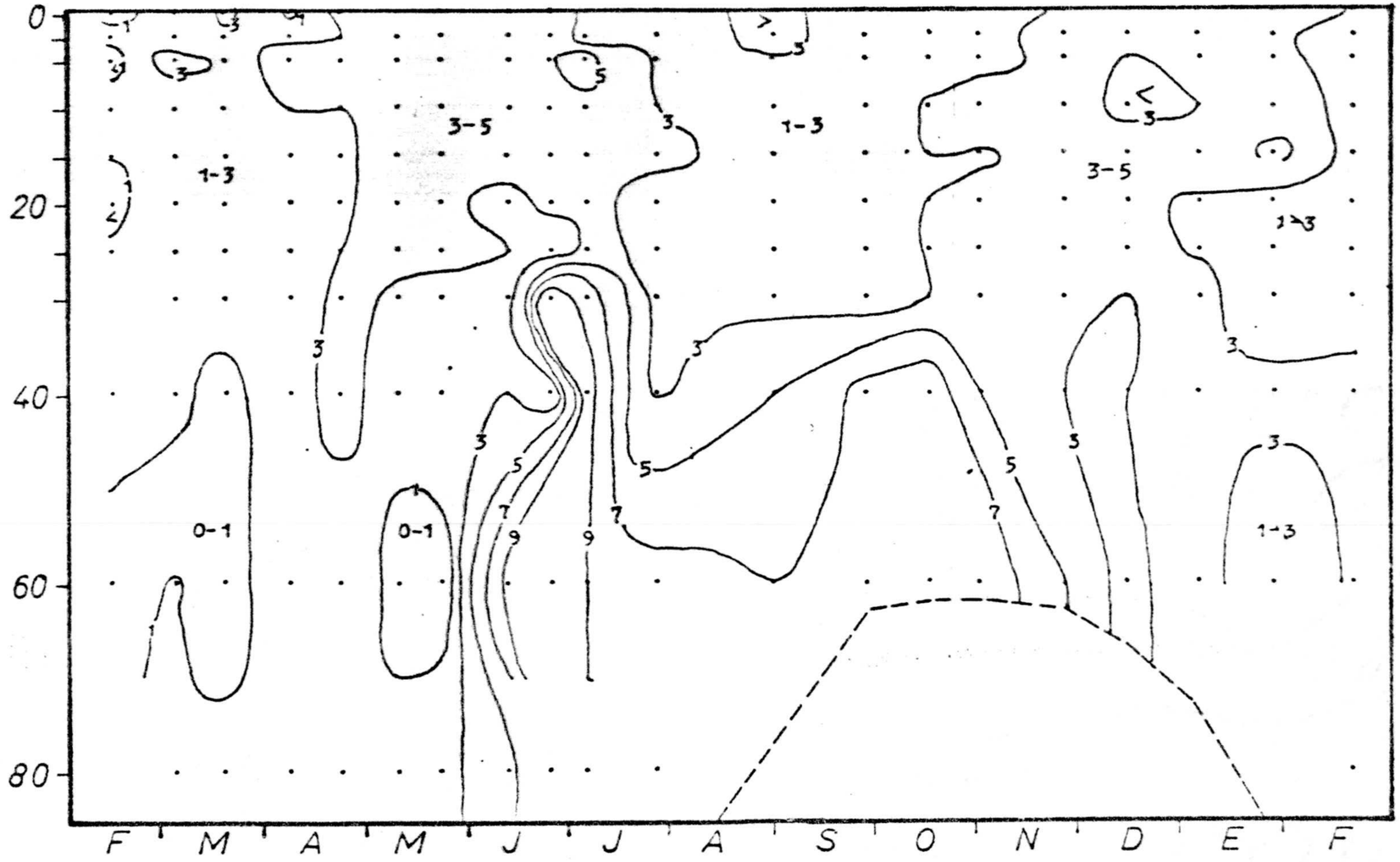


Figura nº 64. Variación espacio-temporal del Indice de Pigmentos de Margalef (D430/D665)

que pigmentos verdes (clorofila). Pero esto último es discutido en algunos estudios, como el de Hallegraeff (1976) ya que a 430 nm no sólo los carotenoides absorben, también hay una absorción de una fracción proporcional de clorofila A que se suma a los carotenoides existentes. En todo caso la mayor proporción de carotenoides aparece reflejada dentro de la medida de absorbencia a 430 nm. Los altos valores en la relación 430/665 nm obtenidos en las zonas profundas se deben a la escasa e insignificante presencia de clorofila A (sin purificar) en estas profundidades (figura nº 64), más bien que a un aumento de los carotenoides con la profundidad. Los bajos valores del denominador hacen que el cociente tenga un número alto.

En primavera y otoño se detectan valores similares para el índice (entre 3 y 5) en la zona superficial. En cambio, en invierno y en verano para esta zona superficial los valores son entre 1 y 3.

Los conceptos para entender el significado del índice de pigmentos según Margalef (1974) son los siguientes: "un valor bajo del cociente resto de los pigmentos/clorofila A, es adecuado, indicio de una gran productividad ó multiplicación sin trabas. En cultivos viejos, y en general en todas las poblaciones de baja productividad por limitaciones impues-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA GRANADA

tas desde el exterior, básicamente agotamiento de nutrientes, no sólo la concentración total de pigmentos es baja, sino también lo es la clorofila A con relación al resto de los pigmentos. El simple cociente entre la absorción ó densidad óptica de los extractos de pigmentos a las longitudes de órden de 430 y 665 nm refleja los cambios indicados y los describe apropiadamente: dicho índice es bajo en poblaciones que crecen rápidamente y aumenta en poblaciones más estáticas. Normalmente vale 2,4 a 3,6 en el plancton de lagos oligotróficos, 1,4 a 2,4 en el plancton de lagos eutróficos. La adición de material detrítico aumenta el valor del índice de pigmentos."

En Quéntar se observan valores normalmente entre 1 y 5 en la capa trófica durante el año de estudio, lo que indica una gran variabilidad anual del índice. Pero si nos referimos nuevamente a la fig. nº 64 se podrá ver que el índice adquiere el rango de valores más altos, entre 3 y 5, en las épocas de primavera y otoño. En cambio,los valores más bajos ocurren en los períodos invernales ó de mezcla y en el epilimniom durante el verano, lo que indica que en estas dos épocas el fitoplancton se renueva más rápidamente ó mejor dicho habrían factores ambientales que hacen que el fitoplancton se renueve más rápidamente. Se ha mencionado el consumo del zooplancton como rejuvenecedor del fitoplancton (Margalef, 1978) lo cual podría ocurrir en algunas fechas y profundidades de muestreo, donde la presión de consumo sería mayor. Pero también influye

TABLA Nº 19 . Distribución espacio-temporal del índice de pigmentos (Densidad óptica a 430/665 nm).

Fecha	Profundidad										
	0	2	5	10	15	20	25	30	40	60	80
18/02/78	0,50	1,50	0,56	1,00	1,12	0,50	1,36	1,70	1,10	0,50	
06/03/78	2,09	1,07	3,94	0,86	1,86	2,28	2,42	2,33	0,45	1,05	0,47
20/03/78	3,27	2,74	2,38	4,12	2,63	1,20	3,31	2,14	0,10	0,14	1,57
10/04/78	0,93	2,65	3,80	3,00	2,98	2,94	2,83	2,50	2,70	2,61	3,00
25/04/78	3,83	3,00	3,85	2,91	2,93	2,89	3,00	3,43	3,29	2,50	3,00
11/05/78	3,00	3,78	4,02	3,12	3,26	3,45	3,33	2,82	1,81	0,22	1,85
25/05/78	3,10	3,65	3,95	3,40	3,08	3,20	3,52	2,62	2,37	0,42	2,00
13/06/78	3,90	3,94	3,62	3,33	3,71	2,50	3,00	2,00	3,00	10,00	4,29
26/06/78	4,30	4,00	5,00	3,73	3,63	3,30	2,29	10,00	2,00	10,00	
07/07/78	2,60	2,60	5,92	4,31	3,57	3,81	3,30	8,00	10,00	9,00	
28/07/78	2,00	2,24	2,89	3,00	3,50	2,00	2,68	2,63	2,80	8,00	
02/09/78	3,60	3,70	2,84	2,85	2,20	1,46	2,00	2,50	5,00	7,00	
29/09/78	1,90	1,77	1,81	2,00	3,33	2,30	2,00	2,10	8,00	9,00	
17/10378	2,40	2,30	2,62	3,22	3,0o	3,00	3,20	3,10	9,00	9,00	
05/11/78	2,60	2,75	2,81	3,55	2,90	3,27	3,27	3,17	5,00	9,00	
28/11/78	3,20	3,33	3,20	3,20	3,33	3,68	3,40	4,05	3,00	5,00	
16/12/78	3,12	2,75	3,00	2,75	3,50	3,33	3,63	3,00	3,00	1,87	
06/01/79	3,67	3,33	3,33	3,00	3,50	2,80	2,80	3,53	3,33	4,44	
29/01/79	4,00	3,33	3,33	4,00	5,83	1,25	10,00	1,56	4,00	1,00	
20/02/79	2,75	2,25	2,50	2,25	2,50	2,50	2,00	2,600	3,33	3,33	

la mayor sedimentación de células muertas y la presencia de cloroficeas en el período de estratificación, que disminuyen el valor del índice.

El coeficiente de correlación r entre el índice de pigmentos y la clorofila A para el valor medio de ocho profundidades de 0 a 30 m de las veinte fechas de muestreos no fue significativo para P= 0,05 y n= 20, en cambio la correlación de todas las muestras (200) dió un coeficiente de correlación r igual a -0,289 el cual si es significativo para P= 0,01. También encuentran una correlación negativa entre el índice de pigmentos y la clorofila A otros autores (Travers, 1971; Vince y Valiela, 1973; Hallegraeff, 1976). La razón podría ser simplemente aritmética ya que el aumento del cociente D430/D665 implica disminución de D665. Pero por otro lado se ha mencionado que un índice de pigmentos bajo significa alta productividad y alta productividad implicaría baja diversidad en los ecosistemas (Odum, 1972; Margalef, 1974) por lo tanto interesa relacionar el índice de pigmentos con la diversidad del fitoplancton. Al hallar la correlación para todas las muestras el valor de r fue de 0,18, el cual es significativo al 1%.

4.2.11. Diversidad del fitoplancton

La distribución espacio-temporal de la diversidad del fitoplancton sedimentado (nº de individuos) estimada según índice de Shannon, se señala en la figura nº 65. En general, los valores son bajos durante el estudio, siendo el rango de 0 a 2,53 bits/indiv. para las 211 muestras consideradas.

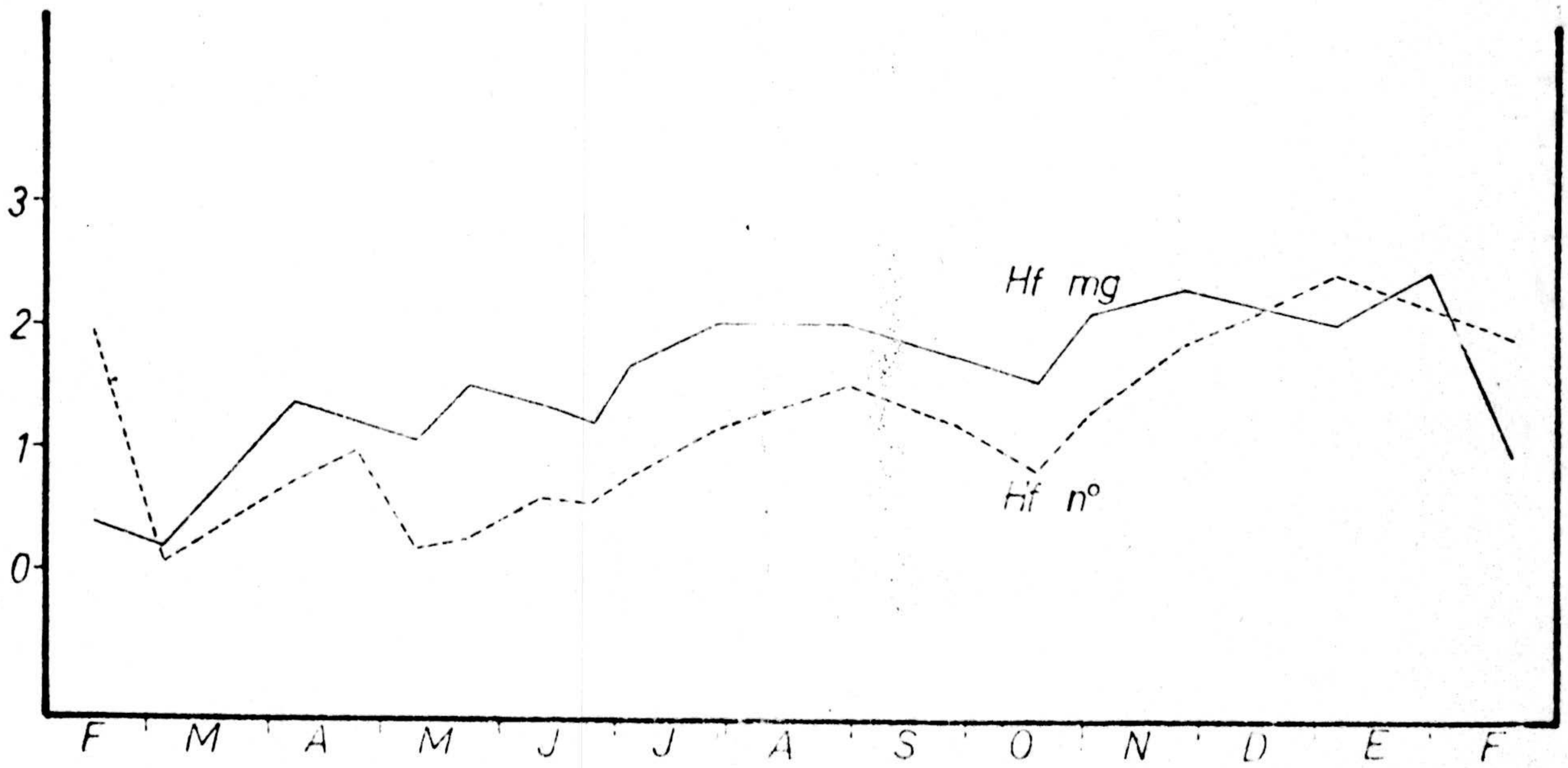
A comienzos del ciclo la diversidad es baja debido a la mayor dominancia de Cyclotella kutzingiana, al llegar la primavera hay una leve alza de la densidad en las capas superiores del embalse (Abril, 0 a 10 m). Después, al finalizar la primavera y comenzar el verano, empieza nuevamente a aumentar la diversidad, proceso que continúa durante el resto del ciclo anual, lo cual está relacionado con la pérdida de importancia de C.kutzingiana y aumento de las criptoficeas. El hecho de que no existía una baja de la diversidad con la llegada de la mezcla otoño-invernal (1978-1979), sino al contrario un aumento, puede ser una diferencia significativa con el ciclo típico que sigue el fitoplancton en los lagos naturales de la zona templada. Las razones deben estar en la baja riqueza y diversidad de especies general del embalse. Además se debe considerar que en un embalse joven las sucesiones intra-anuales (ó estacionales) pueden aparecer mitigadas por las sucesiones interanuales a que está sometido el sistema en sus primeros años. Por otro lado, este aumento en la diversidad

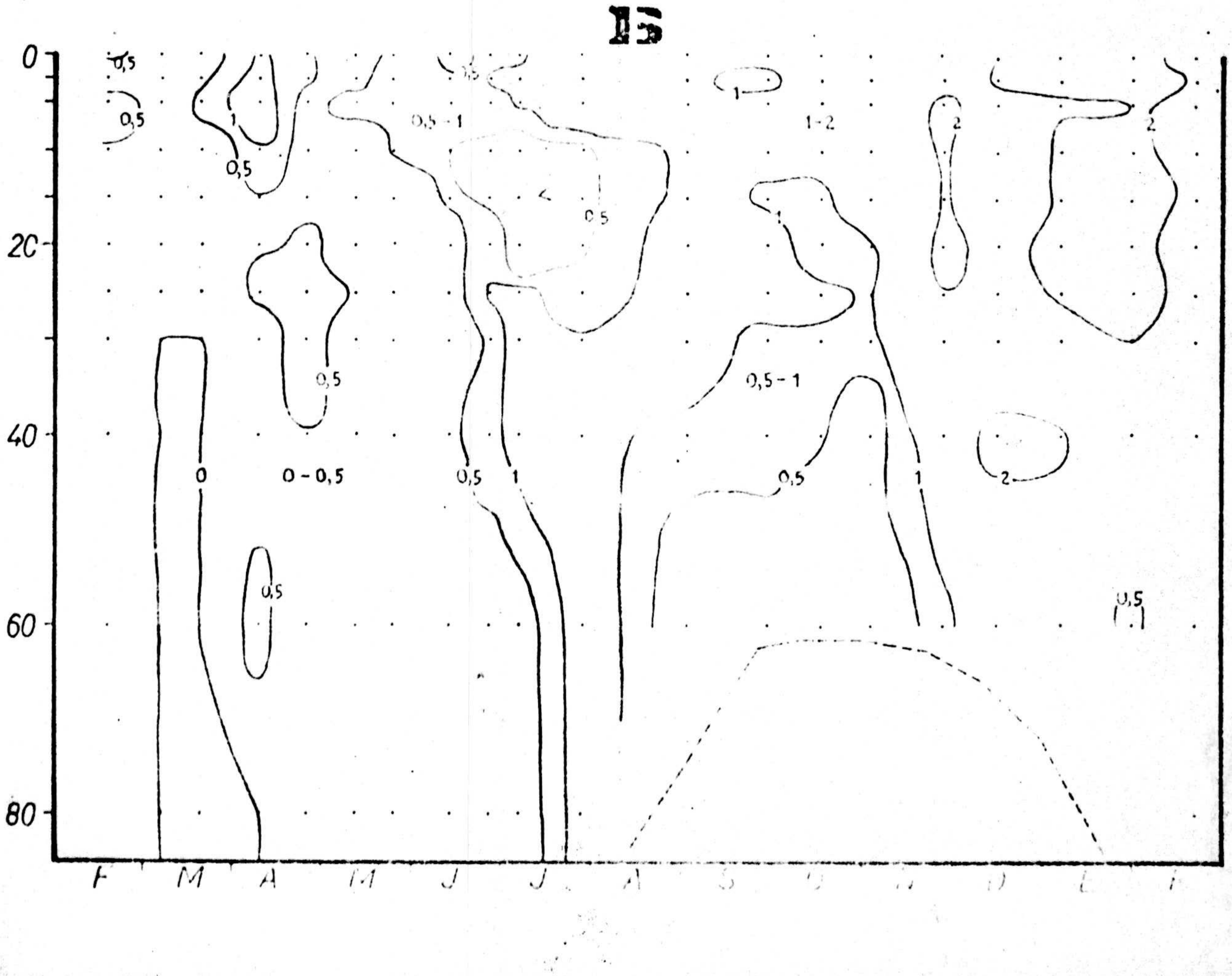
Figura nº 65

Variación espacio-temporal de la diversidad del fitoplancton (bits/indiv).

A. Variación temporal considerando todas las muestras del perfil vertical. La línea contínua indica la diversidad tomando en cuenta la biomasa como unidad. La línea discontínua indica la diversidad tomando el número de individuos de cada especie como unidad.

B. Isolíneas de diversidad considerando el número de individuos como unidad.


3
2
1
0
Hf mg
Hf n°
F M A M J J A S O N D E F


15
0
20
40
60
80
0,5
1
0,5 - 1
1-2
2
0 - 0,5
0
F M A M J J A S O N D E F

está motivado fundamentalmente por un cambio en las proporciones entre las criptoficeas (Rhodomonas minuta var. nannoplanctica y Cryptomonas erosa) y Cyclotella kutzingiana debido a la pérdida en importancia de esta última. No existió otra especie que fuera capaz de reemplazarla y ejecer una dominancia en la comunidad fitoplanctónica, ya que las criptoficeas en conjunto no alcanzaban las densidades que mantuvo C.kutzingiana previamente.

Es posible observar una disminución de la densidad a medida que aumente la profundidad, esto ocurre especialmente durante el período de estratificación del embalse, donde es posible distinguir claramente una estratificación de los valores de la diversidad.

4.2.12. Consideraciones sobre la composición específica de la comunidad, diversidad, biomasa y sucesión.

La tabla nº 20 señala la composición promedio anual de la comunidad, estimada a partir de la media aritmética de 20 fechas de muestreos efectuadas, en números absolutos y en peso fresco por unidad de superficie ($1mm^2$). Se han dejado fuera especies escasas del plancton y de las cuales no se tenían datos suficientes de su biomasa. Se puede observar que la especie dominante durante el año del estudio fue claramente Cyclotella kutzingiana, tanto en número absoluto como en biomasa (peso fresco), representando el 87,07% y 63,83% respectivamente. Le siguen en importancia Cryptomonas erosa que alcanza el 2,74% en número y 11,61% en biomasa, Ceratium hirundella que representa el 0,13% en número y 12,71% en biomasa. Se puede decir que las mencionadas, más Rhodomonas minuta y Peridinium spp, representan el 93% del número de individuos y el 94% de la biomasa fitoplanctónica durante un muestreo promedio para el ciclo comentado. El 7% restante, y posiblemente algunos decimales más, si consideramos algunas especies poco abundantes que no se incluyen en este cálculo, lo representa un gran número de especies, más de cuarenta y cuatro. En total se identificaron cuarenta y nueve taxones en el estudio del fitoplancton.

La composición media de la comunidad fitoplanctónica sufre las variaciones espacio-temporales que ya se han

TABLA Nº 20. Composición media anual de la comunidad fitoplanctónica en número de individuos por 0,01 cm^2 y en mg de peso fresco por 0,01 cm^2.

	nº Individuos	%	mg P.fresco	%
BACILLARIOPHYCEAE				
Cyclotella kutzingiana	47.497,70	87,07	394.218	63,83
Ceratoneis arcus	6,25	0,01	220	0,04
Cymbella sp	7,25	0,01	106	0,02
Nitzschia acicularis	87,65	0,16	250	0,04
Navicula sp1	15,10	0,03	1.238	0,20
Navicula sp2	1,65	0,00	173	0,03
Diatoma vulgare	2,50	0,00	74	0,01
Pinnularia sp	3,95	0,01	289	0,05
Synedra acus	595,35	1,09	5.838	0,95
EUCLOROPHYCEAE				
Scenedesmus sp1	63,10	0,12	861	0,14
Scenedesmus sp2	636,85	1,17	709	0,11
Coelastrum reticulatum	11,25	0,02	227	0,04
Crucigenia quadrata	796,20	1,46	2.763	0,45
Tetraedron sp	59,55	0,11	436	0,07
Oocystis lacustris	455,80	0,84	7.860	1,27
Selenastrum minutum	157,20	0,29	120	0,02
Chodatella quadriseta	174,85	0,32	1.468	0,24
Polytomella cf	7,05	0,01	4.749	0,77
Pediastrum boryanum	0,95	0,00	228	0,04
DINOPHYCEAE				
Peridinium spp	34,40	0,06	33.481	5,42
Gymnodinium sp	196,30	0,36	7.864	1,27
Ceratium hirundella	70,75	0,13	78.528	12,71
CRYPTOPHYCEAE				
Cryptomonas erosa	1.493,40	2,74	71.677	11,61
Rhodomonas minuta	1.504,30	2,76	2.538	0,41
CHRYSOPHYCEAE				
Chrysidalis sp	634,50	1,16	1.316	0,21
Dinobryon divergens	36,95	0,07	375	0,06
	54.550,80	100,00	617.606	100,00

analizado en forma específica en los capítulos anteriores, siguiendo cada especie prácticamente un patrón único. Pero a su vez hay una cierta agrupación de estos patrones específicos de distribución. Por ejemplo, con respecto al tiempo los grupos presentes de algas; diatomeas, dinoficeas, cloroficeas, siguen una sucesión anual en el embalse. Por otro lado, con respecto al espacio, el gradiente luz-fondo juega un papel fundamental; todas las especies se perjudican con la carencia de luz y los que rompen esta regla en cierta medida son especies ticoplanctónicas ó bentónicas errantes de la zona pelágica más profunda.

Los nutrientes pueden estar jugando un papel importante en la selección de especies que pueblan Quéntar. Las cianoficeas en el plancton tienen una representación insignificante lo cual puede deberse a la escases de fosfato soluble en el agua y existencia suficiente de nitratos. Otros factores ambientales de tipo físico, tales como turbulencia, temperatura y luminosidad influyen tal vez con más intensidad que los nutrientes, especialmente en los meses de invierno, ya que a pesar de haber más disponibilidad de nutrientes hay disminuciones notables en las poblaciones fitoplanctónicas, afectando especialmente al euplancton, no afectando tan drásticamente a algunos falgelados (Cryptomonas erosa, Rhodomonas minuta) y favoreciendo a las diatomeas pennadas.

Una forma de expresar la estructura que presenta la comunidad fitoplanctónica es en base a las curvas riqueza de especies-abundancia. En la figura nº 66 se presentan curvas correspondientes a tras fechas típicas del ciclo estudiado. Una fecha del perfodo de estratificación: 2 de Septiembre de 1978 (figura nº 66-B), y dos fechas del perfodo de mezcla: 6 de Marzo de 1978 (figura nº 66-A) y 20 de Febrero de 1979 (figura nº 66-C).

Las tres curvas se ajustan mejor a una línea recta, variando la pendiente de la recta entre las fechas en razón al cambio de diversidad existente. En la figura nº 66 se acompañan los valores diversidad (H), uniformidad (J) y pendiente correspondiente a cada fecha. El índice de diversidad y uniformidad son más sensibles para expresar los cambios en la estructura de la especie ya que dan valores más extremos. Debido a la baja pendiente de las curvas abundancia-dominancia, se puede decir que no se asemejan al modelo "serie geométrica", que existiría en ambientes rigurosos (Whittaker, 1972). Al contrario, por la escasa pendiente puede asemejarse más a formas truncadas del modelo "lognormal" (curva sigmoide), el cual parece ser corriente en muestras con riqueza de especies (un grupo de series geométricas generan una lognormal al ser promediadas según Mc Naughton, 1968). Otros autores encuentran que las curvas de dominancia-diversidad son típicamente lognormales en datos de fitoplancton

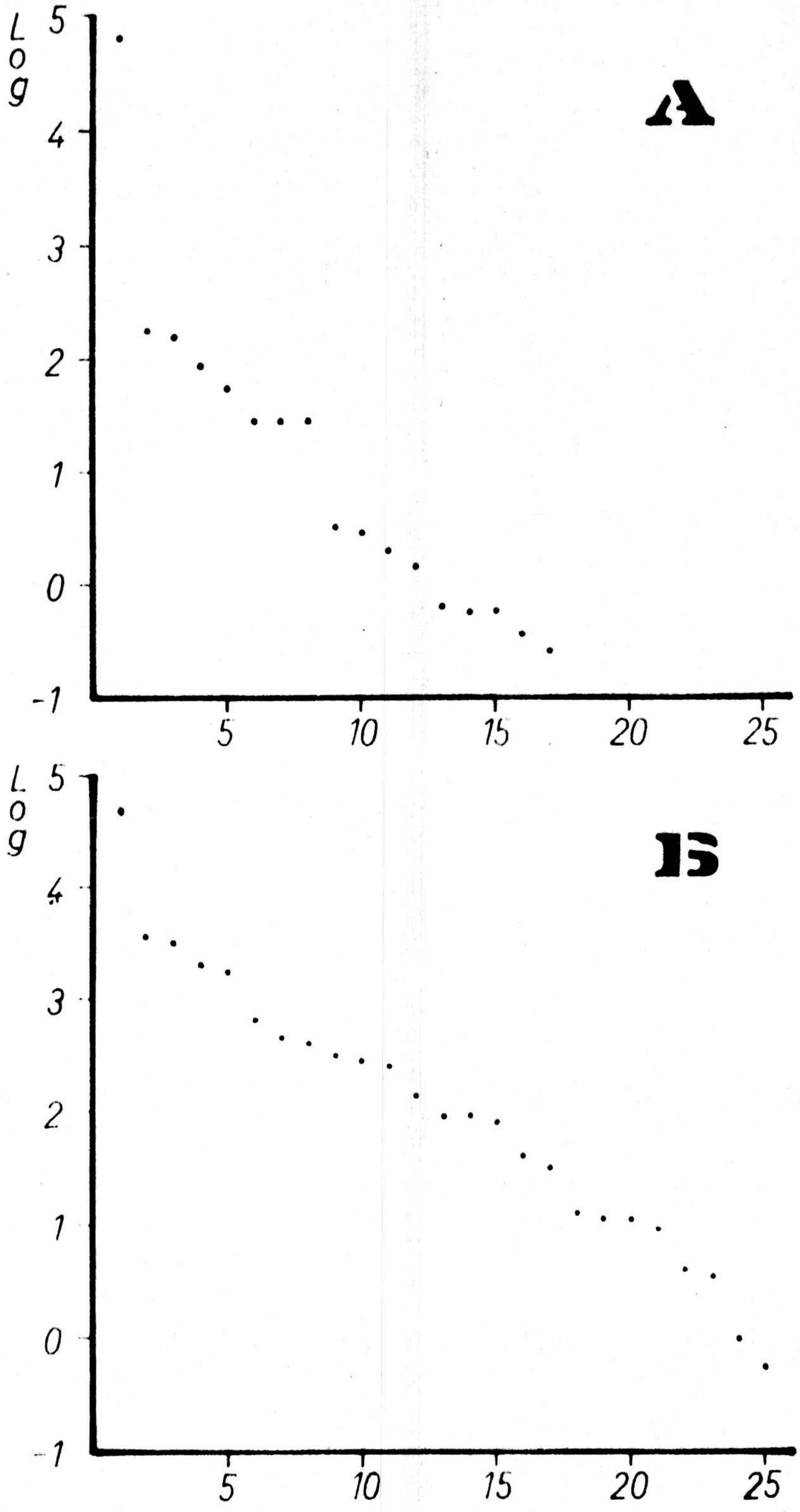
Figura nº 66

Relación entre la abundancia y el número de especies del fitoplancton en diferentes épocas del año. En abscisas se expresa la abundancia en $\log_{10}$ y en ordenadas se señalan las especies por órden correlativo de importancia.

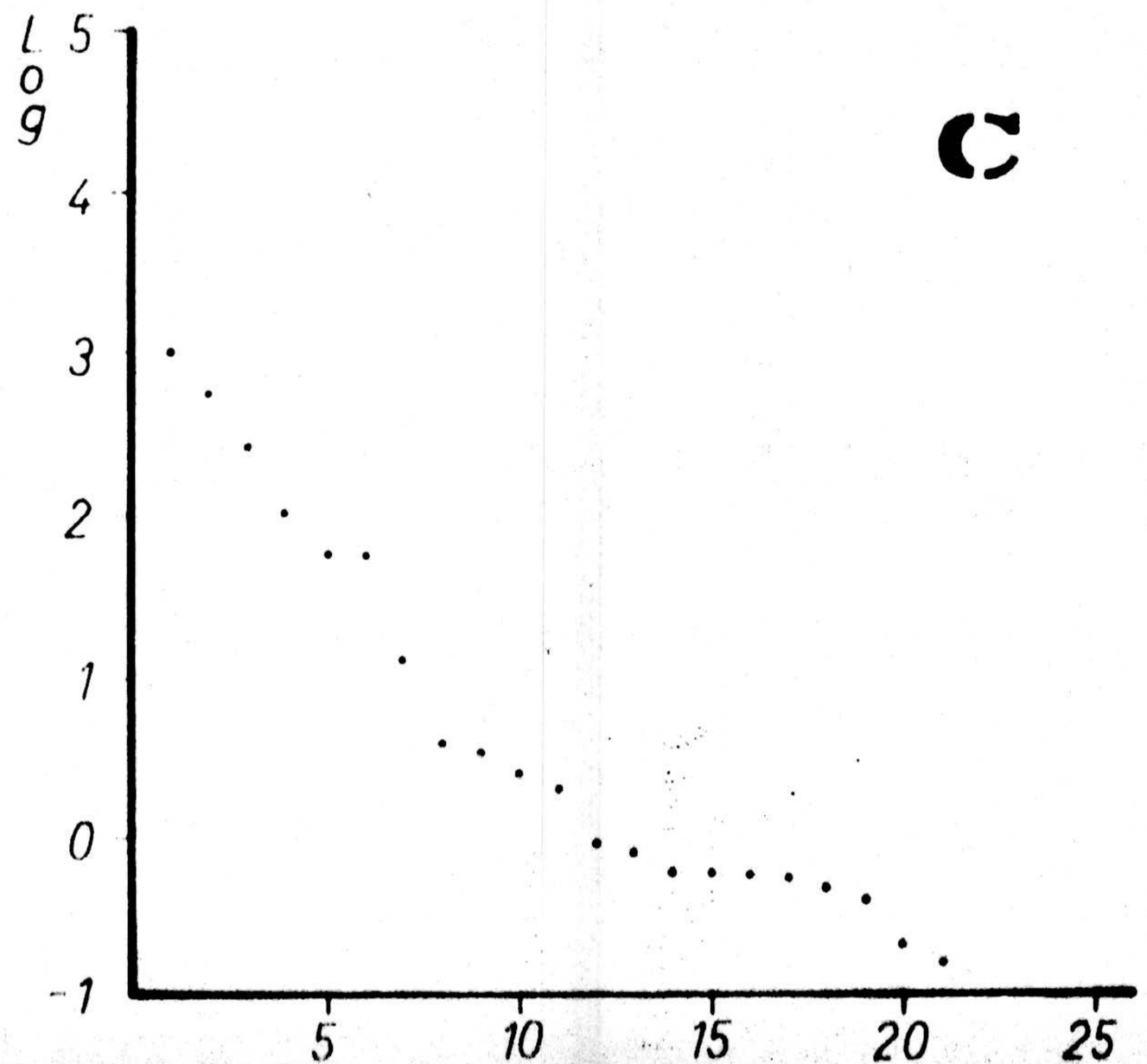
A. 6 de Marzo de 1978. (H = 0,078; J = 0,0275; P = 0,25).

B. 2 de Septiembre de 1978. (H = 1,509; J = 0,469; P = 0,470).

C. 20 de Febrero de 1979. (H = 1,870; J = 0,614; P = 0,170).


A
Log
5
4
3
2
1
0
-1
5
10
15
20
25

B
Log
5
4
3
2
1
0
-1
5
10
15
20
25


C
Log
5
4
3
2
1
0
-1
5
10
15
20
25

(Tett, 1973; Hallegraeff, 1976). En Quéntar no hay ajustes óptimos a la distribución lognormal y puede deberse a la inestabilidad y reciente colonización del embalse.

En el estudio se han efectuado estimaciones de la biomasa a partir de la determinación de clorofila y a partir de la estimación del biovolumen (peso fresco). Algunos autores mencionan relaciones proporcionales entre la clorofila y el peso fresco, por ejemplo Tilzer et al (1975) asumen que 4 mg de clorofila son equivalentes a 1 g de peso fresco. Margalef (1974) menciona como corriente un rango de 0,1 a 3% en la concentración de clorofila (A y B) en los tejidos vegetales. Martinez (1979) encuentra que la clorofila A variaba entre el 0,3 y 1,6% del peso fresco del fitoplancton de la laguna de La Caldera (Granada).

La tabla nº 21 expone los valores de biomasa obtenidos en la columna de agua en las diferentes fechas del estudio. También se menciona la relación (%) entre la clorofila A y el peso fresco. Se puede observar que el porcentaje de clorofila A representa entre un 0,16% y un 0,86%. Hay algunas variaciones entre los resultados cuando se estiman por separado el porcentaje de clorofila A para la capa trófica (0 a 30 m) y para toda la columna de agua (0 m al fondo). Pero en ambos casos se detecta una disminución del contenido total y del porcentaje sobre el peso fresco de la clorofila A

TABLA Nº 21 . Distribución de la biomasa anual del fitoplancton en la columna de agua (1 m^2 de sección) por estimación del peso fresco a partir del biovolúmen y por determinación de clorofila A.

Fecha	mg/m^2 clorof.A		mg/m^2 P.fresco		% clorof.A en Peso fresco	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
18/02/78	105,0	147,1	35.218	63.192	0,30	0,23
06/03/78	63,4	94,1	13.406	27.437	0,47	0,34
20/03/78	70,0	97,5	16.583	19.349	0,42	0,50
10/04/78	96,2	189,4	11.782	22.145	0,82	0,86
25/04/78	105,3	211,1	30.815	34.683	0,34	0,61
11/05/78	99,4	172,0	17.439	31.768	0,57	0,54
25/05/78	110,6	176,7	52.371	57.940	0,21	0,31
13/06/78	115,7	124,3	31.254	34.712	0,37	0,36
26/06/78	80,8	86,3	27.394	27.973	0,30	0,31
07/07/78	96,5	96,9	22.410	25.122	0,43	0,39
28/07/78	76,2	103,0	48.265	56.500	0,16	0,18
02/09/78	53,5	70,3	28.151	40.964	0,19	0,17
29/09/78	75,1	85,8	48.001	49.446	0,16	0,17
17/10/78	66,1	74,2	31.854	47.180	0,21	0,16
05/11/78	64,6	73,4	21.509	22.698	0,30	0,32
28/11/78	53,2	62,9	11.947	18.380	0,44	0,34
16/12/78	57,8	84,3	10.997	17.776	0,52	0,47
06/01/79	39,9	55,9	8.671	11.506	0,46	0,49
29/01/79	44,2	49,6	6.975	7.208	0,63	0,69
20/02/79	16,8	24,1	2.532	2.808	0,66	0,86

(1) Sólo capa de 0 a 30 m de profundidad.

(2) Todas las profundidades de la superficie al fondo.

en los meses de estratificación de verano, lo cual está relacionado con la mayor biomasa de algas grandes que contienen proporcionalmente menos clorofila A, como en el caso de las dinoficeas que proliferan en esta época.

Correlaciones efectuadas entre la clorofila A y el peso fresco para todas las fechas de muestreo a partir de los datos expuestos en la tabla nº 21, indican la similitud de ambos métodos de medir la variación anual de la biomasa. En la tabla nº 22 se exponen los coeficientes de correlación obtenidos.

Tabla nº 22 Coeficiente de correlación entre la clorofila A y peso fresco del fitoplancton despues de efectuar integraciones entre 0 y 30 m y entre la superficie y el fondo en cada fecha de muestreo.

		Clorofila A		Peso fresco	
		0-30	s-f	0-30	s-f
Clorf.A (mg)	0-30	1	0,857	0,586	0,613
	s-f		1	0,391	0,467
P.fresco(mg)	0-30			1	0,915
	s-f				1

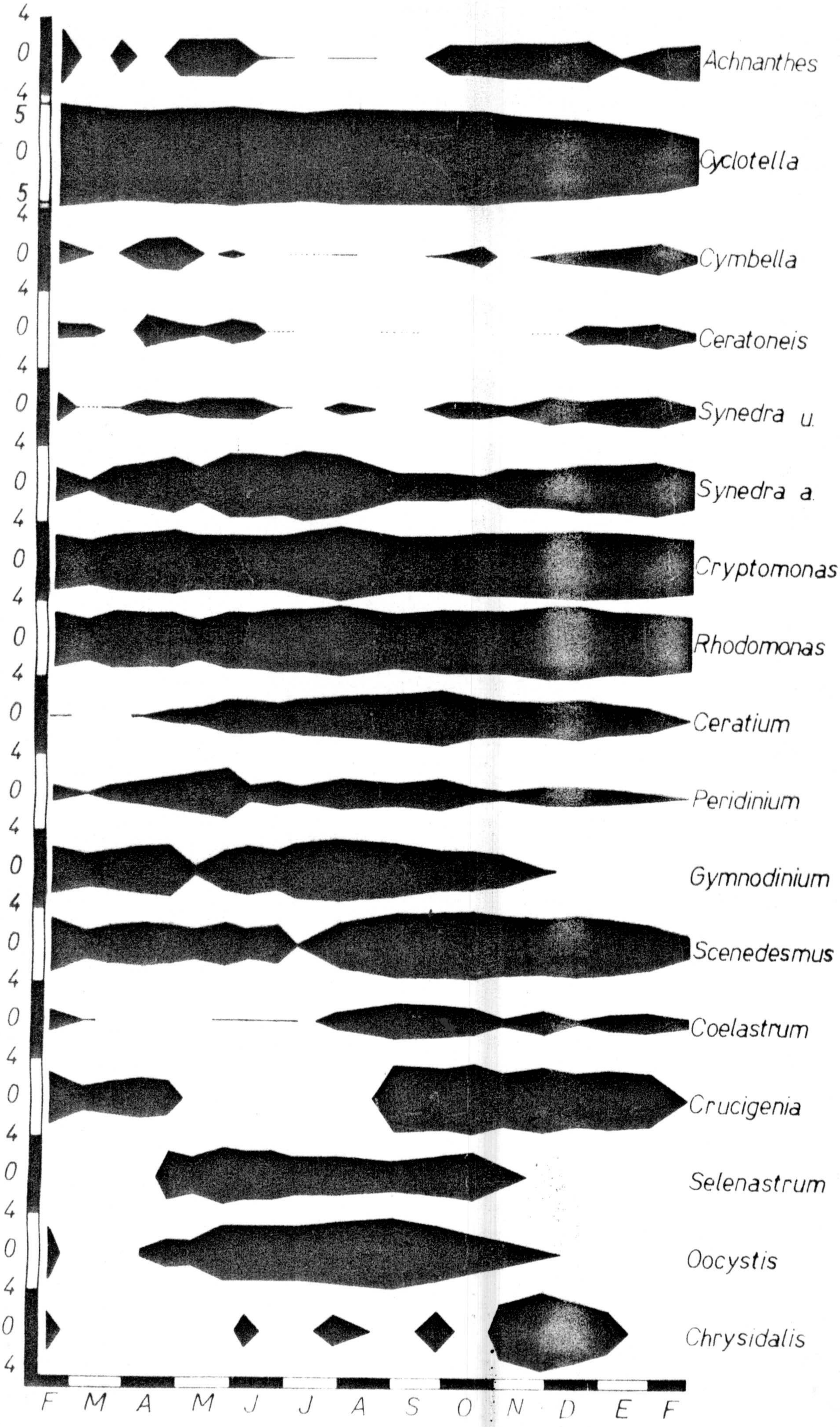
n = 20; P(0,10)r = 0,378; P(0,05)r = 0,440

Remitiéndonos a los datos expuestos en la tabla nº 21 se observa que en los meses de invierno (29 Enero y 20 de Febrero de 1979) el porcentaje de clorofila A, ó mejor dicho del extracto metanólico medido a 665 nm, adquiere una proporción mayor con respecto al biovolumen fitoplanctónico. Coincide esto con la mínima visibilidad y máximas diferencia en los índices del estado trófico (TSI), lo cual hace suponer que en esta época del año existiría una sobreestimación de la clorofila A por aumento de la turbidez del agua y presencia de derivados de la clorofila y otros pigmentos e impurezas que tendrían absorbancia a 665 nm. En cambio la mayor proporción que adquiere la relación clorofila A/biovolumen en la primavera (10/04/78 al 11/05/78) se debería al crecimiento más rápido del nanoplancton vegetal que se refleja en una mayor proporción de la clorofila A.

La sucesión anual de las especies del fitoplancton durante el ciclo se pueden observar en la figura nº 67, donde se representan las especies de mayor importancia integradas en la columna de agua ($\log_{10}$ del nº indiv/mm^2). Se observa nuevamente que Cyclotella kutzingiana, Rhodomonas minuta var. nannoplanctica y Cryptomonas erosa son las especies que presentan poblaciones más permanentes en el tiempo durante el ciclo estudiado. Después aparecen como acompañantes también permanentes, pero con más oscilaciones que las anteriores Scenedesmus spp, Synedra acus y Peridinium spp.

Figura nº 67

Sucesión anual de las principales especies del fitoplancton (log_{10} del nº indiv/mm^2)


LOG10 IND mm²
4 0 4 5 0 5 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4 0 4
Achnanthes
Cyclotella
Cymbella
Ceratoneis
Synedra u.
Synedra a.
Cryptomonas
Rhodomonas
Ceratium
Peridinium
Gymnodinium
Scenedesmus
Coelastrum
Crucigenia
Selenastrum
Oocystis
Chrysidalis
F M A M J J A S O N D E F

Un tercer grupo sería de las especies de abundante densidad que se encuentran presentes sólo en ciertas épocas del año, ausentándose en otras, tal es el caso de Synedra ulna, Ceratium hirundella, Gymnodinium sp, Crucigenia sp, Selenastrum minutum, Oocystis lacustris y Chrysidalis sp. Por último se deben mencionar las especies que presentan baja densidad y escasa presencia en el ciclo anual ya sea por ser ticoplanctónicas, meroplanctónicas ó planctónicas pero estenoicas con respecto a las características ambientales del embalse. En este grupo se encuentran Achnanthes sp, Cymbella sp, Ceratoneis arcus, Coelastrum reticulatum y otras especies del fitoplancton no representadas en la figura nº 67 pero ya mencionadas en forma monográfica anteriormente.

Respecto a los grupos algológicos que forman las especies presentes se puede observar en la figura nº 68 como evolucionan a travéz del año, en porcentaje del nº individuos (A) y en porcentaje de la biomasa fitoplanctonica (B).

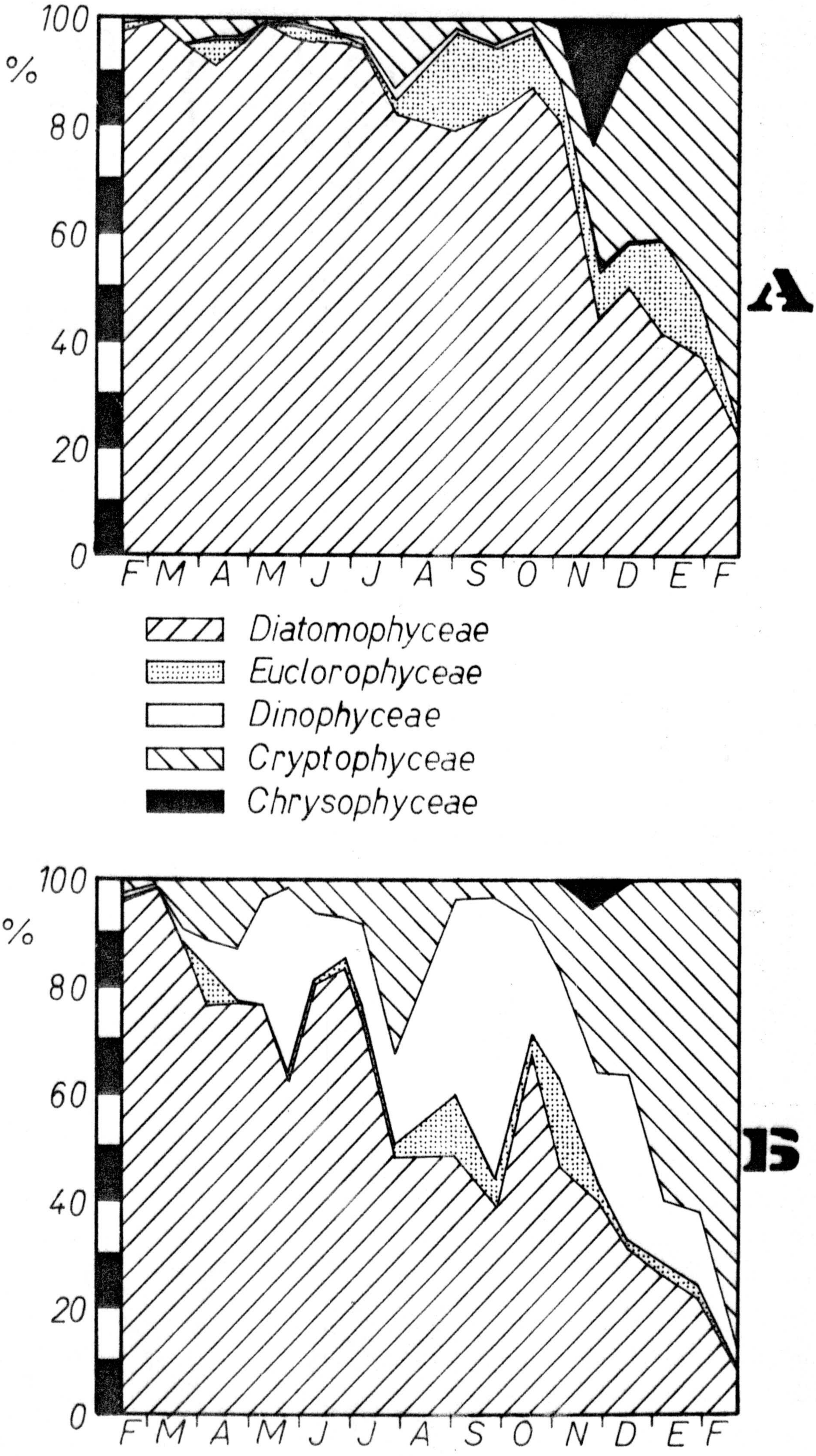
A comienzos del ciclo, la dominancia de Diatomophyceae es altísima debido a Cyclotella kutzingiana, más de un 90% en términos de nº de individuos y de biomasa, posteriormente al llegar la primavera adquieren una mayor importancia las Cryptophyceae y Dinophyceae, lo cual es más relevante si se observa la figura nº 68-B que representa la biomasa, debido al mayor tamaño de los dinoflagelados.

Figura nº 68

Sucesión de los grupos de algas durante el ciclo anual. Porcentaje relativo de la abundancia total en la columna.

A. Estimado a partir del nº de individuo.

B. Estimado a partir del biovolumen.


100
%
80
60
40
20
0
F M A M J J A S O N D E F
A
Diatomophyceae
Euclorophyceae
Dinophyceae
Cryptophyceae
Chrysophyceae
100
%
80
60
40
20
0
F M A M J J A S O N D E F
B

Durante el verano y otoño el auge de Euclorophyceae hace que aumente su importancia en la estructura de la comunidad a niveles del 10 al 17% en términos de nº como de biomasa (tabla nº 23 y nº 24).

Al comenzar el invierno, baja la densidad y por lo tanto la biomasa total del fitoplancton, especialmente de las diatomeas dominantes. Coincide esto con un aumento de Chrysidalis sp que se refleja en una mayor importancia relativa del grupo Chrysophyceae. Este grupo sólo alcanza cierta representación (5,5% en nº y 7,7 a 25% en biomasa) el 28 de Noviembre y 16 de Diciembre de 1978, ya que el resto del año apenas se detecta su presencia. Durante los meses de mezcla de Enero y Febrero de 1979 sigue disminuyendo Diatomophyceae y aumentando Cryptophyceae, hasta llegar este último grupo a representar el 77% del nº de individuos y el 88% de la biomasa del fitoplancton el 20 de Febrero de 1979.

En resumen se puede decir que la evolución estructural de la comunidad a tenido una dirección que ha significado una disminución en importancia de las diatomeas y una mayor preponderancia de otros grupos, lo que se reflejó en una ganancia de diversidad de la comunidad fitoplanctónica. Esto no significó que las criptoficeas hayan desplazado a las diatomeas, sino que hubo una disminución de las diatomeas, tal como bajó la biomasa fitoplanctónica y la clorofila A (tabla nº 21).

TABLA Nº 23. Distribución del número de individuos de los principales grupos del fitoplancton (nº ind/$cm^2 x 10^{-2}$)

Fecha	Diatomophyceae		Euclorophyceae		Dinophyceae		Cryptophyceae		Chrysophyceae		Total	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
18/02/78	145.205	98,14	1.295	0,87	129	0,09	1.237	0,84	90	0,06	147.956	100
06/03/78	64.595	99,25	57	0,09	57	0,09	374	0,57			65.083	100
20/03/78	40.912	95,70	177	0,41	86	0,20	1.572	3,70			42,747	100
10/04/78	40.509	91,30	2.073	4,70	208	0,50	1.580	3,50			44.371	100
25/04/78	64.392	95,03	426	0,63	417	0,61	2.522	3,72			67.757	100
11/05/78	58.593	98,47	206	0,35	130	0,22	573	0,96			59.502	100
25/05/78	86.081	96,39	1.682	1,88	518	0,58	1.025	1,15			89.306	100
13/06/78	66.686	95,70	1.135	1,63	415	0,60	1.391	2,00	56	0,01	69.683	100
26/06/78	55.773	95,08	1.110	1,89	167	0,28	1.578	2,69	31	0,05	58.659	100
07/07/78	44.129	93,83	515	1,09	582	1,24	1.570	3,34	235	0,50	47.031	100
28/07/78	64.844	82,45	1.601	2,03	1.425	1,81	10.268	13,06	512	0,65	78.650	100
02/09/78	47.736	79,48	10.528	17,53	716	1,19	1.084	1,80			60.064	100
29/09/78	46.218	82,87	6.753	12,11	549	0,98	2.115	3,79	134	0,24	55.769	100
17/10/78	75.574	87,43	7.869	9,10	282	0,33	2.712	3,14			86.437	100
05/11/78	25.049	80,39	2.445	7,85	111	0,36	2.983	9,57	572	1,84	31.160	100
28/11/78	17.434	44,03	3.632	9,17	70	0,18	8.698	21,97	9.760	24,65	39.594	100
16/12/78	12.669	50,14	2.132	8,44	101	0,40	8.496	33,62	1.870	7,40	25.268	100
06/01/79	4.848	40,89	2.228	18,79	25	0,02	4.586	38,68	169	1,42	11.856	100
29/01/79	2.865	37,13	835	10,82	19	0,25	3.996	51,79			7.715	100
20/02/79	446	21,66	17	0,83	2	0,09	1.594	77,42			2.059	100

TABLA Nº 24. Distribución de la biomasa anual de los principales grupos del fitoplancton (mg P.humedo/$m^2 x 10^2$)

Fecha	Diatomophyceae		Euclorophyceae		Dinophyceae		Cryptophyceae		Chrysophyceae		Total	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
18/02/78	603,35	95,48	4,64	0,73	6,85	1,08	16,97	2,69	0,09	0,01	631,92	100
06/03/78	268,01	97,68	0,07	0,03	1,60	0,59	4,66	1,70			274,36	100
20/03/78	169,86	87,79	0,26	0,13	4,99	2,58	18,37	9,50			193,48	100
10/04/78	168,78	76,21	15,49	7,00	12,65	5,72	24,51	11,07			221,45	100
25/04/78	268,18	77,32	0,57	0,16	33,76	9,74	44,29	12,77			346,82	100
11/05/78	243,81	76,75	0,51	0,16	61,75	19,44	11,59	3,65			317,68	100
25/05/78	360,44	62,21	3,93	0,68	199,87	34,50	15,15	2,61			579,40	100
13/06/78	278,88	80,34	3,93	1,13	42,34	12,20	21,90	6,31	0,05	0,02	347,12	100
26/06/78	231,85	82,88	5,44	1,95	23,46	8,39	18,81	6,73	0,15	0,05	279,73	100
07/07/78	185,22	73,73	3,80	1,51	40,75	16,22	20,24	8,06	1,19	0,48	251,22	100
28/07/78	270,10	47,81	11,86	2,10	98,40	17,42	182,18	32,24	2,45	0,43	565,00	100
02/09/78	197,71	48,27	45,84	11,19	150,01	36,62	16,06	3,92			409,64	100
29/09/78	192,57	38,95	27,64	5,59	256,59	51,89	17,51	3,54	0,13	0,03	494,46	100
17/10/78	314,53	66,66	19,42	4,12	102,13	21,65	35,70	7,57			471,80	100
05/11/78	104,35	45,97	39,12	17,24	45,81	20,19	37,09	16,34	0,59	0,26	226,98	100
28/11/78	74,66	40,62	5,75	3,13	37,41	20,35	55,82	30,37	10,15	5,52	183,80	100
16/12/78	55,27	31,09	2,03	1,14	55,44	31,19	63,06	35,48	1,94	1,09	177,76	100
06/01/79	29,61	25,74	2,82	2,45	13,60	11,82	68,85	59,84	0,17	0,15	115,06	100
29/01/79	15,65	21,72	1,42	1,97	10,40	14,44	44,59	61,87			72,08	100
20/02/79	2,13	7,59	0,03	0,14	1,04	3,71	24,87	88,56			28,08	100

Fecha	Profundidad	Daphnia longispina						Ceriodaphnia reticulata				Polyarthra vulgaris				Tricocerca similis				Nematodos
		Total	Hembras con huevos	Machos	Neonatos	Huevos	Efipios	Total	Hembras con huevos	Neonatos	Huevos	Total	Hembras con huevos	Huevos anícticos	Huevos micticos	Total	Hembras con huevos	Huevos anícticos	Huevos micticos	
1978																				
18/02	0	4						1				3								
	2	88										3								
	5	41						1				7								
	10	25												1		1				
	15	7																		
	20	10			1	1						1								
	25	2																		
	30	11																		1
	40	25	2			4						2								
06/03	0											13								3
	2	1										4								
	5	2										14			1					3
	10	3										18								4
	15	5										4			1					3
	20	7				1														5
	25	5	1																	6
	30	5																		6
	40	2				1														15
	60	5																		7
	80	9																		1
20/03	0	1										2								
	2	18										2								
	5	52	1																	1
	10	14	1																	
	15	3																		
	25	1																		1
	30																			1
	40																			1
	60	1																		1
	80	11				2														
11/04	2	6										3			9					
	5	33			3							25	1		16					
	10	5										1	1		1					
	15	35	10	2	5	16														
	20	9		2		1						20			7	2				2
	25	1													1					1
	30																			
	40	1													1					
	60																			
25/04	0	18		4		3						68			94	10				
	2	79		27								55			29	2				
	5	316	10	92		4						10			15					
	10	35	1	10		1	1					9			4					
	15	89	5	38		13						2			5					
	20	8		1		4	3					2			2					
	25	2																		1
	30																			
	40	1																		
11/05	0											1								
	2	39										12			7					
	5	66	1	1		1						3								
	10	39		3								14								2
	15	31		1								4								
	20	14		1								9			1					2
	25	46		22								4								
	30	15		1								1								2
	40	5		1																
	60	4																		
	80	2																		
25/05	0	2				2														
	2	22																		
	5	68	3			5														
	10	28				1	1													
	15	13										1								
	20	22		1																
	25	15										1			2					
	30	6																		
	40	3																		
	60	2																		1
	80											1								
13/06	0					1												2		
	2	4														2				
	5	16						1								3		10		
	10	56	1			2														
	15	36	1																	1
	20	4																1		
	25	2		1																1
	40																			
	80	6		1																
26/06	0															4	4			
	2															12		25		
	5	3														11			1	
	10	21						1								3	5			
	15	4		1												1		1		
	20	1														1				
	30															3		1		
	60											1				4		37	11	
07/07	0															527		89	22	
	2	2						2								630		235	10	
	5	5			1			2								260		11	6	
	10	3						9	1							54		6	4	
	15	3					2	3								45		7	2	1
	20	4														6		2		
	25															2		3	3	
	30	1						1								4		2		
	40																			1
	60																	11		1
	80	1																		
28/07	0							5								36		22		
	2							14								33		13		
	5	14				3		199	8	14	10					582		58	11	
	10	22	1		1	6		51	1	9	10					1.359		11		
	15	2						41	1	5	7					731		19		
	20	2			1	1		18		1	11					97		2	1	
	25	1						5								27				
	30							2		1						10		1		3
	40															13				
	60															2				1

Continuación Tabla nº 25

Fecha	Profundidad	Efipios	Huevos	Neonatos	Machos	Hembras con huevos	Total	Huevos	Neonatos	Hembras con huevos	Total	Huevos asexuales	Huevos sexuales	Hembras con huevos	Total	Huevos asexuales	Huevos sexuales	Hembras con huevos	Total	Nematodos
		Daphnia longispina						Ceriodaphnia reticulata				Polyarthra vulgaris				Trichocerca similis				
02/09	0	5	2	125				1												
	2	62		60																
	5	66	2	54				2												
	10	5		79				1												
	15	6		33																
	20	2		47																
	25	2		15																
	30	3		15				2												
	40	4		1				4												
	60	5		14				1				5				2				
29/09	0	21		75																
	2	60	1	189				1												
	5	71		208	6			2												
	10	11	1	37				1												
	15	2		7																2
	20	1		3				1												
	25	3		11																
	30	2		5				1												
	40	1		1																
	60	2		27																
28/11	0	5		1																
	2			124	4							8								
	5	14	3	71								6								
	10	7		70								2								
	15	20	4	35								1								
	20	7	1	49																
	25	3		34																
	30	7		21																
	40	2		23																
	60			6																
05/11	0			11																
	2			149																
	5	24		69																
	10	30		169																
	15	33	1	112																
	20	35		94																
	25	39	5	77																
	30	2		1																
	40	9	2	27																
	60	10		1																
06/01	0			430																
1979	2			3.600																
	5			3.918																
	10	1		731																
	15	5		1.926																
	20	2		849																
	25	11		817																
	30	12		785																
	40	12	5	1.035																
	60	13	1	72																
16/12	0			39																
	2	2		323																
	5	2		340																
	10	6		199																
	15	13		364																
	20	9		314																
	25	11		368																
	30	12		99																
	40	12		1																
	60	13		286																
17/10	0			207																
	2	8		464																
	5	87		425																
	10	67		14																
	15	87	2	64																
	20	34		35																
	25	19		139																
	30	11		20																
	40	11		26																
	60	2		60																
	80			18																

4.3. Zooplancton

Las densidades obtenidas del estudio cuantitativo del zooplancton se presenta en las tablas nº 25 y 26. En la primera tabla se exponen las especies más frecuentes en los muestreos. La segunda tabla se refiere a las especies que se presentaron más ocasionalmente. Las densidades están en número de organísmos por 8 litros de agua.

A continuación se mencionan algunas características del zooplancton encontrado.

4.3.1. Crustaceos (Crustacea)

4.3.1.1. Daphnia longispina Müller, 1785

No sólo es el crustaceo y cladocero de presencia casi permanente en las muestras del estudio sino también es dominante con respecto al zooplancton en general tanto en número como en biomasa en la mayoría de las fechas en que se encuentra presente.

Las especies del género Daphnia son muy comunes en las aguas dulces del mundo entero, pero su sistemática en Europa todavía no está suficientemente aclarada. En los últimos años la taxonomía de este género ha causado muchas

TABLA Nº 26. Resultados de los recuentos del zooplancton en número de individuos por 8 litros.

Fecha	Profundidad	Cladocera			Ciclops			Harpacticoide	Rotifera							Protozoa	
		Alona	Bosmina longirostri	Chidorus sphaericus	Adulto	Copepodito	Nauplio 4-5-6		Filinia terminalis	Euchanis	Trichota	Keratella cochlearis	Brachionus	Colurella	Monostyla	Vorticella	Stentor
18/02/78	2									1		2					
	20						1										
	30		1														
06/03/78	0								1							1	
	2									1							
	5		1														
	30											1					
20/03/78	0									2							
	15	1															
	80	1															
11/04/78	5											1		1			
	10													1			
	20					2		1								1	
	25									1							
25/04/78	2												1				
	10								1								
	15				1									1			
	20														1		
25/05/78	15	1															
13/06/78	20	1															
26/06/78	5				1												
	30														1		
	80							1								1	
07/07/78	2															1	
	5					1											
	10						1										
	15	1								1							
	40												1				
28/07/78	0															1	
	15															1	
	30	1															
	40															2	
	60						1										
	80	1			3				1								
02/09/78	10				2		4	1				3				3	
	20				1												
	25				1												
	40						1										
	60				3	67	15	1								7	
23/09/78	0															1	
	10															2	
	15											1				1	
	20					2											
	60					1										1	
17/10/78	25															1	
	30									1							
	60				1			4									
05/11/78	0															2	
	60	1							1		1					6	
28/11/78	0															4	
	2														1	1	
	5	1			1											2	
	25														1		
	30								1						2	1	
16/12/78	0															1	
	2					1											
	5				1	1				1							
	15					1											
	20					1									1		
	25					2											
	30						1										
	40				1					1							
	60										4						
06/01/79	5															2	1
29/01/79	0										1						
	5		1														
	15			1													
	25		1														
	60																
20/02/79	10														1		
	60								1	1							

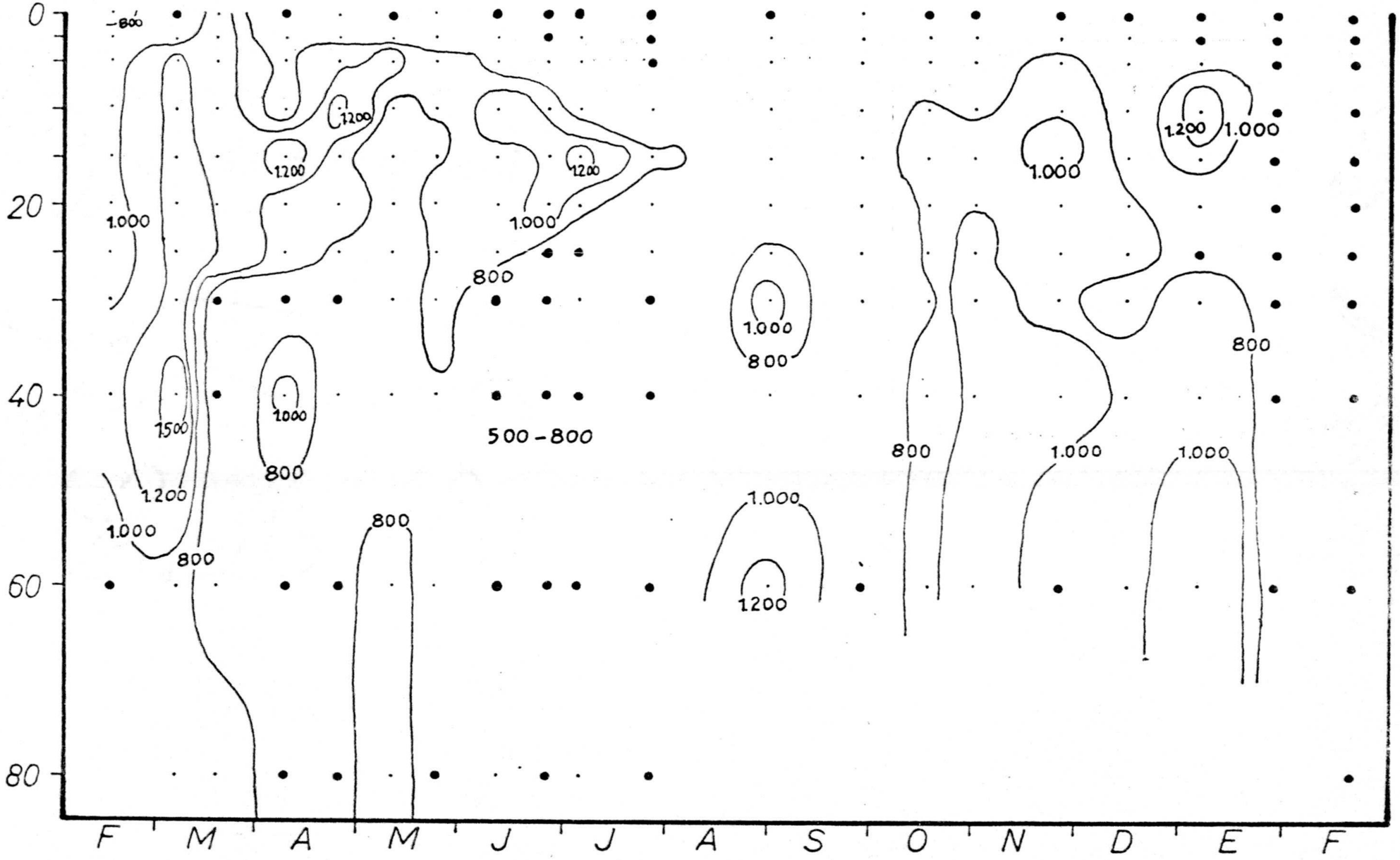
confusiones y controversias (Pejler, 1973). El trabajo de Johnson (1952) aclaró la situación del género en las islas Británicas, mientras el estudio de Brooks (1957) dió luz al problema en norteamérica con mayor profundidad.

En Daphnia longispina Müller este problema es aún mayor, ya que como mencionan Johnson (1952), Brooks (1957) y Pejler (1973) hay multiplicidad de variedades y formas, que incluso se han separado como especies diferentes y han sido confundidas por varios autores, correspondiendo a sinonimias. En todo caso después de revisar la bibliografía mencionada y las descripciones de las especies de Flössner (1972) llegamos a la conclusión de que la especie en Quéntar es Daphnia longispina. Además se encontraron machos y estos presentaban anténulas similares a las descritas por Johnson (1952) para el macho. Otras características distintivas eran: garras terminales sin pecten, ausencia de yelmo y rostro curvado característico.

El largo medio del cuerpo de los individuos de todos los tamaños de D.longispina en Quéntar, para todas las muestras era de 887 μ, lo cual es algo inferior a la media del rango descrito para la especie. La distribución espacio-temporal de los individuos de acuerdo a su tamaño (longitud) se representa en la figura nº 69. Se observa que en las capas superficiales (0 a 5 m) hay organismos de menor tamaño

Figura nº 63

Variación espacio-temporal del tamaño de Aplana longispina. Las isolíneas indican el largo medio (μ) de los individuos por muestra. Los puntos más grandes indican muestras sin individuos.


0
20
40
60
80
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F
800
1.200
1.000
1.500
500 - 800

medio durante todo el año y en las capas profundas (15 a 80 m) se encuentran normalmente ejemplares de mayor tamaño. Esto corresponde a la situación del mediodía para todas las fechas, y puede ser diferente por la noche debido a las migraciones diarias. También se observa en la figura nº 69 que en los meses de primavera y otoño la población tiene un mayor tamaño por individuo que la de los meses de verano. Esto último está de acuerdo con las observaciones de muchos limnólogos en diferentes organísmos planctónicos en el sentido de que las disminuciones del tamaño ocurren con los aumentos de temperatura en verano (Margalef, 1974).

La relación alométrica entre la longitud de la cabeza y longitud del cuerpo fue variable con las estaciones. En mediciones efectuadas sobre ejemplares de invierno y primavera esta relación era de 20 a 25%, mientras en los ejemplares de verano y otoño de las capas superficiales más calientes era de 25 a 30%, lo cual está de acuerdo con los rangos mencionados por Flössner (1972) para la especie. En cambio los ejemplares de mayor tamaño de las capas más profundas durante el verano y otoño conservaron una relación alométrica similar a los de invierno y primavera.

Respecto a la alimentación de Daphnia se puede decir que es un eficiente crustaceo herbívoro filtrador. Ya en 1937 (Veter) descubrió que el contenido intestinal estaba

compuesto por partículas de detritus y plancton vivo. Posteriormente Heyningen (1954) señala que de todo lo que filtran las Daphnia, era fundamental para su crecimiento tener en la dieta células del fitoplancton vivas. Por otro lado Rigler (1961) encontró que hay una relación inversa entre la tasa de filtración y la concentración de alimentos en el medio en D.magna. Hazewood y Parker (1961) observaron que D.schodleri consume partículas de 0,45 a 60 μ de diámetro, Margalef (1953) señala que D.longispina (subespecies longispina e hyalina) comen partículas de detritus fino hasta 10 μ como máximo. En Quéntar fue corriente observar en el contenido estomacal de D.longispina células más pequeñas de Cyclotella kutzingiana, cuyo diámetro medio para la población era de alrededor 10 μ según lo ya mencionado en el capítulo del fitoplancton.

Respecto a los fatores que influyen en que las poblaciones de Daphnia entren en diapausa embriónica se menciona en la bibliografía la densidad y temperatura del agua, la concentración de anhídrido carbónico y la duración del día. Pero también se detectan diferencias importantes en la reacción al fotoperíodo de acuerdo al orígen geográfico (latitud) provocando una capacidad de respuesta muy amplia de la especie (Stross, 1969, 1970, 1971).

En Quéntar posiblemente hubo diapausa en la población, sólo al comenzar el verano ya que en dicha época se

detectó la presencia de machos y hembras con efipio, y a continuación la población disminuyó notablemente. En invierno hay una disminución poblacional que llega a ser total, sin que apareciesen machos ni hembras con efipios durante los muestreos previos a la disminución invernal (fig. nº 70).

La distribución anual nos indica que los máximos poblacionales ocurren en primavera, 25 de Abril, y en otoño, 17 de Octubre. Al analizar la distribución vertical (fig. nº 71) se observa que las máximas densidades de organismos se sitúan en las capas superficiales entre 2 y 25 m, y especialmente en las profundidades de 5 y 10 m en la mayoría de las fechas. En las fechas de máximos poblacionales se observan segregaciones en la población de manera que hay dos profundidades con mayores densidades: 5 y 15 m. La máxima densidad detectada fue 39.500 individuos/m^3 (25 de Abril, 5 m). También se puede apreciar que D.longispina tiene una amplia ocupación del perfil vertical alcanzando frecuentemente las profundidades máximas de 60 y 80 m.

Las generaciones sexuadas de D.longispina ocurren durante Abril y Junio, lo que indica la existencia de varias generaciones sexuadas diferentes y superpuestas. El máximo número de machos se detectó el 25 de Abril a 5 m, coincidiendo con el máximo poblacional para la especie. Los huevos sexuados de resistencia (efipios) se detectaron a partir del

Figura nº 70

Variación espacio-temporal de Daphnia longispina.

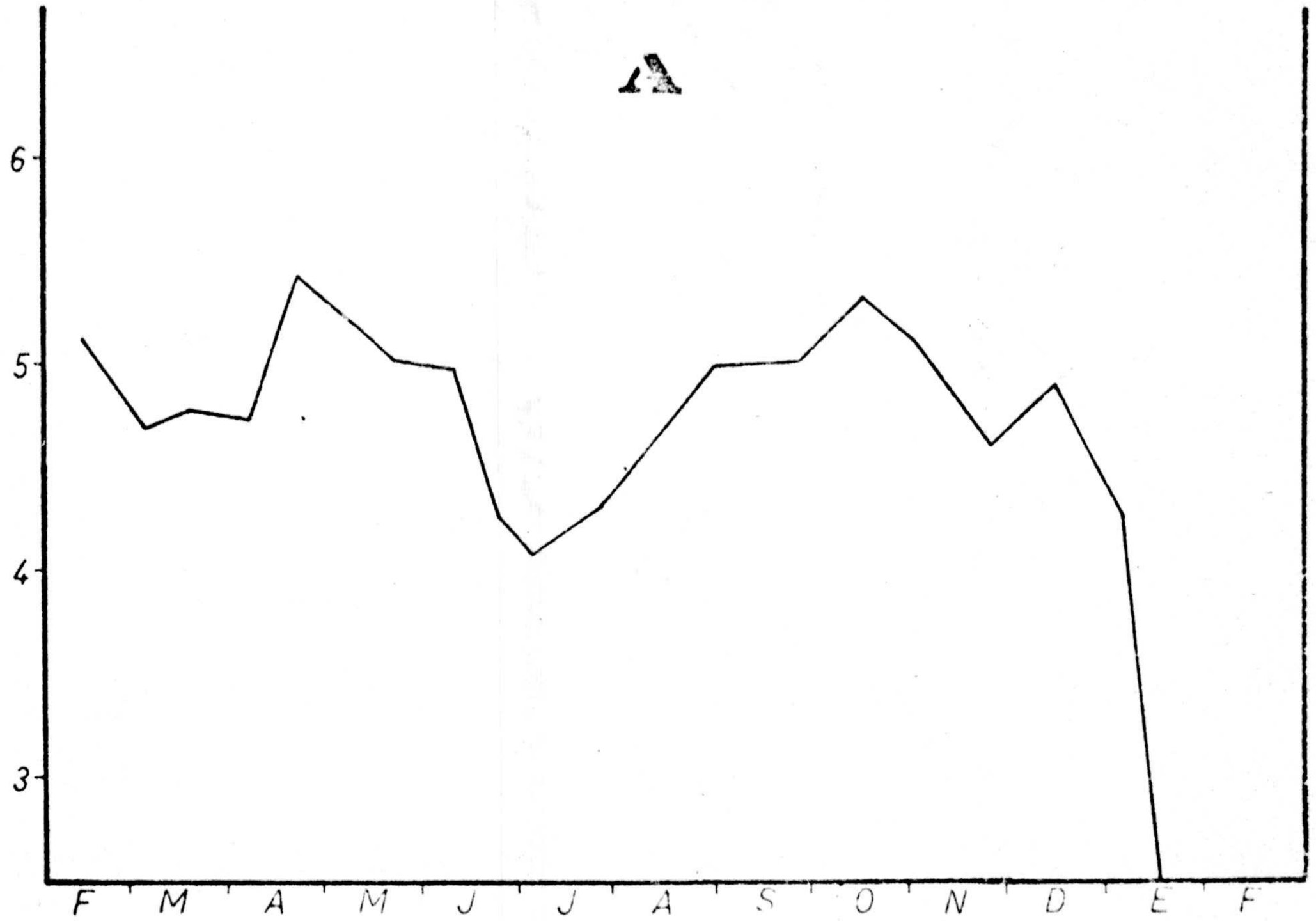
A. Variación temporal (log_{10} nº indiv/m^2)

B. Isolíneas del nº indiv/m^3

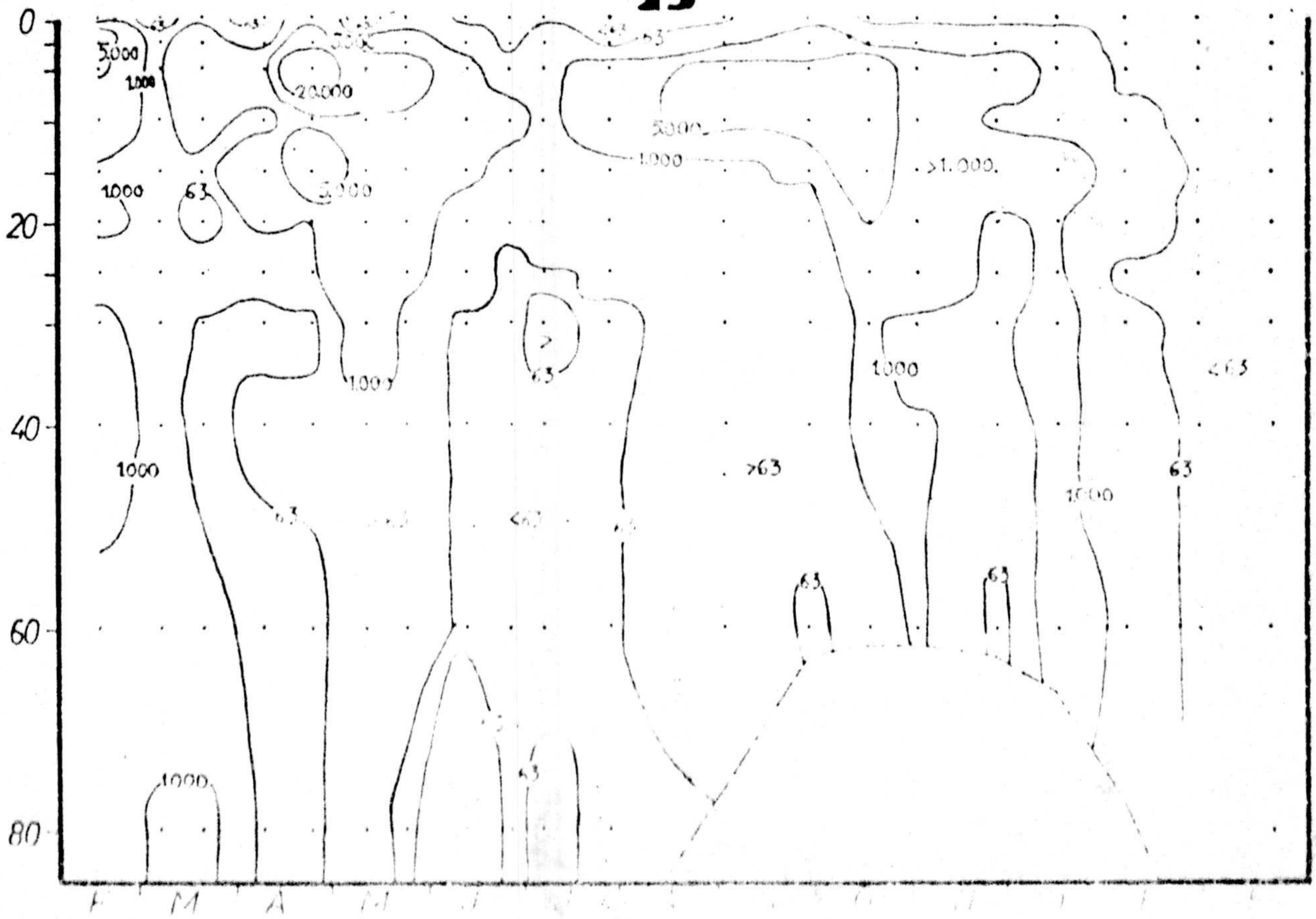
Figura nº 71

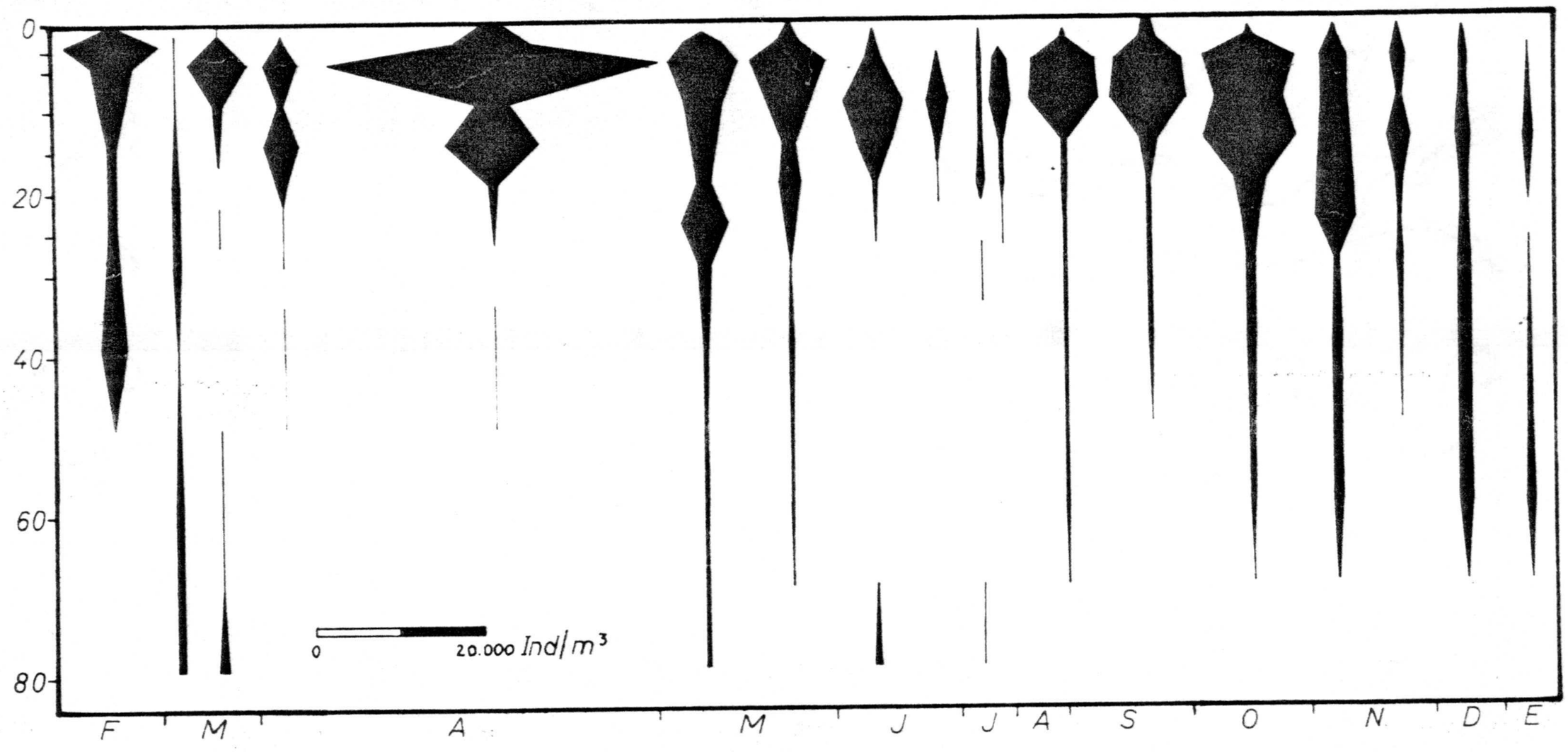
Perfiles de distribución vertical de Daphnia longispina.

A


6
5
4
3
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
5000
1000
20000
1000
63
5000
1000
>1.000
1000
63
1000
63
1000
63
1000
63
F
M
A


0
20
40
60
80
0
20.000 Ind/m³
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E

25 de Abril y posteriormente en fechas dispersas durante el resto del año 1978 (25 de Mayo, 7 de Julio, 29 de Septiembre y 28 de Noviembre), como se observa en la tabla nº 25. El comportamiento sexual, generacional y estacional para la especie en un ciclo anual es en Quéntar del tipo monocíclico, ya que los machos sólo aparecieron en primavera, multivoltina, ya que habían varias generaciones por año y diácmica por tener dos máximos poblacionales por año (terminología de Hutchinson, 1966). En todo caso es posible que durante el máximo poblacional de otoño hubiera producción de machos, pero no fueron observados en las muestras extraídas. Sólo se observaron algunos efipios errantes en distintas profundidades de muestreo (tabla nº 25) que bien pueden provenir de la diapausa primavero-estival y que entren en circulación al comenzar la agitación otoñal del embalse.

4.3.1.2. Ceriodaphnia reticulata Jurine, 1820

Clodócero común en los embalses españoles (Armengol, 1976). En el embalse del río Cubillas (Granada) se encuentra en abundancia (Martínez, 1974; Cruz y Martínez, 1976).

La distribución espacio-temporal (figura nº 72) muestra un crecimiento poblacional fundamentalmente en verano, alcanzando la máxima densidad a 5 m el 28 de Julio con 24.750 individuos/m^3 (tabla nº 25). Similar comportamiento se ha

Figura nº 72

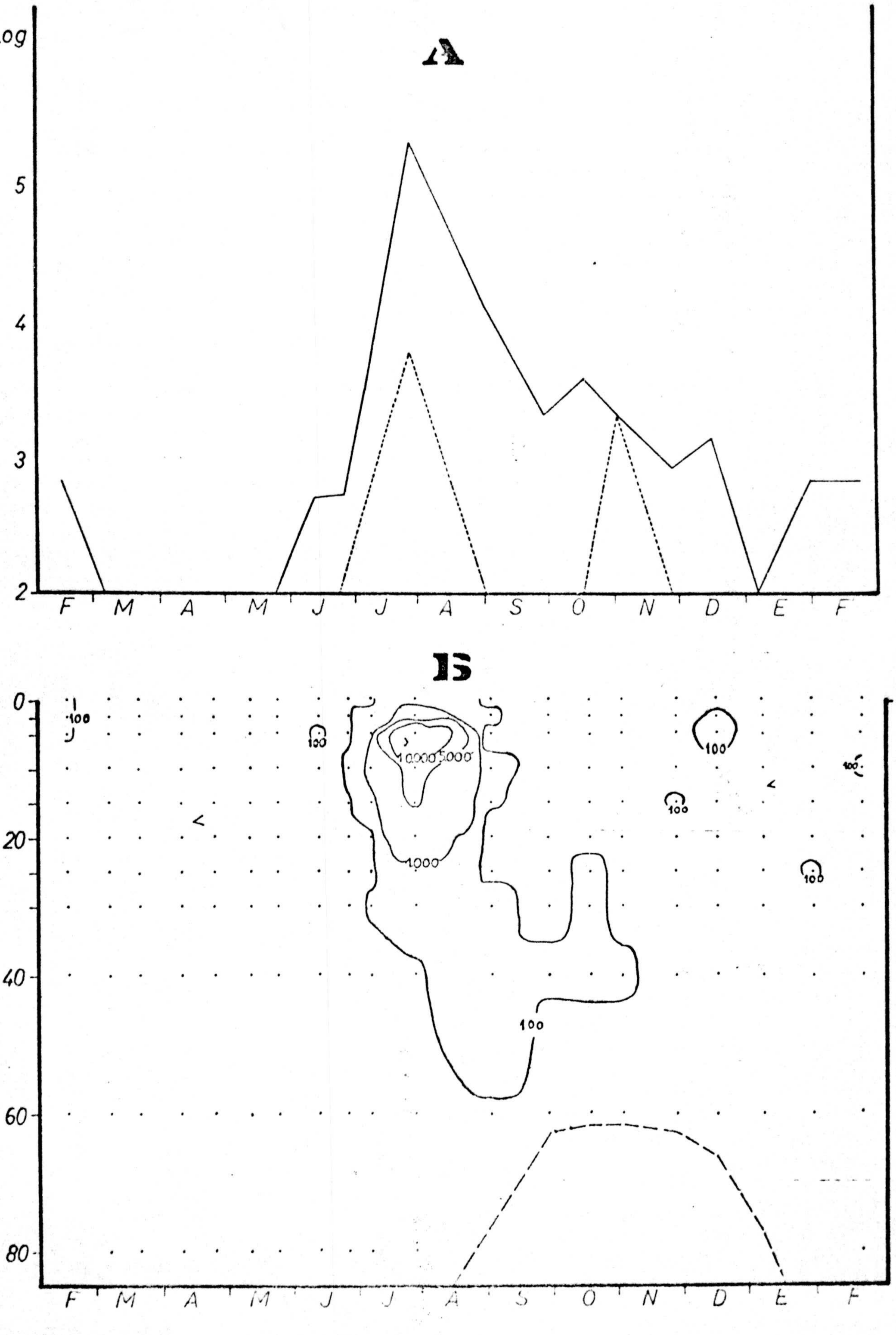
Variación espacio-temporal de Ceriodaphnia reticulata.

A. Variación temporal (log_{10} nº indiv/m^2)

B. Isolíneas del nº indiv/m^3

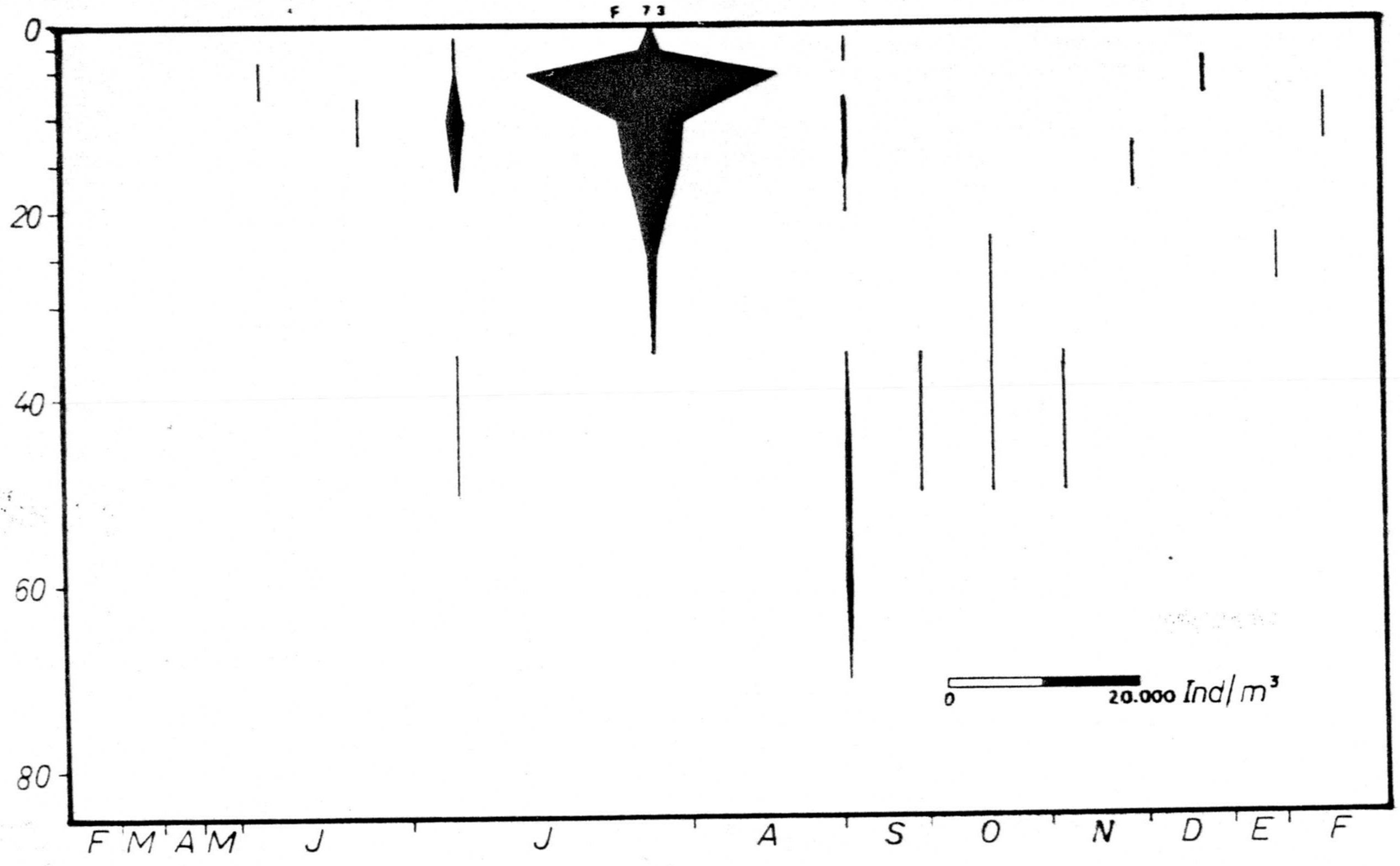
Figura nº 73

Perfiles de distribución vertical de Ceriodaphnia reticulata.


Log
5
4
3
2
F M A M J J A S O N D E F

15

0
20
40
60
80
100
10.000
5.000
1.000
100
F M A M J J A S O N D E F


F 73
0
20
40
60
80
0
20.000 Ind/m³
F M A M J J A S O N D E F

observado en el embalse de Cubillas donde la máxima densidad poblacional fue 391.000 individuos/m^3 el 5 de Julio a 2 m de profundidad (Cruz y Martínez, 1976).

A pesar de las altas densidades alcanzadas por Ceriodaphnia reticulata, su comportamiento espacio-temporal es restringido comparado al de Daphnia longispina, ya que apenas alcanza los 40 m de profundidad y es abundante sólo en dos meses de verano. Hay algunos ejemplares aislados que aparecen en muestras de otras fechas, pero es posible suponer que proceden de poblaciones desarrolladas en zonas litorales más abrigadas. La distribución vertical de la especie durante el ciclo se observa más claramente en la figura nº 73.

El tamaño medio de los ejemplares encontrados era de 0,532 mm de largo, con un peso medio por individuo de 0,0003 mg (tabla nº 28).

4.3.1.3. Otros crustaceos ocasionales

Chydorus sphaericus Müller, 1785

Especie de carácter eurioico, que aparece tanto en el plancton como en el bentos y zonas litorales,no presentando regularidad espacial ó temporal en los embalses españoles (Armengol, 1976).

En los muestreos efectuados en Quéntar se encuentran escasos ejemplares, normalmente en las profundidades mayores de 15 m y siempre en densidades bajas (tabla nº 26).

Debido a su carácter eurioico se la encuentra distribuído uniformemente en la península Ibérica en aguas estancadas, corrientes y hasta turbosas (Margalef, 1953).

La longitud de las hembras partenogenéticas observadas fue de 0,31 mm, lo cual está dentro del rango normal observado para la especie, de 0,28 a 0,58 mm (Margalef, 1953).

Bosmina longirostris Müller, 1785

Es una especie planctónica típica de los embalses y estanques artificiales en España y muy diseminada en casi todo el mundo, desde charcas a lagos (Margalef, 1953). En los embalses españoles estudiados se encontró presente en más de un 70% de ellos, tanto en las campañas efectuadas en época de mezcla, como en las efectuadas en época de estratificación (Armengol, 1976). En Quéntar sólo se encontró en escasa abundancia, estaba presente en dos muestras: 18 de Febrero a 30 m y el 6 de Marzo a 5 m, ambas fechas de 1978 (tabla nº 26).

Alona Baird, 1850

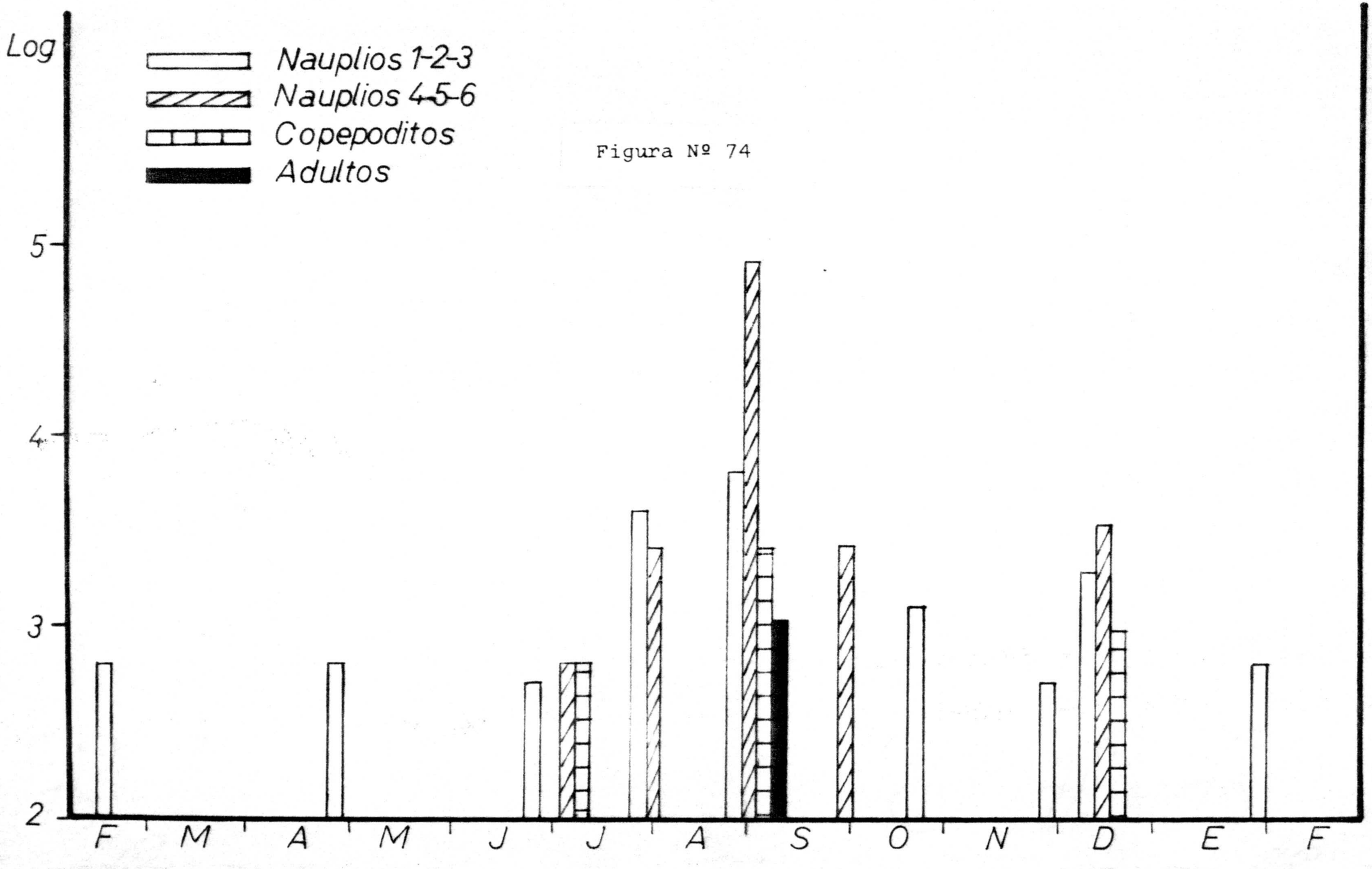
En los embalses españoles se ha mencionado la presencia de seis especies del género (A.guttata, A.costata, A.rectangula, A.quadrangularis, A.affinis y Alona sp) las cuales se presentan ocasionalmente, sólo A.affinis y A.quadrangularis aparecen con más asiduidad en los embalses con baja reserva alcalina.

En Quéntar sólo se encontró un individuo del género en una muestra a 5 m de profundidad el 29 de Enero de 1979, por lo que no se pudo determinar que especie era con exactitud.

Cyclops Müller, 1776

La presencia del género fue escasa en los muestreos durante el ciclo estudiado. La figura nº 74 nos señala una abundancia levemente mayor en las muestras del período de estratificación. Sólo se detecta una población muy densa en una muestra del hipolimnion durante el período estival; el 2 de Septiembre de 1978 a 60 m se censaron 86 individuos de diferentes estadíos en los 8 l de muestra. Con los escasos datos obtenidos no se puede señalar cual es su distribución espacial, a pesar de que era más frecuente encontrarlo en las zonas profundas. También debe considerarse que los

Figura Nº 74


Log
Nauplios 1-2-3
Nauplios 4-5-6
Copepoditos
Adultos
5
4
3
2
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

copépodos, en general, desarrollan fuertes migraciones diarias alcanzando las zonas superficiales en la noche y bajando de profundidad en el día (Hutchinson, 1966). Debido a que sólo se pudieron examinar algunos individuos adultos de la muestra de 60 m de profundidad del 2 de Septiembre ya mencionada, siempre cabe la posibilidad que los estadíos inmaduros pertenezcan a más de una especie aunque los datos presentados se mencionan agrupados como Cyclops sp (tabla nº 26).

Un aspecto importante de los organísmos del género Cyclops es su largo ciclo de vida, frecuentemente son univoltines. Por esta razón, es posible que en Cuéntar no hallan alcanzado frecuencias y densidades mayores en las fechas que se efectuaron los muestreos.

Sería el organísmo del zooplancton que estaría más arriba en la cadena trófica del plancton ya que a menudo son carnívoros (Margalef, 1974). Por otro lado se encuentran controlados por la población piscícola ya que son presa de ella (Arrignon, 1979).

4.3.2. Rotiferos (Rotatoria, Rotifera)

Los rotíferos presentan una especial importancia en algunas épocas del año en Quéntar, no sólo por el alto número de individuos presente, sino también por el alto porcentaje que alcanzan en algunas fechas en la biomasa zooplanctónica. Son relevantes por su mayor representatividad Polyarthra vulgaris Carlin y Trichocerca similis Wierzepki. Después hay representantes de otros géneros y especies con una presencia más bien ocasional y poco definida en el espacio y el tiempo por ser algunos ticoplanctónicos ó meroplanctónicos y en otros casos por no lograr formar poblaciones abundantes.

4.3.2.1. Polyarthra vulgaris Carlin, 1943

La taxonomía del género Polyarthra tradicionalmente ha sido dificultosa (Hutchinson, 1966, pág. 518 y 541) por la presencia de formas intermedias y la variabilidad ó ciclomorfósis anual que ocurre. El trabajo de Ruttner-Kolisko (1974) sobre rotíferos planctónicos ha aclarado algo más la situación de la especie dentro del género.

La especie presente en Quéntar tenía 119,5 µ de largo y 81,9 u de ancho como dimensiones medias de más de 200 individuos de diferentes fechas y profundidades de muestreo. Además tenía un par de apéndices alados ventrales y normal-

mente ocho núcleos en el vitellarium. La razón ancho/largo de las alas era de aproximadamente 1/5, mientras la razón largo de alas y largo de cuerpo era de 1/1 a 1,1/1.

Estas características corresponden a los descritos por Ruttner-Kolisko (1974) para la especie, además de mencionar que es euritérmica de aguas ricas en oxígeno lo cual estaría de acorde con el habitat que ofrece Quentar.

La distribución espacio-temporal nos muestra una preferencia por las condiciones invernales y primaverales, alcanzando las máximas densidades el 6 de Enero de 1979 con 489.000 indiv/m^3, aunque el máximo poblacional para la columna de agua de 1 m^2 es el 16 de Diciembre de 1978 (fig. nº 75-A).

Durante las fechas de fines de primavera y verano desaparece la especie de la comunidad ó llega a niveles inferiores al detectable en las muestras de 8 l. de agua. También se observa que en los períodos de mayor abundancia en la superficie la distribución vertical llega a mayor profundidad (figura nº 75-B).

La figura nº 76 nos muestra la distribución anual, en la columna de agua de 1 m^2, de hembras portando huevos, huevos amícticos y huevos mícticos. Se observa que P.vulgaris

Figura nº 75

Variación espacio-temporal de Polyarthra vulgaris.

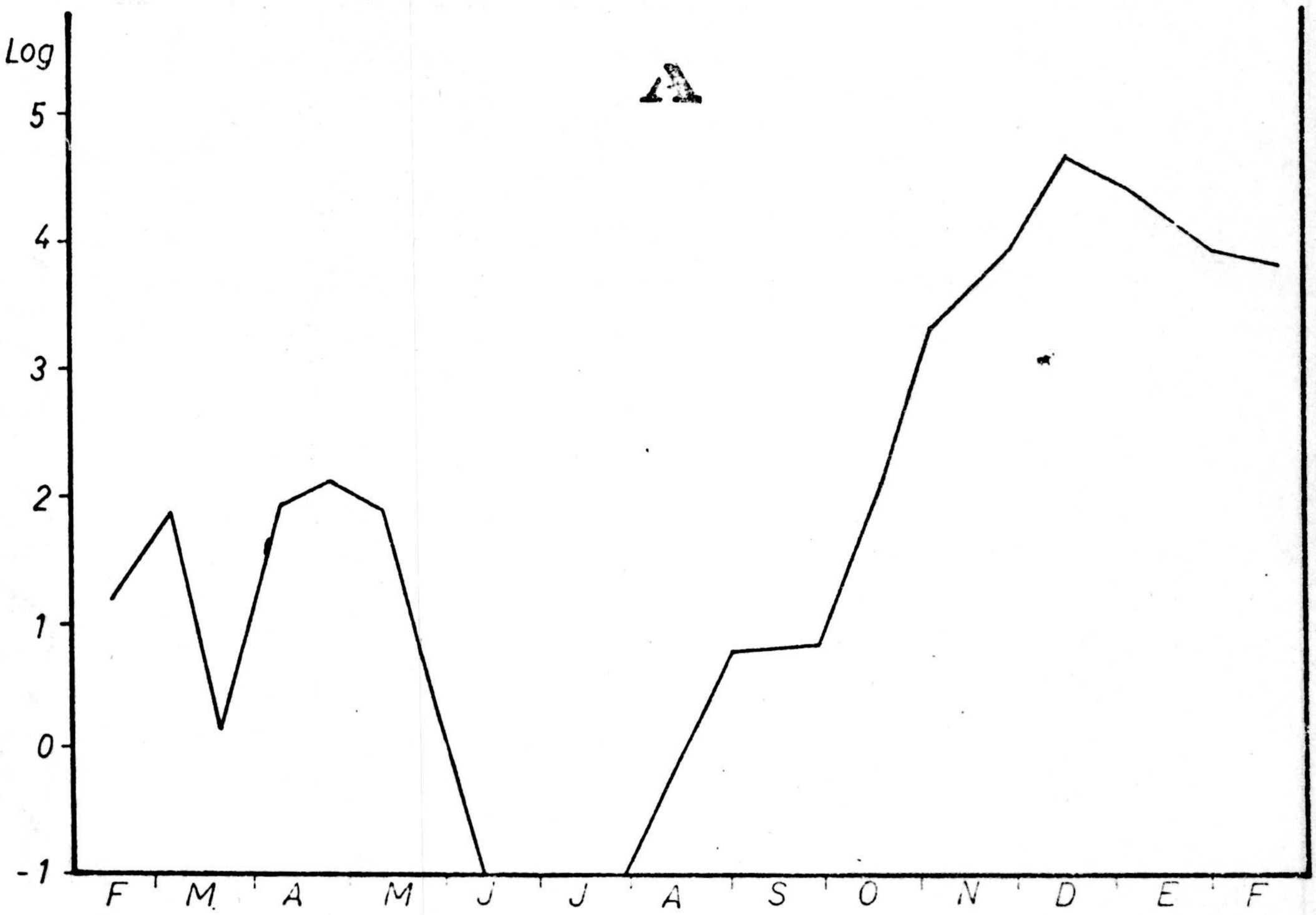
A. Variación temporal (log_{10} nº indiv/m^2)

B. Isolíneas del nº indiv/m^3

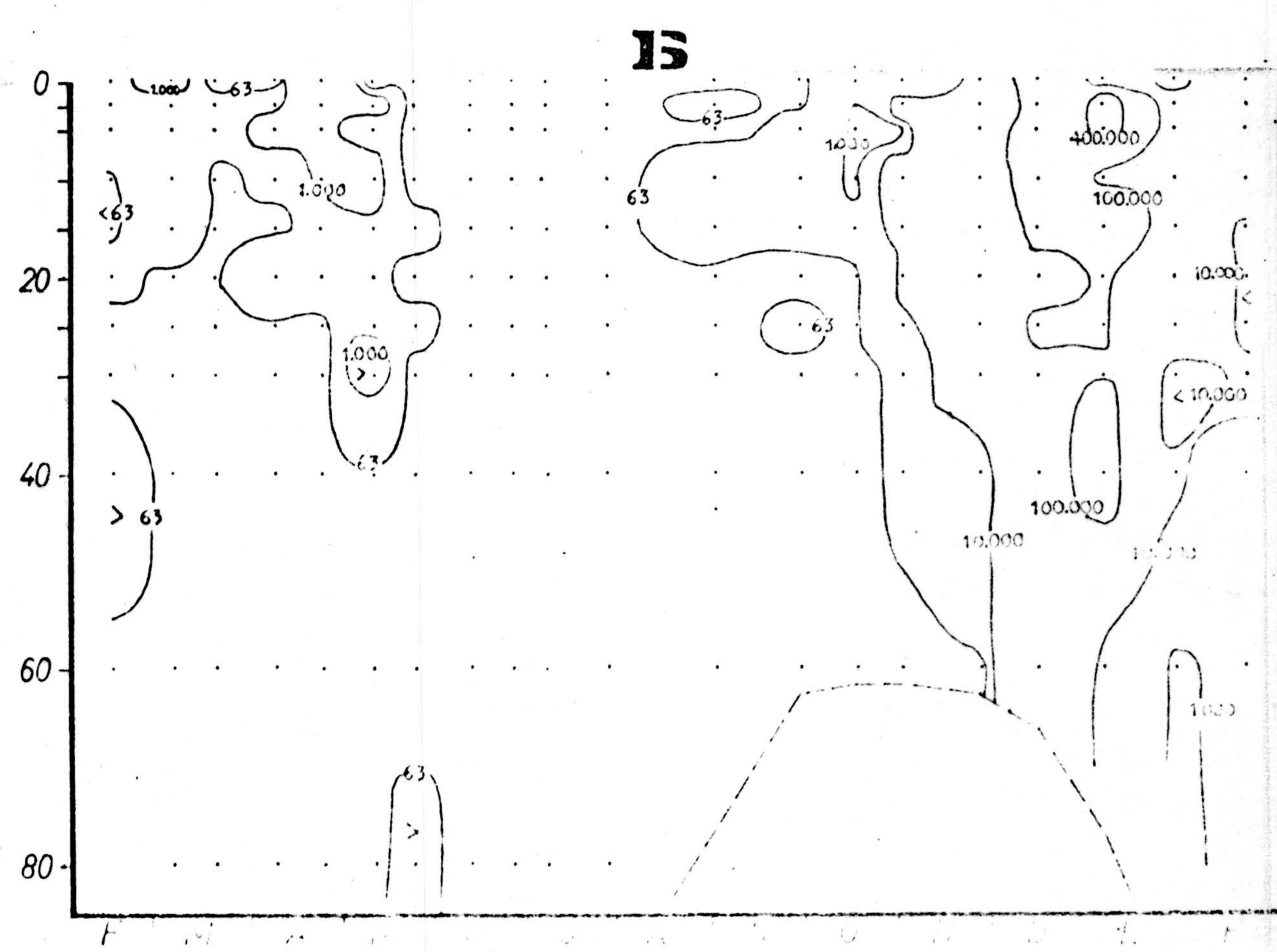
Figura nº 76

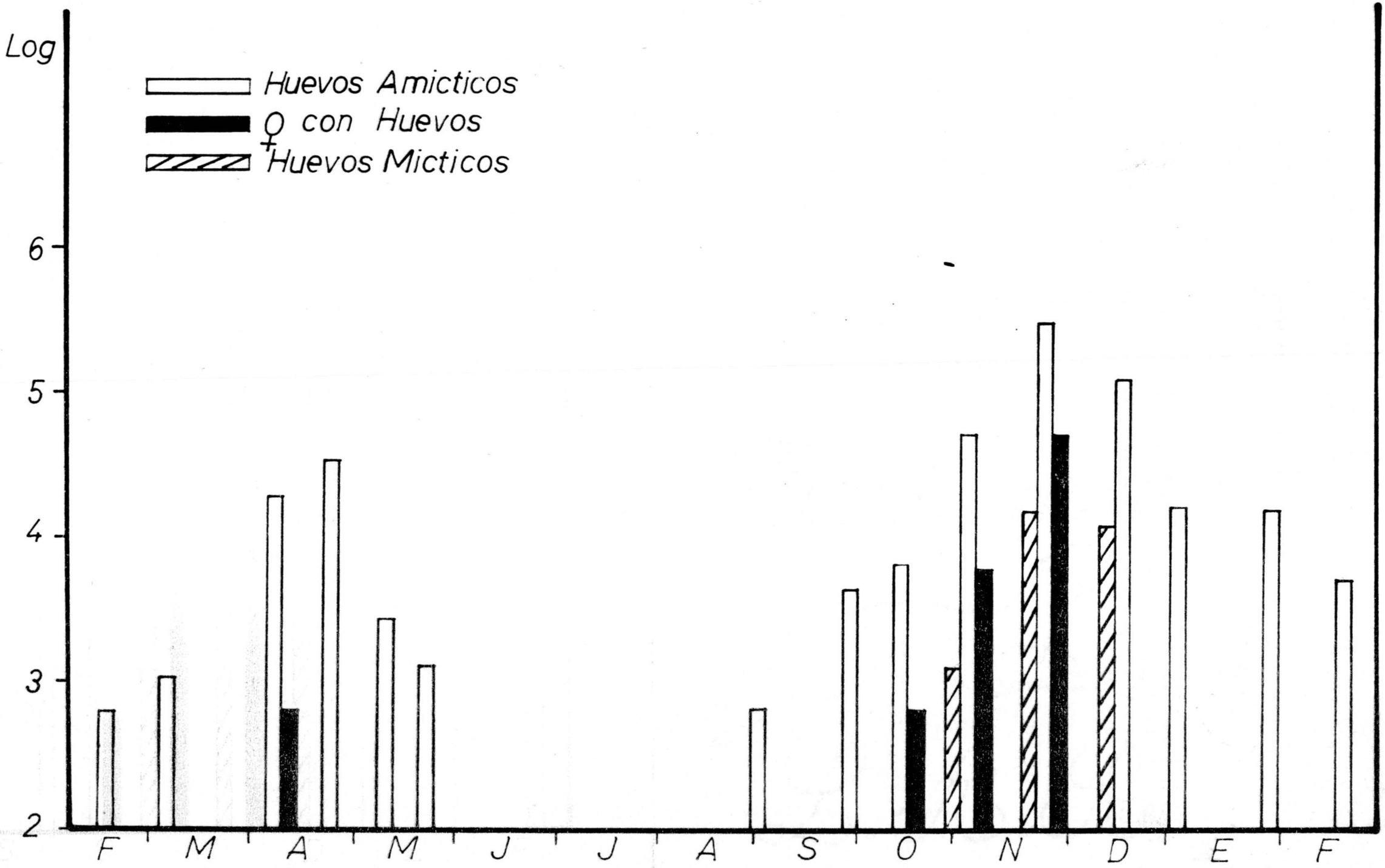
Variación temporal de hembras con huevos, huevos amícticos y huevos mícticos (cf) en Polyarthra vulgaris (log_{10} nº/m^2)

A


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

B


0
20
40
60
80
1000
63
1.000
<63
1.000
>
63
> 63
63
63
1.000
400.000
100.000
10.000
<
63
< 10.000
100.000
10.000
63
>
F


Log
Huevos Amicticos
♀ con Huevos
Huevos Micticos
6
5
4
3
2
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

presentaría dos períodos de fuerte reproducción asexuada, uno en primavera y otro en otoño-invierno, y ocurriría a su vez una reproducción sexuada a niveles detectables sólo durante el fuerte crecimiento poblacional de otoño e invierno. Puede ser que en el primer crecimiento de primavera también exista reproducción sexuada en un porcentaje mínimo de la población, pero esto no fue detectado en los muestreos, por lo que no se puede asegurar con firmeza que P.vulgaris tenga un comportamiento monocíclico ó dicíclico respecto a los cambios en su modo de reproducción durante el ciclo anual en Quentar.

El proceso por el cual la población pasa de una reproducción partenogenética a reproducción sexuada ha interesado a los zoologos por largo tiempo. Se pensaba formalmente que un rítmo interno inducía a la aparición de hembras mícticas después de un cierto número de generaciones asexuadas, pero esta teoria dejó de tener importancia desde el momento en que se demostró, en ensayos de laboratorio, que se podía inducir la reproducción sexuada cambiando ciertos factores externos tales como: temperatura, aporte de alimentos, pH, condiciones químicas ó restricción del espacio (Ruttner-Kolisko, 1974). Se ha mostrado, por ejemplo que un cambio de temperatura de 18 ºC a 6 ºC por sólo dos horas a una población de Brachionus rubens provoca una reproducción míctica a l[illegible] 28 horas, llegando la población a tener más

de un 50% de hembras mícticas a las 44 horas de producido el cambio de temperatura (Ruttner-Kolisko, 1964). Esto también da una idea de la rapidez con que pueden ocurrir los período sexuales en los rotíferos.

También se ha mencionado una amplia variación de comportamiento con respecto a los factores ambientales ó estaciones dentro de una especie, lo cual demuestra King (1972) al estudiar poblaciones naturales de Euchlanis dilatata colectadas en diferentes épocas del año.

Miracle (1977) menciona al polimorfísmo genético sucesional como una estrategia de los rotíferos para prolongarse en el tiempo durante la sucesión estacional y menciona que los datos de Rey y Caphlancq (1975) respecto a P.vulgaris corresponderían a esta situación.

Horkan y colaboradores (1977) mencionan que el rango de temperatura que permite la supervivencia de adultos de P.vulgaris es de 0 ºC a 26,6 ºC y que el máximo poblacional es a 21 ºC en muestras obtenidas del lago Wabamun (Alberta, Canada). En Quéntar, se puede deducir que la disminución de la población de verano detectada en P.vulgaris no está causada por los contínuos cambios térmicos sino fundamentalmente por la escasez de alimento. Esto se relaciona con los datos de visibilidad, que demuestran una máxima transparencia en

verano y una mínima en los meses de invierno, justamente cuando se produce el máximo poblacional de P.vulgaris. Edmondson (1946) ya mencionaba la importancia de la calidad y abundancia del alimento para que existan altas tasas de reproducción en rotíferos. P.vulgaris se alimenta fundamentalmente de las pequeñas partículas vivas y muertas de seston que son más abundantes cuando el agua se encuentra en agitación y el embalse está en período de mezcla. Edmonson (1965) encuentra un coeficiente de correlación múltiple de 0,756 entre P.vulgaris y Cryptomonas lo que indicaría que esta última especie sería una importante parte de su dieta y señala que podría alimentarse de partículas de hasta 15 a 20 µ y aún de 35 µ. Sin embargo Pourriot (1965) señala que la preferencia por Cryptomonas dentro del género Polyarthra estaría limitada a sólo P.dolichoptera, lo que estaría en contradicción con lo dicho por Edmondson (1965).

En el presente estudio se encontró una correlación positiva de r = 0,380 entre Cryptomonas erosa y P.vulgaris. También fue positiva con Rhodomonas minuta var.nannoplanctica (r = 0,390). Ambas correlaciones son significativas al 0,01%.

La distribución temporal de P.vulgaris en Quéntar está de acuerdo con los estudios de Pejler (1957), quien señala que los máximos poblacionales son a fines de primavera y comienzos de verano con temperaturas de 15 a 20 ºC y

que también ocurren máximos en otoño con 5 a 10 ºC de temperatura. Buikema et al (1978) en la laguna Pandapapas (Virginia, Estados Unidos) encuentra una distribución temporal muy similar a la señalada en Quéntar, un máximo poblacional en primavera y otro mayor a fines de otoño e invierno.

4.3.2.2. Trichocerca similis Wierzepki, 1893

Posible sinonimia con T.birostris Minkiviecz, según Ruttner-Kolisko (1974), pero se diferenciarían bastante en tamaño ambas formas, mientras T.similis mediría 120 a 200 µ, T.birostris mediría 205 a 275 u según otros autores (Voigt, 1978; Pejler, 1957). La especie presente en Quéntar medía 158 µ de largo del cuerpo, por lo tanto correspondería a T.similis propiamente. Además presentaba las siguientes características taxonómicas para una media de sesenta ejemplares de diferentes muestras fijadas con formol 3%,: razón largo/ancho del cuerpo 2,9/1, dos dientes sobre el margen anterior, dedos posteriores de igual largo, lomo dorsal ausente y diente izquierdo con una longitud inferior a la mitad del cuerpo.

Se detectaron muchos huevos de T.similis flotando libremente en el agua. No existía la posibilidad de que los huevos los adosaran a otro rotífero ó alga filamentosa, porque no habían en el plancton en esa época del año. Esta

práctica de depositar los huevos en otros organísmos es bastante común para el género y para esta especie de acuerdo con Wesenberg-Lund (1930) y Ruttner-Kolisko (1974). Huevos con doble capa, similares en dimensiones a los amícticos, con una doble membrana exterior y color opaco, se consideraron como huevos mícticos, aunque el aspecto era algo diferente al descrito por Voigt y Koste (1978).

La distribución espacio-temporal se encuentra expuesta en la figura nº 77. El máximo poblacional se detecta a comienzos del verano (28 de Julio de 1978) manteniéndose una densidad elevada durante el período de estratificación.

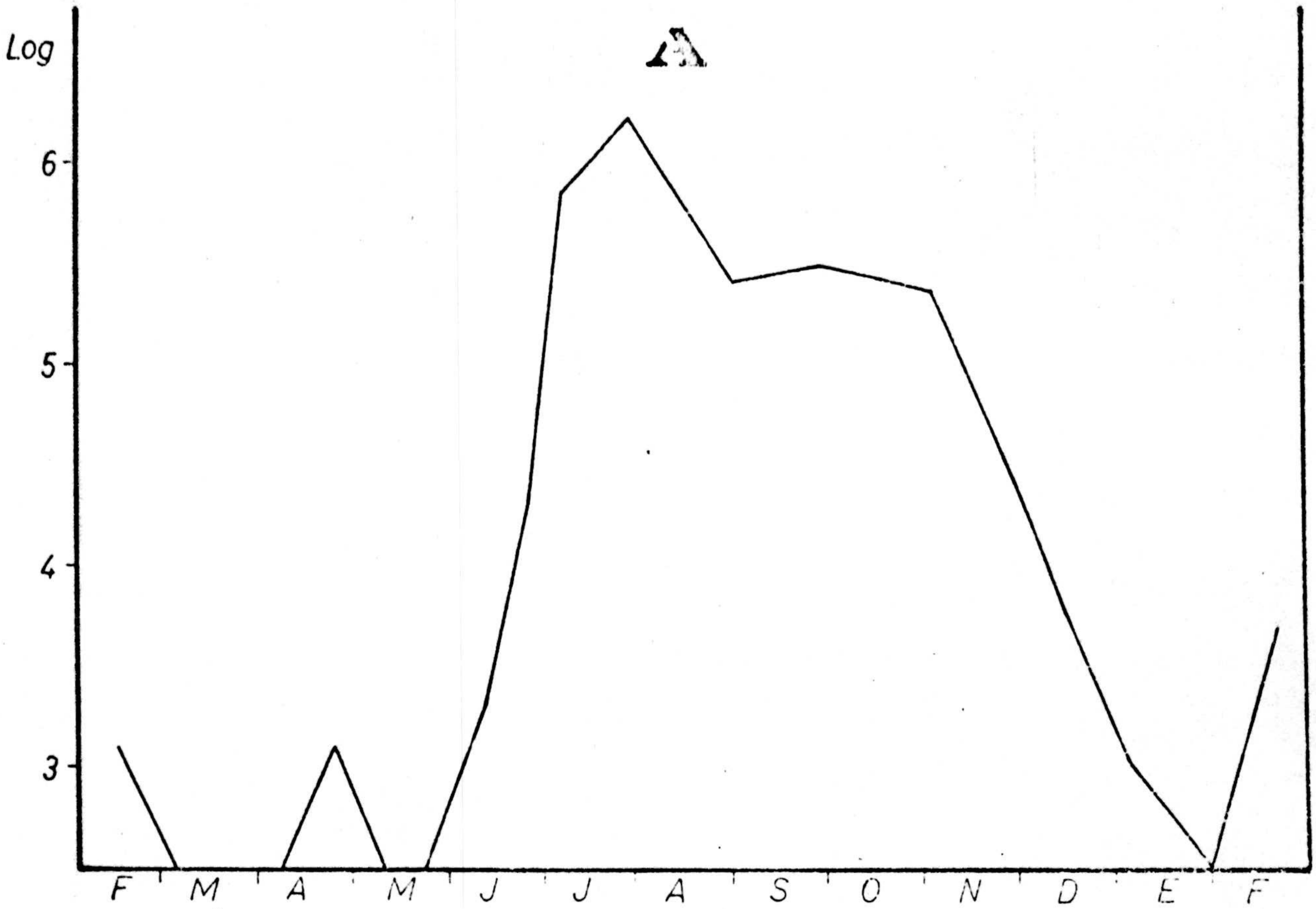
El modo de alimentación de varias especies del género Trichocerca se ha considerado como altamente especializado (Ruttner-Kolisko, 1974; Dumont, 1977). Se han descrito los casos de T.capucina que succiona huevos de Keratella quadrata y otros rotíferos limnéticos (Rudlin, 1949, 1950). También sucedería lo mismo con T. pusilla y T. stylata (Pourriot, 1970). Otras especies herbívoras serían especializadas en succionar cierto tipo de algas tal como lo señala Pourriot (1970).

Figura nº 77

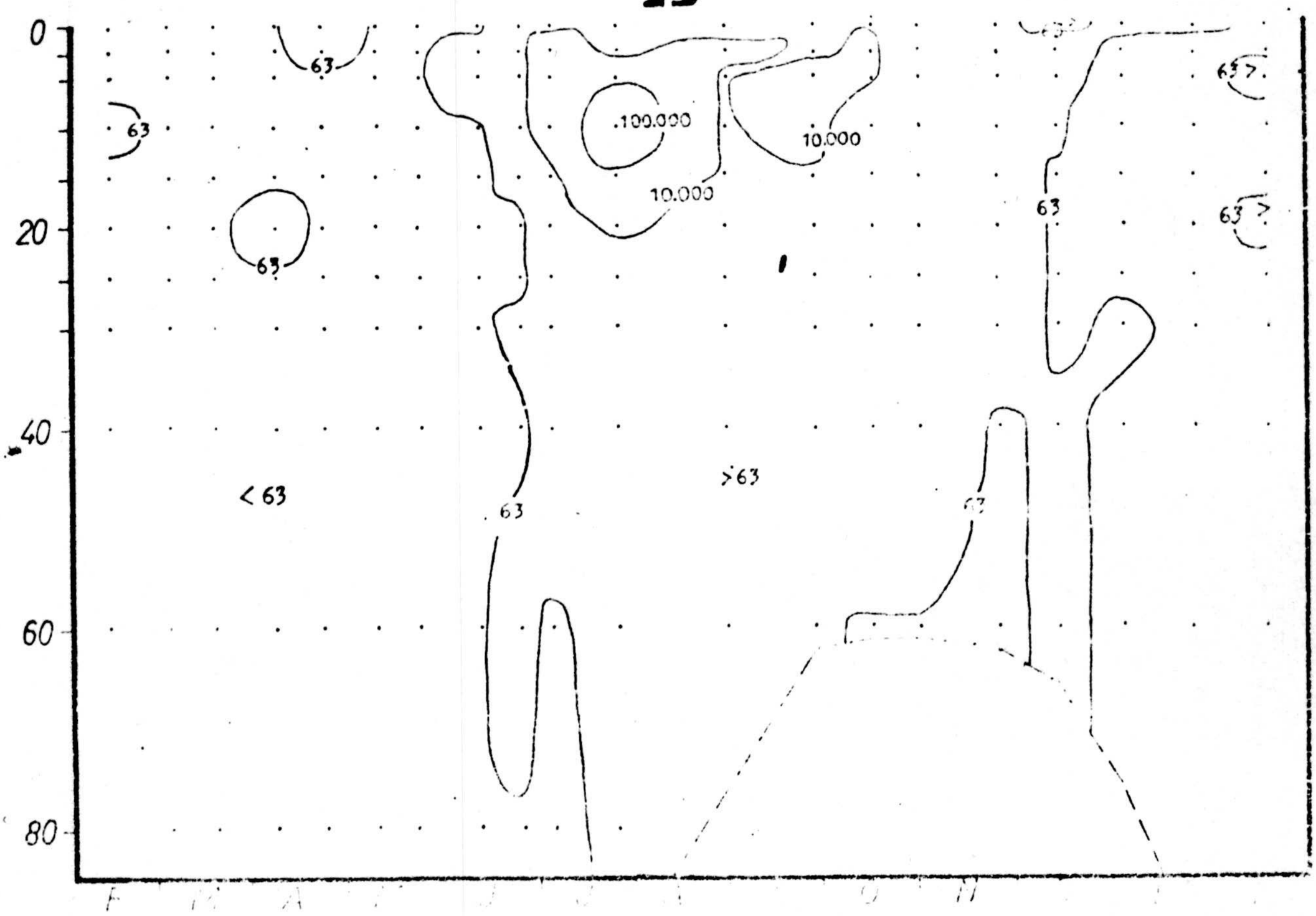
Variación espacio-temporal de Trichocerca similis.

A. Variación temporal (log_{10} nº indiv/m^2)

B. Isolíneas del nº indiv/m^3


Log
6
5
4
3
F
M
A
M
J
J
A
S
O
N
D
E
F

15


0
20
40
60
80
63
100.000
10.000
10.000
63
63
63
63
63
63
< 63
> 63

Respecto a T.similis que es la especie presente en Quéntar, sólo se puede deducir que su presencia temporal está relacionada con las algas que se desarrollan en ésa época fundamentalmente cloroficeas, crisoficeas y dinoficeas. Especies de estos grupos aumentan sensiblemente su participación en los meses de verano y otoño, puede que exista consumo de algunas de estas especies.

Algunas correlaciones más significativas obtenidas con las densidades de otros organísmos planctónicos encontrados en los muestreos ($n = 200$; $P_{0,01} = 0,181$) son las siguientes: con Ceratium hirundella, $r = 0,569$; con Ceriodaphnia reticulata, $r = 0,553$; con Chodatella quadriseta, $r = 0,479$; con Dinobryon divergens, $r = 0,387$; con Gymnodinium sp, $r = 0,396$; con Oocystis lacustris, $r = 0,381$ y con Nematoda, $r = -0,240$.

4.3.2.3. Otros rotíferos ocasionales

Filinia terminalis Plate, 1886

La especie del género Filinia presente en Quéntar corresponde a F.terminalis ya que posee las siguientes características morfológicas: 1º, relación largo sedas saltadoras/seda caudal = 1,2; 2º, distancia entre la inserción de la seda caudal y el final del cuerpo inferior a 15 u, normalmente entre 3 y 6 µ. También las sedas se presentaban sin espinas al observarlas al microscopio óptico con aumento de 600 veces. Esta última característica morfológica, al igual que las dos anteriores nombradas serviría para separar a F.longiseta de F.terminalis según Ruttner-Kolisko (1974). Pero Miracle (1976) señala, basándose en observaciones al microscopio electrónico, que ambas formas del grupo longiseta-terminalis dentro del género Filinia poseen espinitas ó espículas en los apéndices.

En Quéntar F.terminalis se detectó sólo en siete muestras en diferentes fechas del año. En las muestras de verano del 7 y 28 de Julio se encontraba a 80 m de profundidad, lo cual estaría de acuerdo con la definición de sus preferencias ambientales efectuadas por varios autores (Pejler, 1957; Pourriot, 1965; Ruttner-Kolisko, 1974), en el sentido de que sería estenotérmica de aguas frías, con preferencia

por el hipolimnion de los lagos estratificados con temperaturas inferiores a 15 ºC en verano, y en invierno se puede encontrar en la superficie. Las densidades que presentaban en las muestras fue bajísima, un individuo por 8 l, mientras el tamaño del cuerpo medido fue de 135,7 a 174 µ para el largo y 80 a 90 µ para el ancho del cuerpo. Se observó también una hembra portando un huevo y este último medía 69,6 µ L x 57 µ l.

Lecane (Monostyla) Nitzsch., 1832

Algunos autores han considerado a Monostyla como un género diferente a Lecane, pero las últimas monografías de rotíferos (Voigt y Koste, 1978; Ruttner-Kolisko, 1974) consideran a Monostyla como una sección del género Lecane que agrupa a las formas que poseen los dos dedos del pie fundidos como si formaran un sólo apéndice.

En Quéntar sólo se detectaron individuos de este género en la abundancia mínima (uno por 8 l.) en muestras de 5 a 15 m durante Abril de 1978 (tabla nº 26).

Es posible que su presencia sea sólo ocasional en el plancton pelágico, ya que este género es típico de las zonas litorales y bentónicas (Ruttner-Kolosko, 1974).

Keratella Bory, 1824

De muy escasa presencia en las aguas de Quéntar, sólo se detectaron en cuatro ocasiones ejemplares de este género (tabla nº 26). Los ejemplares detectados correspondían a K.cochlearis Gosse, 1851 y a la forma tecta dentro de esta especie. Los individuos observados el 18 de Febrero de 1978 a 2 m eran del grupo quadrata dentro del género.

Brachionus Pallas, 1776

Otro rotífero de presencia ocasional, aunque el género es típicamente planctónico. Sólo se encontró en dos muestras (11 de Abril a 5 m y 7 de Julio a 40 m).

Trichotria Bory, 1827

Género de la zona litoral y que se encontraría casualmente en la zona central del embalse. Sólo se detecta en una muestra de 0 m el 29 de Enero de 1979 en la densidad mínima.

Euchlanis Ehrenberg, 1832

Género también típico de la zona litoral y que es detectado a veces en los embalses españoles. Por ejemplo, Euchlanis gr. dilatata es mencionado por Guiset (1976) en una lista de rotíferos del orden Monogonta. No se pudo precisar si esta era la especie en los ejemplares examinados, a pesar de ser bastante común y cosmopolita en su distribución (Ruttner-Kolisko, 1974).

4.3.3. Nematodos (Nematoda)

A pesar de que el método de muestreo por el tamaño del poro de los filtros no era el más adecuado para estudiar la distribución espacio-temporal de los individuos de este grupo, los resultados obtenidos alcanzan a reflejar un "pattern" de distribución (figura nº 78).

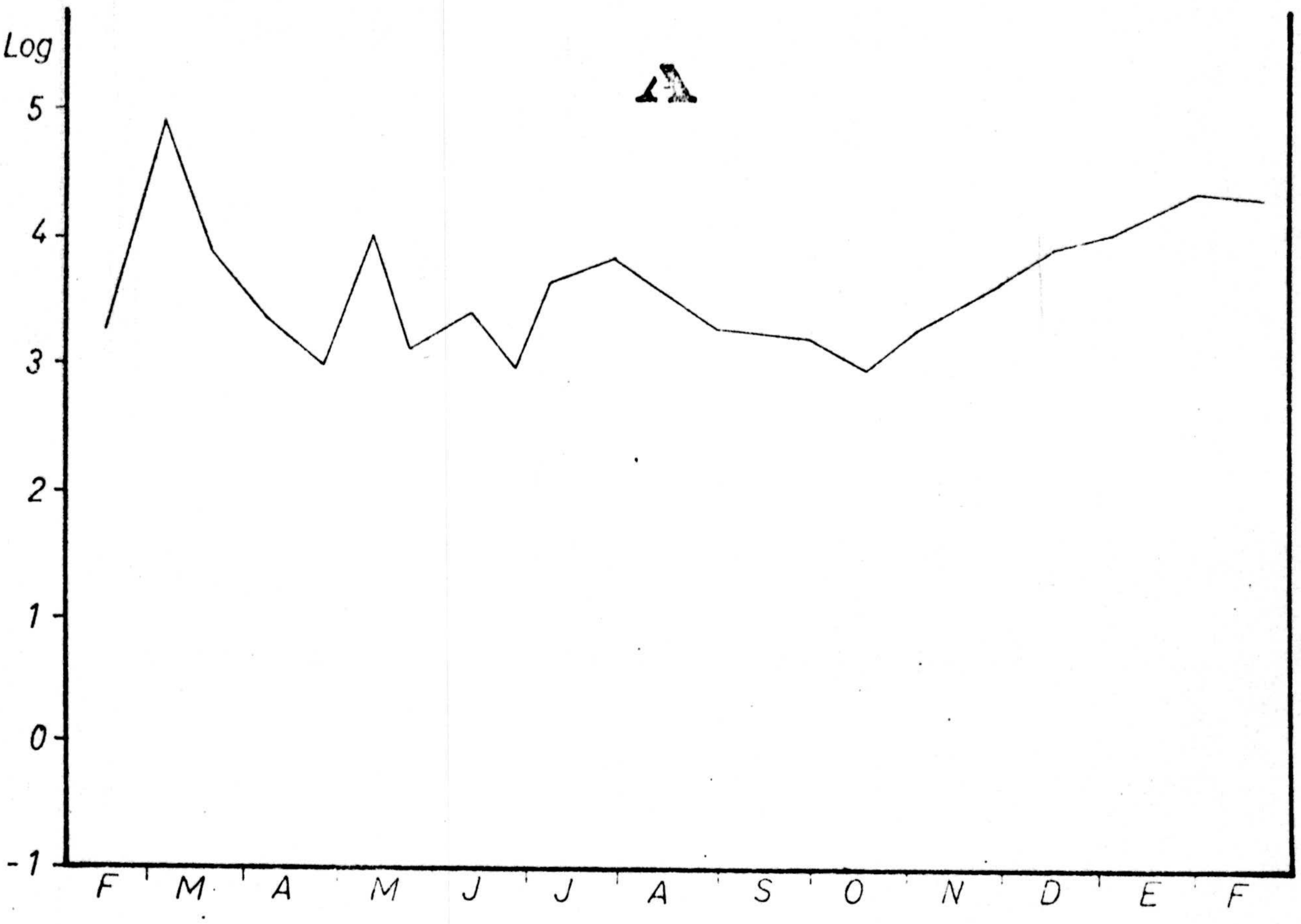
El carácter intermedio entre lago y río que presentan los embalses, la morfología de la cubeta del embalse de Quéntar y especialmente el hecho de encontrarse en el período de colonización inicial ó de transición entre el habitat terrestre anterior y el acuático actual, pueden ser las causas de la notable abundancia y frecuencia en muestras planctónicas que presentaron los nematodos durante el ciclo anual.

Figura nº 78

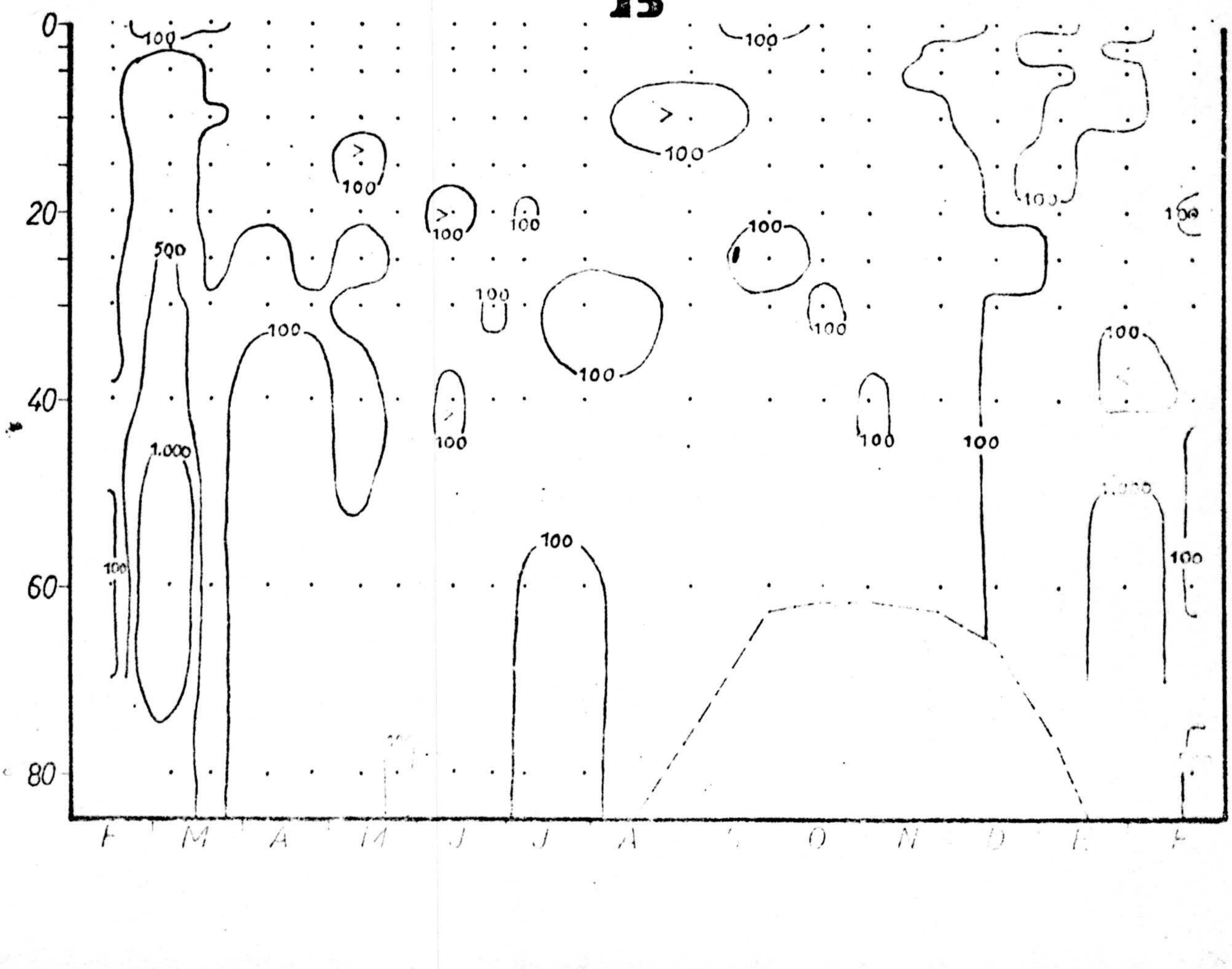
Variación espacio-temporal de Nematoda.

A. Variación temporal (log_{10} nº indiv/m^2)

B. Isolíneas del nº indiv/m^3


Log
5
4
3
2
1
0
-1
F M A M J J A S O N D E F

15


0
20
40
60
80
100
500
1.000
F M A M J J A S O N D E F

Son varias las especies de nematodos dulceacuícolas. Margalef(1955) señala, en una clave del grupo, a once géneros que serían más comunes en las aguas continentales. Además son muchas las especies que son propias del suelo que pueden encontrarse accidentalmente en ecosistemas acuáticos.

Debido a la dificultad que existe para identificar las especies de nematodos sin efectuar preparaciones especiales, no pudo efectuarse recuentos cuantitativos en todas las muestras que permitieran separar las abundancias relativas que presentarían los diferentes géneros ó especies. Además, según Jimenez Millán (comunicación personal), la mayoría de los individuos se encontraban en estado larvario. Es posible que las fases reproductivas intensas no ocurran en el ambiente planctónico, sino en las zonas más propias de un endobentos litoral ó profundo.

En muestras cualitativas de arrastres verticales y horizontales con red cónica, obtenidos en Enero y Febrero de 1979, se pudo determinar que algunos organismos adultos pertenecían al género Plectus y las larvas a Afepencoideos.

La distribución espacio-temporal indica una mayor frecuencia y densidad en las épocas en que el embalse se encuentra en período de mezcla ó levemente estratificado como es el caso de los meses de invierno y primavera temprana.

Otro aspecto destacable es la permanencia de estos organísmos incluso durante el período de estratificación, en el que se encuentran algunos individuos aislados en diferentes profundidades de muestreo.

El tamaño medio de los individuos presentes en las muestras cuantitativas para todas las fechas del estudio fue de 14 μ de diametro y 223,1 μ de largo.

4.3.4. Ciliatea

Los protozoos ciliados encontrados en las muestras del zooplancton (8 1) tienen una presencia ocasional y escasa, lo cual es lógico se pensamos que el método utilizado para cuantificarlos no es el más idóneo para el estudio de los ciliados, ya sea porque pueden escapar facilmente por el tamaño del poro de filtros como por la deformación que sufren con el formol. En todo caso, a modo informativo se pueden considerar los datos obtenidos si suponemos que el error fue uniforme en todos los muestreos.

Por las características del agua del embalse, que podemos considerar que fueron más cercanas a la oligotrofia durante el estudio, las condiciones no son propicias para que existan poblaciones abundantes de ciliados.

Stentor sp y Vorticella sp fueron los protozoos identificados que se presentaban más corrientemente en las muestras (tabla nº 26). Ambas son libres y cosmopolitas en las aguas dulces (Bick, 1972). Su presencia es corriente en aguas oligo ó mesosaprobias (Sládeček, 1973). Stentor sp tiene una presencia más frecuente y abundante en las muestras del período de estratificación y comienzos del invierno.

4.3.5. Estimación de biomasa del zooplancton

En la tabla nº 28 se exponen resumidamente los métodos, referencias y resultado obtenidos en las estimaciones de la biomasa por individuo efectuadas con las principales especies del zooplancton.

En los rotíferos es más difícil utilizar un método de determinación directa de la biomasa a travéz de una relación tamaño-peso, debido al pequeño tamaño de los organísmos. Por esta razón ha sido usual el cálculo de biovolumenes para estimar la biomasa de la población (Sebestyén, 1958; Nauwerk, 1963; Gophem 1971). Con esta base, Ruttner-Kolisko (1977) presentó un útil trabajo donde propone fórmulas para calcular los biovolumenes de las especies más comunes de rotíferos utilizando las medidas lineares obtenidas con la observación micrométrica. En Polyarthra vulgaris y Trichocerca similis se efectuó la estimación considerando las sugestio-

TABLA Nº 28 . Resultados de la estimación de la biomasa de las especies ó grupos principales del zooplancton.

Especie ó grupo	Método de Cálculo	Referencia	Resultados
Daphnia longispina (1)(2)	Peso Seco(mg)=0,0031 $L^{3,56}$ (mm)	Rey y Capblancq(1975)	Ver Tabla Nº
Ceriodaphnia reticulata (2)	Peso en estufa a 60 ℃ por 24 horas de 400 individuos	Varios autores lo han usado en crustáceos	0,0003 mgPesoS.
Polyarthra vulgaris (3)	Biovolúmen=axbxc (μ^3) Apéndices =10% biovolúmen	Ruttner-Kolisko(1977)	430.063 μ^3
Trichocerca similis (3)	Biovolúmen=0,52 x ab^2 (μ^3) Apéndices =0,6% Biovolúmen x largo diente / largo cuerpo	Ruttner-Kolisko(1977)	
Nematodos (3)	Biovolúmen= πr^2 x L	Observación directa	34.336,2 μ^3

(1) Peso Seco= 10% Peso Húmedo de acuerdo con Rey y Capblancq (1975) y Winberg y colab. (1971). L es la talla de los organísmos en mm que fué medida en cada muestra.

(2) Peso Seco= 10% Peso Húmedo.

(3) Valor medio de 100 individuos. Se considera la densidad igual a 1 al pasar a mg de Peso Húmedo.

nes efectuadas por Ruttner-Kolisko (1977). Los otros rotíferos de presencia ocasional no fueron considerados en el cálculo de la biomasa.

En el caso de los nematodos se estimó el biovolumen ajustando la forma de los nematodos a un cilindro. El valor del radio se estimó calculando previamente el diámetro medio a lo largo del cuerpo de los individuos. De esta forma se obtuvo la biomasa por individuo que se multiplico por la abundancia obteniéndose la biomasa para cada profundidad y fecha del estudio.

En el caso de Ceriodaphnia reticulata se determinó directamente el peso seco de los individuos obtenidos en muestras cualitativas por medio de arrastre con red cónica. Se pesaron grupos de 400 individuos de todos los tamaños y se calculó el peso seco medio por individuo que fue multiplicado por la densidad existente en cada muestra.

La determinación de biomasa de Daphnia longispina se realizó de acuerdo a las relaciones talla-peso establecidas por Rey y Capblancq (1975) para esta especie. Es usual el cálculo de la biomasa en crustaceos en base a ecuaciones ó curvas que relacionan medidas morfológicas con el peso y, en general, no presentan diferencias significativas dentro de cada especie. Trabajos que efectúan estas relaciones en co-

pépodos y cladóceros son los de Berg (1936), Scherbakov (1952), Mordukai-Boltovskoy (1954), Edmondson (1955), Richman (1958), Pecem (1965), Klekowski y Sushkina (1966), Osmera (1966) y Rey y Capblancq (1975).

Rey y Capblancq (1975) detectan que la relación talla-peso para Daphnia longispina es:

$$W = 0,0031\ L^{3,56}$$

donde L son los mm de longitud y W los mg de peso seco. Además estos autores señalan que la relación peso seco/peso húmedo es 0,11. Por otro lado, Winberg y colaboradores (1971) señalan que el cociente peso seco/peso húmedo es 0,10.

Para el cálculo de la biomasa de Daphnia longispina se utilizaron los valores de largo de los individuos determinados en el presente estudio para todas las muestras y agrupadas en clases con un intervalo de 50 µ. Las clases según la talla de los individuos y el correspondiente valor de la biomasa, en mg de peso seco, se exponen en la tabla nº 27. El peso húmedo corresponde a diez veces el peso seco según lo anteriormente citado. Posteriormente se multiplicó el peso húmedo medio por muestra (ajustado a una de las clases de tamaño) por la abundancia y de esta manera el producto correspondió a la biomasa de D.longispina para cada muestra analizada.

TABLA Nº 27 . Clases según tamaño (mm) de los individuos de Daphnia longispina y peso seco que correspondió según la ecuación de Rey y Capblancq (1975).

Largo (mm)	Peso seco (mg)
0,5	0,00026
0,55	0,00037
0,60	0,00050
0,65	0,00067
0,70	0,00087
0,75	0,00113
0,80	0,00140
0,85	0,00174
0,90	0,00213
0,95	0,00258
1,00	0,00310
1,05	0,00369
1,10	0,00435
1,15	0,00509
1,20	0,00593
1,25	0,00686
1,30	0,00789
1,35	0,00902
1,40	0,01027
1,45	0,01163
1,50	0,01313
1,55	0,01476
1,60	0,01652
1,65	0,01843

4.3.6. Diversidad del zooplancton

La figura nº 79 nos señala la distribución espacio-temporal de la diversidad del zooplancton calculado según el índice de Shannon-Weaver usado en la teoría de la información ($H = - \sum pi \log_2 pi$)

Los valores de H (bits/individuo) obtenidos para el zooplancton, en general son bajos, pero están de acuerdo con la baja diversidad del fitoplancton y con el tipo de ecosistema estudiado si pensamos que el embalse está todavía en proceso de colonización inicial y además está sometido a fluctuaciones ambientales importantes debido a su explotación. También debe considerarse que los valores de diversidad están calculados sobre una muestra de 8 l. de agua, y no pueden ser homologados con cálculos de diversidad de rotíferos ó crustaceos que efectúan otros autores en estudios de los embalses españoles donde el inventario se basa en una recogida vertical con red (Guiset, 1976; Armengol, 1976).

Miracle (1976) encuentra frecuentemente en el zooplancton del lago de Banyoles valores dentro del rango de 1 a 2,5 bits/individuos para muestras de 16 l. de agua.

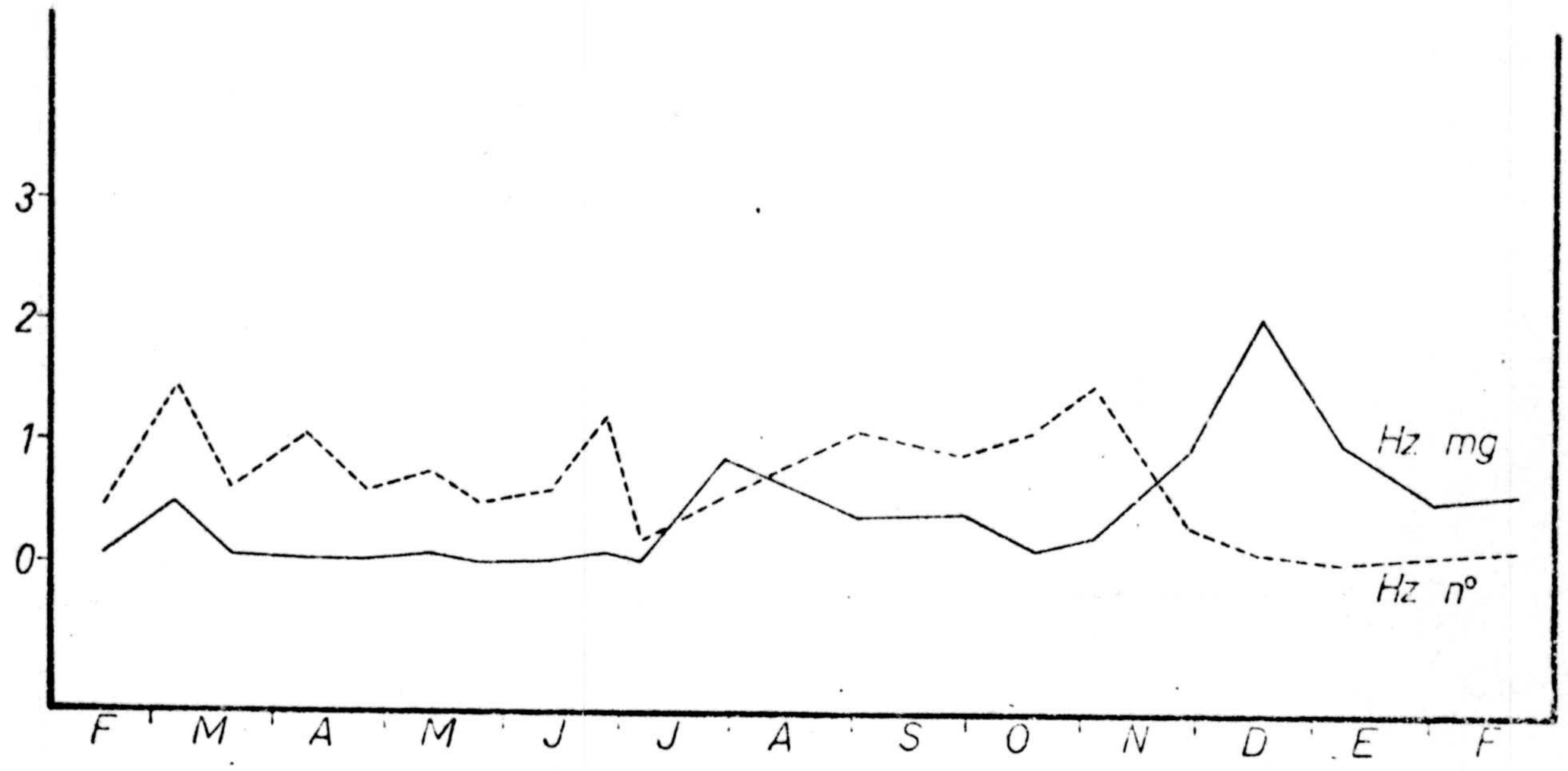
En Quéntar se observa una gran heterogeineidad espacio-temporal de la diversidad zooplanctónica. En general

Figura nº 79

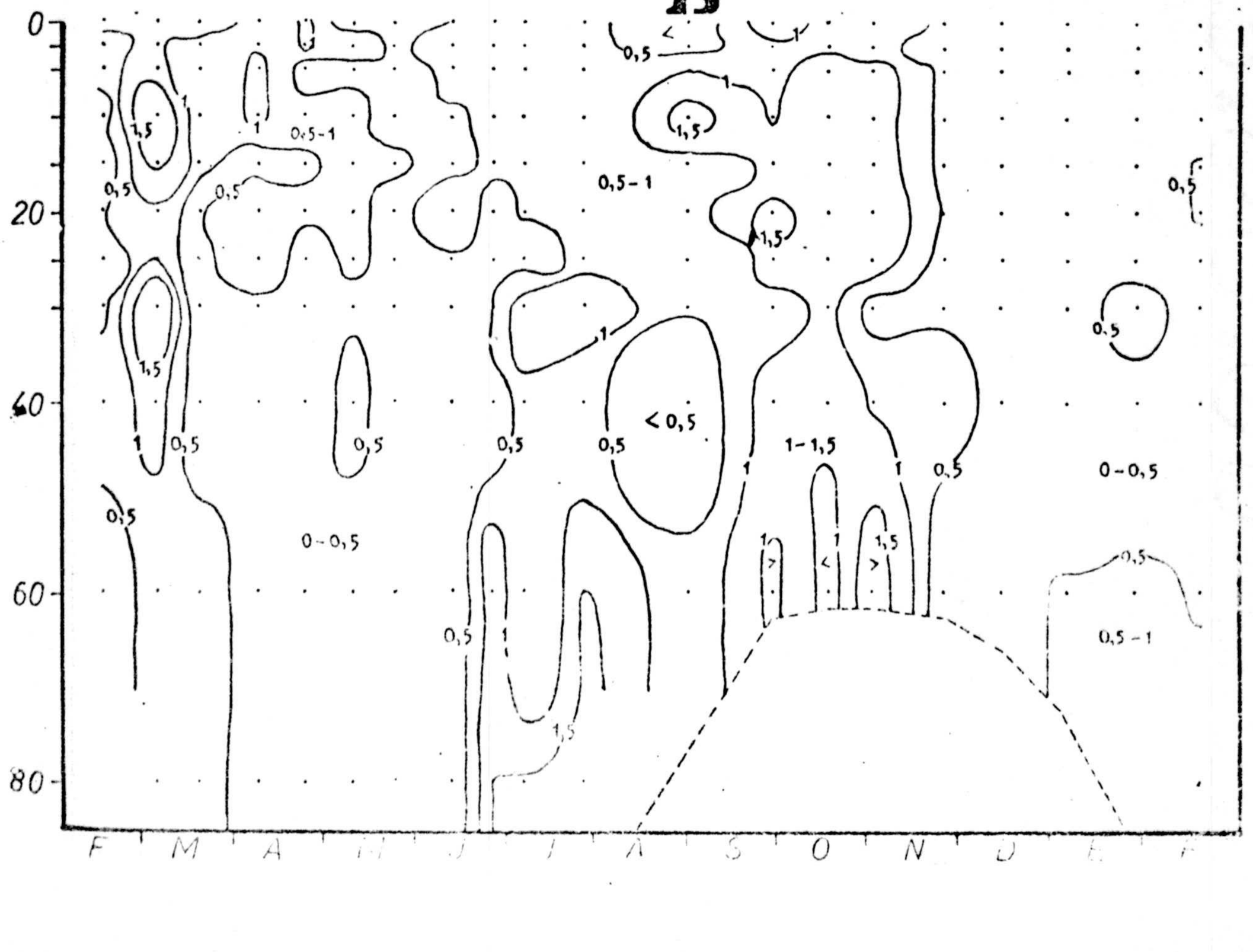
Variación espacio-temporal de la diversidad del zooplancton (bits/indiv).

A. Variación temporal considerando todas las muestras de la columna vertical. La línea contínua indica la diversidad estimada a partir de la biomasa. La línea discontínua indica la diversidad a partir del número de individuos.

B. Isolíneas de diversidad considerando el número de individuos.


3
2
1
0
Hz mg
Hz n°
F M A M J J A S O N D E F

B


0
20
60
80
0,5
1
1,5
0,5-1
< 0,5
1-1,5
0-0,5
F M A M J J A S O N D E F

predominan los valores bajos, inferiores a 1 bits/individuo, debido a la dominancia en número de Daphnia longispina, Trichocerca similis y Polyarthra vulgaris en las épocas del año que ocurren sus máximos poblacionales.

En algunas fechas de muestreo hay aumentos significativos de la diversidad y corresponden, por un lado, a períodos de transición entre los máximos poblacionales de las especies dominantes, y por otro lado, a la presencia de individuos de zonas litorales ó bentónicas durante las épocas de mayor agitación y turbulencia en el embalse. También se distingue un aumento durante el período de estratificación térmica más acentuada (Septiembre-Octubre) asemejándose a lo señalado en el fitoplancton, y correspondería a la afirmación de que la diversidad aumenta a medida que avanza el curso de la sucesión (Odum, 1972), considerando que la relativa estabilidad del período de estratificación de un embalse permita una dirección sucesional desde el período de mezcla invernal al período de estratificación estival. Esta sucesión se rompe al empezar nuevamente el embalsamiento y desaparecer la termoclina en otoño-invierno. Se observa claramente la línea que separa ambos períodos en Noviembre en la figura nº 79. En este sentido es diferente el comportamiento del índice de diversidad del zooplancton con respecto al del fitoplancton, cuando se rompe la termoclina, mientras H del zooplancton baja notablemente, H del fitoplancton mantiene sus

valorés ó los eleva.

Los aumentos locales que se distinguen en las profundidades máximas se deben a la escasa dominancia que logra el zooplancton mayoritario de las capas fóticas y a la presencia de algunos individuos de las especies de la zona bentónica.

Los resultados más significativos de las efectuadas entre la diversidad del zooplancton y algunas variables del estudio para 200 muestras se mencionan a continuación. Se obtuvieron coeficientes positivos significativos (P = 0,01) con temperatura (r = 0,188) y nº organismos del zooplancton (r = 0,312), Para un nivel de significación del 0,05 se correlacionó positivamente con nitrito (r = 0,168), dinoficeas (r = 0,156) y cloroficeas (r = 0,138). Negativamente H del zooplancton se correlacionó con silicato (r = -0,22), alcalinidad (r = -0,223) y bacterias (r = -0,165).

4.3.7. Consideraciones sobre la composición específica, diversidad, biomasa y sucesión del zooplancton.

Los taxones diferenciados en el estudio cuantitativo de 8 l de agua filtrada fueron diecinueve. De ellos hay un buen número que corresponden a formas propias de las zonas litorales ó bentónicas y que posiblemente son ticoplanctónicos en la zona pelágica.

Los rotíferos aportan el mayor número de especies (7) pero sólo dos: Polyarthra vulgaris y Trichocerca similis, tienen mayor importancia y se trata de las formas típicamente planctónicas. Los cladoceros siguen en importancia con cinco especies, siendo también dos las especies propias del plancton y con mayores abundancias Daphnia longispina y Ceriodaphnia reticulata. Los copépodos están escasamente representados en número de especies, presencia y abundancia. Sólo se detecta en una muestra del hipolimnion (60 m, 2 de Septiembre de 1978) una población abundante de Cyclops sp (tabla nº 26).

Las especies que dominan el plancton tienen en común su alto potencial de reproducción. Los cladoceros, y en especial del género Daphnia, son conocidos por ser crustaceos de vida corta y policíclicos. La composición del zooplancton muestra claramente el hecho de encontrarse el embalse en etapas iniciales, ya que no difiere su composición del zooplancton

que cabría esperar en una clarca ó laguna temporal.

La presencia de nematodos en un buen número de las muestras planctónicas confirman la situación transitoria que tiene un embalse en colonización ya que no es común encontrar en la zona pelágica y junto a un euplancton tal abundancia de nematodos. Indudablemente la morfología y fuerte pendiente de las paredes y fondo del reservorio favorecen una circulación del suelo y sedimentos del vaso durante los meses de invierno y primavera temprana. En todo caso esta presencia de nematodos está de acuerdo con la ocurrencia de diatomeas pennadas bentónicas en las muestras pelágicas.

El índice de diversidad del zooplancton basado en el número de individuos muestra valores muy bajos durante el estudio. Los valores extremos que alcanzó la diversidad fue de 0 a 2,45 bits/individuo, pero fueron más frecuentes los valores entre 0 y 1 bits/individuo. Estos valores bajos los presentan lagos muy eutróficos, situaciones climáticas rigurosas y ambientes inestables y fluctuantes (Margalef, 1974). Se observaron valores algo más altos el 6 de Marzo de 1979, lo cual se debe a que la abundancia de D.longispina baja algo en esta fecha y aumenta la de los nematodos y de P.vulgaris. Posteriormente la diversidad disminuye coincidiendo con el crecimiento poblacional de D.longispina en primavera. Al llegar el verano los valores también se mantienen bajos, en el ran-

go de 0,5 a 1 bits/individuo debido a la proliferación de Trichocerca similis. En otoño, hay un leve aumento de H, entre 1 y 1,5 bits/individuo, debido a la disminución de T.similis y aumento en el número de individuos en D.longispina y P.vulgaris. Posteriormente en el invierno de 1978-1979 nuevamente baja la diversidad del zooplancton (entre 0 y 0,5 bits/individuo) debido a la alta dominancia de P.vulgaris. Esta distribución anual de la diversidad hace que H del zooplancton se correlacione positivamente con la temperatura, dinoficeas y cloroficeas. En algunas fechas y especialmente durante la estratificación se observan en las profundidades máximas de 60 y 80 m aumentos en la diversidad debido a que no hay una dominancia de una población, sino que se encuentran individuos aislados provenientes de las poblaciones euplanctónicas y bentónicas. La zona entre las profundidades de muestreo de 40 y 60 m sería una región frontera entre las poblaciones epilimnéticas y las poblaciones que soportan las condiciones hipolimnéticas. También corresponde esta frontera, que se detecta más claramente durante la estratificación, por un aumento de la diversidad y con el establecimiento de una termoclina definida a fines de verano y otoño.

La relación especies-abundancia en la columna de agua, en tres fechas representativas del ciclo anual se exponen en la figura nº 80. Estas fechas son correspondientes a las mencionadas en el capítulo del fitoplancton; representan

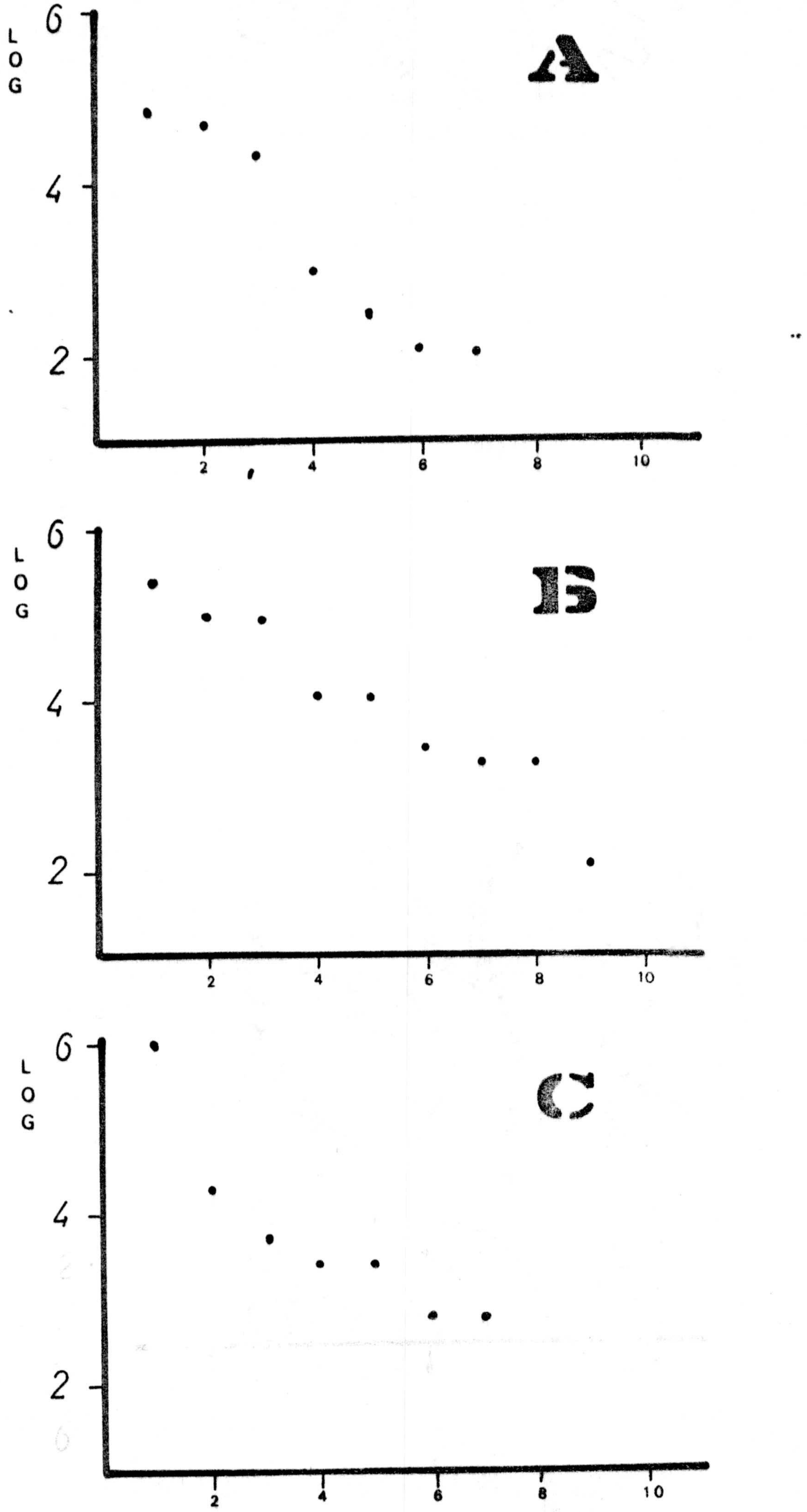
Figura nº 80

Relación entre la abundancia y el número de especies del zooplancton en diferentes épocas del año. En abscisas se expresa la abundancia en $\log_{10}$ y en ordenadas se señalan las especies por órden correlativo de importancia.

A. 6 de Marzo de 1978. (H = 1,1446;
J = 1,711; P = 0,555)

B. 2 de Septiembre de 1978. (H = 1,126;
J = 1,180; P = 0,378)

C. 20 de Febrero de 1979. (H = 0,197;
J = 0,233; P = 0,457)


A
LOG
6
4
2
2
4
6
8
10
B
LOG
6
4
2
2
4
6
8
10
C
LOG
6
4
2
2
4
6
8
10

el período de mezcla (6 de Marzo de 1978 y 20 de Febrero de 1979) y el período de estratificación (20 de Septiembre de 1978). Se puede observar que los puntos se ajustan a una línea recta, con pendiente más elevada en las fechas de mezcla (0,555 de pendiente para el 06/03/79 y 0,457 para el 20/02/79) en relación a la fecha del período de estratificación (0,378 de pendiente para el 02/09/78). Las rectas con mayor pendiente se asemejarían algo más a la típica distribución "serie geométrica", modelo descrito como típico de zonas de ambiente más intestable y riguroso.

La sucesión anual de los principales organismos del zooplancton se observa en la figura nº 80*, donde se representa la comparación (%) en número de individuos (A) y en la biomasa (B). Los datos correspondiente de la figura nº 80 se encuentran en las tablas nº 29 y nº 30.

Al contrario de lo que ocurre en el caso del fitoplancton en este caso la representación del número de individuos del zooplancton indica una mayor variabilidad en la composición centecimal de la comunidad a lo largo del año. Pero cuando se expresa la composición del zooplancton en términos de biomasa, se ve claramente que D.longispina se constituye en el principal organismo del zooplancton durante la mayor parte del ciclo anual. En general se observa que los rotiferos por su pequeño tamaño tienen más representanción cuando se expresan en % del número de individuos.

Figura nº 80*

Sucesión de los principales organismos del zooplancton durante el ciclo anual.

Porcentaje de la abundancia total en la columna.

A. Estimación a partir del nº de individuos

B. Estimación a partir de la biomasa.

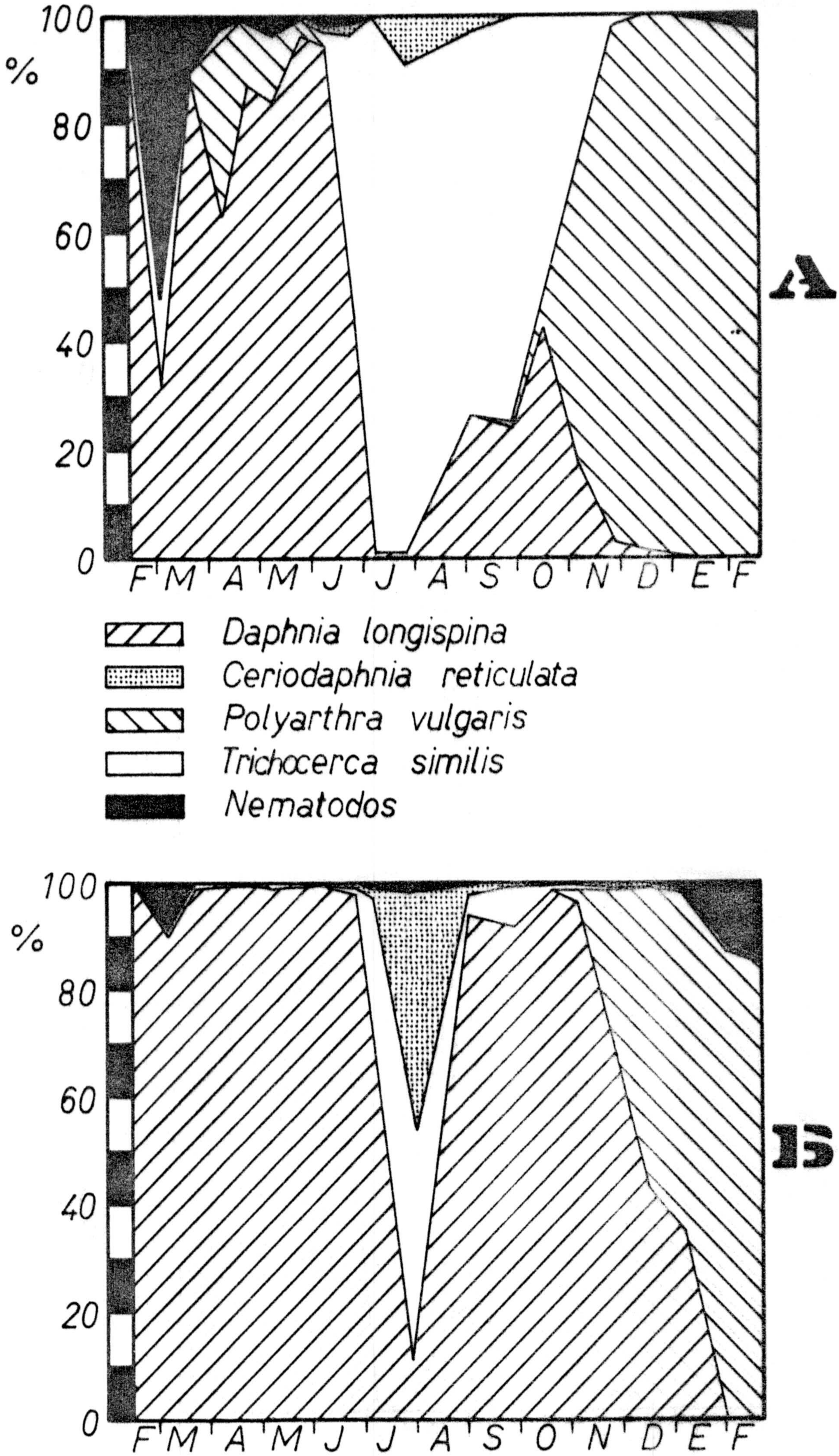

100
%
80
60
40
20
0
F M A M J J A S O N D E F
A
Daphnia longispina
Ceriodaphnia reticulata
Polyarthra vulgaris
Trichocerca similis
Nematodos
100
%
80
60
40
20
0
F M A M J J A S O N D E F
15

TABLA Nº 29. Distribución anual del número de individuos de los principales organismos del zooplancton (nº individuos/metro^2).

Fecha	Daphnia		Ceriodaphnia		Polyarthra		Trichocerca		Nematoda		Total	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
18/02/78	133.187	92,73	625	0,43	6.687	4,66	1.250	0,87	1.875	1,31	143.624	100
06/03/78	45.985	31,94	-	-	23.625	16,41	-	-	74.375	51,65	143.985	100
20/03/78	59.250	87,86	-	-	875	1,30	-	-	7.312	10,84	67.437	100
10/04/78	51.500	63,19	-	-	26.562	32,59	1.250	1,53	2.187	2,68	81.499	100
25/04/78	270.562	86,67	-	-	38.812	12,43	1.875	0,60	937	0,30	312.186	100
11/05/78	162.375	83,62	-	-	25.562	13,16	-	-	6.250	3,22	194.187	100
25/05/78	106.125	96,58	-	-	2.500	2,27	-	-	1.250	1,14	109.875	100
13/06/78	89.250	94,57	500	0,52	-	-	2.125	2,25	2.500	2,65	94,375	100
26/06/78	17.750	44,38	625	1,56	-	-	20.687	51,72	937	2,34	39.999	100
07/07/78	11.562	1,57	2.812	0,38	-	-	717.687	97,45	4.375	0,59	736.436	100
28/07/78	23.875	1,23	177.750	9,17	-	-	1.729.562	89,26	6.562	0,34	1.937.749	100
02/09/78	94.437	26,53	10.937	3,07	2.812	0,79	245.875	69,08	1.875	0,53	355.936	100
29/09/78	96.875	24,02	1.875	0,46	3.000	0,74	300.000	74,37	1.625	0,40	403.375	100
17/10/78	208.312	41,74	3.437	0,69	17.375	3,48	269.062	53,91	937	0,19	499.123	100
05/11/78	129.500	17,92	1.875	0,26	363.250	50,27	226.062	31,29	1.875	0,26	722.562	100
28/11/78	41.062	3,04	625	0,05	1.276.187	94,62	26.062	1,93	4.750	0,35	1.348.686	100
16/12/78	77.500	1,60	1.312	0,03	4.737.062	98,07	5.500	0,11	8.750	0,18	4.830.124	100
06/01/79	17.187	0,57	-	-	3.001.899	99,02	1.062	0,03	11.562	0,38	3.031.710	100
29/01/79	-	-	625	0,05	1.241.749	98,12	125	0,01	23.125	1,83	1.265.524	100
20/02/79	-	-	625	0,06	936.499	97,38	4.875	0,51	19.687	2,05	961.686	100

TABLA Nº 30. Distribución de la biomasa anual de los principales organismos del zooplacton (mg P.húmedo/m^2).

Fecha	Daphnia		Ceriodaphnia		Polyarthra		Trichocerca		Nematoda		Total	
	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
18/02/78	3.237,1	99,64	1,8	0,06	2,8	0,09	0,3	0,01	6,4	0,20	3.248,6	100
06/03/78	2.487,2	90,36	-	-	10,1	0,37	-	-	255,1	9,27	2.752,5	100
20/03/78	2.313,2	98,91	-	-	0,3	0,02	-	-	25,0	1,07	2.338,7	100
10/04/78	2.943,5	99,35	-	-	11,4	0,38	0,3	0,01	7,5	0,25	2.962,7	100
25/04/78	6.116,6	99,67	-	-	16,6	0,27	0,5	0,01	3,2	0,05	6.137,0	100
11/05/78	2.692,5	98,81	-	-	10,9	0,40	-	-	21,4	0,79	2.724,9	100
25/05/78	1.587,9	99,66	-	-	1,0	0,07	-	-	4,2	0,27	1.593,3	100
13/06/78	2.688,9	99,60	1,5	0,06	-	-	0,6	0,02	8,5	0,32	2.699,6	100
26/06/78	521,6	97,90	1,8	0,35	-	-	6,1	1,15	3,2	0,60	532,8	100
07/07/78	607,4	72,03	8,4	1,00	-	-	212,4	25,19	15,0	1,78	843,3	100
28/07/78	133,8	11,14	533,2	44,38	-	-	511,9	42,61	22,5	1,87	1.201,5	100
02/09/78	1.655,2	93,60	32,8	1,86	1,2	0,07	72,7	4,12	6,4	0,36	1.768,4	100
29/09/78	1.094,8	91,53	5,6	0,47	1,2	0,11	88,8	7,42	5,5	0,47	1.196,0	100
17/10/78	5.728,1	98,28	10,3	0,18	7,4	0,13	79,6	1,37	3,2	0,05	5.828,7	100
05/11/78	5.964,2	96,21	5,6	0,09	156,2	2,52	66,9	1,08	6,4	0,10	6.199,3	100
28/11/78	1.179,2	67,23	1,8	0,11	548,7	31,29	7,7	0,44	16,2	0,93	1.753,8	100
16/12/78	1.598,0	43,55	3,9	0,11	2.036,9	55,51	1,6	0,04	30,0	0,82	3.669,6	100
06/01/79	707,9	34,73	-	-	1.290,8	63,31	0,3	0,01	39,6	1,95	2.038,7	100
29/01/79	-	-	1,8	0,31	533,9	86,79	0,04	0,01	79,3	12,89	615,1	100
20/02/79	-	-	1,8	0,40	402,7	85,04	1,4	0,30	67,5	14,26	473,5	100

4.4. Bacterioplancton

La importancia de las bacterias como grupo de microorganismos dentro de los procesos dinámicos que se desarrollan en todos los ecosistemas es un hecho conocido. Pero normalmente debido a la diferente metodología, algo más complicada en la manipulación por el tiempo generacional y necesaria esterilidad requerida, son escasamente mencionadas ó cuantificadas en los estudios ecológicos y limnológicos. En el presente estudio se cuantificó la densidad de bacterias heterotróficas, usando la metodología señalada en el capítulo correspondiente. Los resultados quedan expuestos en la tabla nº 31 y en la figura nº 81.

La densidad bacteriana dismimuye notablemente en los meses de verano de estratificación térmica, lo cual estaría relacionado con la menor cantidad de sustrato que existe en esta época del año en la zona pelágica del embalse. La mayor velocidad de sedimentación de las partículas en un medio no turbulento y el menor aporte de partículas desde el exterior del embalse (orillas, afluentes, erosión,) sumado a las disminuciones poblacionales de los organismos dominantes del plancton son la causa del menor sustrato. En cierto modo esto se refleja también por la mayor visibilidad y similaridad de los índices de estado trófico (IST), ya comentado en el capítulo correspondiente.

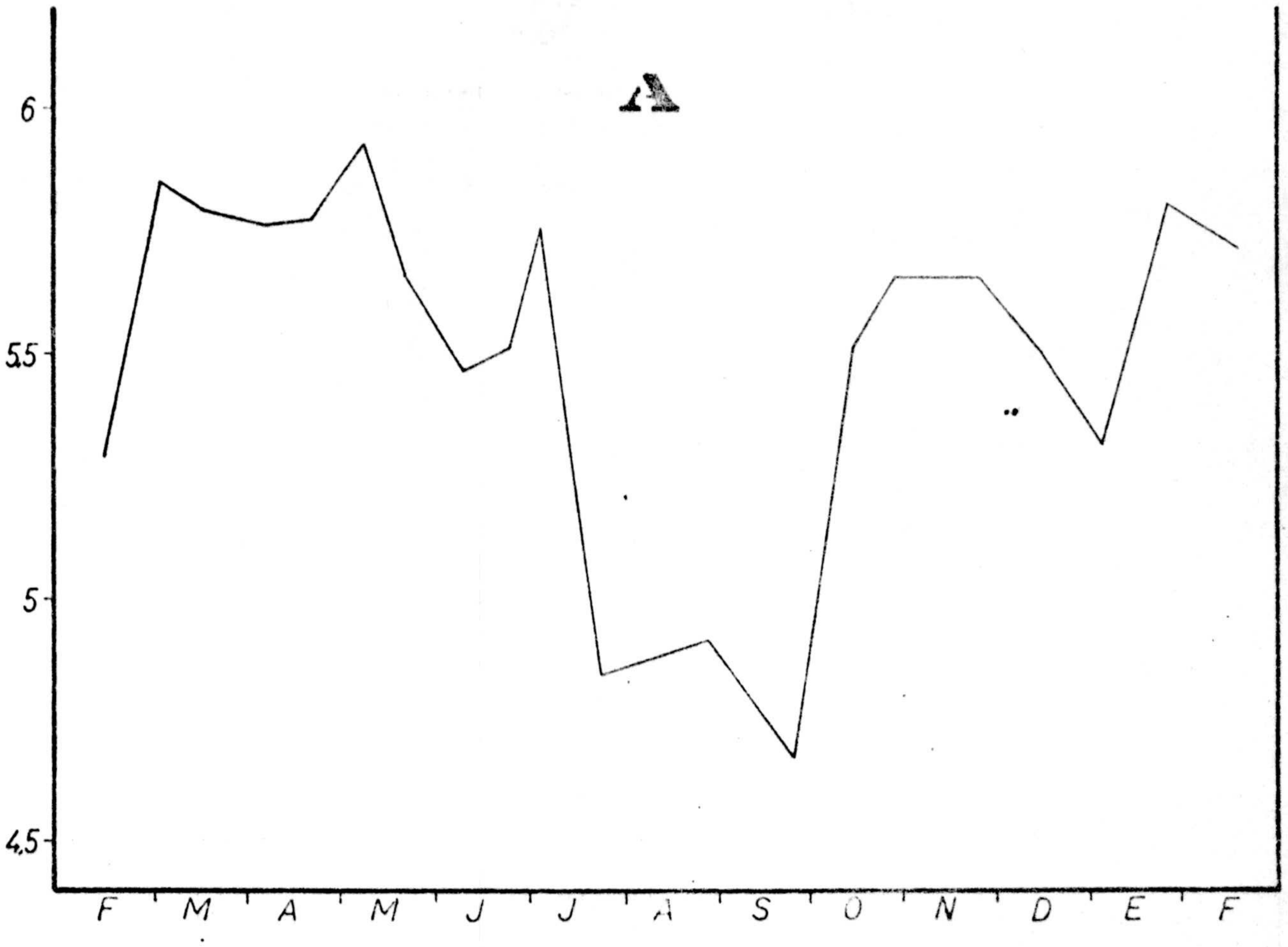
Figura nº 81

Variación espacio-temporal de las bacterias heterotróficas.

A. Variación temporal en la columna (log_{10} nº cfu/mm^2)

B. Isolíneas del nº cfu/ml

A


6
5.5
5
4.5
F M A M J J A S O N D E F

B

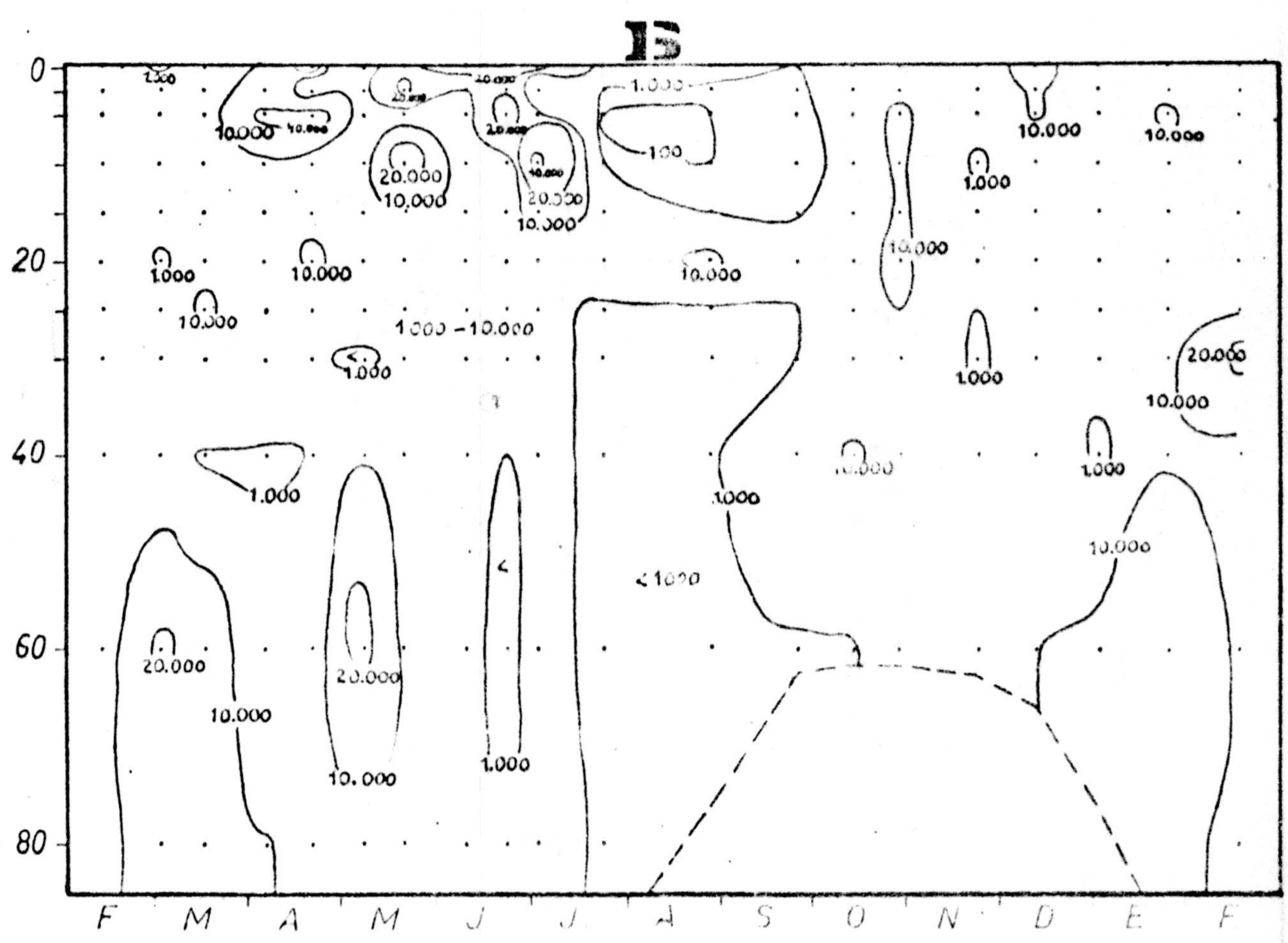

0
20
40
60
80
1.000 - 10.000
< 1000
F M A M J J A S O N D E F

TABLA Nº 31. Distribución espacio-temporal de las bacterias heterotróficas (nº/ml).

Fecha	0	2	5	10	15	20	25	30	40	60	80
18/02/78	5.600	6.000	800	2.850	1.600	2.600	4.650	3.800	2.000	5.200	
06/03/78	840	1.310	4.100	4.600	2.915	840	1.935	9.050	2.445	21.900	9.580
20/03/78	8.630	5.200	3.880	8.000	2.040	3.300	4.200	7.200	800	16.700	6.300
10/04/78	10.845	16.113	59.740	6.030	5.000	4.000	1.340	5.700	580	2.890	10.546
25/04/78	53.000	5.600	60.000	4.000	3.900	11.495	2.100	1.449	1.200	5.000	3.900
11/05/78	4.800	9.100	8.000	7.800	4.300	4.900	5.895	500	8.010	25.900	2.200
25/05/78	17.750	21.150	7.000	28.400	4.200	2.700	3.500	4.000	4.166	1.600	3.000
13/06/78	25.500	10.000	2.775	2.066	3.800	8.000	3.000	5.166	1.666	2.000	4.000
26/06/78	35.100	11.450	33.600	5.300	3.600	2.300	2.950	2.800	1.000	400	1.300
07/07/78	25.000	1.400	13.000	45.000	13.000	3.500	2.000	2.000	2.000	2.000	4.200
28/07/78	9.000	1.000	100	1.000	1.300	8.000	100	100	100	100	100
02/09/78	4.000	200	100	100	1.000	11.000	400	500	200	100	
29/09/78	1.000	200	200	500	800	2.000	1.000	1.000	8.000	100	
17/10/78	1.300	4.000	2.000	1.500	5.100	8.000	4.500	6.000	10.200	800	
05/11/78	1.190	4.000	12.000	11.000	12.000	12.000	10.000	8.000	5.100	2.000	
28/11/78	3.660	1.150	1.400	800	2.000	1.000	1.000	600	1.850	5.650	
16/12/78	16.000	13.000	11.000	1.700	9.200	3.000	2.500	2.300	4.500	9.800	
06/01/79	1.970	1.050	2.900	1.630	1.575	2.050	2.000	2.466	: 302	13.000	
29/01/79	4.525	7.275	10.700	7.825	6.260	5.566	5.900	5.975	7.100	28.700	
20/02/79	6.000	1.960	3.980	7.000	8.900	5.120	3.760	24.116	1.566	7.750	3.350

También se debe mencionar el efecto de los organísmos filtradores del zooplancton que ingieren a partir de cierto umbral sin distinción entre fitoplancton, detritus y bacterias. En este sentido Guerrero y colaboradores (1978) encuentra una relación inversa entre el zooplancton y el número de bacterias totales cerca de la quimioclina del lago Banyoles.

La mayoría de los recuentos dieron valores de 1.000 a 10.000 colonias por ml a lo largo del año, lo cual de acuerdo con el sistema de clasificación de las aguas por el grado de saprobiedad (Sládeček, 1973) correspondería a la clase de Limnosaprobiedad, niveles xeno ú oligosaprobios.

La disminución en las fechas de verano (29 de Julio y 2 de Septiembre) ocurre especialmente en las profundidades de más de 25 m, siendo las densidades de microorganismos en esta zona inferior a 1.000 colonias/ml. La variación vertical de la densidad en verano se relaciona en cierta medida con la termoclina; por encima de la misma la densidad es levemente mayor y bajo ella hay una zona de menor densidad. Existe una explicación bastante lógica de un fenómeno parecido ya observado en el lago Nantua (Francia) y expuesto por Vivier (1979) con respecto a un aumento de los gérmenes amonificantes en el metalimnion. La materia orgánica resultante es retenida en la base del metalimnion por diferencia de den-

sidad de las capas de agua. Si ésto es verdadero ocurre que el hipolimnion debe tener menos aporte de sustrato de origen epilimnético para las bacterias y por lo tanto habría menos densidad de gérmenes en el hipolimnion.

En algunas fechas y profundidades de los meses que no son de verano se detectan aumentos locales dispersos en el perfil. Se aprecian estas zonas con mayor densidad bacteriana y con más asiduidad en las profundidades inferiores a 40 m en los meses de invierno y primavera. También se observa en primavera, en la zona superficial, un aumento significativo de las bacterias que estaría relacionado con el aumento primaveral de actividad del plancton en la zona trófica.

Se debe señalar que las bacterias posiblemente alcancen valores absolutos superiores a los detectados por el método usado en este estudio, ya que no hay un medio que sea óptimo para todos los grupos de bacterias. Siempre hay un grado de selectividad por muy general que sea el medio utilizado. Se ha mencionado que el método de recuento directo (filtración, tinción y observación al microscopio) daría cifras entre 10 y 1.000 veces mayores que las estimaciones basadas en recuento indirecto, en placas, y a la vez se relacionaría con el grado de eutrofia de las aguas ésta variabilidad (Butkewich, 1938; Straskraba y Straskabavá, 1969; Thomas,E.A., 1969). Por otro lado diferentes autores mencio-

nan como fuente de error, que se agrava en aguas eutróficas, la presencia de partículas de detritus, agregaciones de bacterias y bacterias muertas que pueden adquirir color con las tinciones y confundirse en las observaciones al microscopio (Melchiorri-Santolini, 1966; Goldman y colaboradores, 1968). En todo caso debe recordarse que las bacterias son de dimensiones inferiores a 1 μ lo cual da una idea de lo dificultoso de la observación directa y posible recuento de las abundancias. Si se hubiera efectuado recuentos directos las variaciones numéricas serían aún mayores que las observadas entre el período de mezcla y el período de estratificación, por la cantidad de partículas sestónicas que se encuentran en suspensión durante los meses de invierno.

Otra fuente de variabilidad que puede influir en la estimación de la densidad de bacterias por el método indirecto de siembra en placas son los factores propios del cultivo, ya que las diferentes cepas bacterianas existentes en un embalse deben tener diferentes óptimos ecológicos de cultivo. Guerrero et al (1975) encuentran diferentes respuestas a la temperatura y medio de cultivo en comunidades bacterianas provenientes de aguas con diferente estado trófico, e incluso de diferentes capas de aguas en un mismo embalse (Sau, Barcelona), donde se obtenía mayor número de colonias en siembras efectuadas a 37 ºC y cuando provenían del epilimnion. En cambio, a muestras de 50 m de profundidad había mayor

cfu/ml cuando se incubaba a 22 ºC.

En todo caso, el método de siembra en placas sigue usándose extensivamente para estimar la actividad bacteriana en limnología, a pesar de los inconvenientes mencionados. Goldman et al, obtiene una correlación positiva con $P = 0,01$ entre la biomasa del fitoplancton, zooplancton y bacterias estimadas por recuento con placas. En cambio no encuentra esta correlación tan clara cuando la efectuaba con el método directo de recuento, en un estudio efectuado en el lago Maggiore, Italia (Goldman et al, 1968).

En Quéntar, correlaciones efectuadas entre número total de bacterias heterotróficas y las variables físico-químicas y biológicas dieron valores significativos con $P = 0,01$ ($N = 200$): fosfato ($r = 0,23$), oxígeno en % saturación ($r = 0,194$). Con un nivel de riesgo de 0,05 se encuentra significación con silicato ($r = 0,166$), amonio ($r = 0,177$), diversidad del zooplancton ($r = -0,165$) y crisoficeas ($r = -0,139$). Las correlaciones con fosfato, silicio y amonio se pueden interpretar como una relación dependiente del grado de eutrofia que presenta el agua. La relación con el oxígeno se debería a que las bacterias determinadas, según la metodología usada, correspondieron a las heterotróficas aerobias.

4.5. Variación anual de la biomasa y diversidad de las comunidades planctónicas.

La sucesión anual de las bacterias, fitoplancton y zooplancton en términos de biomasa para la columna de agua se expresan en la tabla nº 32. Una relación de número entre estos componentes no tiene mucho sentido si pensamos las muy diferentes biomasas de los indiviuos que se relacionan.

Se puede observar que las bacterias normalmente tienen una proporción de la biomasa inferior al 6,5%. Sólo en dos fechas de las 20 muestreadas las bacterias presentan una biomasa con una proporción algo mayor (3,88% el 29 de Enero y 7,35% el 20 de Febrero de 1979). Esto ocurre en una situación de mezcla y baja visibilidad y grandes diferencias en los índices del estado trófico.

El fitoplancton es el componente fundamental de la biomasa existente, superior al 80% de la materia viva planctónica del embalse. Sólo se detecta en una fecha (5 de Noviembre de 1978) un porcentaje inferior al 80%, el cual coincide con el máximo porcentaje alcanzado por el zooplancton (21,29%) durante el ciclo.

El zooplancton presenta los máximos de biomasa en la primavera temprana y en otoño-invierno coincidiendo con

Tabla Nº 32. Biomasa (mg Peso fresco) del fitoplancton, zooplancton y bacterioplancton en la columna de agua de 1 m^2 de sección del embalse.

Fecha	Fitoplancton		Zooplancton		Bacterioplancton		Total	% Zooplancton / Fitoplancton
	mg/m^2	% Total	mg/m^2	% Total	mg/m^2	% Total	mg/m^2	
18/02/78	63.192	94,56	3.249	4,86	387,2	0,58	66.828	5,14
06/03/78	27.437	89,82	2.753	9,01	355,2	1,16	30.545	10,03
20/03/78	19.349	87,95	2.339	10,63	311,4	1,41	21.999	12,09
10/04/78	22.145	87,20	2.963	11,67	288,3	1,13	25.396	13,38
25/04/78	34.683	84,36	6.137	14,93	291,9	0,71	41.112	17,70
11/05/78	31.769	91,00	2.724	7,80	418,5	1,20	34.911	8,57
25/05/78	57.941	96,96	1.593	2,66	223,6	0,37	59.758	2,75
13/06/78	34.712	92,43	2.699	7,19	144,8	0,38	37.556	7,77
26/06/78	27.973	97,57	533	1,86	162,9	0,57	28.669	1,99
07/07/78	25.123	95,71	843	3,21	282,5	1,08	26.248	3,33
28/07/78	56.500	97,86	1.201	2,08	34,7	0,06	57.736	2,12
02/09/78	40.964	95,77	1.768	4,13	40,3	0,09	42.772	4,31
29/09/78	49.446	97,59	1,196	2,36	23,7	0,05	50.666	2,42
17/10/78	47.180	88,74	5.829	10,96	160,4	0,30	53.169	12,35
05/11/78	22.698	77,94	6.199	21,29	221,1	0,77	29.121	27,31
28/11/78	18.380	90,29	1.754	8,62	221,8	1,09	20.356	9,54
16/12/78	17.770	82,25	3.670	16,98	167,3	0,77	21.613	20,64
06/01/79	11.506	84,30	2.039	14,94	102,8	0,75	13.648	17,72
29/01/79	7.208	88,56	615	7,56	315,8	3,88	8.139	8,53
20/02/79	2.808	79,28	474	13,38	260,2	7,35	3.542	16,88

los períodos de mayor agitación del embalse. Bajó su biomasa durante la estratificación al igual que el bacterioplancton.

En Quéntar, al efectuar correlaciones entre la biomasa de las bacterias con la biomasa del fitoplancton, según datos tabla nº 32 (transformados en $\log_{10}$) se encuentra una correlación negativa de $r = -0,304$.

Con el zooplancton, las bacterias presentan una correlación positiva de 0,172, la cual no es significativa al 5% por ser sólo veinte las fechas comparadas (18 grados de libertad).

En cambio las biomasas del fitoplancton con el zooplancton si presentan una más alta correlación positiva para la columna de agua, $r = 0,434$, lo cual está justo en el límite para una $P = 0,95$ y $n = 20$. El nivel de explotación del fitoplancton por parte del zooplancton parece no influir en los resultados, ya que si hubiera una alta presión de pastoreo ó consumo, la correlación debiera ser negativa. Estos resultados podrían indicar lo poco interrelacionado que se encuentra el sistema biológico al haber poca dependencia entre ambas comunidades que lo componen y también significaría que ambas comunidades responden de manera similar a los condicionamientos ambientales que ocurren en el ciclo anual. Por ejemplo, cuando hay agitación del agua y turbidez se per-

BIBLIOTECA UNIVERSTARIA GRANADA

judican ambas comunidades al igual que cuando las condiciones son favorables como en primavera y otoño y hay aumentos simultáneos del fitoplancton y zooplancton. Además se debe señalar que muchas especies del fitoplancton no son consumidas por los herbívoros presentes. Este sería el caso de los dinoflagelados y otras algas de tamaño superior que no se constituyen en alimento fresco para el zooplancton mayoritario, constituído por filtradores finos (Daphnia longispina y Polyarthra vulgaris). Esto se confirma en un estudio sobre consumo (Porter, 1973, 1975) donde nunca se encuentran células de Ceratium, Peridinium y otras algas grandes en crustaceos herbívoros (Daphnia, Diaptomus y Cyclops).

Al efectuar correlaciones seriadas utilizando los datos de zooplancton de una fecha posterior a los del fitoplancton, se obtiene sólo un leve aumento de r (0,443). En cambio al efectuar las correlaciones seriadas entre las bacterias (una fecha posterior) y el fitoplancton y entre las bacterias (una fecha posterior) y el zooplancton no se mejoraron las correlaciones, incluso disminuyen el valor de r ya sea en la relación negativa (fitoplancton-bacterias, r = -0,244) en la positiva (zooplancton-bacterias, r = 0,130).

La proporción entre el zooplancton y el fitoplancton varía a lo largo del año entre los mínimos de verano, de 1,91% el 26 de Junio, al 20,64% del 16 de Diciembre de 1978,

en invierno. El bajo porcentaje que representa el zooplancton en verano se confirma por los hábitos alimenticios de las especies dominantes, donde parte importante de la dieta lo constituyen partículas de detritus y bacterias las cuales son más abundantes durante los meses de invierno. Cushing (1976) al reanalizar los datos de Nauwerck (1963) encuentra que durante el verano los cladoceros (Daphnia, Bosmina) están asociados a los aumentos del fitoplancton, mientras los rotíferos (Keratella, Polyarthra) se relacionaban con los máximos de bacterias y detritus.

En general la proporción entre el zooplancton y el fitoplancton se asemeja a otras relaciones encontradas por Munawar y Nauwerk (1971) en el lago Ontario (Canada) donde el zooplancton representaba cerca del 10 al 20% de la biomasa del fitoplancton.

En cambio, otros autores encuentran proporciones mayores para el zooplancton con respecto al fitoplancton. Jordan y Likens (1975) señalan que el zooplancton representaría un 53,3% de la biomasa del fitoplancton expresada en mg de C/m^2, en un balance anual de un lago oligotrófico en New Hampshire (Estados Unidos). Estos mismos autores señalan que las bacterias representarían el 1,89% del total del seston de este lago. La baja proporción de las bacterias respecto a la biomasa total es mencionada además por otros

autores (Tilzer, 1972; Margalef, 1974).

La relación entre la biomasa de las comunidades planctónicas y algunos factores ambientales se puede observar en la figura nº 82. La disminución estival de la biomasa bacteriana y zooplanctónica coincide con la elevación de las temperaturas ambientales, desarrollo de la estratificación, término del período de lluvias y máxima visibilidad del agua. A su vez, el aumento otoñal se relaciona con el proceso inverso. La disminución de la biomasa de la biocenosis en invierno se relaciona con las condiciones de mezcla.

Los índices de diversidad de Shannon, calculados para el fitoplancton y zooplancton, estimados a partir del número de individuos y a partir de la biomasa, para la columna de agua en las diferentes fechas del estudio se señala en la tabla nº 33. Como se puede apreciar las diversidades no se aumentan significativamente comparado al rango de las figuras nº 65 y nº 79, a pesar de aumentarse el tamaño de la muestra en más de 10 veces, lo cual es una de las ventajas del uso del índice de Shannon para el cálculo de la diversidad biótica.

Los coeficientes de correlación entre los índices de la tabla nº 33 se exponen en la tabla nº 34.

Figura nº 82

A. Variación temporal de la biomasa del plancton (log_{10} mg p.humedo por m^2)

B. Condiciones climáticas. En barras se indican los mm de lluvia y la línea discontínua indica la variación térmica durante el ciclo anual.

C. Situación del embalse. Líneas contínuas más delgadas corresponden a isotermas (ºC). Línea de punto indica la profundidad a que llegaría un 1% de la luz existente en la superficie. La línea de trazos discontínuas señala la situación del fondo del embalse. Las líneas de trazo contínuo más gruesas indican el contenido de oxígeno (en % de saturación). Al igual que en las figuras similares el tiempo se expresa en abscisas y la profundidad en ordenadas.

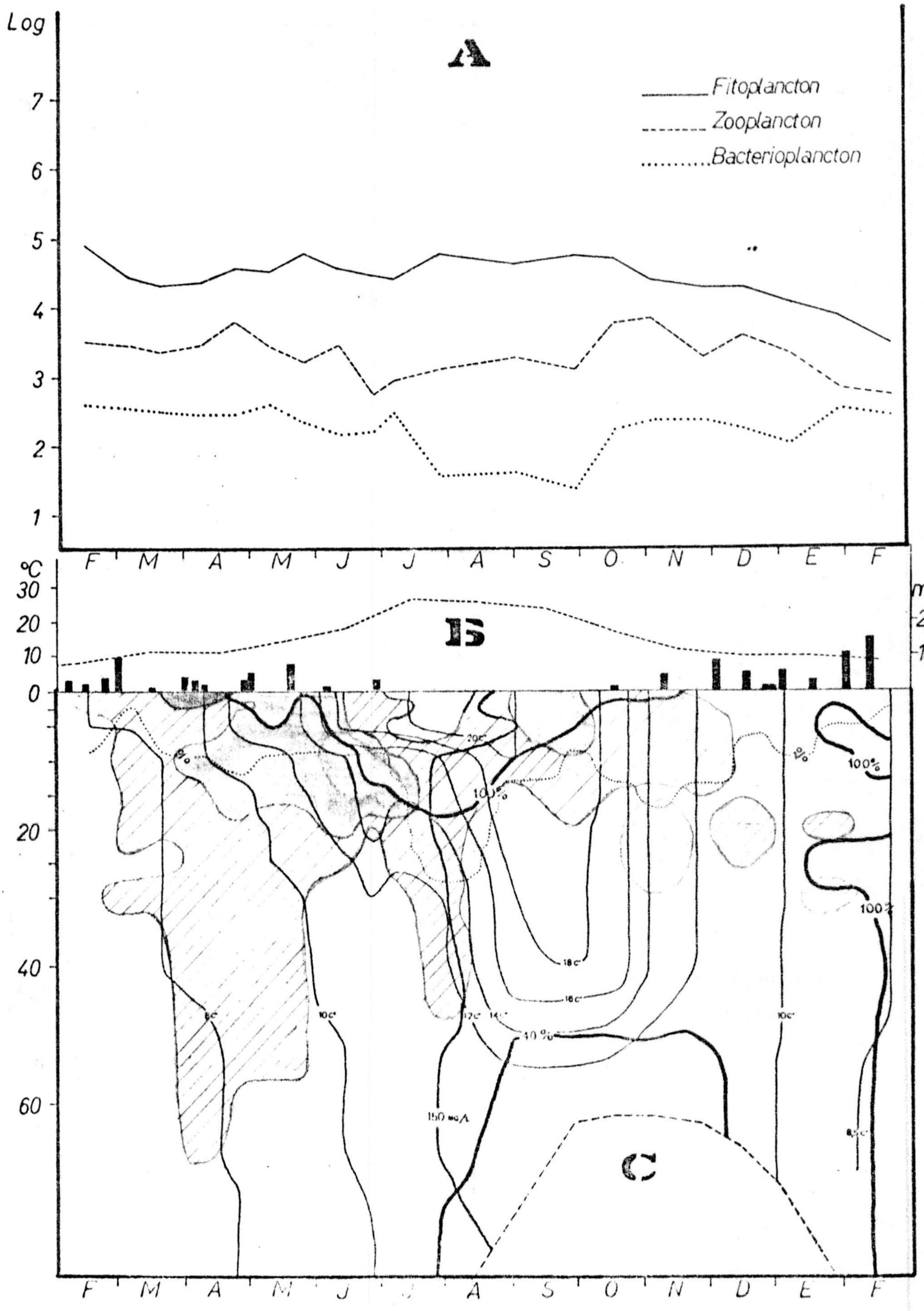

Log
7
6
5
4
3
2
1
A
Fitoplancton
Zooplancton
Bacterioplancton
F M A M J J A S O N D E F
°C
30
20
10
0
mm
200
100
B
20°
18°
16°
14°
12°
10°
8°
8%
10%
40%
1%
100%
150 mg/l
C
20
40
60
F M A M J J A S O N D E F

TABLA Nº 33. Diversidad del zooplancton (Hz) y fitoplancton (Hf) en numero de individuos (nº) y en biomasa (mg) para la columna de agua en las diferentes fechas del estudio.

Fecha	Hz nº	Hz mg	Hf nº	Hf mg
18/02/78	0,482	0,037	0,187	0,408
06/03/78	1,446	0,480	0,078	0,204
20/03/78	0,593	0,087	0,346	0,704
10/04/78	1,038	0,063	0,723	1,367
25/04/78	0,622	0,034	0,469	1,215
11/05/78	0,760	0,104	0,178	1,046
25/05/78	0,246	0,034	0,477	1,509
13/06/78	0,378	0,041	0,604	1,343
26/06/78	1,233	0,176	0,556	1,193
07/07/78	0,205	0,103	0,773	1,655
28/07/78	0,568	0,877	1,157	1,999
02/09/78	1,126	0,422	1,509	1,970
29/09/78	0,933	0,443	1,225	1,745
17/10/78	1,242	0,144	0,776	1,551
05/11/78	1,512	0,277	1,284	2,130
28/11/78	0,373	0,982	1,862	2,324
16/12/78	0,154	2,048	2,102	2,141
06/01/79	0,091	1,060	2,457	2,027
29/01/79	0,139	0,583	2,139	2,441
20/02/79	0,197	0,655	1,869	0,914

Tabla nº 34. Coeficiente de correlación entre las diversidades del zooplancton (Hz) y fitoplancton (Hf), calculados a partir de la biomasa (mg) y a partir del número de individuos (nº) para la columna de agua.

	Hf (nº)	Hf (mg)	Hz (nº)	Hz (mg)
(nº) Hf	1	0,756	-0,427	0,726
(mg) Hf		1	0,241	0,495
(nº) Hz			1	-0,360
(mg) Hz				1

n = 20; P(0,10), r = 0,378;
P(0,05), r = 0,440

Se observa que los valores son significativos cuando se correlacionan entre ellas las diversidades del fitoplancton, Hf (nº) y Hf (mg), por lo tanto, a pesar de las grandes diferencias en biomasa que hay entre las especies que componen el fitoplancton es válido el cálculo de la diversidad basada en los datos numéricos, método que ha sido tradicional de los estudios de ecología fitoplanctónica (Margalef, 1961; Patten, 1962; Moss, 1973; y varios autores más). En cambio cuando se efectúa la correlación entre las diversidades en número de individuos y en biomasa del zooplancton no se obtiene correla-

ción significativa con un 90% de seguridad, sino al contrario el índice r adquiere un valor negativo (r = -0,360). Esto significa que las grandes diferencias de tamaño entre los individuos de las poblaciones zooplanctónicas modifican sustancialmente las proporciones ó probabilidades relativas en la comunidad.

Las relaciones entre la diversidad del zooplancton con la diversidad del fitoplancton se presentan muy diferentes si se consideran valores numéricos ó valores de biomasa. Son positivas las correlaciones cuando se establecen las relaciones entre las diversidades de biomasa ó número del fitoplancton con biomasa del zooplancton. En cambio si introducimos la diversidad del zooplancton estimado a partir del número de organísmos no hay correlación ó es negativa entre Hz y Hf.

Se menciona, casi como una regla general, que las diversidades calculadas sobre comunidades de un mismo ecosistema mantengan correlaciones positivas (Margalef, 1974). Pero debemos agregar que es condición importante elegir la unidad de expresión de las especies, a la luz de los datos obtenidos en el presente estudio.

Algunos autores (Winner, 1969, 1972) no encuentran correlación entre la diversidad del fitoplancton y la diver-

sidad del zooplancton, incluso efectuando transformaciones logarítmicas a los datos de diversidad, lo cual no fue necesario con los resultados de Quéntar, y las razones del no cumplimiento de la relación positiva entre Hz y Hf puede ser debido al problema de no usar unidades adecuadas de expresión de los individuos en la comunidad.

4.6. Ordenación del plancton utilizando análisis factorial.

Sobre sistematización ó tipificación de comunidades se han desarrollado múltiples métodos los cuales tienen siempre por objetivo simplificar la visión que nos proporciona una tabla de datos ó inventario de las especies censadas. Los diferentes métodos utilizados se pueden agrupar en dos grandes tipos de técnicas.

En primer lugar las de clasificación (Lambert y Williams, 1966; Gower, 1969; Lambert, 1971, Margalef, 1974), que consisten en la obtención de grupos mediante decisiones basadas en un aspecto distinto. Las estrategias usadas son de tipo divisivo (se parte del inventario total que se va dividiendo dicotomicamente en grupos más pequeños) ó de tipo aglomerativo (los inventarios se van uniéndo formando grupos más grandes hasta llegar al inventario total).

En segundo lugar están las técnicas de ordenación donde lo que interesa, como su nombre lo indica, es ordenar a través de un gradiente ó gradientes ambientales, los cuales pueden corresponder a los ejes ó componentes principales de un análisis factorial. Estas técnicas de ordenación comenzaron a usarse en ecología para el análisis de inventarios de vegetación terrestre en Estados Unidos (Cottan, 1949;

Curtis y Mc Intosh, 1951). La elección entre un método de ordenación y otro de clasificación para un conjunto de datos depende en gran medida de las características de las biocenósis consideradas, diseño y amplitud del muestreo, tipo de datos (cualitativos ó cuantitativos) y de los objetivos de la investigación. En general, los métodos de clasificación tuvieron su orígen y aceptación en Europa, y los de ordenación en Norteamérica debido en gran parte a las distribuciones espaciales que presentan las comunidades vegetales en ambos continentes. "Las grandes extensiones de gradientes suaves, como las que existían en Norteamérica y Rusia, se prestan a ordenar los inventarios expresando gradientes, mientras que los paises mediterráneos y centroeuropeo, de vegetación en mosaico, tienden a sugerir unidades discretas" (Margalef, 1974, pág. 423).

Por otro lado, estudios efectuados en una biocenosis definida, sin grandes discontinuidades, sino más bien con un gradiente ambiental, como es el señalado por García y Wishart (1972) en un pastizal de Rodas Viejas (Salamanca) se obtiene bastante similitud en los resultados al aplicar diferentes métodos de ordenación y clasificación en los inventarios. Las agrupaciones mayores coinciden y sólo hay pequeñas dispariedades en las agrupaciones menores ó de niveles inferiores. Respecto a las relaciones entre las especies y los factores ambientales, los métodos aplicados dan

resultados coincidentes.

Los análisis factoriales han sido aplicados con diferentes resultados en ecología planctónica. En general, cuando el muestreo abarca combinaciones ambientales y temporales muy amplias, el número de ejes necesarios para explicar un porcentaje significativo de la varianza aumenta. Por ejemplo Margalef y Gonzáles-Bernaldez (1969) obtienen con los cuatro primeros componentes principales sólo el 15,86% de la varianza original en un análisis de comunidades planctonicas de 1.144 muestras de agua obtenidas en un área ál NE de Venezuela. En cambio, en análisis efectuados en situaciones de menor variabilidad espacio-temporal se obtienen mayores porcentajes de varianza por eje (Estrada, 1972; Ibañez, 1975; Soler et al, 1976).

Otros trabajos que han aplicado análisis factoriales sobre comunidades planctónicas marinas y dulceacuícola con el objeto de estudiar la ordenación de las especies con respecto a las nuevas variables ó ejes de variación obtenidos son los de Colebrook (1964), Ibañez (1968), Ibañez y Dallot (1969) y Allen y Koonce (1973). En los últimos años se ha generalizado la aplicación de esta última técnica multivariante en los estudios multivariantes.

Las muestras de agua de Quéntar presentan cierta

Figura nº 83.

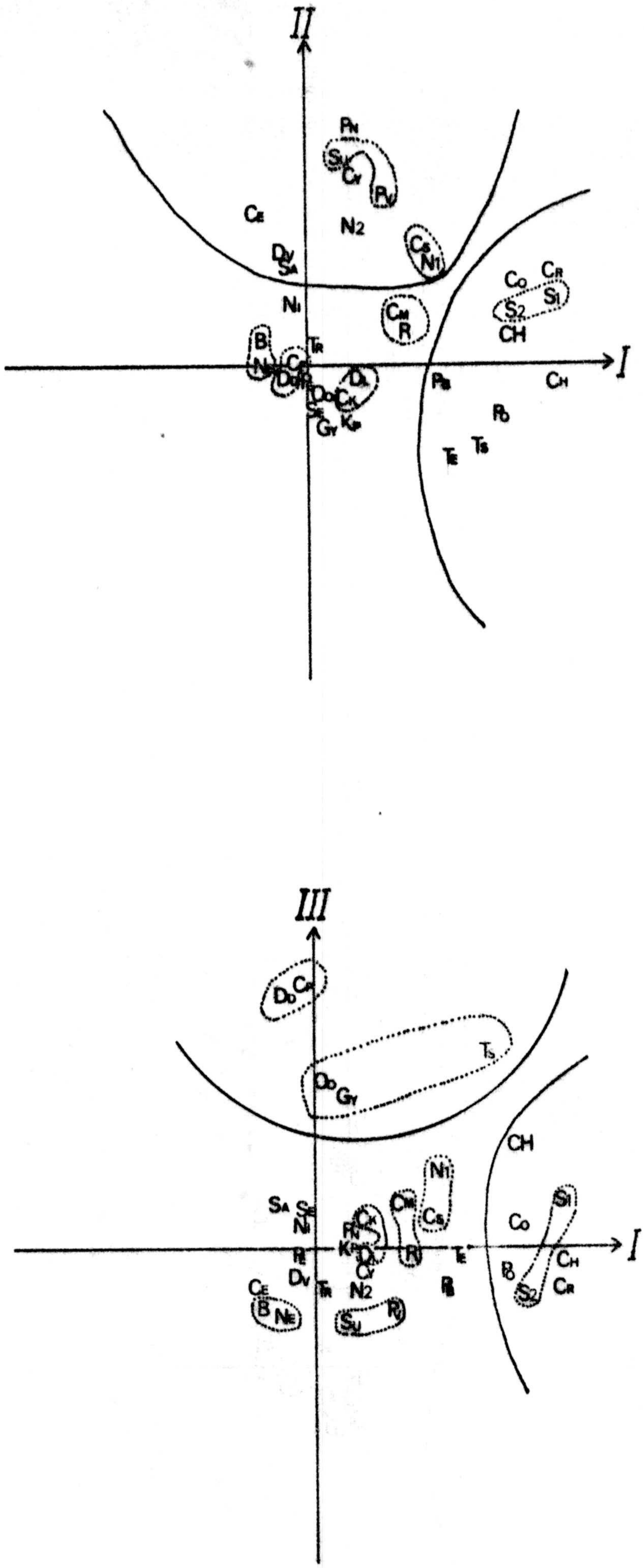
Ordenación del plancton respecto a los ejes I y II y los ejes I y III del análisis factorial. Los símbolos corresponden a los especificados en la tabla nº 8.

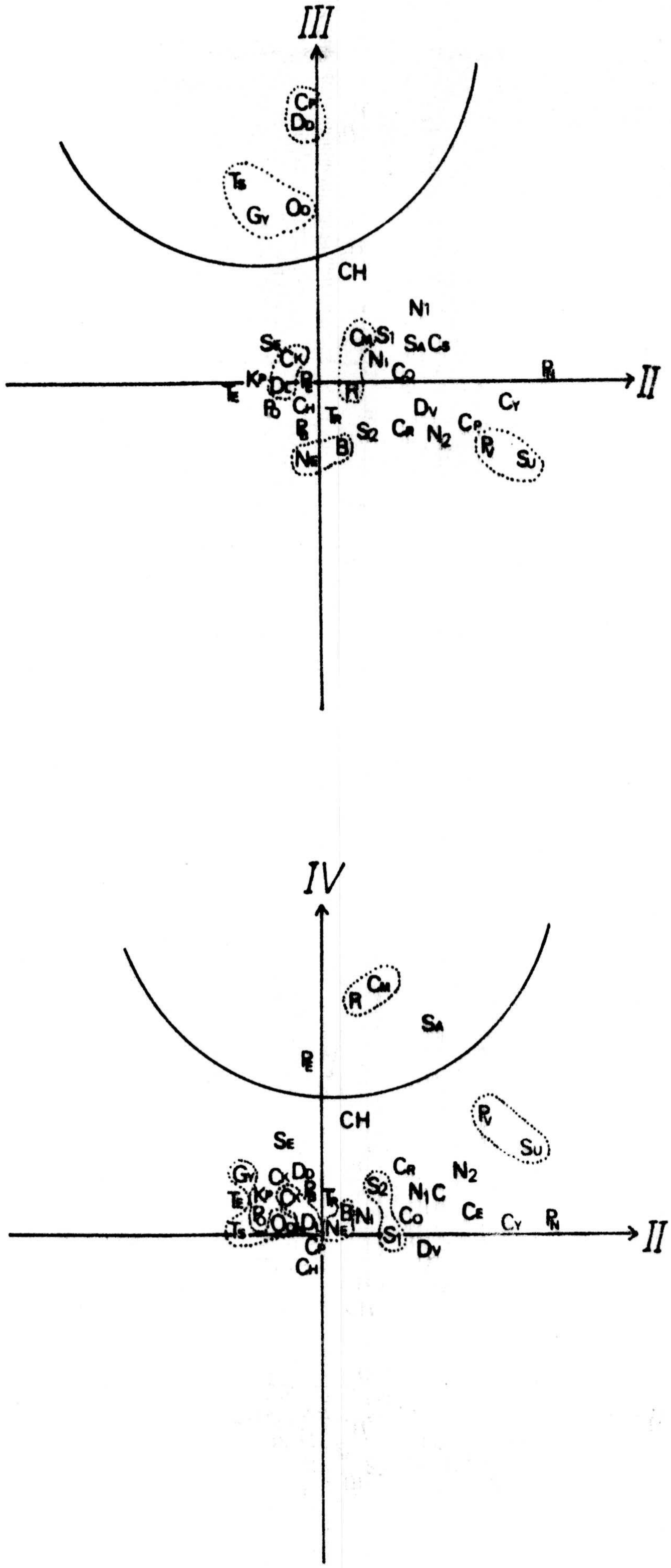
Figura nº 84

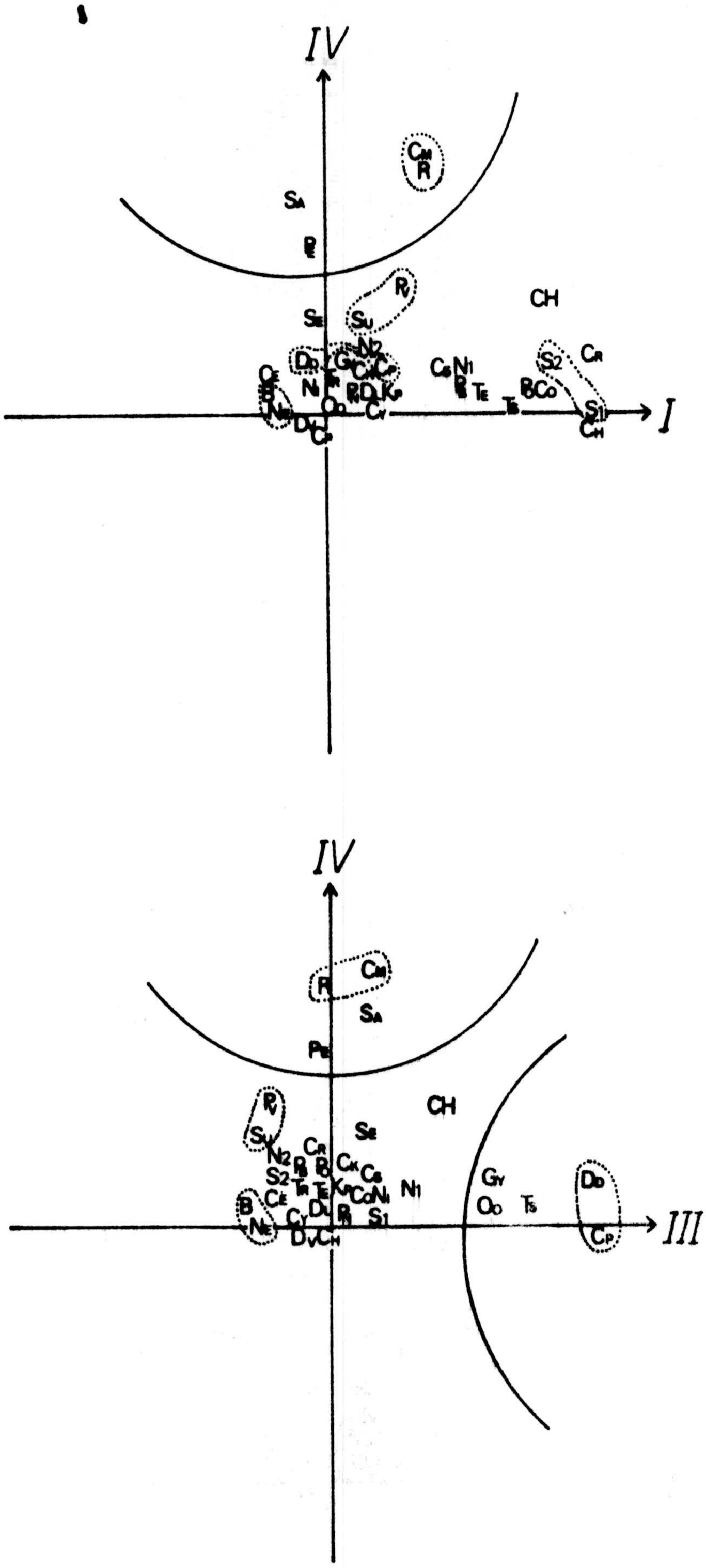
Idem figura nº 83, respecto a los factores II y III y los factores II y IV.

Figura nº 85

Idem figura nº 83, respecto a los factores I y IV y los factores III y IV.


II
I
III
I
I


III
II
IV
CH
N1
CH
SE
CR
N2
N1
C
CE
CY
RN
SU
RV
SA
RE
DV


IV
CH
I
IV
III

regularidad en su composición (ver análisis factorial de los elementos abióticos) que se refleja sólo en unos gradientes ambientales muy claros, la profundidad y el tiempo. Un análisis de componentes principales de las especies planctónicas permite detectar las agrupaciones de especies que tengan un comportamiento similar frente a los dos gradientes ambientales mencionados y otros gradientes secundarios que existan. También se pueden distinguir especies que esten asociadas, ya sea por responder igual a los gradientes ambientales, como por mantener posiblemente relaciones de tipo trófico.

Se efectuó un análisis factorial con sólo variables biológicas (especies planctónicas más representativas). Este análisis de 35 variables biológicas ó especies del plancton y 200 casos ó muestras, se encuentran representadas en las figuras nº 83, nº 84 y nº 85. En el apéndice nº II se incluyen los factores de carga de las variables y la matríz de correlación. El porcentaje de varianza que absorben los cuatro primeros ejes es de 14,86%; 8,55%; 7,83% y 6,92% respectivamente. El eje I separa formas que son más abundantes en el período de mayor estratificación (otoño) sobre todo clorofíceas: Scenedesmus (S_1 y S_2), Crucigenia quadrata (Cr), Chodatella quadriseta (Ch), del resto de las variables biológicas.

El eje II separa las especies planctónicas que son más características del período de mezcla como son las diatomeas pennadas: Pinnularia sp (Pn), Synedra ulna (Su), Cymbella sp (Cy) y Polyarthra vulgaris (Pv) del resto de la comunidad planctónica.

En el centro de los ejes I y II queda un conjunto de especies que no se definen por ninguna de las dos tendencias que siguen los factores. Son formas que poseen valores más estables en su presencia espacio-temporal, pero esto no significa que no tengan preferencias por uno ú otro período del ciclo anual de acuerdo con las descripciones de sus variaciones espacio-temporales efectuadas en forma más detallada en los subcapítulos correspondientes.

El eje III separa las formas que adquieren más abundancia en verano dentro del período de estratificación como son Dinobryon divergens (Dd), Ceriodaphnia reticulata (Cp) y Trichocerca similis (Ts).

El eje IV separa a las criptoficeas más abundantes durante el estudio, Cryptomonas erosa (Cm) y Rhodomonas minuta (R), a la diatomea Synedra acus (Sa), al dinoflagelado Peridinium spp (Pe) y a Polyarthra vulgaris (Pv). Este eje recoje variaciones de diferentes fechas de muestreo. Lo único en común de estas especies es no tener máximos poblacionales

en el período de máxima estratificación (Octubre) y ser frecuente en los muestreos de menos de 40 m de profundidad durante el ciclo del estudio. Este eje absorbería por lo tanto más de una variación, ya tendría incluídas tendencias señaladas por los ejes anteriores respecto a lo temporal y aportaría variaciones de tipo espacial (distribución vertical).

Se puede observar que los cuatro ejes ya reseñados dejan siempre cerca del orígen, formando un círculo ó esfera, numerosas poblaciones que no serían afectadas por las tendencias aquí señaladas. Dentro de este grupo se encuentran las bacterias (B) y los nematodos (Ne), los cuales normalmente tienen factores de carga negativo en los cuatro ejes señalados. También están en esta situación Daphnia longispina (Dl) y Cyclotella kutzingiana (Ck). Todos estos son miembros bastante permanentes en la distribución espacio-temporal de la biocenosis estudiada, por tal razón no pueden indicar tendencias acusadas que expliquen un alto porcentaje de la varianza. Las variaciones de estas especies las recogerían ejes de menor importancia relativa.

Las asociacones de especies más características con respecto a los cuatro primeros factores, son señaladas con líneas que las engloban en las figuras nº 83, nº 84 y nº 85. Estas poblaciones se mantienen cercanas en los hiperespacios que forman estos ejes de variación que de acuerdo a lo ya

interpretado son de fuerte significado temporal. Aparecen distinguibles por su cercanía espacial las asociaciones entre Ceriodaphnia reticulata (Cp) y Dinobryon divergens (Dd); Nematodos (Ne) y bacterias (B); Cryptomonas erosa (Cm) y Rhodomonas minuta (Rm); Scenedesmus sp1 (S1) y Scenedesmus sp2 (S2); Polyarthra vulgaris (Pv) y Synedra ulna (Su); Daphnia longispina (Dl) y Cyclotella kutzingiana (Ck).

Como se puede observar en las figuras nº 83, 84 y 85, algunas de estas especiecies asociadas no son separadas significativamente por los cuatro primeros factores extraídos. Las dependencias ó coincidencias en las muestras entre algunas especies y grupos mencionadas tiene tal grado que traspasan a veces las variaciones que representan los primeros ejes.

La asociación Ceriodaphnia reticulata - Dinobryon divergens es típica del período de estratificación de fines de primavera y comienzos de verano. Por otro lado, Polyarthra vulgaris - Synedra ulna son más típicas de época de mezcla. Daphnia longispina - Cyclotella kutzingiana se presentan con más continuidad durante el ciclo coincidiendo en la mayoría de los muestreos.

4.7. Análisis de los parámetros biológicos y ambientales.

4.7.1. Análisis factorial de las variables físico-químicas y biológicas.

Se efectuó un análisis factorial con el objeto de estudiar las relaciones existentes entre los parámetros ambientales de orígen físico y químico y algunas variables de orígen biológico que indican características sintéticas de la comunidad planctónica. Las variables analizadas fueron 31 de las cuales 18 corresponden a los parámetros ambientales y 13 a los caracteres sintéticos. Se incluyen en el análisis 200 observaciones del cico anual (20 fechas y 10 profundidades).

Las figuras nº 86, nº 87 y nº 88 representan los nuevos ejes obtenidos. Los factores de carga de las variables se encuentran en el apéndice nº III, al igual que la matríz de correlaciones.

A continuación se efectúa una interpretación del significado que tendrían las nuevas variables ó factores obtenidos del análisis.

Figura nº 86

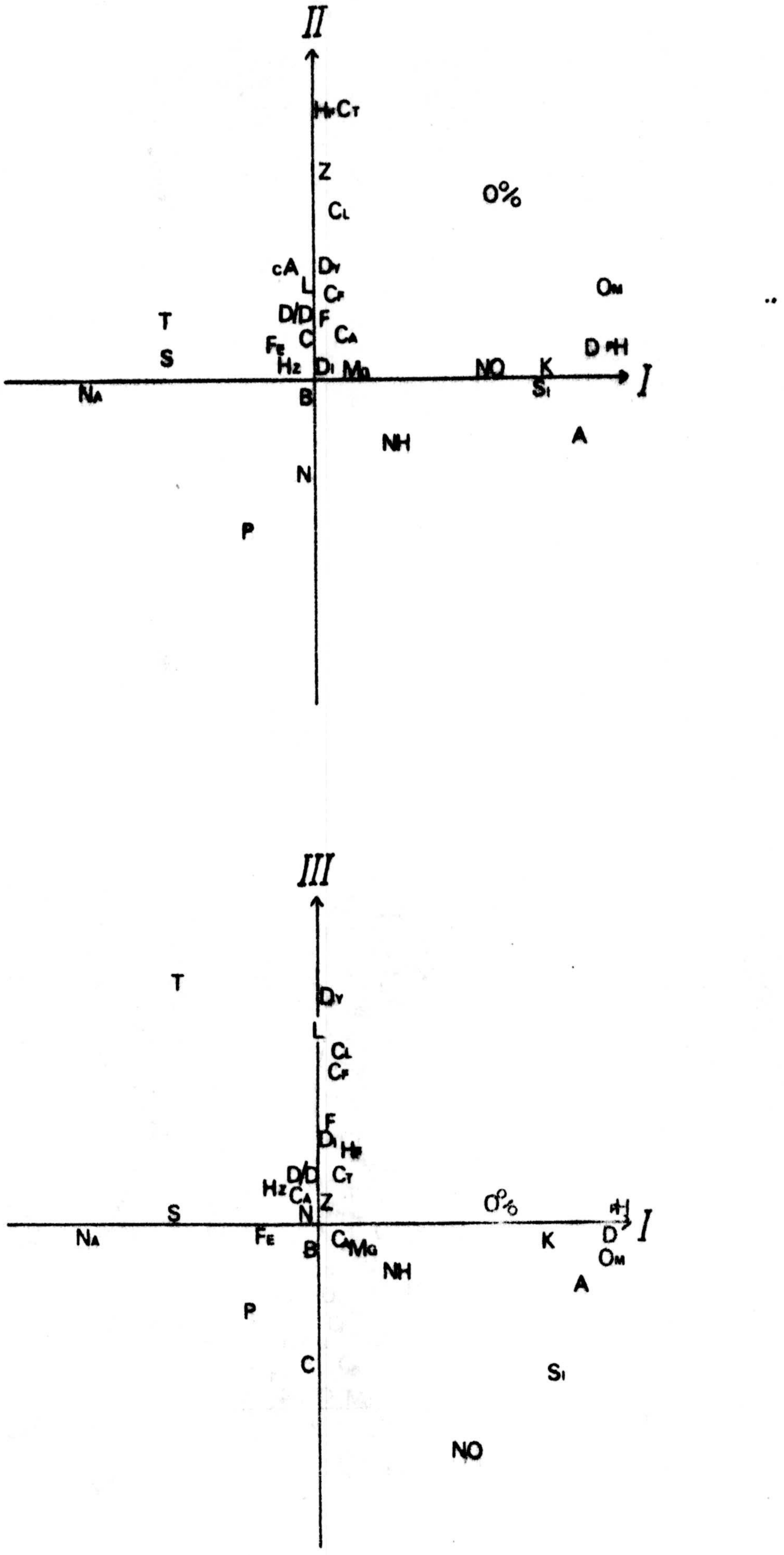
Análisis factorial de las variables físico-químicas y biológicas. Representación en los espacios limitado por los ejes I y II y los ejes I y III. Los símbolos corresponden a los mencionados en la tabla nº 8.

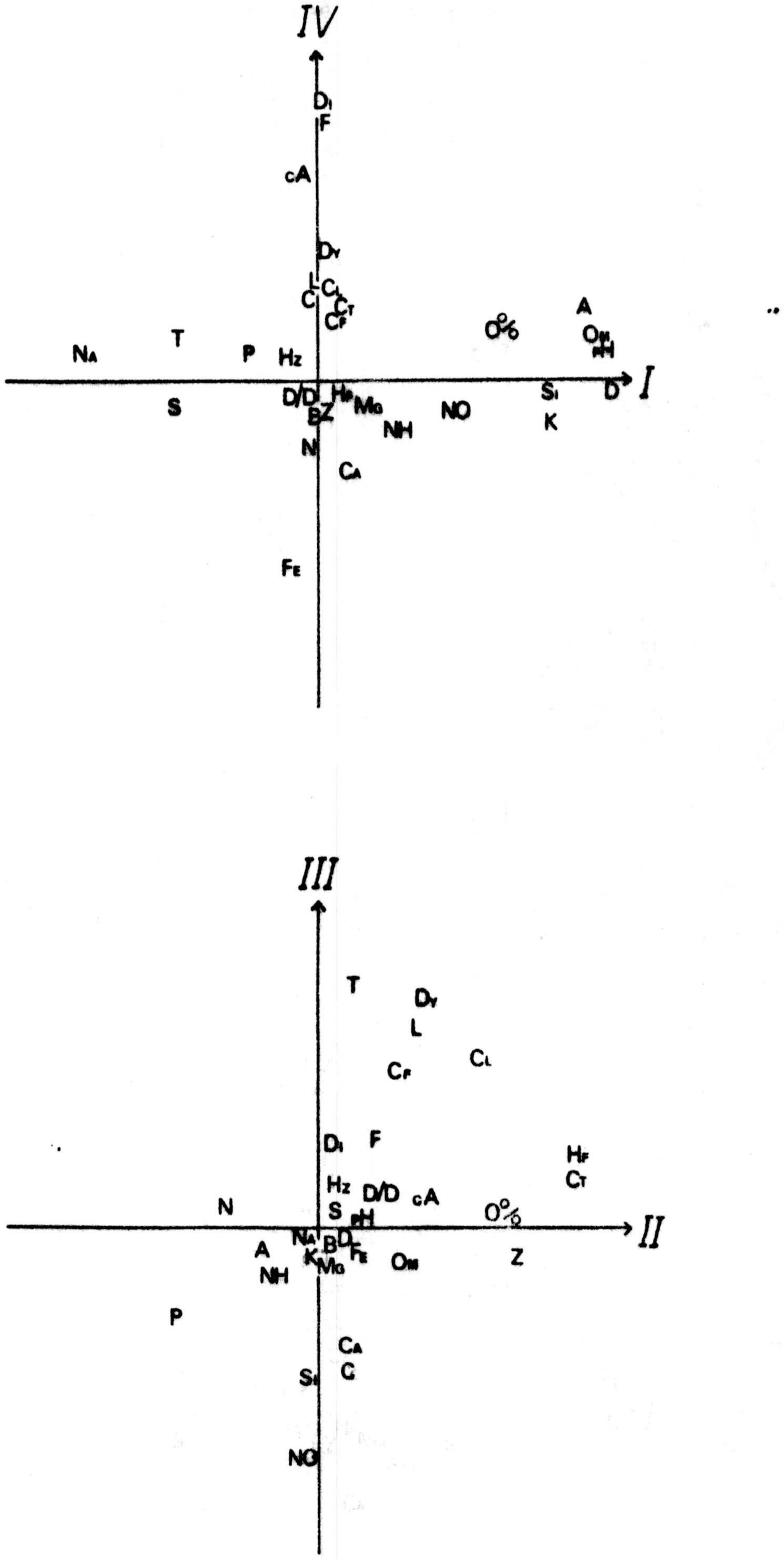
Figura nº 87

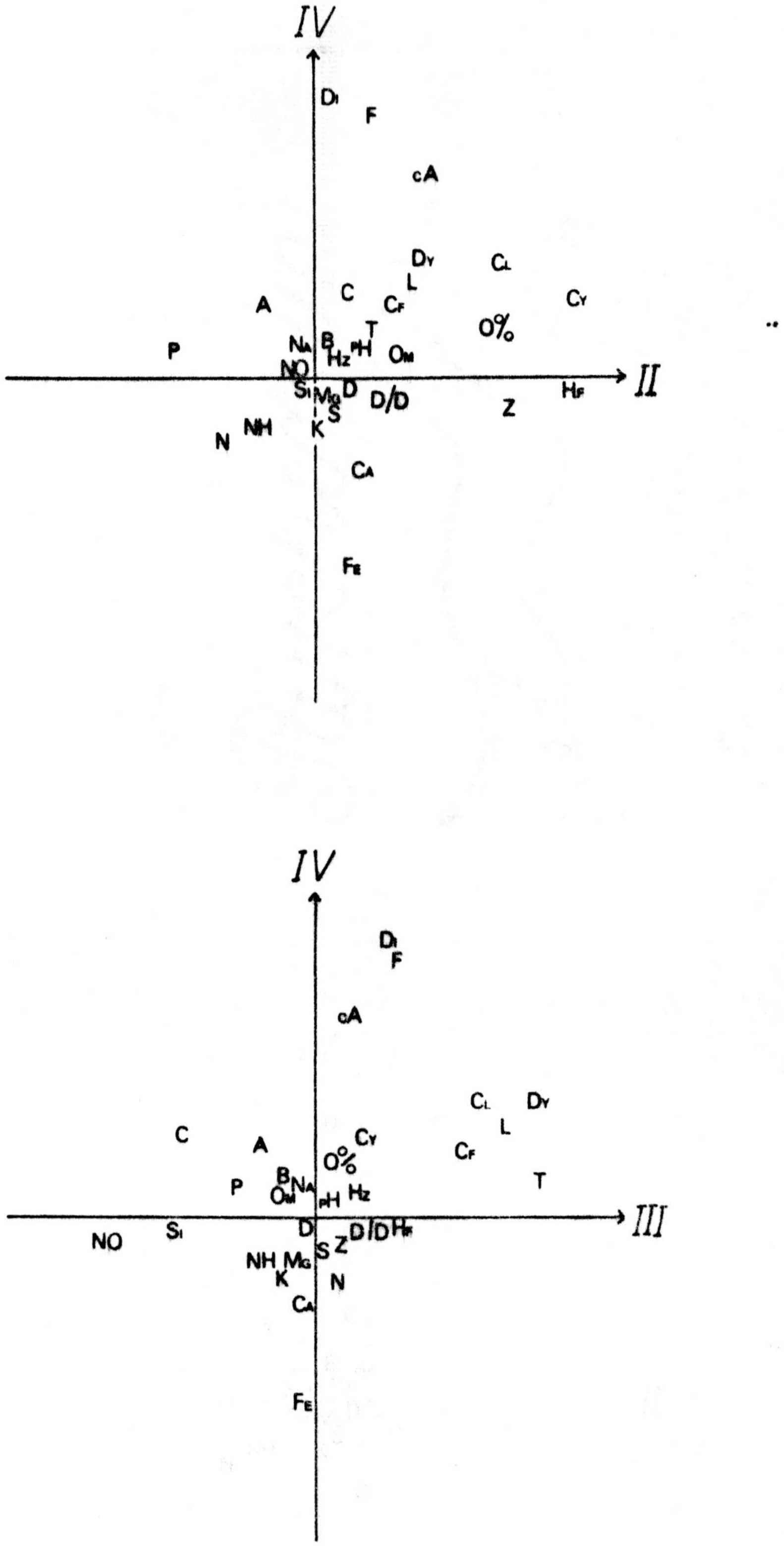
Lo mismo con respecto a los ejes I y IV y los ejes II y III.

Figura nº 88

Lo mismo con respecto a los ejes II y IV y los ejes III y IV.


II
I
III
Z
L
N
B
C
P
T
S
NA
NH
A
K
NO
Si
O%
OM
D
H
F
Z
L
N
B
C
P
T
S
NA
NH
A
K
NO
Si
O%
OM
D
H
F


IV
III
II
I
T
P
Hz
S
D/D
Ha
Mg
NH
N
Ca
Fe
A
K
NO
Si
D
Z
L
F
cA
pH
B
Ca
C


IV
D1
F
cA
DY
CL
L
C
CF
A
CY
T
O%
P
NA
B
pH
Hz
OM
NO
II
Si
Mg
D
D/D
HF
Z
S
NH
K
N
CA
FE
IV
D1
F
cA
CL
DY
L
C
A
CY
CF
O%
P
B
NA
OM
pH
Hz
T
III
NO
Si
D
D
D
HF
Z
S
NH
MG
K
N
CA
FE

Factor I

La varianza explicada por este fator representa un 19,78% de la variación total.

El eje I tiene un significado muy similar al ya mencionado en el análisis factorial de las variables químico-física. Este eje es el dominado por el oxígeno (Om) y mineralización del agua (A, D, pH) y se separan sólo variables químicas. El sentido de este eje ya ha sido discutido en el capítulo referente a los parámetros físico-químicos. Las variables biológicas no participan de la variación que representa este eje.

Factor II

Absorbe un 10,65% de la varianza total. Las variaciones que representa este eje tienen un sentido biológico al separar por un lado la diversidad del fitoplancton (F), criptoficeas (Ct), nº de organísmos del zooplancton (Z), y cloroficeas (Cl) con valores positivos más altos. Valores negativos adquieren en este eje los nutrientes que se ven más afectados en su concentración por la actividad biológica, como es el nitrógeno (N, NH) y fosfato (P).

Factor III

Explica un 10,26% de la varianza. El factor III representa variaciones que afectan a las variables biológicas y ambientales más interdependientes. Por lo tanto tendría un sentido ecofisiológico. Adquieren valores positivos altos las especies que son mas dependientes ó tienen respuestas más significativas a los parámetros ambientales luz (L) y temperatura (T). Las dinoficeas (Dy), cloroficeas (Cl), y crisoficeas (Cf) son los grupos de algas que toman valores positivos más elevados respecto a este factor.

Factor IV

Representa un 9,35% de la varianza total. El factor IV separa a las variables que son más representativas de la abundancia y biomasa del fitoplancton durante el ciclo anual. Forman un grupo con valores más altos positivos las siguientes variables: diatomeas (Di), nº de células del fitoplancton (F), despues siguen en importancia las dinoficeas (Dy) y cloroficeas (Cl). Valor negativo destacado en este eje lo adquiere el hierro (Fe) y corresponde al elemento que se encuentra detectable en las muestras espacio-temporales en que prácticamente no hay biomasa (figura nº 16), como son las zonas profundas y la época (20/02/79) cuando la biomasa del fitoplancton es mínima (figura nº 82).

Los otro factores obtenidos en el análisis absorben porcentajes cercanos e inferiores al 5% de la varianza total.

En el factor V (apéndice nº III) obtienen valores positivos más elevados las concentraciones de magnesio, sulfato y calcio, por lo tanto representa nuevamente un sentido de mineralización que en parte absorbería el factor I.

El factor VI opone las variables con valores positivos más altos, índice de pigmentos (D/D) y amonio (NH) al resto de las variables entre las que se destaca la clorofila A (cA). El significado de este eje puede estar relacionado con las diferencias que presentan las muestras del hipolimnion (valores numéricos más altos de D/D y NH) con las muestras del epilimnion (mayor clorofila A).

4.7.2. Análisis factorial de las fechas del estudio.

Se efectuaron análisis factoriales de las fechas con los datos biológicos y ambientales de cada una de las 10 profundidades consideradas en el estudio.

Los análisis factoriales de las fechas de muestreo presentaron una absorción de varianza bastante similar para las 9 primeras profundidades, de 0 a 40 m. El porcentaje de la varianza que absorbían los 4 primeros ejes fue de alrededor del 83% para todas estas profundidades. El primer eje absorbió alrededor del 65% de la varianza en todos los análisis (tabla nº 35). Los ejes II, III y IV absorbieron porcentajes decrecientes entre el 9 y 3%.

El análisis factorial de las fechas efectuado con los datos de la profundidad de 60 m tuvo un comportamiento diferente a los anteriores en el sentido que exclusivamente el primer eje absorbió el 83,6% de la varianza. Esto significa que en esta profundidad hay una mayor uniformidad de los datos para todas las fechas y se ordenan las fechas casi exclusivamente con respecto a un factor de variación. Este factor de variación es tan fuerte que las otras variaciones que puedan existir aparecen minimizadas. Debido a que en el análisis efectuado a 60 m de profundidad hay incluídas variables químicas y biológicas del estudio, este eje representa las fuertes

TABLA Nº 35 . Porcentaje de la varianza explicada por los primeros componentes en los análisis factoriales de fechas por profundidades de muestreo durante el ciclo anual.

Profundidad (m)	% por factor ó componente				Variánza acumulada
	I	II	III	IV	
0	65,9	9,0	5,6	3,3	83,8
2	64,5	8,4	6,5	3,4	82,8
5	65,4	7,7	6,4	3,5	83,0
10	67,5	7,8	5,5	2,9	83,7
15	69,6	6,6	5,3	4,1	85,6
20	65,9	9,0	5,6	3,3	83,8
25	64,5	8,4	6,5	3,4	82,8
30	65,4	7,7	6,4	3,5	83,0
40	67,5	7,8	5,5	2,9	83,7
60	83,6	3,6	3,1	1,9	92,2

variaciones que provocan la presencia en algunas fechas de muestreo algunas especies planctónicas propias de las zonas más superficiales ó de distribución temporal restringida que alcanzan esporádicamente esta profundidad de 60 m. A pesar de la fuerte transformación logarítmica (log. x + 0,001) a que fueron sometidos los datos hay una influencia de los valores nulos. Las coordenadas de las especies se oponen a las de las variables físico-químicas. Esta transformación logarítmica normaliza los datos y disminuye los valores extremos, pero siempre se manifiesta el problema de los ceros. Ha sido ya mencionado por otros autores cuando se aplica el análisis factorial a los datos de abundancia del plancton (Margalef y González-Bernaldez, 1969). Las especies con muchos valores cero aparecen asociadas justamente por tener repetido este valor (adquieren correlación alta entre ellas).

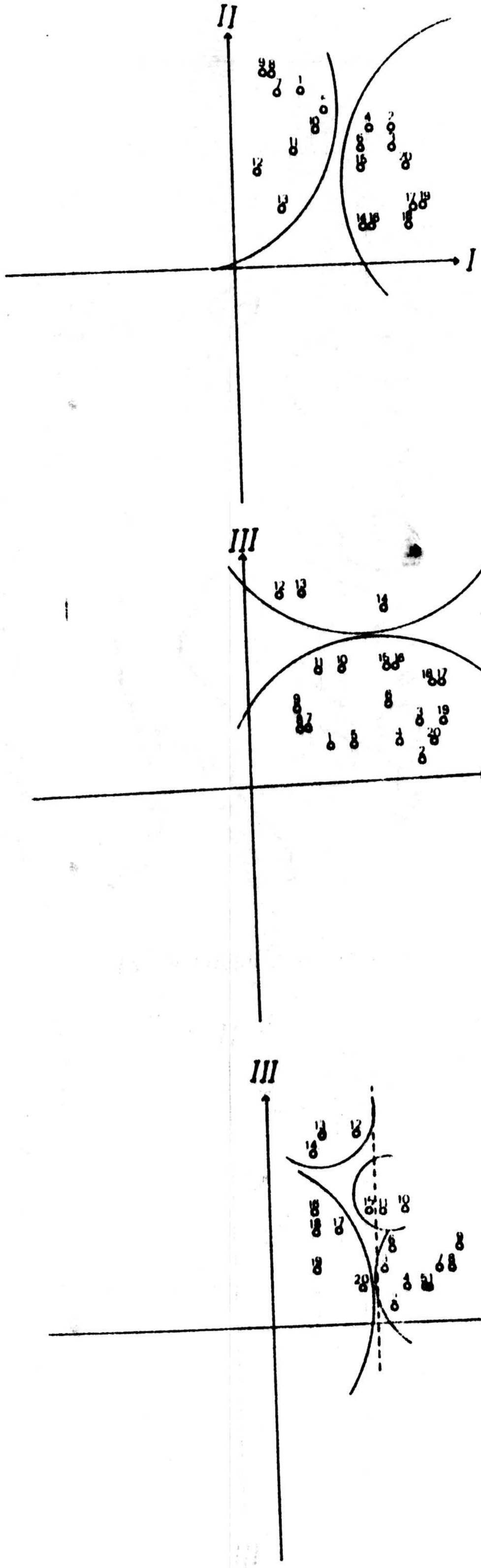
En el apéndice nº IV se expresan los factores de carga de las fechas con respecto a los primeros ejes.

Respecto al factor I obtienen valores altos varias fechas de muestreo en las diferentes profundidades. Pero normalmente las fechas que agrupa este primer componente, en todas las profundidades analizadas, son por un lado las fechas de menos estratificación (invierno) con las fechas en la cual el embalse está más estratificado (verano). Esto se observa más claramente en la figura nº 89 donde se representan las fe-

Figura nº 89

Análisis factorial de las muestras de 5 m. Representación con respecto a los tres primeros ejes. Los números corresponden a las fechas por órden correlativo según lo mencionado en la tabla nº 8.

PROFUNDIDAD 5m



chas respecto a los tres primeros factores en el análisis de las muestras de 5 m. La situación visualizada para los 5 m de profundidad se puede hacer extensiva a otras profundidades superficiales, ya que de acuerdo a lo señalado en la tabla nº 36, las coordenadas de las variables respecto al primer componente son muy similares para todas las fechas de muestreo. Se repiten mucho las variables experimentales: dureza, silicato, magnesio, calcio, bacterias y oxígeno con los valores altos positivos. En cambio adquieren valores inferiores negativos las variables biológicas de más importancia en los meses de estratificación como son especies de cloroficeas, dinoflagelados y crisoficeas. También se puede observar que la fecha 1 (18/02/78) en la figura nº 89, aparece en el grupo de fechas de verano y esto se debería fundamentalmente a que en esta fecha se encontraron algunas especies de cloroficeas lo cual discrimina a esta fecha de las de invierno agrupándola con muestras que presentan una composición específica más similar.

El segundo eje absorbe variaciones existentes entre las fechas y que no corresponden a las de los dos grandes períodos de mezcla y estratificación. Este eje tiene un comportamiento diferente según la profundidad de muestreo, lo cual sería debido a la heterogeneidad espacial que presenta la distribución de las especies planctónicas en las diferentes fechas. Por ejemplo, a 0 m el eje II separa las fechas

TABLA Nº36 Casos que logran los valores extremos más elevados en los ejes I, II y III y que ordenan las fechas de muestreo en los análisis factoriales de fechas por profundidades.

	0 metros				2 metros				5 metros				10 metros			
I	Silicato	1,63	Selenastrum	-2,37	Gymnodinium	1,97	Crucigenia	-2,88	Polyarthra	2,14	Oocystis	-2,62	Diatomeae	1,55	Crucigenia	-2,84
	Dureza	1,43	Oocystis	-2,10	Silicato	1,29	Chodatella	-2,39	Dureza	1,39	Gymnodinium	-2,58	Oocystis	1,54	Scened.sp$_1$	-2,01
	Polyarthra	1,38	Gymnodinium	-2,05	% sat. O_2	1,27	Scened.sp2	-1,96	Silicato	1,35	Kephyrion	-1,92	Silicato	1,46	Chodatella	-1,89
	Calcio	1,37	Ceratium	-1,60	Dureza	1,26	Scened.sp$_1$	-1,88	Magnesio	1,30	Selenastrum	-1,80	nº cél.fito.	1,44	Chrysidalis	-1,88
	Magnesio	1,36	Coelastrum	-1,39	Oocystis	1,22	Navic.sp$_1$	-1,71	Rhodomonas	1,26	Chrysophyceae	-1,68	% sat.O_2	1,39	Scened.sp2	-1,66
	Nitrato	1,34	Crucigenia	-1,33	Diatomeae	1,16	Chrysidalis	-1,49	Cryptomonas	1,26	Tetraedron	-1,36	Dureza	1,37	Ceratium	-1,54
	pH	0,99	Dinophyceae	-1,32	Magnesio	1,13			% sat. O_2	1,26	Chodatella	-1,27	Calcio	1,28	Chrysophyceae	-1,36
	Bacterias	0,98	Scenededesmus	-1,27	Calcio	1,14			Calcio	1,26	Scened.sp2	-1,16	Bacterias	1,21	Coelastrum	-1,33
	Temperatura	0,86			Temperatura	0,94			Nitrato	1,23	Dinophyceae	-1,10	Temperatura	0,96	Polytomella	-1,09
	Alcalinidad	0,83							Bacterias	1,16			pH	0,93	Pediastrum	-1,00
II	Gymnodinium	2,33	Scened.sp2	-2,38	Polyarthra	2,02	Gymnodinium	-3,03	Nitzchia	2,07	Crucigenia	-3,26	Polyarthra	2,32	Oocystis	-3,25
	Oocystis	2,28	Chodatella	-1,76	Dureza	1,42	Oocystis	-2,63	Gymnodinium	1,87	Scened.sp$_1$	-2,02	Rhodomonas	1,96	Gymnodinium	-2,64
	Selenastrum	1,90	Cymbella	-1,49	Crucigenia	1,35	Selenastrum	-2,07	Oocystis	1,79	Chodatella	-1,78	Crucigenia	1,47	Nitzchia	-1,80
	Diatomeae	1,21	Polytomella	-1,30	Magnesio	1,30	Dinobryon	-1,91	Diatomeae	1,35	Navicula sp$_2$	-1,46	Cryptomonas	1,43	Tetraedron	-1,41
	Nº cél.fito.	1,19	Synedra ulna	-1,22	Calcio	1,26	Tetraedron	-1,76	nº cél.fito.	1,27	Hierro	-1,33	Dureza	1,21	Selenastrum	-1,41
	% sat. O_2	1,01			Silicato	1,24	Kephyrion	-1,53	Silicato	1,09	Coelastrum	-1,29	Synedra acus	1,19	Kephyrion	-1,28
					% sat O_2	1,24	Chrysophyceae	-1,52	% sat.02	1,04	Pediastrum	-1,29	Silicato	1,12	Pediastrum	-1,12
III	Crucigenia	3,07	Fosfato	-2,14	Scened.sp2	2,16	Synedra ulna	-2,09	Crucigenia	2,29	Nitzchia	-2,05	Scened.sp2	2,62	Ceratoneis	-2,00
	Scened.sp2	2,45	Ceratoneis	-1,79	Crucigenia	2,17	Fosfato	-1,99	Scened.sp2	2,26	Fosfato	-1,93	Crucigenia	2,08	Navicula sp$_2$	-1,78
	Rhodomonas	1,83	Trachelomon.	-1,53	Ceratium	1,98	Pinnularia	-1,93	Ceratium	2,01	Synedra acus	-1,92	Chodatella	1,63	Navicula sp$_1$	-1,74
	Chodatella	1,68	Hierro	-1,46	Chodatella	1,88	Hierro	-1,91	Chodatella	1,69	Trachelomonas	-1,52	Clorophyceae	1,66	Diatomeae	-1,70
	Clorophyceae	1,50	Dinobryon	-1,41	Trichocerca	1,20	Ceratoneis	-1,58	Scened.sp1	1,63	Ceratoneis	-1,45	Scened.sp$_1$	1,34	Fosfato	-1,67
	Cryptomonas	1,50	Cyanophyceae	-1,35	Rhodomonas	1,11	Navic.sp2	-1,43	Transpar.	1,35	Diatomeae	-1,42	Trichocerca	1,32	Cymbella	-1,64
	Ceratium	1,33							Trichocerca	1,35						

	20 metros				30 metros				40 metros				60 metros			
I	Silicato	1,63	Selenastrum	-2,37	Polyarthra	2,14	Oocystis	-2,62	Daphnia	1,55	Crucigenia	-2,84	Dureza	2,26	Cyanophyceae	-0,91
	Dureza	1,44	Oocystis	-2,10	Dureza	1,39	Gymnodinium	-2,58	Oocystis	1,54	Scened.sp$_1$	-2,00	Magnesio	2,12	Scened.sp2	-0,89
	Polyarthra	1,38	Gymnodinium	-2,05	Silicato	1,35	Kephyrion	-1,91	Silicato	1,46	Chodatella	-1,89	Calcio	2,08	Navicula sp$_2$	-0,89
	Calcio	1,37	Tetraedron	-1,74	Magnesio	1,30	Selenastrum	-1,80	nº cél.fito.	1,44	Chrysidalis	-1,88	% sat.O_2	2,02	Ceratium	-0,85
	Luminosidad	1,37	Ceratium	-1,60	Rhodomonas	1,26	Chrysophyceae	-1,68	% sat.O_2	1,39	Scened.sp2	-1,68	Silicato	2,01		
	Magnesio	1,36	Coelastrum	-1,40	% sat.O_2	1,26	Tetraedron	-1,36	Dureza	1,37	Ceratium	-1,54	Nitrato	1,73		
	% sat.O_2	1,35	Dinophyceae	-1,32	Calcio	1,26	Chodatella	-1,27	Calcio	1,28	Chrysophyceae	-1,37	Temperatura	1,51		
	Nitrato	1,34	Crucigenia	-1,33	Cryptomonas	1,26	Scened.sp2	-1,16	Magnesio	1,22	Coelastrum	-1,33	pH	1,47		
	mg/l O_2	1,08			Nitrato	1,23	Dinophyceae	-1,10	Bacterias	1,21	Polytomella	-1,09	mg/l O_2	1,44		
	pH	0,99			Bacterias	1,16			Nitrato	1,14	Pediastrum	-1,00	D430/D665	1,19		
II	Gymnodinium	2,33	Scenedesmus	-2,38	Nitzchia	2,07	Crucigenia	-3,26	Polyarthra	2,32	Oocystis	-3,25				
	Oocystis	2,28	Crucigenia	-1,88	Gymnodinium	1,87	Scened.sp$_1$	-2,02	Rhodomonas	1,96	Nitzchia	-1,80				
	Selenastrum	1,90	Chodatella	-1,76	Oocystis	1,79	Chodatella	-1,78	Crucigenia	1,47	Tetraedron	-1,41				
	Diatomeae	1,21	Cymbella	-1,49	Diatomeae	1,35	Hierro	-1,33	Cryptomonas	1,43	Selenastrum	-1,41				
	nº cél.fito.	1,19	Navicula sp$_2$	-1,47	nº cél.fito.	1,27	Coelastrum	-1,29	Silicato	1,12	Kephyrion	-1,28				
			Synedra ulna	-1,22	Silicato	1,09	Polytomella	-1,28	Dureza	1,21	Pediastrum	-1,12				
III	Crucigenia	3,06	Magnesio	-2,14	Crucigenia	2,29	Nitzchia	-2,05	Scened.sp2	2,62	Ceratoneis	-2,00	:			
	Scened.sp2	2,45	Ceratoneis	-1,79	Scenedesmus	2,26	Fosfatos	-1,93	Crucigenia	2,08	Navicula sp$_2$	-1,78				
	Rhodomonas	1,83	Kephyrion	-1,52	Ceratium	2,01	Synedra acus	-1,92	Clorophyceae	1,66	Navicula sp$_1$	-1,74				
	Chodatella	1,68	Hierro	-1,46	Chodatella	1,69	Trachelomonas	-1,52	Scened.sp$_1$	1,34	Diatomeae	-1,70				
	Cryptomonas	1,50	Dinobryon	-1,41	Scened.sp$_1$	1,63	Ceratoneis	-1,45	Trichocerca	1,32	Fosfato	-1,67				
	Ceratium	1,33	Synedra acus	-1,39	Clorophyceae	1,36	Diatomeae	-1,42	Diatomeae	1,31	Cymbella	-1,64				
	Coelastrum	0,91	Diatomeae	-1,36	Luminosidad	1,35	Amonio	-1,25	nº cél.fito.	1,12	Pinnularia	-1,64				

4 a la 12 inclusive, o sea desde el 10 de Abril al 2 de Septiembre de 1978, del resto de las fechas del estudio. En cambio el análisis efectuado con las fechas de 5 m separa las fechas 1 a la 11 (18 de Febrero al 28 de Julio de 1978), la primera mitad del ciclo de la segunda mitad del ciclo. En la profundidad de 10 m la separación es de las fechas 15 a la 20, o sea del 5 de Noviembre al 20 de Febrero (últimas fechas del ciclo estudiado). En las profundidades siguientes se repiten los comportamientos aquí reseñados, siempre son fechas contínuas y de períodos transicionales entre el invernal-primaveral (mayor mezcla) y el estival-otoñal (estratificación máxima). Por lo tanto se podría denominar este eje como "transicional" entre mezcla y estratificación.

El tercer eje del análisis de las fechas representa en las diferentes profundidades un comportamiento muy similar a los anteriores. Analizando las coordenadas de los casos se puede ver que tienen valores altos casos similares a los de los ejes I y II. Ya se ha mencionado esta repetición de significados de los ejes de variación en análisis factoriales efectuados con datos biológicos (García y Wishart, 1972; Toja, 1976).

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado un estudio limnológico del embalse de Quéntar, Granada durante un ciclo anual (18 de Febrero de 1978 al 20 de Febrero de 1979). Se muestreó con una periodicidad de 15 a 20 días y en 10 a 11 profundidades, dependiendo del nivel de embalsamiento, en una estación situada en la zona pelágica del embalse.

El estudio incluyó el análisis de diecinueve parámetros físicos y químicos, cuantificación del fitoplancton, clorofila, zooplancton y recuento de bacterias heterotróficas aerobias. También se estimó la biomasa del plancton y su evolución temporal durante el ciclo. Se determinó el índice de pigmentos de Margalef y la diversidad (índice de Shannon-Weaver) del zoo y fitoplancton usando al individuo y a la biomasa como unidades.

Se efectuó un análisis de la distribución espacio-temporal de los consituyentes abióticos y bióticos de forma monográfica y posteriormente se tratan algunas relaciones entre estos constituyentes utilizando correlaciones y análisis factoriales.

I. Respecto a las características físicas y químicas del agua del embalse se observó:

1º Hay grandes variaciones en la transparencia del agua durante el ciclo anual. La visibilidad, medida con disco de Secchi, varía entre un mínimo de 0,60 m en invierno (Febrero, 1979) hasta un máximo de 11 m en verano (Julio de 1978). La disminución de la transparencia en invierno es debida fundamentalmente al seston alóctono y autóctono.

2º Se detectaron variaciones en la temperatura del agua entre 7 ºC y 21,8 ºC. Hay formación de una termoclina con ubicación espacial variable a medida que avanza el verano, situándose entre los 40 m y 60 m de profundidad en el mes de Octubre de 1978. Se igualan las temperaturas en el perfil vertical durante el mes de Enero (1979), existiendo una mezcla total sólo una vez al año por un corto período de tiempo.

3º El pH es ligeramente alcalino, normalmente entre 7,8 y 8,3 en la mayoría de las muestras. La alcalinidad se debe fundamentalmente al bicarbonato y presenta variaciones entre 1,4 y 3,5 meq/l. Los valores mínimos se detectan en el epilimnion en verano.

4º Las aguas del embalse contienen abundante oxígeno, excepto en el hipolimnion durante el período de estratificación, en que hay niveles inferiores al 40% de saturación en las cercanías del fondo. Se detectó un mínimo de 1,46 mg/l (12,8% de saturación) a los 60 m de profundidad el 17 de Octubre de 1978. La disminución del oxígeno en las zonas profundas coincide con aumentos locales del amonio, nitrito, fosfato soluble y sulfuro.

5º La dureza y las concentraciones de calcio y magnesio aumentaron en la segunda mitad del ciclo del estudio. Ello se atribuye al mayor tiempo de residencia del agua. El calcio y el magnesio son los cationes mayoritarios. La concentración media de calcio fue de 29,6 mg Ca/l y la relación media entre el calcio y el magnesio fue de 1,6:1.

6º El potasio y el sodio se presentaron en bajas concentraciones (0,361 mg K/l y 1,269 de mg Na/l como promedio). El hierro fue detectable (0,05 a 0,1 mg Fe/l) sólo en las zonas más profundas y en los meses de mezcla. Los otros elementos metálicos menores (Zn, Mn, Cu) mostraron concentraciones inferiores a las detectables por absorción atómica en muestras concentradas (8:1).

7º Amonio se detecta en cantidades mínimas (0 a 1,4 mg N/l) en las zonas profundas y en algunas fechas de primavera e invierno. Nitrato se encuentra en cantidades variables según la situación espacio-temporal entre el rango de 0,059 mg N/l hasta 0,403 mg N/l, mientras el nitrito varía entre no detectable y 49,72 mg N/l. La relación NO_3:NO_2 normalmente era mayor de 10:1, excepto en el hipolimnion cerca del fondo donde llegaba a 3:1 para el nitrato y nitrito respectivamente. En verano-otoño se detecta una estratificación de las concentraciones de nitrato, nitrito y silicato.

8º El silicato no sería limitante para las diatomeas ya que siempre se encuentran cantidades suficientes, variando entre 0,22 y 4,5 mg Si/l. En cambio el fosfato no se detectó entre fines de Junio y Octubre de 1978, y podría ser el nutriente limitante en esta época. Hay un aumento en las concentraciones de fosfato en la cercanía del fondo durante la estratificación.

9º El sulfato presenta concentraciones entre 0,1 y 1,52 mg S/l y una media de 1,06 mg S/l. Se detectó correlación con las concentraciones de sodio. Se encontró sulfuro en las zonas profundas del embalse.

10º El análisis factorial de las variables químicas señala que el primer eje opone situaciones temporales (mezcla-

estratificación) y espaciales (profundidad). El segundo eje tiene un sentido superficie fondo. El tercer eje tiene un sentido de mineralización ya que el calcio, magnesio y sulfato adquieren factores de carga elevados. El cuarto eje tendría un significado biológico, al oponer fosfato y nitrato al resto de los compuestos químicos.

II. Respecto al fitoplancton se observó que:

1º Estuvo mayoritariamente formado por la diatomea Cyclotella kutzingiana que durante el ciclo anual representó el 87% del número de individuos y el 63,8% del peso fresco total anual de las muestras. Le siguieron en importancia Ceratium hirundella (0,13% del nº indiv. y 12,71% de la biomasa), Cryptomonas erosa (2,74% y 11,61% del nº de indiv. y biomasa respectivamente), Peridinium spp (0,06% y 5,42%) y Rhodomonas minuta var. nannoplanctica (2,76% y 0,41%).

2º La sucesión anual, desde Febrero de 1978 a Febrero de 1979, se inició con una dominancia de C.kutzingiana seguido de un crecimiento primaveral temprano de Synedra acus. Después en la primavera aparece una biomasa importante de Peridinium spp y Ceratium hirundella que coexisten con la siempre dominante C.kutzingiana. Posteriormente en verano y otoño se desarrollan cloroficeas y al entrar el invierno se detecta un auge de Chrysidalis sp. Las criptoficeas se

encontraron presente durante todo el año, con una mayor abundancia relativa en los últimos meses del ciclo estudiado, de manera que en Febrero de 1979 llegan a representar el 77% del nº de individuos y el 88,56% de la biomasa del fitoplancton.

3º Durante el ciclo en general se observó una constante presencia de diatomeas pennadas. Las densidades eran bajas y posiblemente su orígen era bentónico-litoral.

4º La clorofila presenta baja concentración (frecuentemente entre 0,5 y 3,5 µg/l). Los máximos valores para la columna de agua estuvieron comprendidos entre 100 y 200 gr/m^2 en la época de crecimiento primaveral. Durante el resto del año los niveles son inferiores a 100 gr/m^2.

5º El indice de pigmentos presenta alta variabilidad espacio-temporal. Hay un aumento del índice en el hipolimnion durante la estratificación debido a la escasez de de clorofila A. También se detectaron aumentos del índice en primavera y otoño, valores entre 3 y 5, en relación al invierno y al epilimnion en verano (valores entre 1 y 3).

6º La diversidad del fitoplancton fue baja, normalmente inferior a 1 bits/indiv. Hubo un aumento de la diversidad en las últimas fechas del ciclo por disminuir la domi-

nancia de las diatomeas. Hay una correlación significativa entre las diversidades del fitoplancton estimadas a partir del nº de individuos y a partir del peso fresco, lo cual permite basarse en cualquiera de los dos métodos para estimar el índice de diversidad.

III. Respecto al zooplancton, se observó que:

1º Los organísmos más característicos fueron Daphnia longispina, Polyarthra vulgaris, Trichocerca similis y Ceriodaphnia reticulata. En muestras de invierno fue corriente encontrar individuos de nematoda. También se observaron algunos rotiferos y cladoceros de escasa abundancia.

2º La sucesión anual durante el ciclo estudiado se inició con un crecimiento invernal y primaveral de D.longispina (acompañado de P.vulgaris y nematoda en algunas fechas). Al llegar el verano hay crecimientos poblacionales de C.reticulata y T.similis. En otoño recobra importancia D.longispina compartiendo el espacio con T.similis. A fines de otoño e invierno hay un fuerte crecimiento de P.vulgaris coincidiendo con la extinción de la población de D.longispina.

3º La diversidad del zooplancton fue baja, siendo frecuentes los valores entre 0 y 1,5 bits/indiv. No existe correlación entre los índices de diversidad estimados consi-

derando el número de organismos como unidad y los calculados considerando las biomasas individuales como unidad, debido a las grandes diferencias de tamaño de las distintas especies.

IV. Respecto al bacterioplancton se observó una importante disminución de la concentración de gérmenes heterotróficos aerobios durante el período de estratificación estival. Los valores obtenidos en los recuentos en placas frecuentemente estaban entre 1.000 y 10.000 cfu/ml en la mayoría de las muestras. Durante la estratificación térmica se observa también una estratificación en las densidades bacterianas.

V. Referente a las proporciones entre las biomasas de los grupos planctónicos y la biomasa total del plancton:

1º El fitoplancton es el constituyente mayoritario, alcanzando proporciones entre el 77,94% y el 97,80% de la biomasa planctónica total.

2º El zooplancton tuvo una alta variabilidad en su proporción respecto a la biomasa total. Consituyó entre un 1,86% y un 21,29%.

3º Las bacterias presentan un bajo porcentaje de la biomasa total, normalmente era inferior al 1,5%, excepto en dos fechas del período de mezcla donde las bacterias representaron un 3,88% y 7,35%.

VI. Respecto a las relaciones entre los grupös y organísmos planctónicos:

1º La biomasa de las bacterias no se correlaciona significativamente ($r = 0,172$) con la biomasa del zooplancton para los datos de la columna de agua. Con el fitoplancton la correlación es negativa ($r = -0,304$). Las biomasas del fitoplancton y zooplancton se correlacionan positivamente ($p = 0,05$) siendo $r = 0,434$.

2º Las relaciones entre las diversidades del zooplancton y del fitoplancton tienen resultados diferentes si son efectuadas a partir del número de individuos ó a partir de la biomasa. Si se correlacionan las diversidades del nº de individuos el índice r vale -0,427. Si se correlacionan las diversidades estimadas a partir de la biomasa la correlación es positiva ($r = 0,495$) y significativa para $p = 0,05$.

3º Los individuos planctónicos se ordenaron fundamentalmente con respecto a ejes de variación con un significado temporal, al efectuar un análisis factorial de los organís-

mos planctónicos. Las poblaciones que presentaron diferencias temporales más notorias ó que fueron de distribución más estacional adquieren factores de carga elevados. Se observaron algunas asociaciones entre las especies que presentan abundancias correlacionadas positivamente. Una asociación típica fue la de Daphnia longispina-Cyclotella kutzingiana.

VII. Referente a las relaciones entre las variables biológicas y físicoquímicas, se efectuaron análisis factoriales para tratar la matríz de datos.

1º En el análisis efectuado con todas las muestras se obtuvo un primer eje que ordena las variables abióticas y un segundo eje que ordena las variables biológicas. El primer eje tiene el mismo sentido que el señalado para el análisis factorial efectuado sólo con variables abióticas. En el segundo eje obtienen valores positivos elevados y cercanía en el plano formado por los dos primeros ejes, la diversidad del fitoplancton, criptoficeas, nº de organísmos del zooplancton y cloroficeas. El tercer eje revela la mayor dependencia de los grupos de algas (dinoficeas, cloroficeas y crisoficeas) respecto al gradiente vertical de luz y temperatura.

2º En los análisis factoriales efectuados con las muestras de diferentes profundidades se obtiene una alta va

rianza explicada por pocos factores, lo que reveló la alta similitud entre las muestras y la fuerte dependencia temporal que tienen las variaciones que existen entre las muestras. Los ejes ordenaban las fechas de muestreo respecto al gradiente mezcla-estratificación y respecto a los otros gradientes temporales intermedios (primavera y verano versus otoño e invierno y otros períodos transicionales.

VIII. Situación general del embalse y consideraciones sobre su manejo.

En general se puede decir que las aguas del embalse son poco eutróficas si comparamos los resultados obtenidos en el presente estudio con el límite propuesto por Margalef y colaboradores (1976) para separar los embalses más eutrofizados de los menos eutrofizados en España. Este límite sería: nº de células del fitoplancton, 5.000; clorofila A, 5 mg/m^3; concentración de fosfato, 15,5 ug P/l; nitrato, 140 ug N/l y transparencia (disco Secchi), 3 m.

Son escasas las muestras que sobrepasan el umbral mencionado. La escasez de fosfato sería la razón de no obtenerse mayores concentraciones de organismos planctónicos.

Es importante que en el futuro se controlen las descargas de este elemento, ya que es posible que una mayor

urbanización en la cuenca, aumentos en la población ganadera estabulada ó intensificación de la agricultura aumenten los aportes originados por la erosión geológica de la cuenca. Un aumento de los niveles de fosfato tendría un efecto explosivo si pensamos que los nitratos ya son abundantes en las aguas del Quéntar.

Otro aspecto a considerar en el manejo futuro del embalse es la fuerte estratificación térmica que se detectó, lo que impide una mezcla vertical de las aguas durante la mayor parte del año. El período de mezcla invernal es muy corto y es posible que años con condiciones climáticas menos normales (inviernos más cálidos) y condiciones hidráulicas excepcionales del embalse (mayor acumulación de agua del año anterior), la mezcla no se realize completamente en todo el perfil. Si a esto sumamos la indudable dirección sucesional de los embalses (a mayor antiguedad, más eutróficos), en el hipolimnion se crearía un ambiente anóxico que desde el punto de vista sanitario es inconveniente para un embalse que proporciona agua potable a una importante población urbana.

El diseño del embalse permite extraer agua de diferentes profundidades a lo largo del año, pero no permite diferenciar el destino final de las aguas (riego ó agua potable). Al poder efectuar extracciones selectivas del agua

eligiendo la profundidad de la toma se puede disminuir el trabajo de la planta de tratamiento de agua potable, pero los nutrientes u organísmos que no se extraen quedan en el embalse y en los perfodos de mezcla entrarían en circulación los nutrientes aumentando el ritmo de la eutrofización. Las decisiones a tomar dependerán de los objetivos a corto plazo y a largo plazo que se fijen para el embalse. Pero en todo caso, como estan en juego consideraciones sanitarias, es importante que ante las alternativas que se iran presentando respecto al manejo futuro del embalse, se disponga siempre de análisis químicos y biológicos previos de las aguas.

El presente estudio señala las principales características del embalse durante el ciclo estudiado, pero en el futuro estas características pueden evolucionar. Seguramente nuevas especies irán enriqueciendo la composición específica y otras serán sustituídas ó disminuirán de importancia. Por tal razón sería interesante que se mantuviera bajo control y se conociera la velocidad y dirección que adquiera la sucesión, para que las medidas de manejo pudieran ser evaluadas y se mida su efectividad.

6. BIBLIOGRAFIA

ALBA, J. y JIMENEZ, F. 1978. Larvas de Efemerópteros de las estribaciones de Sierra Nevada. Factores que intervienen en su distribución. Bol. Asoc. Esp. Entom. 2: 91-103.

ALBA, J. 1979. Larvas de Plecópteros de las estribaciones de Sierra Nevada (Granada). Factores que intervienen en su distribución. Bol. Asoc. Esp. Entom. 3: 193-198.

ALBA, J. y JIMENEZ, F. 1979. Datos ecológicos de la distribución de Larvas de los Plecópteros. Trab. Monogr. Dep. Zool. Univ. Granada (N.S.) 2 (1): 1-6.

ALLEN, T.F.H. y KOONCE, J.F. 1973. Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton. Ecology 54: 1.234-1.246.

AMPA, AWWA, VPCP. 1963. Métodos estandar para el análisis de aguas y aguas de deshecho. Interamericana, Mexico.

ARMENGOL, J. 1976. Crustaceos. En Margalef y colaboradores. Limnología de los embalses españoles. Publ. Nº 123, M.O.P., Madrid.

ARRIGNON, J. 1979. Ecología y piscicultura de aguas dulces. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 363 pp.

BARBANTI, L. 1971. Il tempo di residenza della acque lacustri: un parametro fondamentale per l'interpretazione dei processi di inquinamento. Atti. Cong. Intern. Climatologia Lacustre, maggio 20-23, Como, pag. 369-376.

BESCH, W.K.; BACKHAUS, D; CAPBLANCQ, J.M. y LAVANDIER, P. 1972. Données écologiques sur les algues benthiques de haute montagne dans les Pyrénées. I.- Diatomées. Annls. Limnol. 8 (2): 103-118.

BERG, K. 1931. Studies of the genus Daphnia O.F. Müller with special reference to the mode of reproduction. Viderisk. Med. fra Dansk. Natur. Forening. 92: 1-222.

BERTILSSON, J. 1975. Fytoplanktons kvantitativa utveckling I Vombsjön 1971-1972. Limnologiska Inst., Lunds Univ. (Mimeogr.) 17 pp.

BICK, H. 1972. Cialated Protozoa. W.H.O., Geneva.

BONNET, L. y CAPLANCQ, J. 1973. Phytoplancton et productivité primaire d'un lac d'altitude dans les Pyrénées. Analyse factorielle des correspondances. Annls. Limnol. 9 (3): 183-192.

BOSQUE, J. 1971. Granada, su tierra y sus hombres. Consejo Económico Sindical Provincial, Granada. 347 PP.

BOURRELLY, P. 1966. Les algues d'eau douce. I. Les algues vertes. Ed. N.Boubée y Cie. 511 pp.

BOURRELLY, P. 1968. Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. Ed. N.Boubée y Cie. 438 pp.

BOURRELLY, P. 1970. Les algues d'eau douce. III. Les algues bleues et rouges. Les Euglèniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Ed. N.Boubée y Cie. 512 PP.

BROOKS, J.L. 1957. The systematics of North American Daphnia. Mem. Conn. Acad. Arts Sci. 13: 1-180.

BROOKS, J.L. 1969. Eutrophication and changes in the composition of the Great Lakes. En: Eutrophication: causes, consequences,

correctives. Nat. Acad. Sci., Washington D.C. pag. 236-255.

BUIKEMA, A.L. (Jr.); MILLER, J.D. y YONGUE, W.H. (Jr.). 1978. Effects of algae and protozoans on the dynamics of Polyarthra vulgaris. Verh. Internat. Verein. Limnol., 20: 2395-2399.

BUSH, K. 1933. On basic acid in the sea and its influence on the carbonic acid equilibrium. J.Cons.Perm.Int.Explor.Mer. 8: 309-325. Citado por Hutchinson, 1975.

BUTKEWICH, V.S. 1938. On the bacterial population of the Caspian and Azov seas. Mikrobiologiia, 7: 1005-1021. Citado por Goldman, 1968.

CARLUCCI, A.F. y PRAMER, D. 1957. Factors influencing the plate method for determining abundance of bacteria in sea water. Proc.Soc.Expt. Biol. Med. 96:392-394.

CARRIKER, M.R.; SMITH, E.H. y WILCE, R.J. 1969. Penetration of calcium carbonate sulstrate by lower plants and invertebrates. Amer. Zool. 9: 629-1020.

CASSIE, R.M. 1967. Principal componenet analysis of the zooplankton of Lake Maggiore, 1957-1958. Memorie dell'Instituto Italiano di Idrobiol. 21: 129-144.

COLEBROOKE, J.M. 1964. Continuos plankton records: a principal component analysis of the geographical distribution of zooplankton. Bull. of marine ecol. 6 (3): 78-100.

COTTAM, G. 1949. The phytosociology of an oak woods in southwestern Wiscosin. Ecology 30: 271-287.

CRUZ, L. y MARTINEZ, R.M. 1976. Estudio limnológico del embalse del Cubillas. II. Distribución estacional y ciclo diario de los crustaceos planctónicos. Cuad. C. Biol. 5: 1-23.

CURTIS, J.T. y Mc Intosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wiscosin. Ecology 32: 476-496.

CUSHING, D.H. 1976. Grazing in Lake Erken. Limnol Oceanogr. 21: 349-356.

DEFLANDRE. 1926. Rev. Gen. Bot. Citado por Bourrelly, 1970.

DIFCO. 1973. Manual de Bacteriología (Recopilación de Técnicas). 357 pp.

DOMENECH, J. 1977. Bioestadística, métodos estadísticos para investigadores. Ed. Herder, Barcelona. 642 pp.

DUSSART, B. 1969. Les copepodes des eaux continentales. II. Cyclopoides et biologie. Ed. Boubée, Paris. 292 pp.

EDMONDSON, W.T. 1946. Factors in the dynamics of rotifer population. Ecol. Monogr. 16: 359-372.

EDMONDSON, W.T. 1955. The seasonal life history of Daphnia in an artic lake. Ecology, 36: 439-455.

EDMONDSON, W.T. 1965. Reproductive rate of Planktonic Rotifers as related to Food and Temperature in nature. Ecol. Monogr. 35:61-111.

ESTRADA, M. 1972. Análisis de componentes principales de datos del fitoplancton de la zona costera del sur del Ebro. Inv. Pesquera, 36 (1): 109-118.

ESTRADA, M. 1975. Stadistical consideration of some limnological parameters in Spanish reservoirs. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 1849-1859.

ESTRADA, M. y asociados. 1975. Prácticas de Ecología. Univ. de Barcelona, Depto. de Ecología. 180 pp.

EVANS, D. y STOCKNER, J.G. 1972. Attached algae on artificial and natural sulstrates in lake Winnipeg, Manitoba. J. Fish. Res. Bd. Canada 29:31-44.

FERNANDEZ, C. y BRAVO, G. 1966. Proyecto de la Presa del Pantano de Quéntar en el río Aguas Blancas. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

FISHER, R.A. y YATES, F. 1963. Stadistical tables for biological, agricultural and medical research. Oliver & Boyd. Edinburgh.

FLÖSSNER, D. 1972. Kiemen und Blattfüber, Branchiopoda Fischläuse, Branchiura. Veb Gustav Fisher Verlag Jena 501 pp.

FONTVIEILLE, D. 1975. Contribution a l'etude du role de l'agitation de l'eau sur la production primaria phytoplanctónique. Annls. Limnol. II (3): 207-217.

FUHS, W.G. 1969. Phosphorus content and rate of growth in the diatoms Cyclotella nana and Thalassiosira fluviatilis. J. Phycol. 5: 312-321.

FUHS, W.G.; DEMMERLE, S.D.; CANELLI, E. y CHEN, M. 1972. Characterization of phosphorus-limited plankton algae. Nutrients and Eutrophication, Special Symposia. The American Society of Limnol. and Ocean. I: 113-132.

GARCIA NOVO, F. y WISHART, D. 1972. Estudio conjunto de la vegetación y los factores edáficos en un pastizal de Rodas Viejas (Salamanca) empleando varios métodos de ordenación y clasificación. Investigación Pesquera 36 (1): 145-162.

GESSNER, F. 1934. Phosphat und Nitrat als Produktionsfaktoren der Gewässer. Verh. Internat. Verein. Limnol. 7: 525-538.

GOLDMAN,C.R. y colaboradores. 1968. Primary productivity, bacteria, phyto and zooplankton in lake Maggiore: correlations and relationships with ecological factors. Mem.Inst. Ital,Idrobiol. 23: 49-127.

GOLTERMAN, H.L. 1971. Methods for chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook Nº 8. Blackwell Sc. Pu. 166 pp.

GOPHEM, M. 1971. Zooplankton distribution in lake Kinneret. Progress Report 4, 1-17 Kinneret Limnolog. Lab.

GOWER, J.G. 1969. The basis of numerical methods of classification. Sistematics Association, Publication Nº 8. The Soil Ecosystem,19-30.

GUERRERO, R.; RODA, F.; ABELLA, C. y TORRELLA, F. 1975 Optimal growth temperatures and media parameters of bacterial communities from lakes of different trophic states. Verh.Internat. Verein.Limnol. 19: 2620-2626.

GUISET, A. 1976. Rotiferos. En Margalef y colaboradores (1976). Limnología de los embalses españoles. Publ. Nº 123. M.O.P. Madrid 2 pág. 204-236.

HALLEGRAEFF, G.M. 1976. Pigment diversity, biomass and species diversity of phytoplankton of three dutch lakes. Thesis University of Amsterdam. Bronder-offsett B.V. Rotterdam 177 pp.

HARGRAVE, B.T. 1975. Stability in structure and function of the mud-water interface. Verh.Internat. Verein.Limnol. 19: 1073-1079.

HAZEWOOD, D.H. y PARKER, R.A. 1961. Population dinamic of some freshwater zooplankton. Ecology 42: 226-274.

HEYNINGEN, H.E. 1954. A study on the food of some Daphniidae. Kobenhavns Univ. Ferskvandsbiologiske Laboratorium Hillerod. 14 pp.

HICKMAN, M. 1971. Standing crops and primary productivity of the epipelon of two small ponds in North Somerset, U.K. Oecologia (Berl.) 6: 238-253.

HICKMAN, M. 1974. The Seasonal Succession and Vertical Distribution of the Phytoplankton in Abbot's Pond, North Somerset, U.K. Hydrobiologia 44 (1): 127-147.

HÖLL, K. 1951. Über den Kaliumgehalt der Gewässer. Verh.Internat.Verein.Limnol. 11: 137-143 Citado por Hutchinson (1975, Vol. I, part 2).

HORKAN, J.P.K.; GALLUP, D.N. y NURSALL, J.R. 1977. Effects of thermal effluent upon the planktonic rotifera survival and egg production. Proceeding of the first International Rotifer Symposium. Arch.Hydrobiol.Beih . 8: 84-87.

HUBER-PESTALOZZI, G. 1938. Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer XVI (1). Blaualgen,Bakterien, Pilze. Stuttgart (Ed. 1975).

HUBER-PESTALOZZI, G. 1941. Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer XVI (2). Chrysophyceen, Farblose flagellaten, Heterokonten. Stuttgart (Ed. 1962).

HUBER-PESTALOZZI, G. 1942. Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer XVI(2). Diatomeen. Stuttgart (Ed. 1975).

HUBER-PESTALOZZI, G. 1950. Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer XVI (3). Cryptophyceae, Cloromonadophceae, Dynophyceae. Stuttgart (Ed. 1968).

HUBER-PESTALOZZI, G. 1961. Das Phytoplankton des Süsswassers. Die Binnengewässer XVI (5). Clorophyceae. Stuttgart (Ed. 1975).

HUSTEDT, F. 1930 Bacillariophyta (Diatomeae). Die Süsswasserflora Mitteleuropas. 2º Edicion 466 pp.

HUTCHINSON, G.E. 1941. Limnological studies in Connecticut. IV. The mechanism of intermediary metabolism in stratified lakes. Ecol.Monogr. 11: 21-60

HUTCHINSON, G.E. y LÖFFLER, H. 1956. The thermal classification of lakes. Proc.Nat.Acad.Sci. Washington 42: 84-86.

HUTCHINSON, G.E. 1975. A treatise on Limnology. I, part 1: Geography and Physics of Lakes. Part 2: Chemistry of Lakes. Ed.Wiley Interscience 1.015 pp.

HUTCHINSON, G.E. 1966. A treatise on Limnology. 2.Introduction to lake biology and the limnoplakton. New York, Wiley Interscience 1.115 pp.

IBAÑEZ, F. y DALLOT, S. 1969. Etude du cycle annuel des Chaetognathes planctoniques de la rade de Villefranche par la méthode d'analyse des composantes principales. Marine biology 3(1): 11-17.

IBAÑEZ, F. 1971. Effet des transformations des donnes dans l'analyse factorielle en ecologie planctonique. Cahiers oceanographiques 23: 545-561.

IBAÑEZ, F. 1972. Interprétation de données écologiques par l'analyse des composantes principales: ecologie planctonique de la mer du nord. J.Cons.Int.Explor.Mer 34 (3): 323-340.

IBAÑEZ, F. 1976. Contribution à l'analyse mathématique des événements en écologie planctonique. Optimisations méthodologiques; étude expérimentale en continu à petite échelle de l'hétérogénéité du plancton côtier. Bulletin de l'institut océanographique Monaco Vol. 72, nº 1.431: 1-96.

JARNEFELT, H. 1956. Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. XVI. Mit besonderer Berücksichtigung des Planktons. Suomal eläin-ja kasirt. Sevr.Van.eläin Julk. Annls.Zool.Soc.Vanamo 17 (7): 201-201.Citado por Hutchinson, 1966.

JARNEFELT, H. 1958. On the typology of the northern lakes. Verh.Internat.Verein Theor.Angeu.Limnol. 13: 228-235.

JOHNSON, D.S. 1951. The British species fo the genus Daphnia (Crustacea, Cladocera). Proc.Zool. Lond. 122: 435-462.

JORDAN, M. y LIKENS, G.E. 1975. An organic carbon budget for an oligotrophic lake in New Hampshire, U.S.A. Verh.Internat.Verein.Limnol. 19: 994-1.003.

JORGENSEN, E.J. 1957. Diatom periodicity and silicon assimilation. Dansk.Bot.Ark. 18 (1): 1-54. Citado por Werner (1977).

JUDAY, C.; BIRGE, E.A.; KEMMERER, G.I. y ROBINSON, R.J. 1928. Phosphorous content of lake waters of North-eastern Wiscosin. Trans.Wis.Acad.Sci. 23: 233-248.

KING, C.E. 1972. Adaption of rotifers to seasonal variation. Ecology 53: 408-418.

KLEKOWSKI, R.Z. y SUSHKINA, E.A. 1966. Energeteskü balans Macrocyclops albidus Jur. V period ego vazvitiya. Ekologü vodnykh organizmov 125-136. Citado por Rey y Capblancq (1975).

KUDO, R. 1966. Protozoología. Ed. CECSA, 905 PP.

KUENZLER, E.J. y KETCHUM, B.H. 1962. Rate of phosphorous uptake by Phaeodoctylum tricornutum. Biol.Bull. 123: 134-145.

LAMBERT, J.M. y WILLIAMS, W.T. 1966. Multivariate methods in plant ecology VI. Comparison of information analysis and association analysis. J.Ecol. 54: 635-644.

LAMBERT, J.M. 1971. Theoretical models for large-scale vegetation survey. Mathematical models in Ecology. 12th Symposium of the British Society of Ecology, pag. 87-109. Blackwell ed.Londres.

LUND, J.W.G. 1950. Studies on Asterionella formosa Hass. II Nutrient depletion and the spring maximum J.Ecol. 38: 1-35.

LUND, J.W.G. 1958. Primary production in inland water. En Yapp, W.B. & Walton, D.J. Biological productivity of Great Britain. Int. of Biol., London.

MAC ARTHUR, R.H. 1960. On the relative abundance of species. Am. Nat. 94: 25-36.

MARGALEF, R. 1944. Datos para la flora algológica de nuestras aguas dulces. Publ. Inst. Potanica de Barcelona, 4 (1): 1-130.

MARGALEF, R. 1946. Materiales para el estudio de la Biología del Lago de Bañolas (Gerona). Publ. Inst. Biol. Apl. 1: 27-28.

MARGALEF, R. 1948. Flora, fauna y comunidades bióticas de las aguas dulces del Pirineo de la Cerdeña. Monografía Estación de Estudios Pirenaicos, 11: 1-226.

MARGALEF, R. 1953. Los crustaceos de las aguas continentales ibéricas. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.

MARGALEF, R. 1955. Los organísmos indicadores en la Limnología. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.

MARGALEF, R. 1961. Correlations entre certain caractères synthétiques des populations de phytoplankton. Hydrobiologia 18: 155-164.

MARGALEF, R. 1963. Modelos simplificados del ambiente marino para el estudio de la sucesiín y distribución del fitoplancton y del valor indicativo de sus pigmentos. Inv.Pesq. 23: 11-52.

MARGALEF, R. y GONZALEZ-BERNALDEZ, F. 1969. Grupos de especies asociadas en el fitoplanton del Mar Caribe (NE de Venezuela). Inv.Pesq. 33: 287-312.

MARGALEF, R. 1974. Ecología. Ed.Omega, 951 pp.

MARGALEF, R. y colaboradores. 1976. Limnología de los embalses españoles. Pulicación Nº 123. Secretaría General Técnica. MOP, Madrid.

MARGALEF, R. 1978. Perspectivas de la teoría ecológica. Ed. Blume, Barcelona.

MARTINEZ, R.M. 1974. Crustaceos planctónicos del embalse del Cubillas (granada). Cuad.C.Biol. 2: 1-10.

MARTINEZ, R.M. 1975. Firts report on the Limnology of the alpine lake La Caldera in the Penibetic mountains (Sierra Nevada, Granada, Spain). Verh.Internat.Verein.Limnol. 19 (2): 1.133-1.139.

MARTINEZ, R.M. y colaboradores. 1975. Estudio Limnológico del Embalse de Cubillas: Caracteristicas químicas del agua. Cuad.C.Biol. 4 (2): 97-111.

MARTINEZ, R.M. 1977. Phytoplankton species, biomass, and diversity in Lake La Caldera (Sierra Nevada, Granada, Spain). Acta Hydrobiol. 19 (2): 95-107.

MARTINEZ, R.M. Nota sobre la migración vertical diaria de Rhodomonas minuta var. nannoplanctica Skuja en la laguna de La Caldera (Sierra Nevada, Granada). Bol.R.Soc.Esp.Hist.Nat. (en prensa).

MC CARTER, J.A.; HAYES, F.E.; JODREY, L.H. y CAMERON, M.L.
1952. Movement of materials in the hypolimnion of a lake as studied by the addition of radio-active phosphorous. Ca.J.Zool., 30: 126-133.
Citado por Hutchinson (1975, Vol I.part 2)

MC NAUGHTON, S.J. 1968. Structure and function in California grasslands. Ecology 49: 962-972.

MC NAUGHTON, S.J. y WOLF, L.L. 1973. General Ecology.
Ed.Holt, Rinehart & Winston, Inc., 710 pp.

MAC ARTHUR, R.H. 1960. On the relative abundance of species.
Am.Nat., 94: 25-36.

MELCHIORRI-SANTOLINI, U. 1966. Pelagic heterotrophic bacteria in the Ligurian Sea and Lago Maggiore.
Mem.Ins.Ital.Idrobio., 20: 261-287.

MERILAINEN, Z. 1971. Ann.Bot.Fennici, 8: 160-176.
Citado por Margalef (1974).

MIRACLE, M.R. 1976. Distribución en el espacio y en el tiempo de las especies del zooplancton del lago de Banyoles. Icona, Monografías, 5: 1-270.

MIRACLE, M.R. 1977. Migration, patchiness and distribution in time and space of planktonic rotifers. Arch.Hydrobiol.Beih. (Ergeb.Limnol.) 8: 19-37.

MORDUKAI-BOLTOVSKOY, F.D. 1954. Materialy po srednemu vesu vodnykh bespozvonochnykh bassena Dona. Trudy probl. i Tematich soveshch. ZIN 2: 223-241. Citado por Rey y Capblancq (1975).

MORGAN, K. y KALFF, J. 1975. The winter dark survival of an algal flagellate Cryptomonas erosa (Skuja). Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 2.734-2.740.

MORTIMER, C.H. 1941-1942. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. J.Ecol., 29: 280-329.

Citado por Hutchinson (1975).

MOSS, B. 1973. Diversity in fresh-water phytoplankton. Ann. Midl.Nat., 90 (2): 341-355.

MUNAWAR, M. y NAUWERK, A. 1971. The composition and horizontal distribution of phytoplankton in Lake Ontario during the year 1970. Proc. 14th Conf.Great Lakes Res., Int. Assoc. Great Lake Res., 69-78.

NAUMANN, E. 1930. Einführung in die Bodenkunde der Seen. Die Binnengewässer, 9: 1-126. Citado por Rigler, 1975.

NAUWERK, A. 1963. Die Beziehungen zwischen Zoolplankton und Phytoplankton im See Erken. Symb.Bot.Upsal., 17 (5): 1-163.

NYGAARD, G. 1976. Tavlerne fra Dausk Planteplankton. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag A.S., Copenhagen, 26 pp.

ODUM, E.P. y ODUM, H.T. 1972. Fundamentos de Ecología. Ed. CECSA.

OPPENHEIMER, C.H. y ZOBELL, C.E. 1952. The growth and viability of sixty-three species of marine bacteria as influenced by hydostatic pressure. J.Mar.Res., 11: 10-18.

OSMERA, S. 1966. Zur methode der Festsetzung der Biomasse einiger Plankton Krebstiere. Zool.listy, 15: 79-83.

OTSUKI, A. y WETZEL, R.G. 1972. Coprecipitation of phosphate with carbonates in a marl lake. Limnol.Oceanogr., 17: 763-767.

OTSUKI, A. y WETZEL, R.G. 1973. Interaction of yellow organic acids with calcium carbonates in freshwater. Limnol.Oceanogr., 18: 763-767.

PATRICK, R. 1977. Ecology of Freshwater Diatoms and Diatom Communities. The Biology of Diatoms, Botanical Monographs Vol 13. Ed.D.Werner, 285-331.

PATTEN, B.C. 1962. Species diversity in net phytoplankton of Raritan Bay. J.Mar.Res., 20 (1): 57-75

PECEN, G.A. 1965. Produktsiya vetvistorisykh rakoobraznykh ozernogo zooplanktona. Gidrobiol.Zh., 1 (4):19-26.

PECHLANER, R. 1975. Eutrophication and restoration of lakes receiving nutrients from diffuse sources only. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 1.272-1.278.

PEJLER, B. 1957. Taxonomical and ecological studies on planktonic rotatoria from northern Swedish Lapland. K.svenska Vetensk.Akad.Handl., Fjärde Ser.Bd. 6 Nº 5, 68 pp. Citado por Hutchinson (1966).

PEJLER, B. 1973. On the taxonomy of limnoplanktonic Daphnia species in Northern Sweden. Zoon 1: 23-27.

PIONTELLI, R. y TONOLLI, V. 1964. Il tempo di residenza della acque lacustri in relazione ai fenomeni di arricchimento in sostarze immesse, con particolare riguardo al lago Maggiore. Mem.Ist.Ital.Idrobiol., 17: 247-266.

PLANAS, D. 1975. Distribution and productivity of the phytoplankton in Spanish resovoirs. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19:1.860-1.870.

POURRIOT, R. 1965. Recherches sur l'ecologie des Rotifères. Vie et Milieu, Suppl., 21: 1-224.

POURRIOT, R. 1970. Notes sur quelques Trichocerca et leurs régime alimentario. Ann.d'Hidrobiol., 1 (2): 155-171.

POURRIOT, R. 1977. Food and feeding habits of Rotifera. Arch.Hyrobiol.Bein. (Ergebn.Limnol) 8: 243-260.

PORTER, K.G. 1973. Selective grazing and differential digestion of algae by zooplankton. Nature, 244 (5412): 179-180.

PORTER, K.G. 1975. Viable gut passage of gelatinous green algae ingested by Daphnia. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 2.840-2.850.

PUGA, E. 1971. Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada Occidental (Cordilleras Béticas, España). Tésis Doctoral, Univ.de Granada, 673 pp.

PUGA, E.; DIAZ DE FEDERICO, A. y FONTBOTE, J.M. 1974. Sobre la individualización y sistematización de las unidades profundas de la zona Bética. Est.Geol. XXX: 543-458.

RAI, H. 1975. Pigment cycle in a north German lake. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 1.220-1.228.

REY, J. y CAPBLANCQ, J. 1975. Dynamique des populations et production du zooplancton du Lac de Port-Bielh (Pyrénées Centrales). Annls.Limnol., 11 (1): 1-45.

RICHMAN, S. 1958. The Transformation of Energy by Daphnia pulex. Ecological Monographs, 28: 273-291.

RIGLER, F.H. 1961. The relation between concentration of foof and feeding rate of Daphnia magna Strauss. Can.J.Zool., 39: 857-868.

RIGLER, F.H. 1975. Nutrients kinetics and the new typology. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 197-210.

ROUND, 1965. The Biology of Algae. Arnold, London.

RUDLIN, C. 1949. Trichocerca capucina, a cuckoo among the Rotifera. J.Queck.micr.club., S. 4,3: 56.

Citado por Dumont (1977).

RUDLIN, C. 1950. Further notes on the habits of the Trichocerca capucina. J.Queck, micro. Club, S 4, 3: 200-202.Citado por Dumont (1977).

RUTTNER-KOLISKO, F. 1959. Einige Beobachtungen über das Phytoplankton Nord-Italienischer Seen. Mem Ist.Ital.Idrobiol., 11: 73-111.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1964. Uber die labile Periode im Fortpflanzungszyclus der Rädertiere. Internat.Rev.Hydrobiol., 49 (3): 473-482.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy. Binnengewässer 26/1 Suppl.Verl. Schweizerbart.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. Arch.Hydrobiol.Beih. (Ergebn.Limnol.) 8: 71-76.

SCHERBAKOV, A.P. 1952. Sootnosenic razmerov i vesa u presnovodnych planktonnych rachkov. Dokl.Akad.Nauk SSSR. Gh: 153-157.

Citado por Rey y Capblancq (1975).

SCOPE, 1972. Working group on man-made lakes. Man-made lakes as modified ecosystems. Report 2, Paris, 76 pp.

SEBESTYEN, O. 1958. Biomass calculation on open water Rotatoria. Ann.Ins.Biol.Tihany, 25: 267-281.

SHAPIRO, J.; LUNDQUIST, J,B. y CARLSON, R.E. 1975. Involving the public in limnology, an aproach to communication. Verh.Internat.Verein.Limnol., 19: 866-874.

SKUJA, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger seen in Uppland, Schweden. Symb.Bot.Upsal., 9,3: 1-339.

SLÁDEČEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of vie. Arch.Hydrobiol. Beih (Ergebn.Limnol.) 7: 1-1V, 1-218.

SOLER, A.; MONTES, C. y RAMIREZ, L. 1976. Analyse factorielle des biocénoses des coleóptères aquatiques des marais (Marisma) du bas Guadalquivir (Espagne). Annls.Limnol., 12 (1): 89-103.

STAAMMER, H.A. 1953. Der Einflub von Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf tierische deitformen des Saprobiensystems. Vom Wasser 20: 34-71. Citado por Sládeček (1973).

STRASKRABA, M. y STRASKABOVA, V. 1969. Eastern european lakes. Eutrophication, causes, consequences, correctives. Nat.Acad.Sciences,Washington, pag. 65-97

STRICKLAND, J.D.H. y PARSONS, T.R. 1968. A practical handbook of sea water analysis. Fish.Res.Board Canada Bull. 167 pp.

STROSS, R.G. 1969. Photoperiod control of diapause in Daphnia. III. Two stimulus control of long-day, short-day reduction. Biol.Bull., 137 (2): 359-374.

STROSS, R.G. 1970. Photoperiod control of diapause in Daphnia. IV. Light and CO_2 sensitive phases within the cycle of activation. Biol.Bull. 140: 137-155.

STROSS, R.G. 1971. Photoperiodism and diapause in Daphnia: A strategy for all seasons. Trans.Amer.Micros.Soc., 90 (1): 110-112.

STUMM, W. y MORGAN, J.J. 1970. Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. Wiley-Intersicence, N.Y.

SYMONS, F. 1970. Study of the ecological relations between 30 species of algae by means of a factor analysis. Hydrobiología, 36: 513-600.

TAPPA, D.W. 1965. The dynamics of the association of six limnetic species of Daphnia in Aziscoos Lake, Maine. Ecol.Momogr.,35: 395-423.

TETT, P. 1973. The use of lognormal statistics to describe phytoplankton populations from the Firth of Lorne area. J.Exp.Mar.Biol.Ecol.,11: 121-136.

THIENEMANN, A. 1928. Der Saurstoff im eutrophen und oligotrofen seen. Die Binnengerwässer 4. Stuttgart, 175 pp. Citado por Hutchinson (1975).

TILZER, M. 1972. Bacterial productivity of a high-mountain lake. Verh.Internat.Verein.Limnol., 18:188-196.

THOMAS, E.A. 1953. Zur Bekämpfung der see eutrophierung: Empirische und experimentelle untersuchungen zur Kenntnis der minimunstoffe in 46 seen der Schweiz und angrezender Gebiete. Monatsbull Schweiz.Verein.Gas-Wasserfachm. Nº 2-3 15 pp.

Citado por Fuhs et al, 1972

THOMAS, E.A. y DODSON, A.N. 1968. Effects of phosphate concentration on cell division rates and yield of a tropical oceanic diatom. Biol.Bull. 134: 199-208.

THOMAS, E.A. 1969. The process of eutrophication in central european lakes. Eutrophication, causes, consequences, correctives. Nat.Sciences, Washington pag. 29-49.

THOMASSON, K. 1955. Studies on South American fresh-water plankton.I. Plankton from Tierra del Fuego and Valdivia. Acta Horti.Gothoburg. 19: 193-225.

TOJA, J. 1976. Estudio Limnológico comparado de dos embalses con distinto grado de eutrofia (Aracena y La Minilla). Tésis Doctoral,Fac.Ciencias Biológicas, Univ.Barcelona.

TOJA, J. 1979. Limnología del embalse de La Minilla durante 1976. I. Composición y ciclo del fitoplancton en relación con los factores físico-químicos del medio. En prensa.

TRAVERS, M. 1971. Diversité du microplancton da Golfe de Marseille en 1964. Mar.Biol. 8: 308-343.

UTERMOHL, H. 1958. Zur vemllkommung der quantitative phytoplankton Methodik. Mitt.Int.Verein. Limnol. 9: 1-38.

VELILLA, S. 1976. Hidrología de la cuenca superior del río Aguas Blancas. Tésis Licenciatura, Fac.Geológicas, Univ.de Granada.

VETTER, H. 1937. Limnologische Untersuchungen über das Phytoplankton und seine Beziehungen zur Ernährung der Zooplanktons un Schleinser bei Langernargen am Bodensee.Intern.Revue ges.Hydrobiol.Hydrogr. 34: 499-561.

VIDAL, A. 1972. Dinámica del hipolimnion anóxico en el embalse de Sau (Barcelona). Pirineos 105:129-169

VIDAL, A. 1973. Developpment et evaluation du phytoplankton dans le reservoir de Sau. XI Congrés Internat. Comm.Large Dams, Madrid 23 pp.

VINCE, S. y VALIELA. 1973. The effects of ammonium and phosphate enrichments on chloropyll-a, pigment ratio and species composition of phytoplankton in Vineyard Sound. Mar.Biol. 19 (1): 69-74.

VINCENT, W.F. 1978. Survival of aphotic phytoplankton in Lake Tahoe throughout prolonged stratification. Verh.Internat.Verein.Limnol. 20: 401-406.

VIVIER, P. 1979. La eutrofización de los lagos, estructura, funcionamiento y evolución de los lagos. En La contaminación de las aguas continentales de P.Pesson (1979) Ed.Mundi Prensa, Madrid.

VOIGT, M. y KOSTE, W. 1978. Rotatoria, die Mitteleuropas. Monogonta. Gebrüder Borntraeger,Berlin,Stuttgart.

VOLLENWEIDER, R.A. 1969. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook 12, Blackwell Sc.Pub.,Oxford. 225 pp.

VOLLENWEIDER, R.A.; MUNAWAR, M. y STADELMANN, P. 1974. A comparative revie of phytoplankton and primary production in the Laurentian Great Lakes. J.Fish.Res.Board.Canada 31:739-762.

WERNER, D. 1977. The Biology of Diatoms. Botanical Monographs Vol 13. Blackwell Scient.Publ. 485 pp.

WESSENBERG-LUND, C. 1930 Contributions to the biology of the rotifera. II The Periodicity and sexual periods. K.Danske Vidensk.Selsk.Skr.,Natur. Math.Afd.9, Vol 2 (1): 1-230.

WETZEL, R.G. 1968. Dissolved organic matter and phyto-planktonic productivity in marl lakes. Mitt Internat.Verein.Limnol.14: 261-270.

WETZEL, R.G. y WHITE, W.S. 1975. Nitrogen, phosphorous, particulate and colloidal carbon content of sedimenting seston of a hard-water lake. Verh.Internat.Verein.Limnol. 19: 330-339.

WHIPPLE, G.C. 1898. Classifications of lakes according to temperature. Amer.Nat. 32: 25-33.

Citado por Hutchinson, 1975.

WHITTAKER, R.H. 1965. Dominancia y diversidad in land plant communities. Science 147: 250-260.

WHITTAKER, R.H. 1972. Evolution and measurment of species diversity. Taxon 21: 213-251.

WINBERG, G.G. y colaboradores. 1971. Symbols, units and conversion factors in studies of freshwater productivity. IBP Central office, London 23 pp.

WINNER, R.W. 1969. Seasonal changes in biotic diversity and in Margalef's pigment ratio in a small pond. Verh.Internat.Verein.Limnol. 17: 503-510.

WINNER, R.W. 1972. An evaluation of Certain Indicies of Eutrophy and Maturity in Lakes. Hydrobiología 40 (2): 223-245.

YOSHIMURA, S. 1932. Vertical distribution of the amount of sulphate dissolved in the water of Lakes Suigesu and Hiruga with reference to the origen of hydrogen sulphide in their bottom water. Geophys.Mag., Tokyo, 69:315-321. Citado por Hutchinson (1975).

YOSHIMURA, S. 1936. A contribution to the knowledge of deep water temperatures of Japanese lakes. Part I. Summer temperatures. Jap.J.Astr. Geophys. 13: 61-120. Citado por Hutchinson, 1975.

Apéndice I

Los símbolos de las variables corresponden a los señalados en la tabla nº 8.

A. Matríz de correlaciones entre las variables físico-químicas. Los índices con valor superior a 0,181 son significativos con P 0,01.

B. Factores de carga del análisis factorial de las variables.

Apêndice nº I-A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
T 1	1.000												
H 2	-.339	1.000											
Na 3	.297	-.635	1.000										
S 4	.188	-.458	.297	1.000									
Mg 5	-.139	.058	.000	.258	1.000								
P 6	-.288	-.300	.160	.094	.024	1.000							
K 7	-.384	.695	-.442	-.090	.322	-.188	1.000						
Fe 8	-.058	-.154	.451	.136	.184	.099	.036	1.000					
Si 9	-.723	.653	-.470	-.044	-.073	.016	.510	.004	1.000				
Ow10	-.423	.943	-.601	-.044	.039	-.264	.635	-.111	.718	1.000			
O%11	-.065	.586	-.383	-.028	-.089	-.282	.277	-.064	.418	.784	1.000		
N 12	-.085	-.133	.002	.132	.154	.222	.083	.132	-.104	-.158	-.222	1.000	
NO13	-.753	.382	-.307	-.272	.122	.084	.366	.070	.683	.453	.182	-.087	1.0
A 14	-.583	.828	-.506	-.205	.156	-.077	.567	-.193	.711	.783	.397	-.167	.5
Ca 15	-.100	.014	-.089	.171	.292	-.002	.178	.108	-.007	.049	.034	.117	.0
D 16	-.409	.940	-.670	-.118	.311	-.260	.756	-.095	.605	.888	.494	-.048	.3
L 17	.438	.830	.015	-.009	-.136	-.129	-.135	-.128	-.197	.061	.317	-.050	-.1
NH18	-.198	.215	-.196	-.219	-.012	-.021	.179	-.021	.248	.159	-.049	-.119	.2

	X(14) 14	X(15) 15	X(16) 16	X(17) 17	X(18) 18
14	1.000				
15	-.152	1.000			
16	.757	.252	1.000		
17	-.158	-.030	-.040	1.000	
18	.292	.877	.210	-.165	1.000

Apendice nº I-B

Factores de carga de las variables físico-químicas correspondientes a las figuras nº 25 y 26.

		FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 4	FACT 5
T	1	-.415	.747	.023	-.280	-.142
pH	2	.949	-.055	.011	-.147	-.120
Na	3	-.731	.069	-.036	.016	.087
S	4	-.455	.103	.526	.127	.047
Mg	5	.091	-.111	.768	.117	-.054
P	6	-.245	-.335	-.155	.638	.036
K	7	.696	-.192	.426	.008	-.036
Fe	8	-.132	-.127	.166	.040	.806
Si	9	.714	-.498	-.234	.032	.155
Om	10	.972	-.040	-.061	-.117	.063
O%	11	.707	.329	-.210	-.167	.293
N	12	-.038	.056	.278	.750	-.050
NO	13	.428	-.715	-.085	.027	.210
A	14	.798	-.345	-.118	-.062	-.243
Ca	15	.079	.003	.612	-.061	.298
D	16	.914	-.110	.298	-.093	-.074
L	17	.120	.767	-.180	.019	.011
NH	18	.106	-.474	.050	-.443	-.242
	VP	6.026	2.572	1.801	1.358	1.071

Apéndice II

Los símbolos corresponden a los señalados en la tabla nº 8.

A. Matríz de correlaciones entre las variables biológicas (significativo para P = 0,01 si r es superior a 0,181).

Variables numeradas de la 1 al 35 según II-B.

B. Factores de carga de las variables biológicas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
1	1.000												
2	.108	1.000											
3	-.158	.140	1.000										
4	-.071	.246	.282	1.000									
5	.105	.207	.291	.330	1.000								
6	.522	.004	.012	.103	.163	1.000							
7	-.046	.207	.305	.274	.313	.013	1.000						
8	.051	.095	.209	.219	.229	.108	.151	1.000					
9	-.204	.058	.305	.274	.161	-.012	.275	.213	1.000				
10	.083	.156	.397	.220	.245	.129	.406	.275	.230	1.000			
11	.082	-.056	.190	-.049	-.016	.017	.194	.390	.133	.215	1.000		
12	.210	.076	.215	.142	.140	.069	.214	.290	.215	.102	.554	1.000	
13	.023	-.006	.139	-.017	.127	.104	.217	.272	.184	.221	.523	.419	1.000
14	.059	-.043	.208	-.034	.084	-.032	.360	.401	.240	.293	.729	.634	.5
15	.206	.001	-.079	-.103	.029	.216	-.050	.038	-.159	-.065	.235	.252	.3
16	.360	.021	-.160	-.069	.211	.291	-.039	.090	-.219	-.021	-.019	-.013	.1
17	.341	.239	-.110	.054	.240	.210	-.005	.057	-.157	.074	.106	-.059	-.0
18	.093	-.039	.109	-.109	-.039	.032	.049	.296	.090	.085	.532	.403	.5
19	.145	.019	-.019	-.113	-.013	.075	-.022	.156	.034	.050	.351	.371	.2
20	.067	.005	.049	-.106	.050	.036	.072	.100	.026	.048	.322	.335	.3
21	.359	.150	-.035	.109	.329	.137	.185	.126	-.022	.131	-.014	.180	.0
22	.416	.087	-.170	.006	.167	.329	-.197	.155	-.109	-.053	.169	.058	.1
23	.209	.015	.135	-.029	.222	.155	.156	.445	.091	.231	.503	.445	.0
24	.194	.009	.151	.146	.457	.149	.299	.299	.204	.215	.209	.311	.2
25	.237	.045	.173	.050	.354	.152	.217	.272	.187	.183	.279	.375	.2
26	.097	.139	.157	.115	.093	.002	.239	.321	.201	.205	.574	.541	.2
27	.061	-.057	-.077	-.159	.154	.168	-.182	.028	-.126	.068	.040	-.153	-.0
28	.071	.069	.025	.141	.049	.025	.090	-.016	.129	.080	-.214	-.155	-.2
29	.523	.096	-.114	.003	-.042	.133	-.115	.032	-.180	.090	.182	.196	.0
30	.057	-.068	-.051	-.153	.049	.050	-.190	.023	-.113	.002	.099	-.168	.0
31	.207	-.139	-.163	-.335	-.029	.047	-.159	.106	-.180	-.043	.475	.297	.3
32	-.350	-.044	.458	.272	.197	-.071	.405	.298	.445	.340	.201	.318	.2
33	-.278	-.153	.131	.050	-.120	.150	-.000	-.072	.171	-.019	-.125	-.071	-.1
34	.257	.130	.035	.126	.097	.229	-.099	.133	-.072	.023	.051	.141	.0
35	-.028	.169	.210	.272	.154	.036	.155	.192	.161	.017	-.029	.055	.0

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	2
14	1.000												
15	.214	1.000											
16	-.065	.265	1.000										
17	-.152	.278	.330	1.000									
18	.547	.350	.193	-.108	1.000								
19	.365	.239	-.120	.080	.430	1.000							
20	.377	.226	.029	.083	.351	.168	1.000						
21	.040	.194	.291	.327	.063	-.018	.100	1.000					
22	-.081	.329	.435	.250	.097	.072	.063	.295	1.000				
23	.567	.318	.277	.254	.510	.321	.291	.259	.554	1.000			
24	.371	.151	.077	.196	.219	.174	.093	.330	.222	.475	1.000		
25	.405	.200	.076	.107	.195	.234	.129	.254	.107	.435	.501	1.000	
26	.381	.015	-.138	-.105	.215	.287	.099	.117	-.017	.325	.209	.310	1.0
27	-.171	.011	.370	.222	-.095	-.019	-.094	.018	.538	.253	.145	.032	.0
28	-.201	-.097	-.172	.163	-.204	.047	-.219	.012	.063	-.049	.018	.041	-.0
29	.151	.177	.125	.356	.127	.174	.091	.372	.213	.183	.135	.139	.1
30	-.109	.091	.305	.121	-.055	-.067	.080	-.010	.337	.152	.092	-.021	.0
31	.324	.349	.151	.129	.479	.359	.259	.070	.396	.569	.291	.169	.1
32	.469	-.199	-.415	-.251	.112	.100	.049	-.026	-.310	.215	.390	.398	.3
33	-.015	-.180	-.250	-.232	-.035	-.033	.104	-.209	-.262	-.207	-.163	-.038	-.0
34	.074	.230	.213	.251	.230	.037	.175	.260	.282	.295	.130	.154	-.0
35	.102	.010	.053	.107	.106	-.030	-.034	.192	.053	.029	.170	.078	-.1

	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	X(27)	X(28)	X(29)	X(30)	X(31)	X(32)	X(33)	X(34)	X(35)
27	1.000								
28	-.055	1.000							
29	-.096**	.053	1.000						
30	.557	-.133	.137	1.000					
31	.387	-.243	.249	.555	1.000				
32	-.158	.100	-.136	-.155	-.141	1.000			
33	-.140	.011	-.218	-.126	-.241	.255	1.000		
34	-.073	-.151	.241	-.080	.114	-.146	-.047	1.000	
35	-.111	.098	.079	-.107	-.095	.054	-.058	.146	1.000

	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 4	FACT 5	FACT 6	FACT 7	FACT 8	FACT 9
1 CK	.100	-.106	.088	.126	.309	.551	.387	-.057	.061
2 DV	-.075	.319	-.099	-.021	.593	.142	-.186	.252	-.071
3 CY	.150	.590	-.051	.032	-.174	-.150	-.003	.307	-.002
4 CE	-.180	.471	-.141	.093	.047	.009	.166	.500	.110
5 SA	-.096	.332	.121	.640	.243	-.126	.105	.157	-.086
6 NI	-.017	.173	.083	.075	-.016	.159	.309	-.003	.003
7 SU	.101	.652	-.221	.262	.177	-.074	-.050	-.071	-.123
8 N1	.405	.310	.218	.114	-.057	.085	-.084	.446	.141
9 N2	.140	.430	-.159	.178	-.205	-.202	-.106	.183	.217
10 PN	.125	.726	.053	.059	.099	.079	.143	-.088	.073
11 S1	.811	.208	.141	.000	-.058	.079	-.047	-.023	-.057
12 S2	.682	.158	-.146	.138	-.074	.210	.012	.072	-.096
13 CO	.671	.223	.061	.069	.076	-.104	.155	-.025	-.276
14 CR	.801	.271	-.116	.171	-.145	.064	-.079	.020	-.156
15 TE	.469	-.283	-.012	.093	.301	-.025	.436	-.036	-.029
16 OO	.004	-.084	.527	.037	.328	.125	.378	.160	-.242
17 SE	-.015	-.141	.100	.276	.612	.031	.272	.135	.090
18 CH	.816	-.065	-.028	-.034	-.002	-.002	.057	.166	-.118
19 PO	.627	-.145	-.066	.074	.173	.062	-.112	-.150	.240
20 PB	.429	-.048	-.109	.108	.048	-.062	.087	-.019	-.502
21 PE	-.053	-.031	-.006	.513	.296	.438	.043	.210	-.172
22 GY	.094	-.207	.492	.133	.262	.221	.389	.215	.079
23 CH	.659	.093	.334	.339	.082	.103	.126	.135	.037
24 CM	.281	.162	.130	.758	.040	.065	.018	.091	.071
25 R	.312	.105	-.006	.721	-.129	.190	.083	.004	.059
26 CS	.364	.370	.103	.147	-.044	.357	-.297	-.160	.022
27 DD	-.068	-.038	.798	.138	.118	-.157	.026	-.141	.105
28 B	-.176	.069	-.179	.071	.093	.019	.051	.033	.758
29 DL	.150	-.060	-.029	.052	.107	.815	.062	.006	.047
30 CP	-.029	-.018	.831	-.026	-.026	.026	-.021	-.084	-.159
31 TS	.572	-.263	.605	.040	.075	.143	.010	-.101	-.100
32 PV	.241	.523	-.187	.380	-.459	-.081	-.221	.012	.139
33 NE	-.129	-.013	-.205	.000	-.572	-.193	-.013	.055	-.076
34 KP	.125	-.174	.009	.086	.014	.262	.345	.565	-.241
35 TR	.022	.041	-.117	.109	.161	-.117	-.055	.680	.054
VP	5.200	2.994	2.739	2.421	2.152	1.909	1.802	1.748	1.376

Apéndice III

Símbolos de las variables según tabla nº 8.

A. Matríz de correlaciones entre las variables físico-químicas y biológicas (variables numeradas de la 1 al 31 al igual que III-B.

B. Factores de carga del análisis factorial de las variables físico-químicas y biológicas.

		FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 4	FACT 5	FACT 6	FACT 7	FACT 8
T	1	-.449	.177	.740	.115	-.051	.114	-.015	-.130
pH	2	.957	.115	.022	.072	-.038	.093	-.035	-.068
Na	3	-.758	-.019	-.040	.092	.063	-.060	-.050	.084
S	4	-.462	.061	.021	-.097	.580	-.232	-.058	-.144
Mg	5	.110	.005	-.071	-.053	.869	.050	.055	.054
P	6	-.218	-.460	-.257	.038	.071	-.232	.178	.423
K	7	.744	.004	-.062	-.135	.367	-.031	-.006	-.066
Fe	8	-.100	.102	-.041	-.569	.029	-.278	.081	.218
Si	9	.727	-.016	-.464	-.038	-.210	-.059	-.085	.187
Om	10	.930	.264	-.098	.084	-.084	-.017	-.016	.043
O%	11	.569	.550	.051	.162	-.210	.143	.001	.196
N	12	-.021	-.300	.072	-.193	.181	-.290	.578	.006
NO	13	.448	.015	-.694	-.085	-.015	.008	-.143	.147
A	14	.848	-.174	-.182	.211	-.024	.113	-.216	.025
Ca	15	.086	.141	-.053	.273	.396	-.004	.342	.021
D	16	.934	.106	-.034	-.017	.229	.074	.053	-.077
L	17	.000	.309	.602	.283	-.134	-.104	.178	.272
NH	18	.229	-.197	-.138	-.138	-.032	.633	-.003	.258
B	19	-.012	.042	-.079	.093	-.010	.100	-.144	.855
D/D	20	-.029	.197	.104	-.076	-.021	.758	.042	-.070
cA	21	-.069	.329	.092	.620	-.196	-.406	-.084	.120
Hz	22	-.099	.057	.127	.081	-.060	.146	.724	-.107
F	23	.024	.186	.262	.803	-.042	-.214	.040	.161
Z	24	.022	.637	.091	-.091	.175	.043	.475	.015
Di	25	.005	.039	.238	.854	-.102	-.122	.010	.110
Ct	26	.067	.815	.152	.244	-.018	.012	.065	.029
C	27	-.035	.099	-.431	.255	.047	.060	.336	-.272
Dy	28	.013	.334	.692	.356	-.114	.058	.053	.010
Cl	29	.067	.510	.523	.359	.226	.018	-.029	-.140
Cf	30	.047	.253	.477	.204	-.015	-.069	.097	-.211
Hf	31	.062	.816	.239	-.036	.088	.006	-.151	-.033
	VP	6.132	3.300	3.180	2.900	1.758	1.598	1.544	1.467

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
1	1.000												
2	-.339	1.000											
3	.287	-.695	1.000										
4	.168	-.458	.293	1.000									
5	-.139	.059	.001	.268	1.000								
6	-.288	-.300	.169	.094	.074	1.000							
7	-.784	.696	-.442	-.090	.322	-.189	1.000						
8	-.058	-.154	.161	.136	.084	.689	.035	1.000					
9	-.723	.653	-.470	-.044	-.078	.006	.510	.004	1.000				
10	-.423	.943	-.661	-.044	.039	-.254	.635	-.111	.715	1.000			
11	-.085	.696	-.393	-.072	-.089	.282	.277	-.154	.414	.784	1.000		
12	-.085	-.133	.007	.132	.154	.222	.083	.132	-.104	.158	-.222	1.000	
13	-.753	.382	-.607	-.272	.127	.084	.365	.070	.683	.453	.192	-.087	1
14	-.503	.078	-.078	-.085	.156	-.077	.567	-.193	.711	.783	.397	-.167	
15	-.101	.014	-.003	.171	.092	-.082	.174	.179	-.007	.049	.084	.117	
16	-.409	.940	-.679	-.086	.481	-.260	.755	-.095	.805	.889	.498	-.048	
17	.436	.030	.015	-.079	-.136	-.129	-.135	-.128	-.197	.051	.517	-.050	-
18	-.198	.216	-.195	-.218	-.012	-.021	.170	-.021	.248	.159	-.049	-.119	
19	-.084	-.033	.004	-.130	.027	.260	-.057	.019	.165	.058	.094	.101	
20	.162	.053	-.089	-.018	-.020	-.216	-.023	-.082	-.388	.002	-.029	-.113	-
21	.209	-.039	.184	-.003	-.248	-.035	-.151	-.247	-.044	.022	.353	-.159	-
22	.188	-.004	.163	.169	-.011	-.081	-.175	-.019	-.227	.074	-.134	.159	-
23	.255	.036	.156	-.056	-.120	.004	-.125	-.259	-.070	.118	.315	-.103	-
24	.135	.072	-.049	.135	.172	-.279	.089	.146	-.377	.137	.296	.117	-
25	.260	.053	.077	-.104	-.188	.082	-.159	-.258	-.083	.073	.235	-.102	-
26	.221	.198	-.163	-.187	-.133	-.042	.169	.122	-.152	.264	.459	-.154	-
27	-.121	.007	-.031	-.142	.088	.029	.022	.035	.152	.040	.126	-.077	
28	.901	.085	.005	.174	-.119	-.293	-.107	-.154	-.286	.043	.256	-.142	-
29	.453	.157	-.097	.132	.109	-.341	.043	-.111	-.284	.139	.293	-.159	-
30	.361	.076	-.034	-.117	-.028	-.168	-.152	-.150	-.192	.064	.171	-.037	-
31	.268	.167	-.070	.059	.031	-.581	.073	-.081	-.037	.235	.423	-.190	-

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	2
14	1.000												
15	-.152	1.000											
16	.757	-.282	1.000										
17	-.159	-.030	-.040	1.000									
18	.290	.077	.210	-.196	1.000								
19	.098	-.137	-.072	.132	.177	1.000							
20	.007	-.036	.031	.002	.196	-.016	1.000						
21	-.323	-.146	-.120	.426	-.312	.137	-.269	1.000					
22	-.721	.071	-.079	.125	-.012	-.196	.111	.099	1.000				
23	.063	-.163	-.017	.450	-.258	.105	-.137	.021	.150	1.000			
24	-.147	.026	.173	.286	-.129	-.050	.050	.004	.424	.062	1.000		
25	.134	-.272	-.055	.415	-.178	.029	-.057	.040	.043	.883	-.074	1.000	
26	-.100	.042	.154	.462	-.145	.089	.193	.135	.125	.423	.455	.276	1.000
27	.078	.040	.041	-.079	.089	-.073	-.053	.011	.156	-.042	.270	.054	-.040
28	-.105	-.031	-.012	.507	-.209	.049	.125	.050	.156	.503	.241	.477	.4
29	-.030	-.050	.135	.421	-.238	.109	.159	.359	.139	.456	.372	.418	.5
30	-.072	-.013	.146	.338	-.162	.149	.053	.135	.134	.272	.266	.238	.3
31	-.084	.030	.145	.317	-.129	.002	.179	.135	-.142	.197	.374	.054	.7

	27	28	29	30	31
27	1.000				
28	-.043	1.000			
29	-.035	.432	1.000		
30	-.003	.414	.609	1.000	
31				.705	1.000

Apéndice IV

Factores de carga de las fechas en los análisis factoriales efectuados con las observaciones 0 m, 2 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m y 60 m.

Los números 1 al 20 en la enumeración de las variables corresponden a las fechas ordenadas correlativamente según lo señalado en la tabla nº 8.

	0m			2m			5m			10m		
	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1	FACT 2	FACT 3
1	.728	.336	.271	.552	.601	.123	.365	.718	.173	.586	.368	.501
2	.806	.415	.229	.601	.646	-.061	.736	.553	.049	.731	.525	.169
3	.622	.494	.384	.766	.466	.157	.754	.496	.216	.695	.479	.394
4	.687	.527	.281	.615	.579	.168	.636	.623	.135	.748	.419	.245
5	.376	.813	.129	.715	.463	.241	.473	.688	.203	.676	.444	.342
6	.666	.491	.242	.641	.614	.210	.621	.541	.307	.860	.259	.100
7	.286	.867	.150	.764	.151	.251	.238	.757	.241	.759	.320	.221
8	.299	.830	.324	.720	.346	.461	.214	.822	.284	.781	.329	.264
9	.356	.797	.193	.817	.262	.319	.209	.830	.340	.712	.340	.367
10	.688	.507	.341	.812	.234	.303	.389	.619	.478	.798	.128	.368
11	.202	.706	.309	.735	.095	.381	.279	.522	.465	.687	.130	.556
12	.151	.592	.682	.361	.191	.837	.158	.399	.803	.322	.147	.829
13	.206	.433	.690	.338	.347	.765	.239	.264	.814	.182	.385	.808
14	.262	.217	.806	.208	.608	.604	.606	.189	.714	.287	.365	.760
15	.450	.176	.745	.387	.650	.398	.601	.453	.471	.258	.591	.589
16	.530	.159	.764	.360	.704	.484	.633	.195	.528	.213	.742	.481
17	.640	.101	.586	.178	.813	.378	.836	.284	.387	.476	.737	.348
18	.639	.292	.642	.183	.840	.286	.800	.194	.430	.335	.786	.310
19	.718	.246	.449	.207	.853	.306	.854	.219	.267	.396	.792	.257
20	.825	.290	.338	.560	.691	-.065	.816	.392	.140	.623	.700	.115
VP	6.069	5.420	4.605	6.511	5.215	3.153	6.576	5.644	3.676	7.134	4.921	4.114

	20m			30m			40m			60m
	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1	FACT 2	FACT 3	FACT 1
1	.728	.336	.271	.365	.718	.173	.586	.368	.501	.806
2	.806	.415	.229	.736	.553	.049	.731	.525	.169	.959
3	.622	.494	.384	.754	.496	.216	.695	.479	.394	.965
4	.687	.527	.281	.636	.623	.135	.748	.419	.245	.853
5	.376	.813	.129	.473	.688	.203	.676	.444	.342	.951
6	.666	.491	.242	.621	.541	.307	.860	.259	.100	.940
7	.286	.867	.150	.238	.757	.241	.759	.320	.221	.932
8	.299	.830	.324	.214	.822	.284	.781	.329	.264	.924
9	.356	.797	.193	.209	.830	.340	.712	.340	.367	.957
10	.688	.507	.341	.389	.619	.478	.798	.128	.368	.965
11	.202	.706	.309	.279	.522	.465	.687	.130	.556	.809
12	.151	.592	.682	.158	.399	.803	.322	.147	.829	.909
13	.206	.433	.690	.239	.264	.814	.182	.385	.808	.956
14	.262	.217	.806	.606	.189	.714	.287	.365	.760	.949
15	.450	.176	.745	.601	.453	.471	.258	.591	.589	.960
16	.530	.159	.764	.633	.195	.528	.213	.742	.481	.891
17	.640	.101	.586	.836	.284	.387	.476	.737	.348	.869
18	.639	.292	.642	.800	.194	.430	.335	.786	.310	.820
19	.718	.246	.449	.854	.219	.267	.396	.792	.257	.926
20	.825	.290	.338	.816	.392	.140	.623	.700	.115	.920
VP	6.069	5.420	4.605	6.576	5.644	3.676	7.134	4.921	4.114	16.728