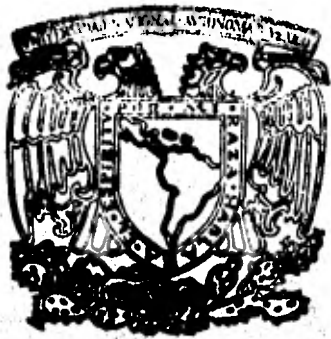


# Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales ZARAGOZA



**CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE ALGUNOS PROTOZOARIOS Y ALGAS DE AGUAS NEGRAS DE LA ENEP-ZARAGOZA EN EL PERIODO JUNIO-OCTUBRE DE 1981**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**B I O L O G O**  
**P R E S E N T A N**

**Ana Rosa Arenas Rosales**

**Esther Matiana García Amador**



**MEXICO, D. F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

### RESUMEN

	PAGINAS
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	7
III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	8
IV. METODOLOGIA	10
I.V.1. DE CAMPO	10
I.V.2. DE LABORATORIO	10
V. RESULTADOS	14
VI. DISCUSION	30
VII. CONCLUSIONES	39
VIII. BIBLIOGRAFIA	41
APENDICES	45

## RESUMEN

Se realizó un estudio de los Protozoarios y Algas de agua negra, tomándose muestras del registro de salida del Edif. A-5 del campo II de la ENEP-ZARAGOZA.

Se efectuaron 7 experimentos, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

La temperatura se mantuvo en un rango de entre 21 y 31°C; el pH estuvo entre 7.5 - 8; el oxígeno disuelto no se detectó los primeros días, incrementando su concentración a partir del día en que se detecta.

El calcio y magnesio sufre un descenso, en cambio la alcalinidad una elevación, los cloruros fluctuaron.

Los nitratos caen de una manera espectacular, en tanto los fosfatos lo hacen de una manera muy discreta; los sulfatos muestran altibajos.

Se identificaron 13 algas y 9 protozoarios; se obtuvo una biomasa de 132.8044 gramos.

## I. INTRODUCCION.

El agua a través de la historia ha sido un elemento fundamental para el desarrollo de la humanidad.

Debido a su escasez, es uno de los problemas más preocupantes en el contexto mundial. Particularmente, en ciudades grandes, la escasez del recurso acuífero es cada vez mayor debido a la multitud de usos de tipo doméstico-industrial de alta pureza, por lo que es necesario encontrar sistemas adecuados para su reutilización.

El control de la calidad de las aguas se preocupa no solo de la identificación de los organismos que colonizan una determinada masa de agua; sino también, y de manera especial de las interrelaciones que existen entre los organismos y el medio ambiente. Son de importancia primordial, la información concerniente al tamaño, crecimiento y actividad demostrable de las poblaciones encontradas (18).

Uno de los principales constituyentes de las aguas negras son los desechos fecales, cuya composición es: trozos de alimento no digeridos, bacterias intestinales y desechos celulares del cuerpo; químicamente es probable que sean proteínas del cuerpo con algunas grasas y cantidades de hidratos de carbono. Los desechos urinarios contienen la mayor parte del nitrógeno que no es retenido por el cuerpo, el cual está en forma de amoníaco o urea. La urea es un compuesto químico que se descompone fácilmente en amoníaco y bióxido de carbono (17).

Ahora bien, en el agua negra la sucesión de organismos trae como consecuencia una autopurificación, debido

a que estos descomponen los materiales de desecho transformándolos en sales inorgánicas simples; presentando así las condiciones necesarias para el crecimiento de las algas.

Los componentes orgánicos solubles proveen un constante suministro de alimento para los organismos saprozoicos y las poblaciones bacterianas suspendidas en las aguas de desecho suministran el alimento para los protozoos holozoicos.

Los sólidos orgánicos complejos agregados originalmente al agua para formar las aguas negras, son compuestos del elemento carbono en combinación con otros elementos como el nitrógeno, el azufre, el fósforo, el hidrógeno, el oxígeno y otros, que con frecuencia retiene moléculas de agua íntimamente ligadas. En el proceso de descomposición aerobia, que caracteriza la segunda fase de autpurificación del agua, el oxígeno se combina con estos elementos de manera que los productos finales de los cambios bioquímicos, cuando se llevan a cabo en forma completa, son el  $CO_2$ , el agua, los nitratos, sulfatos, fosfatos y otras sustancias similares a las que usualmente se les llama sales (17); sobre este particular se ampliará la información más adelante.

Los protozoos flagelados y las amebas también se alimentan de bacterias y no se duda que ambos juegan un papel similar; además las amebas pueden tener la habilidad de ingerir bacterias flocculadas que podrían tener el efecto de reducir la producción de lodos.

Muchos de esos protozoos se alimentan de bacterias

y, a través de ellos, parte de la energía contenida en el grupo descomponedor se dirige hacia unos niveles tróficos superiores de la cadena alimentaria, ya que los protozoos pueden ser devorados por otros animales; estos animales que consumen bacterias son de gran importancia en el suelo y en las aguas contaminadas, ya que se cree que toman parte en los ciclos tróficos de modo significativo.

Otros protozoos es sabido que se alimentan con bacterias patógenas, incluyendo aquellas que causan enfermedades tales como cólera, tifus, difteria e infecciones estreptococales; también se alimentan de bacterias fecales como Escherichia coli (5).

Dentro de los protozoarios ciliados algunos tienen como finalidad, dentro del proceso anaeróbico, la eliminación de colonias dispersas por depredación. Estas colonias del agua residual se ha pensado que de alguna forma los ciliados inducen un proceso de floculación que les es propicio para la ingestión de las mismas.

Las algas quienes suceden como organismos dominantes a los protozoos empleando las aguas negras como fuente de nutrientes por lo cual, esta característica puede servir de ayuda en la purificación de las aguas de desecho (8).

El proceso de la descomposición de la materia orgánica que hay en las aguas negras se verifica en dos etapas. La materia orgánica de las aguas negras es primero desintegrada por los organismos aerobios, con formación de  $CO_2$ , el cual es utilizado por las algas en su fotosíntesis. En este proceso, el oxígeno del  $CO_2$  es liberado y se disuelve en el líquido en el que crecen las

algas. Como resultado de esto, la materia orgánica sirve para la formación de algas y las aguas reciben oxígeno para mantener la ulterior descomposición aerobia.

Cuando la degradación se lleva a cabo en condiciones anaerobias, es decir, en ausencia de oxígeno disuelto en las aguas negras, lo que caracteriza a las primeras fases del proceso, es un conjunto de condiciones ofensivas que originan olores y apariencias desagradables. Cuando la degradación ocurre en condiciones aerobias, es decir, en presencia de oxígeno disuelto no da esos resultados y el proceso marcha con gran celeridad (17).

Algunos compuestos químicos, empleados por las algas para su nutrición, como por ejemplo el fósforo, se reducen a niveles correspondientes a tratamientos secundarios y terciarios de las aguas negras. Utilizando algas o combinando estas con bacterias fotosintéticas, se han hecho experimentos para la eliminación de fósforo y nitrógeno de aguas negras. Sobre este particular se volverá más adelante. Esta utilización del nitrógeno se puede emplear como pretratamiento de las aguas negras (8).

En las aguas negras de los estanques, los protozoos y algas muestran un diferente predominio dependiendo de la concentración y tipo de nutrientes disponibles. Las altas concentraciones de materia orgánica, lo que caracteriza a las primeras fases del proceso, propiciadas por la abundancia de bacterias estimulan el crecimiento de flagelados y rápidamente dejan su lugar a los ciliados nadadores libres y cuando baja la población de bacterias crecen los ciliados fijos. Una y otra vez este fenómeno



se repite tanto en escala natural como experimental.

Los fitoflagelados predominan en aquellas áreas donde el nivel de nutrientes es alto, en tanto que las algas verdes filamentosas aparecerán conforme el nivel de nutrientes descienda (27).

Ultimamente las algas se han estudiado más ampliamente para utilizarse como fuente de proteínas, realizando experimentos a nivel piloto, usando a las algas como alimento para las carpas ( Cyprinus carpio ) y para el pez de Sn. Pedro ( Tilapia gallilea ) (30).

Ello se debe al hecho conocido de que las algas tienden a presentar crecimientos estacionales bien definidos (2), son tolerantes de variaciones térmicas amplias y además presentan una intensa velocidad de crecimiento y en consecuencia de formación de biomasa.

Los nutrimentos encontrados en aguas de desecho pueden soportar considerable producción de biomasa. El crecimiento y producción de la biomasa algal está relacionada con la remoción de nutrimentos por incorporación asimilativa en el material celular de las algas, y con la cantidad de nitrógeno total en solución. El nitrógeno parece ser el principal factor limitante del crecimiento, mientras que el fósforo esté en considerable exceso (29).

Esta observación es consistente con el hecho crucial de que la biomasa, es en última instancia una expresión de la producción protéica, la cual a su vez requiere nitrógeno.

El fósforo es un nutrimento esencial para todos los sistemas biológicos vivientes; existe en las células en la

configuración de sus estados de oxidación (fosfatos). El fosfato es usado por las células para formar fosfolípidos en la membrana celular; su papel metabólico es importante porque es el medio de intercambio de energía de la célula (21).

## II. OBJETIVOS.

- a). Determinar cualitativa y cuantitativamente la serie de organismos ( protozoarios y algas ) existentes en las aguas negras de la ENEP-ZARAGOZA, mediante la identificación taxonómica y la biomasa en peso seco (algas).
- b). Determinación experimental de la variación que sufre la concentración de iones en relación con las poblaciones de organismos con respecto al tiempo.

### III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

La ENEP-ZARAGOZA cuenta con dos campos; el campo I que se encuentra localizado sobre la calzada Ignacio Zaragoza y a un costado de la Cabeza de Juárez; mientras que el campo II está situado al Este de la ciudad de México, a unos 500 m aproximadamente del antiguo tiradero de Santa Cruz Meyehualco y en la parte de atrás del Cerro del Peñón el cual está formado principalmente de tezontle y cuenta con una vegetación escasa.

El campo II tiene aproximadamente una superficie de 90112.5 m<sup>2</sup>, y consta de las siguientes instalaciones:

Unidad Académica ( incluye la Biblioteca y la Hemeroteca ).

2 estacionamientos, uno atrás y otro enfrente del edificio de Tecnología.

Unidad de Mantenimiento

2 edificios de aulas: el A-5 y A-6.

2 edificios de laboratorios: L-3 y L-4.

Edificio de Tecnología.

Museo - Herbario.

Invernadero.

Bioterio.

Comedor.

Zona de deportes.

Anexo del CERFyS.

Enfermería.

Gimnasio.

El lugar de muestreo elegido fué el registro de salida del edificio A-5 del campo II de la ENEP-ZARAGOZA,

debido a que es una vía de drenaje de los sanitarios, por lo que el agua no contiene ni disolventes orgánicos ni altas concentraciones de reactivos de laboratorio, además es el punto de confluencia de un conducto similar que proviene del gimnasio, la ubicación del lugar de estudio se muestra en el mapa siguiente.

#### IV. METODOLOGIA.

##### IV.1. DE CAMPO.

Las muestras de agua negra utilizadas en el presente trabajo se extrajeron por inmersión de una cubeta de 9 litros, con un contrapeso lateral y un lazo de 2 metros de longitud.

El contenido se vertió a un bote de unos 20 litros; esta operación se repitió varias veces hasta obtener aproximadamente 71 litros. Del sitio de colecta se transportó hasta el ala poniente del Invernadero de la ENEP-ZARAGOZA y se colectó en 2 tinas de aluminio de 40 litros de capacidad.

El volumen inicial utilizado en este experimento fué de 35.5 litros por tina, a las que se les mantuvo con agitación continua por medio de un magneto, en un período aproximado de 12 días.

Alícuotas de diversos volúmenes, fueron separadas para realizar análisis de contenido de iones y organismos.

Estas se separaron del medio, un día después de que se llenaron las tinas ( excepto en los experimentos 4 y 5, en los que se tomó la primera muestra el día que se llenaron las tinas, y los fines de semana ).

##### IV.2. DE LABORATORIO.

Varios parámetros fueron estimados en el agua negra a diferentes tiempos, en un lapso que varió entre 10 y 14 días, entre ellos: color, olor, pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), "in situ". En cuanto a los parámetros químicos estimados se mencionan: calcio y magnesio, carbonatos, cloruros,

fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos y nitrógeno total ( sólo de la biomasa ).

Las mediciones anteriores se suspendieron en el momento del florecimiento máximo de las algas, procediéndose a su extracción por medio de decantación y evaporación.

La temperatura se midió siempre a las 12:00 del mediodía; los métodos utilizados fueron los siguientes:

Método de Winkler modificado para la determinación de oxígeno disuelto: a la muestra contenida en una botella DBO se le adiciona sulfato manganoso y álcali-yoduro-azida, si se forma un precipitado café, indica la presencia de oxígeno, finalmente se le adiciona ácido sulfúrico concentrado y se agita para disolver el precipitado. Se toma una alícuota y se le adiciona almidón que funciona como indicador ( color azul ) y se titula con tiosulfato de sodio hasta la desaparición del color.

Método de reducción con el ácido ascórbico para la determinación de fosfatos ( ortofosfatos ): a la muestra se le añade fenolftaleína y reactivo combinado a base de ácido sulfúrico, tartrato de potasio-antimonio, molibdato de amonio y ácido ascórbico. Se deja reposar hasta un máximo desarrollo de color y se lee en el espectrofotómetro a 659 ó 880 nm usando un blanco con agua destilada y los reactivos.

Método turbidimétrico para la determinación de sulfatos: Se agrega solución acondicionadora ( glicerina, ácido clorhídrico concentrado, agua destilada, alcohol etílico y cloruro de sodio ) a la muestra, se agita y se le

añade cloruro de bario, agitándose por un minuto y se lee en el espectrofotómetro a 420 nm.

Método de indicadores para la determinación de carbonatos como alcalinidad a la fenolftaleína: A la muestra se le pone tiosulfato de sodio y se le agrega fenolftaleína para obtener un color rosa; se titula con ácido sulfúrico o clorhídrico hasta la desaparición del color.

Determinación de calcio y magnesio como dureza: se diluye la muestra con agua destilada y se le agrega solución amortiguadora, que se prepara a base de cloruro de amonio, hidróxido de amonio concentrado y sal de magnesio del EDTA; agrgándole indicador negro de eriocromo T para obtener un color rojizo, se titula con EDTA hasta desaparición del tinte rojizo.

Método de Mohr para determinación de cloruros: a la muestra se le pone indicador de cromato de potasio ( color amarillo ) y se titula con nitrato de plata hasta obtener un color amarillo rojizo; se debe emplear un testigo.

Método con ácido fenildisulfónico para determinar N-nitratos: la muestra se trata con sulfato de plata y el precipitado se elimina con centrifugación o por reposo de 24 horas; la muestra clarificada se evapora a sequedad en baño maría y el residuo se mezcla con ácido fenildisulfónico, agua destilada y  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado hasta que se desarrolle el color máximo; se elimina cualquier impureza filtrando, el filtrado se afora a 50 ml en un tubo Nessler y se lee a 410 nm en el espectrofotómetro, se prepara un blanco con agua destilada y los reactivos antes



mencionados.

Método de Kjeldahl para nitrógeno total: se usa una mezcla digestiva (  $H_2SO_4:H_3PO_4$  y  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  ) para oxidar la materia orgánica. A la muestra por duplicado se le añade óxido de mercurio, mezcla digestiva, se coloca en el aparato de digestión; cuando se enfría el matraz, y después de sacarlo, se le agrega agua destilada, se vacía en un destilador y se le añade hidróxido de sodio en forma lenta para desprender amoníaco, que se recibe en un recipiente que contiene ácido bórico con indicadores ( el ácido bórico vira de café rojizo a verde esmeralda ). Se titula el ácido bórico con ácido clorhídrico. Se hace un blanco con los reactivos.

## V. RESULTADOS.

Entre los factores físicos y químicos estimados durante un período aproximado de 14 días se llevó a cabo un registro que se presenta en tablas y gráficas que se mostrarán a continuación.

La primera gráfica se refiere al cambio en la concentración de iones durante el curso del experimento.

Se puede apreciar que el pH se mantiene invariable con valores próximos a 7.5 con una ligera elevación al final del décimo día para alcanzar un valor máximo de 8.

En esta misma gráfica se encuentran también los registros de la temperatura; en este experimento se aprecia un valor próximo a 28°C, casi constante a lo largo del experimento. Con relación al oxígeno disuelto, en los primeros días no se pudo detectar. No fué sino hasta el sexto día cuando empezó a aparecer una pequeña concentración de oxígeno disuelto, alcanzando un máximo valor hacia el final del período experimental siguiendo durante ese tiempo un curso exponencial. Como punto de referencia en esta gráfica y en las próximas se presenta también la curva correspondiente al cambio de concentración de nitratos en la que se aprecia una clara disminución.

La figura 1B presenta la variación en la concentración de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , alcalinidad (Alc), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ).

Se observa que en estos últimos no hay cambios substanciales como los apreciados en el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  (200-324 ppm). En la curva de concentración de alcalinidad se aprecia una notable variación. Sobresale un máximo en el

quinto día (30 ppm), seguido de una caída a niveles basales y finalmente una elevación que comienza el día 8 (10 ppm) y alcanza un nuevo máximo en el décimo día con un valor de 54 ppm.

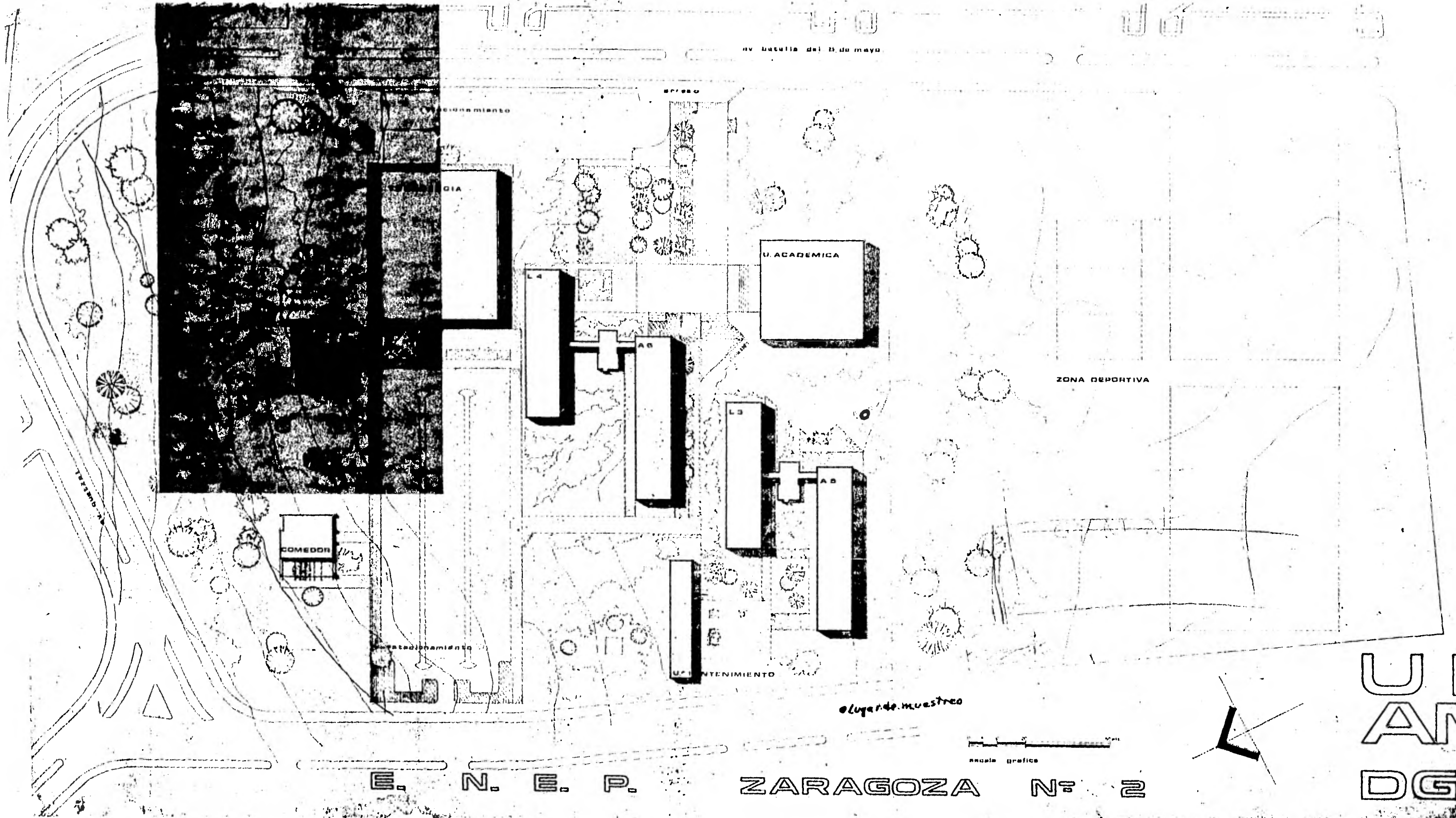
La gráfica 1C muestra que tanto los iones sulfato y nitrato, caen exponencialmente los primeros días, manteniéndose el sulfato fluctuante en tanto que el nitrato continúa disminuyendo.

El ion fosfato no se detectó en los primeros días y en el cuarto pudieron determinarse valores muy bajos que sufrieron poca variación hasta la terminación del experimento.

La figura 2A nos expone que el pH permanece casi constante a lo largo del experimento (7.5 - 8 a partir del segundo día). La temperatura muestra fluctuaciones notorias teniendo un máximo el día 2 (30°C) y un mínimo el día 6 (25°C). El oxígeno disuelto hace su aparición el quinto día elevándose hasta alcanzar su máximo el noveno día (15.83 ppm). Los nitratos descienden casi constantemente en todo el experimento.

En la gráfica 2B se observa que los cloruros ascienden de una manera casi imperceptible alcanzando su máximo el día 9 (134.96 ppm); en cambio la alcalinidad y el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  presentan altibajos muy notorios, observándose un comportamiento directamente proporcional entre estos. Los nitratos descienden.

En la gráfica 2C los nitratos y fosfatos descienden de una manera notoria, en los fosfatos excepto en los días



U N  
A M  
D G O

3 y 4 que sufre una elevación, en cambio los sulfatos sufren altibajos presentándose varios máximos en el día 1 (15 ppm) y 7 (14 ppm); como se observa los primeros días (1-4) desciende la concentración (15 - 10.13 ppm) y a partir del quinto sube (11.10 ppm), para luego volver a bajar a partir del octavo (13.30 ppm).

En la gráfica 3A se observa que tanto el pH como la temperatura se mantienen casi constantes a lo largo del experimento; la temperatura permanece en un rango de entre 24 - 29°C y el pH entre 7.5 - 8.5. El oxígeno disuelto asciende de una manera constante a partir del día 5 (6.5 ppm) que es cuando se presenta. Los nitratos descienden de una manera notoria.

En la figura 3B los cloruros ascienden de una manera casi constante hasta tener un máximo el día 7 (155.45 ppm); en tanto el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  y la alcalinidad se comportan de una manera casi semejante, mostrando altibajos parecidos, observándose que cuando la alcalinidad se eleva, también lo hace el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , excepto el día 5 que cuando la alcalinidad baja el  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se eleva.

Los nitratos descienden hasta el final del experimento.

En la gráfica 3C los sulfatos y fosfatos varían enormemente, presentando fluctuaciones notorias. Los sulfatos en los primeros días descienden, permanecen constantes a partir del 2 al 4, en el quinto día sufre una elevación en su concentración hasta alcanzar su máximo el séptimo día (20.25 ppm). Con respecto a los fosfatos, a partir del

segundo día se eleva para tener un máximo el día tres (6.3 ppm) y luego desciende casi constantemente hasta el 7<sup>o</sup> (4.4 ppm).

En la figura 4A se observa que la temperatura se mantiene en un rango de 28-31°C. El pH se encuentra entre los valores de 7-8. El oxígeno disuelto aparece hasta el día 5 (4.466 ppm) elevándose hasta el séptimo día (6.496 ppm) y a partir de este empieza a descender (5.684 ppm).

En cambio los nitratos presentan una disminución en su concentración alcanzando el mínimo el cuarto día (0.008 ppm), notándose que a partir de ese instante va en aumento.

La gráfica 4B nos muestra el comportamiento que tienen los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  los cuales son inversamente proporcionales al comportamiento de los cloruros que no presentan fluctuaciones apreciables. Ahora bien, la alcalinidad se detecta hasta el tercer día (30 ppm) incrementándose levemente en el cuarto (36 ppm) y en el quinto hubo un decremento (5 ppm), presentándose posteriormente un nuevo aumento en su concentración.

En la gráfica 4C se observa una disminución constante de los fosfatos durante el transcurso del experimento y en los últimos 2 días parece ser que tienden a mantenerse constantes. Mientras tanto los iones sulfato presentan una serie de altibajos a lo largo del ensayo.

La gráfica 5A muestra que la temperatura y el pH presentan un comportamiento análogo. El oxígeno disuelto se presenta a partir del quinto día (3.248 ppm) alcanzando su máximo valor al séptimo día (7.308 ppm) y a partir

de este se observa un decremento no muy marcado (6.09 ppm).

En relación a los nitratos se observa una caída exponencial hasta el segundo día, pero a partir de este muestra un ligero incremento en su concentración.

La figura 5B nos indica que la curva de los cloruros presenta un comportamiento lineal observándose a lo largo del ensayo un leve ascenso. Con referencia a los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se aprecia un decremento conforme transcurre el experimento. La alcalinidad se detecta a partir del tercer día (38 ppm) mostrando un valor mínimo en el quinto día (16 ppm) y posteriormente un ligero incremento (25-26 ppm).

En la gráfica 5C se observa una disminución de los fosfatos a lo largo de todo el ensayo (0.056-0.01 ppm), en cambio los nitratos y sulfatos presentan altibajos notorios. Los nitratos en los primeros días descendieron, en cambio se eleva su concentración en el cuarto día, baja en el quinto y vuelve a elevarse hasta el día 8. Los sulfatos se elevan los primeros días y después presentan altibajos.

La gráfica 6A nos indica que tanto la temperatura como el pH se siguen comportando de una manera análoga a las anteriores gráficas A. El oxígeno disuelto se detecta a partir del tercer día (8.12 ppm) manteniéndose en constante aumento hasta el último día del experimento (14.21 ppm). Se observa que los nitratos sufren una caída exponencial a lo largo del ensayo.

En la figura 6B se muestra que los iones cloruro presentan un incremento constante y lineal en el transcurso del experimento (98.97-146.95 ppm). En cambio los iones

$\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se manifiestan en altibajos muy conspicuos. La alcalinidad se presenta a partir del segundo día (12 ppm) observando también fluctuaciones muy conspicuas.

La gráfica 6C muestra a los iones fosfato que se comportan en forma similar a los anteriores experimentos.

Los sulfatos presentan un comportamiento irregular alcanzando su valor máximo el cuarto día (13'.35 ppm) y el mínimo al sexto día (8.75 ppm). Los nitratos descienden de manera exponencial.

La gráfica 7A nos expone la tendencia que presenta el pH, ya que este se mantiene en un rango de 7.5 - 8. Más sin embargo, el rango que tiene la temperatura es de 24 - 30°C. La cantidad de oxígeno disuelto se detecta a partir del tercer día (3.248 ppm), incrementando su concentración en el transcurso del experimento (13'.398 ppm). El comportamiento de los nitratos es un descenso a lo largo del ensayo.

En la gráfica 7B se observa que los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se comportan con una serie de altibajos durante todo el experimento.

Los iones cloruro presentan un comportamiento lineal y ascendente. La alcalinidad muestra una serie de irregularidades muy marcadas.

La gráfica 7C nos indica que los iones fosfato sufren un decremento desde los primeros días hasta los últimos. Los iones sulfato muestran fluctuaciones, alcanzando su valor mínimo hacia el sexto día (6 ppm) y a partir de este tiende a elevar su concentración, alcanzando su máximo al final del experimento (14'.25 ppm).



## RESULTADOS DE ORGANISMOS.

Los datos mostrados en las gráficas No. 1D-7D y 8 se refieren específicamente a la dinámica y composición de los microorganismos encontrados en los diferentes experimentos.

En la gráfica 1D se observa Podophrya sp. exclusivamente, este protozoo se manifestó el día 2. Astasia sp. se presentó ocasionalmente entre el segundo y cuarto día mostrando un incremento hacia el quinto y alcanzando su máximo florecimiento el sexto día; a partir de entonces sufre un decremento muy pronunciado (7<sup>o</sup>, 8<sup>o</sup>) hasta llegar a desaparecer.

Por otro lado, Chlorella sp. hizo su aparición el séptimo día y se observó un incremento al finalizar el experimento. Colpidium sp. únicamente se observó el séptimo día y Peranema sp. el noveno.

La figura 2D corresponde al segundo experimento; fué notable el hecho durante los días 3 y 4, pues no se observaron organismos, en tanto que el segundo día mostró cantidades pequeñas de Chlamydotrys sp. y Amoeba sp.; el primero se encontró en forma escasa, desapareciendo el sexto día; en contraste, Amoeba sp. apareció de una manera muy escasa desde el segundo día desapareciendo al sexto.

A partir del quinto día apareció Chlorella sp., la cual se incrementó y manifiesta una curva exponencial al término del experimento, de igual manera Protococcus sp. presenta un comportamiento similar, con la excepción de que se presentó un día más tarde.

En la gráfica 3D resalta la presencia de las algas Peranema sp. y Chlorococcum sp. en el primer día, siendo

el primero abundante y escaso el segundo. Se presentaron otros géneros, tanto de algas como de protozoarios en este experimento, pero su presencia fué más bien ocasional.

Durante el quinto día aparecen 2 nuevos tipos de algas: Chlorococcum sp. y Protococcus sp. que van en incremento en el transcurso del experimento, excepto Chlorococcum sp. que empieza a sufrir un descenso a partir del séptimo día.

En la figura 4D es relevante la presencia de Chlorella sp. la cual aunque muy escasa, persiste a lo largo de todos los días del ensayo.

Amoeba sp. se presentó al segundo día, siendo muy abundante en el tercero y sufriendo una desaparición brusca en el cuarto día. Chilomonas sp. se mostró en el segundo día en forma escasa, sufriendo una elevación, de modo que el tercer día es abundante y cae la población de esta alga el cuarto, para desaparecer finalmente el sexto día.

A partir del cuarto hasta el último día, los organismos presentes en tal ensayo fueron muy escasos.

Gráfica 5D. Sorpresivamente Euglena sp. se manifestó desde el primer día, incrementándose y teniendo su máxima presencia ( en forma abundante ) el tercer día, descendiendo en el cuarto y no mostrándose ya, en lo que restaba del experimento.

En contraste, Chlorella sp. mostró fluctuaciones diversas a lo largo de todo el experimento, así, el primer día fué muy escasa, se elevó discretamente el segundo y manteniéndose constante hasta el quinto, al sexto descendió y volvió a elevarse al séptimo, disminuyendo al final

del experimento.

Por otro lado, Chlamydomonas sp. se presentó desde el primer día permaneciendo a un nivel constante, pero bajo, hasta el sexto día, de ahí (7<sup>o</sup>) su población creció un poco y finalmente lo hizo espectacularmente.

Amoeba sp. fué muy abundante el tercero y cuarto día y finalmente desapareció. Peranema sp. solo se observó el tercero y cuarto día en forma escasa. En tanto Holophrya sp. lo hizo los días séptimo y octavo.

En la gráfica 6D, lo más sobresaliente de este experimento es la presencia de 2 algas: Chlamydomonas sp. y Chlorococcum sp.; la primera se manifestó a partir del quinto día en cantidades mínimas, pero conforme pasaron los días, se mostró en ascenso lineal, y se reportó que el último día del ensayo se presentó muy abundantemente. Con la segunda ocurrió lo mismo, excepto que esta alga apareció el sexto día.

Peranema sp. se observó por primera vez el segundo día, fué muy abundante y después disminuyó hasta niveles mínimos, desapareciendo hacia el séptimo día.

Menoidium sp. solo se presentó un día (el cuarto).

En relación a los protozoarios se observó lo siguiente:

Amoeba sp. fué abundante el tercer día, decreciendo de manera seguida hacia el cuarto y desapareciendo del experimento. Colpidium sp. se vió desde el quinto día, fué muy abundante, su población se incrementó hacia el sexto día y de ahí sufrió una disminución por lo que al final del experimento solo se le vió ocasionalmente.

Oxytricha sp. se mostró solo los días 3 y 7'.

En la figura 7D, Euglena sp. se presentó desde el primer día hasta el quinto, con un máximo entre el segundo y tercer día. Astasia sp. se presentó escasamente el primero y segundo día, y se hizo aún más rara entre los días 3 y 4. Syncrypta sp. también aparece ocasionalmente (primer día y segundo) sufriendo un decremento hasta niveles mínimos durante el tercer y cuarto día, no reportándose más los días siguientes.

En contraste, Amoeba sp. tiende a sufrir un incremento desde su aparición (segundo al tercer día), disminuyendo en el cuarto y finalmente desapareciendo el séptimo día. Mecoidium sp. se presentó siempre de manera baja pero constante durante los días tercero al sexto. Colpidium sp. también presentó un comportamiento similar siendo rara en un principio y desapareciendo bruscamente el sexto día. Cabe mencionar, que, cuando empieza a disminuir el género anterior (Colpidium sp.) hace su aparición Chlamydomonas sp. y su presencia tiende a elevarse muy abundantemente hasta el final del ensayo. Se puede relacionar la manera constante del género anterior, con la aparición del alga: Chlorococcum sp. que se mostró el sexto día en forma muy escasa manteniéndose de esa manera hasta el séptimo día y en el octavo y noveno tienden a sostener un aumento llegando a niveles abundantes.

Ocasionalmente Acanthosphaera sp. solo apareció esporádicamente el sexto día. Durante el segundo día estuvieron coexistiendo en magnitud muy escasa 3 géneros de protozoarios que solo se manifestaron ese día, los

cuales fueron: Holophrya sp., Didinium sp. y Podophrya sp.

El ciliado Vorticella sp. se mostró escasamente durante el primero y segundo día, no manifestándose más a lo largo del experimento.

La gráfica 8 muestra el sumario de los organismos presentes en una serie de 7 experimentos.

El comportamiento individual en relación a su aparición es el siguiente:

1. Acanthosphaera sp. exclusivamente se presentó en el séptimo experimento.
2. Astasia sp. se muestra en el 1 y el 7.
3. Chilomonas sp. unicamente se exhibió en el cuarto ensayo.
4. Chlamydomonas sp. se aprecia en los experimentos del cuarto al séptimo.
5. Chlorella sp. se aprecia en los ensayos 1,2,4 y 5.
6. Chlorococum sp. se contempló en el tercero, sexto, y séptimo experimento.
7. Euglena sp. se mantuvo en el experimento 5 y 7.
8. Menoidium sp. se manifiesta en el sexto y séptimo ensayo.
9. Peranema sp. existió durante los siguientes ensayos: 1, 3, 4, 5 y 6.
10. Protococcus sp. se exhibe en el segundo y tercer ensayo.
11. Syncrypta sp. solamente se aprecia en el último ensayo.
12. Synura sp. se manifestó solo en el primer ensayo.
13. Volvox sp. se muestra solo en el primer ensayo.
14. Amoeba sp. subsiste desde el segundo ensayo hasta el séptimo.
15. Chlamydotryps sp. se contempla en el segundo y tercer ensayo.
16. Colpidium sp. se muestra en el primero, cuarto, sexto y séptimo experimento.

17. Didinium sp. exclusivamente se exhibió en la última prueba.
18. Holophrya sp. se manifestó en el quinto y séptimo ensayo.
19. Opalina sp. solo se pudo contemplar en el tercer ensayo.
20. Oxytricha sp. unicamente se presentó en el sexto experimento.
21. Podophrya sp. se exhibió tanto en el primero como en el último ensayo.
22. Vorticella sp. se encontró en el tercero y séptimo experimento.

En general el comportamiento de los cambios observados en los siete experimentos en relación con los parámetros físicos-químicos y biológicos es el siguiente:

- a) La temperatura se mantuvo más o menos constante con fluctuaciones entre 21 y 31°C.
- b) El oxígeno disuelto no se detectó por el método utilizado durante los primeros 2 o 3 días, iniciándose desde el cuarto día un incremento en la concentración que culmina al final del experimento.
- c) El pH se mantuvo en valores próximos a 7.5 - 8 y en todos los casos tendió a un incremento hasta un valor final de 8.
- d) Los fosfatos cayeron a lo largo del período experimental sin embargo la variación no fué altamente significativa. En contraste los nitratos fueron separados casi totalmente del medio hasta niveles extraordinariamente bajos. Los sulfatos no mostraron cambios particularmente notables.
- e) El  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  decrecieron a lo largo del experimento en tanto que la alcalinidad en todos los casos sufrió una pequeña elevación.
- f) La biomasa obtenida en los siete experimentos fué de: 132.8044 gramos.
- g) Se detectaron 22 organismos: 13 algas y 9 protozoarios y bacterias.



Tabla de resultados de biomasa obtenida y % de nitrógeno.

# EXPERIMENTO	BIOMASA (gramos)	VOLUMEN FINAL (litros)	% N
1	31.1907	20.5	1.1312
2	19.1974	19.2	1.2824
3	24.3467	24.35	1.2824
4	<hr/>	20.40	<hr/>
5	21.6001	21.09	0.6776
6	17.5631	17.60	0.7532
7	18.9064	18.125	0.0476

Significado de las cruces en las gráficas de organismos:

+ MUY ESCASA  
++ ESCASA  
+++ ABUNDANTE  
++++ MUY ABUNDANTE

Significado de las abreviaturas empleadas en la hoja de registro de datos:

Olor

UR = UREA  
PU = POCO A UREA  
P = POQUISIMO OLOR A UREA  
SO = SIN OLOR

Color

CF = CAFE FUERTE  
VC = VERDE CAFESASEO  
VO = VERDE OSCURO  
VL = VERDE LIMON  
VP = VERDE PASTO

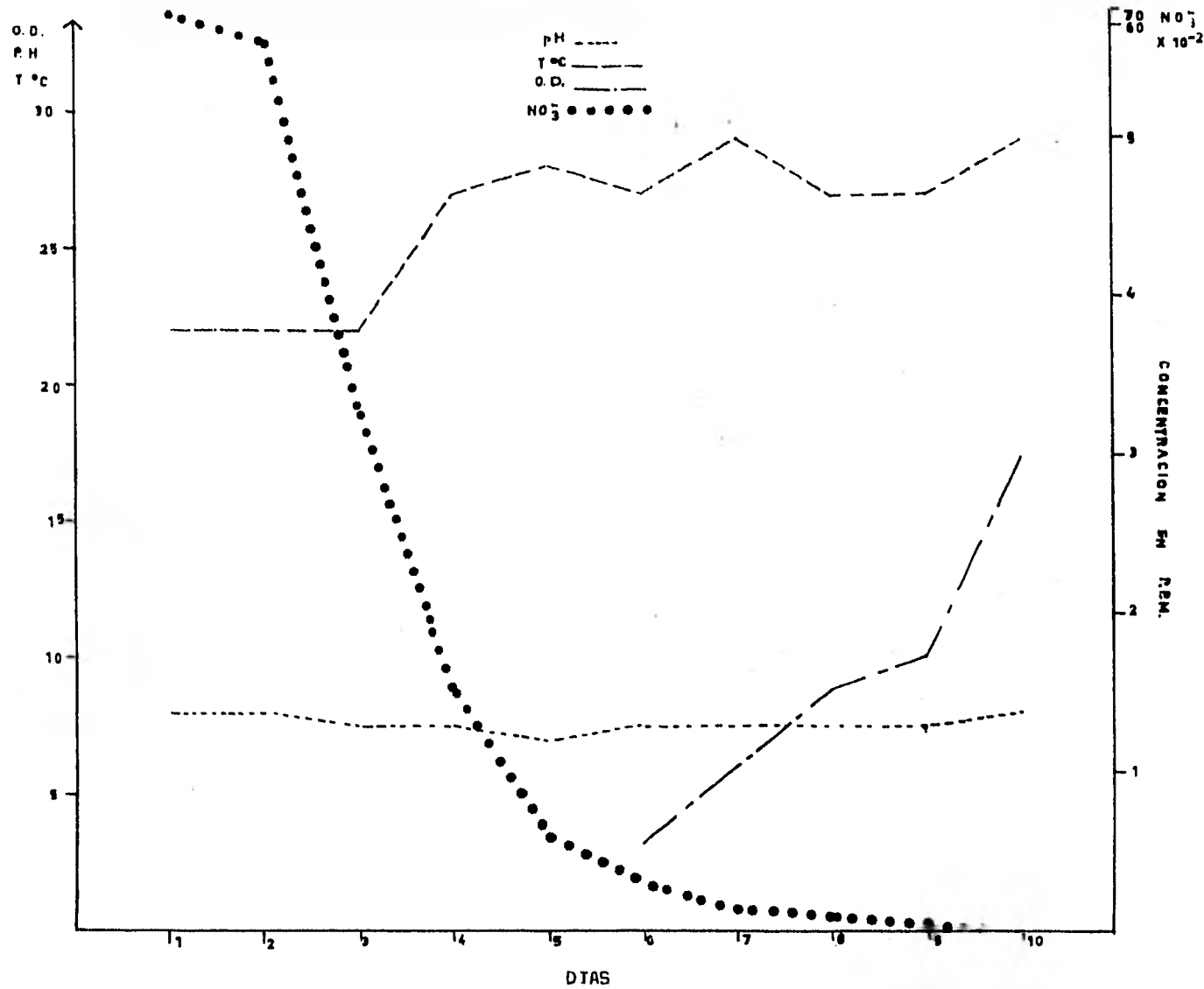
Unicamente se exhibe una hoja de registro de datos, para mostrar la manera de llenarlas

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES • ZARAGOZA

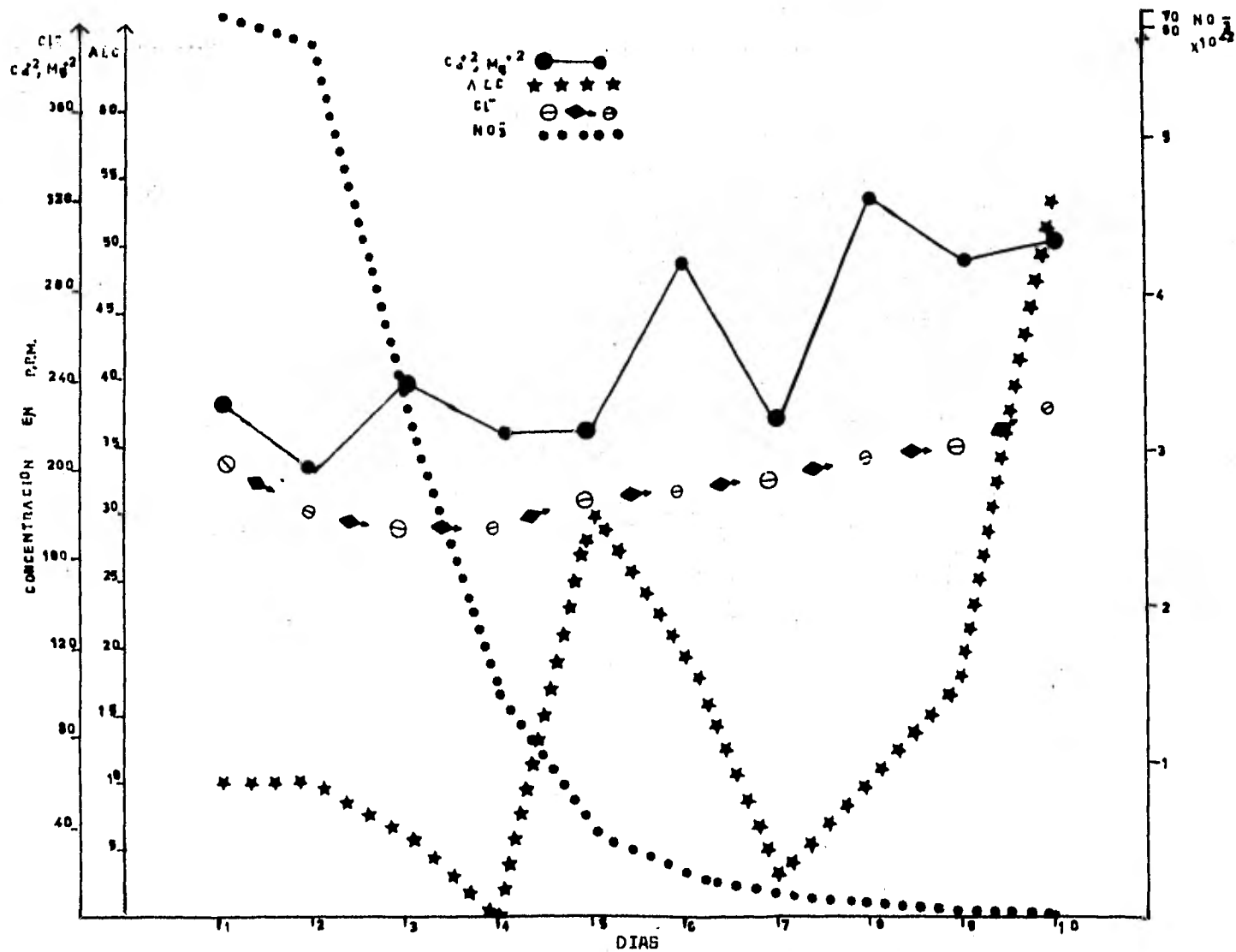
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

HOJA DE REGISTRO:

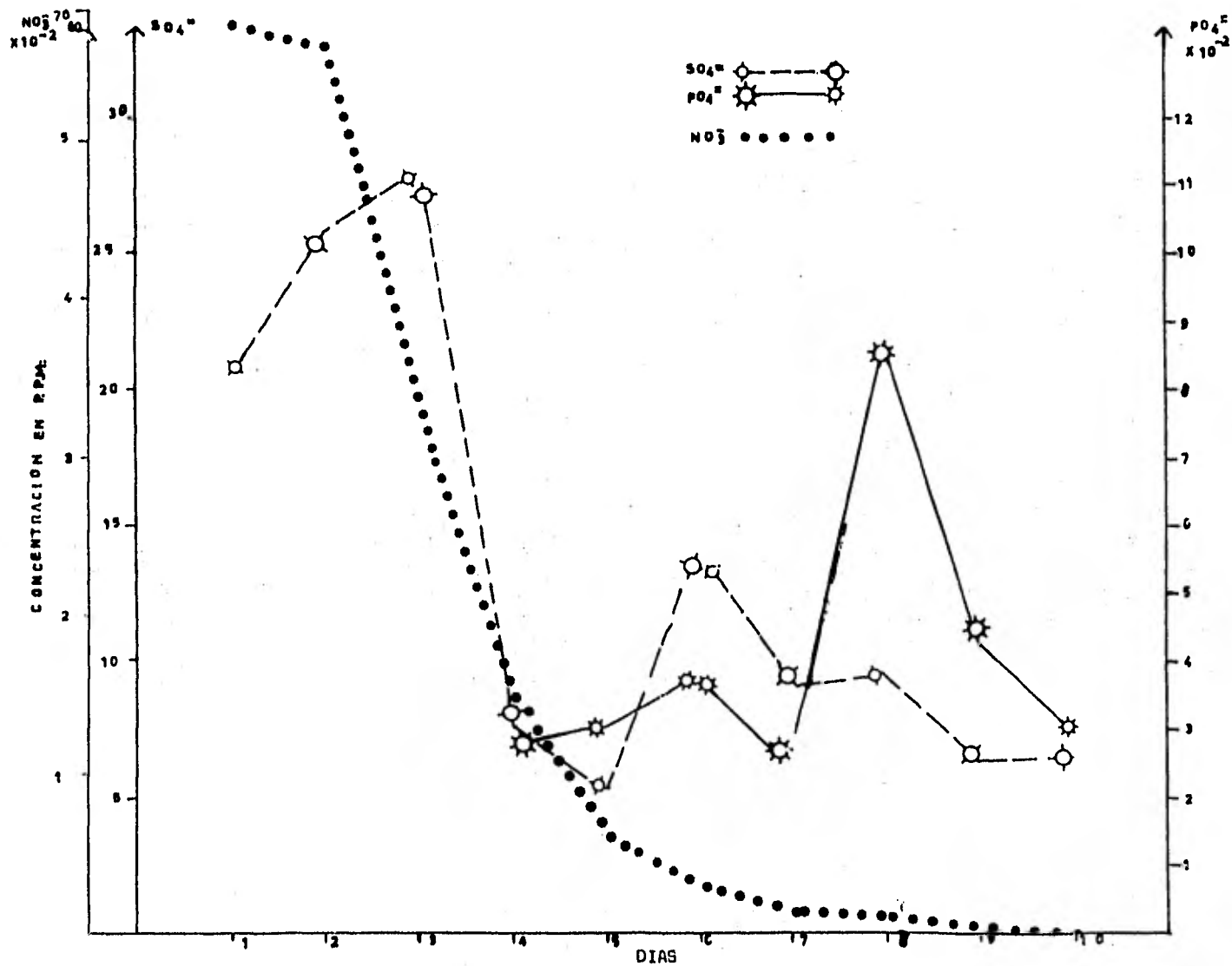
PROYECTO: PROTOZOARIOS Y ALGAS DE AGUAS NEGRAS				MUESTRA NO. 1				HOJA No.: 1								
RESP. DE LA INV. GONZALEZ, G.H. Y ESPINOSA, M.E.				LUGAR DE MUESTREO: REGISTRO EDIF. A-5.												
DETERMINO: GARCIA, A. . . Y ARENAS, R.A.R.				FECHA: 16/VI/81 - 29/VI/81.												
No	ESPECIES	D I A S														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	BACTERIAS	++++	++++	++++	++++			+++	++++	+++	+	NP				
2	Colpidium									+						
3	Eudophora		++													
4	Antonia		+	+	+			+++	++++	++	+					
5	Chlorella									+	++	++			++++	
6	Paramecia											+				
7	Synura			+	+			+++			+					
8	Volvox		+					++++			+					
9																
10																
11																
12																
OLOR		UR	UR	UR	UR			PU	P	P	P	SO				SO
COLOR		CF	CF	CF	CF			VC	VC	VC	VC	VI				VR
pH		8.0	8.0	7.5	7.5			7.0	7.5	7.5	7.5	7.5				8.0
T°C		22	22	22	27			28	27	29	27	27				29
OXIGENO DISUELTTO (ppm)		--	--	--	--			--	3.25	6.09	8.93	10.15				12.4
ALCALINIDAD (ppm)		10	10	6	0			30	20	3	10	18				54
Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> (ppm)		232.2	200	240	228			228	296	224	324	296				304
Cl <sup>-</sup> (ppm)		206.6	180	175	175			188	192.4	197	207	211.4				230
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)		20.5	25.8	27.9	7.5			5.0	14.0	9.0	9.5	6.2				6.5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> x 10 <sup>-2</sup> (ppm)		--	--	--	2.73			3.0	3.76	2.5	8.73	4.3				2.9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> x 10 <sup>-2</sup> (ppm)		61.5	5.6	3.3	1.5			0.6	0.3	0.15	0.100	0.38				--
OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS SE REPORTAN EN PPM. LA AGITACION EMPEZO EL DIA 19.																
VOL. FINAL=20.5 lt																
VOL. INICIAL= 35.5 lt																
% N <sub>2</sub> =1.1312																
BIOMASA=31.1907 gr																
M. empleados																



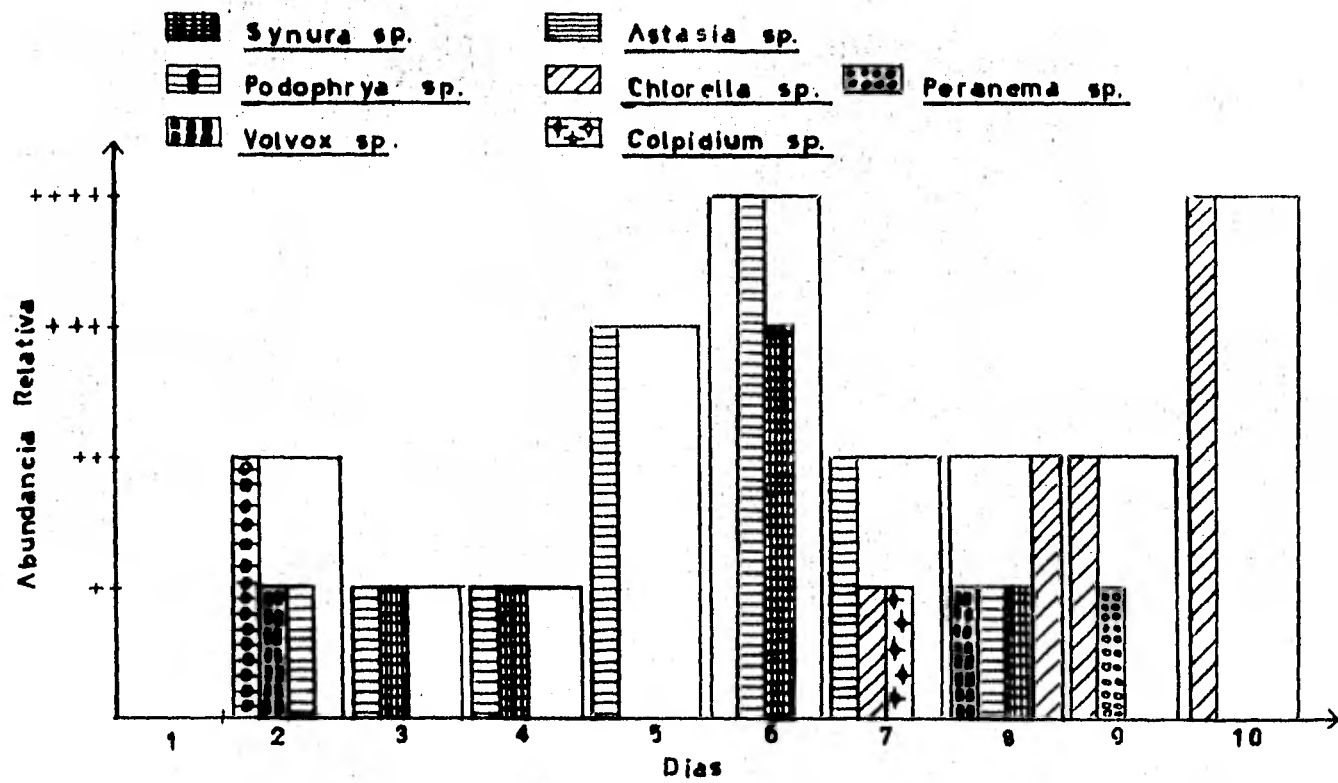
GRAFICA 1A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 1.



GRAFICA 18: DINAMICA DE  $\text{Ca}^{++}$  Y  $\text{Mg}^{++}$ , ALCALINIDAD, CLORURDS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 1.

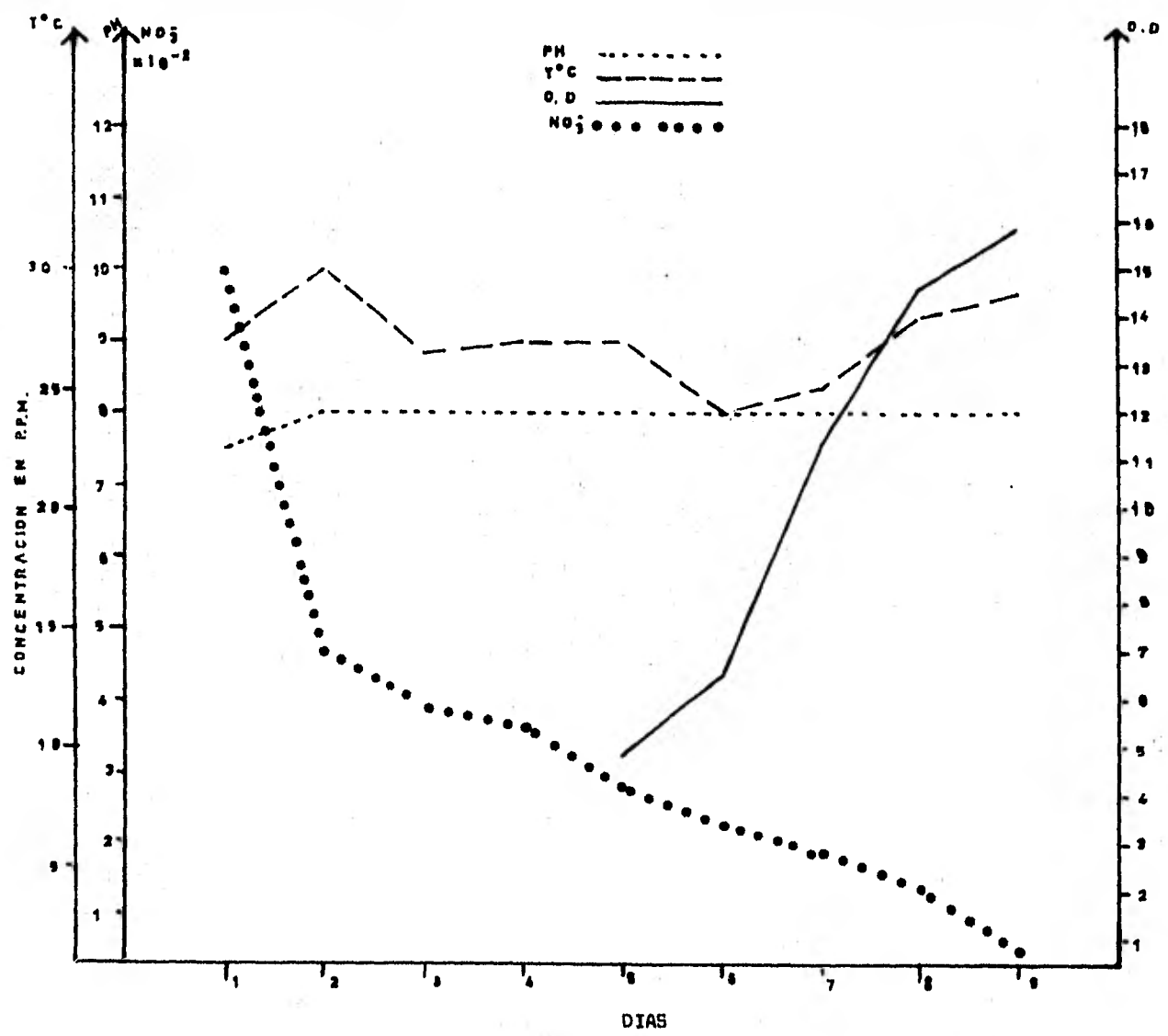


GRAFICA 1C: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 1.



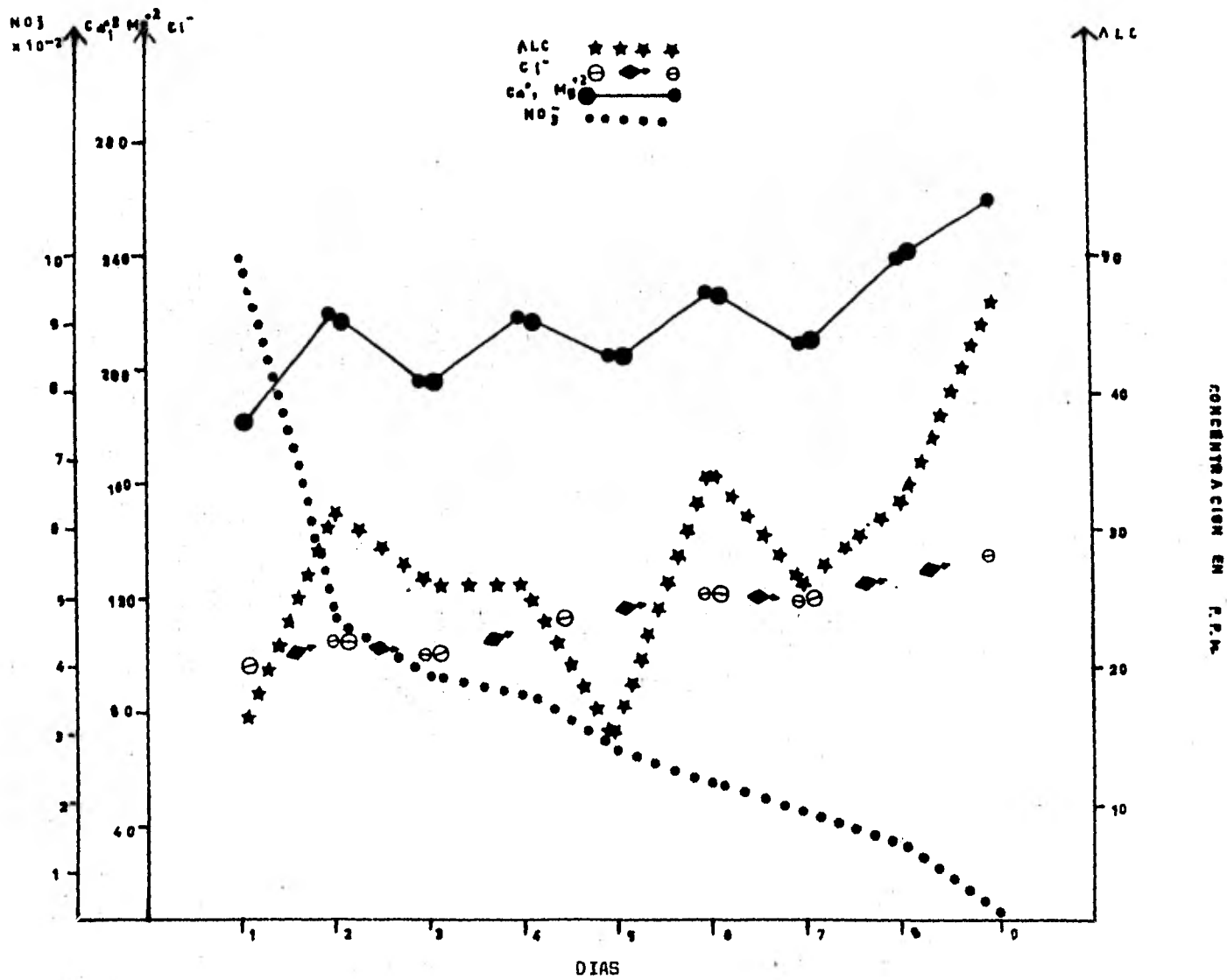
Gráfica 1D

COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 4

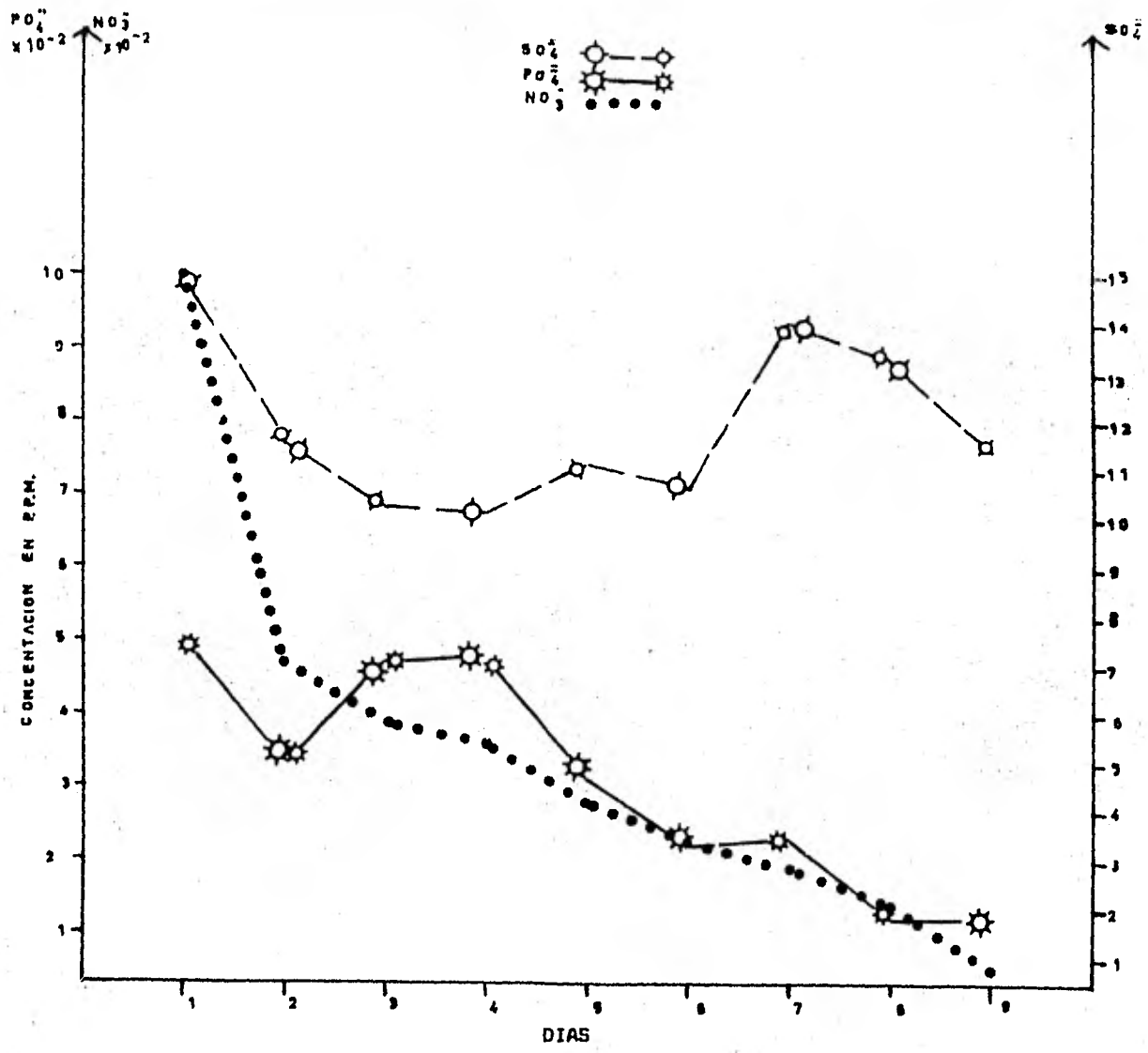


GRAFICA 2A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 2.

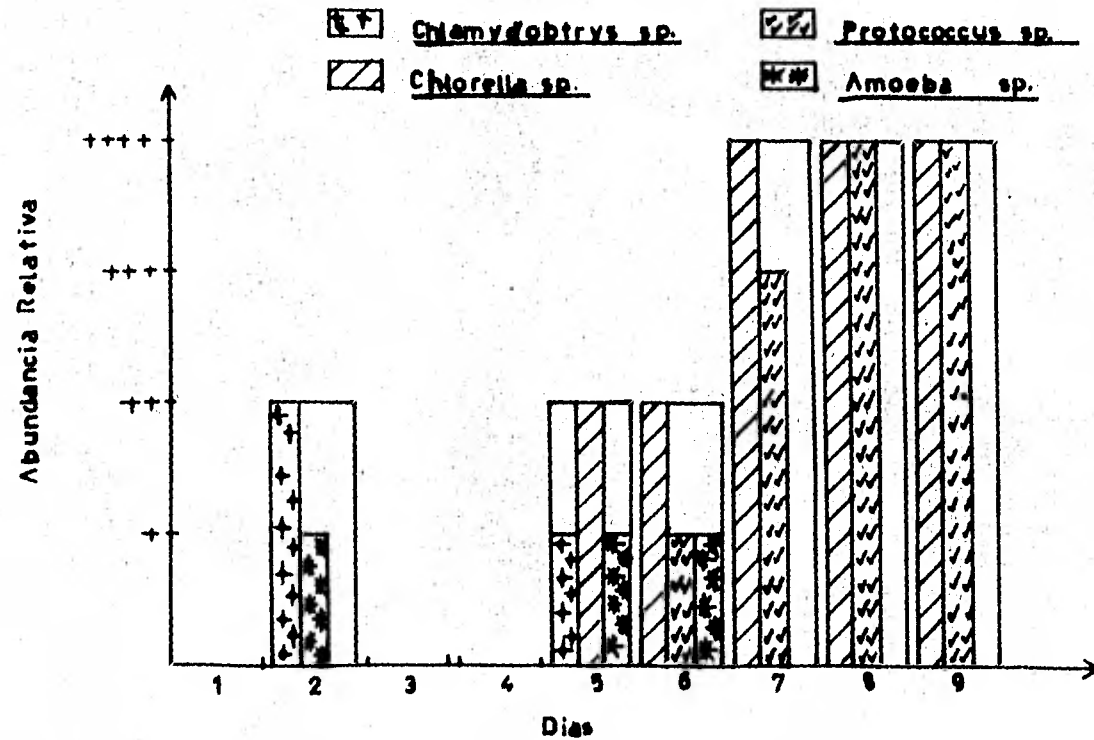




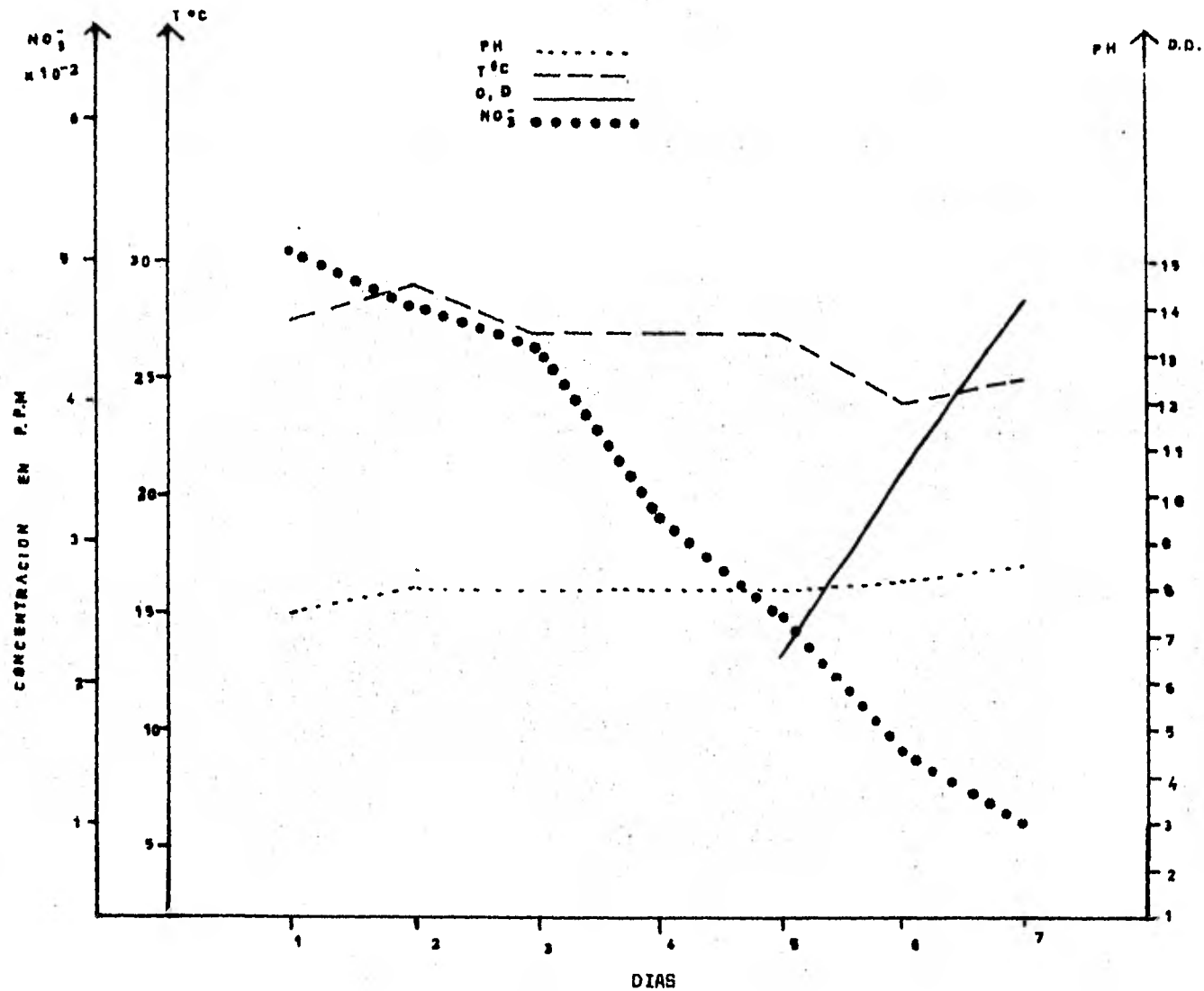
GRAFICA 2B: DINAMICA DE Ca<sup>++</sup> Y Mg<sup>++</sup>, ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 2.



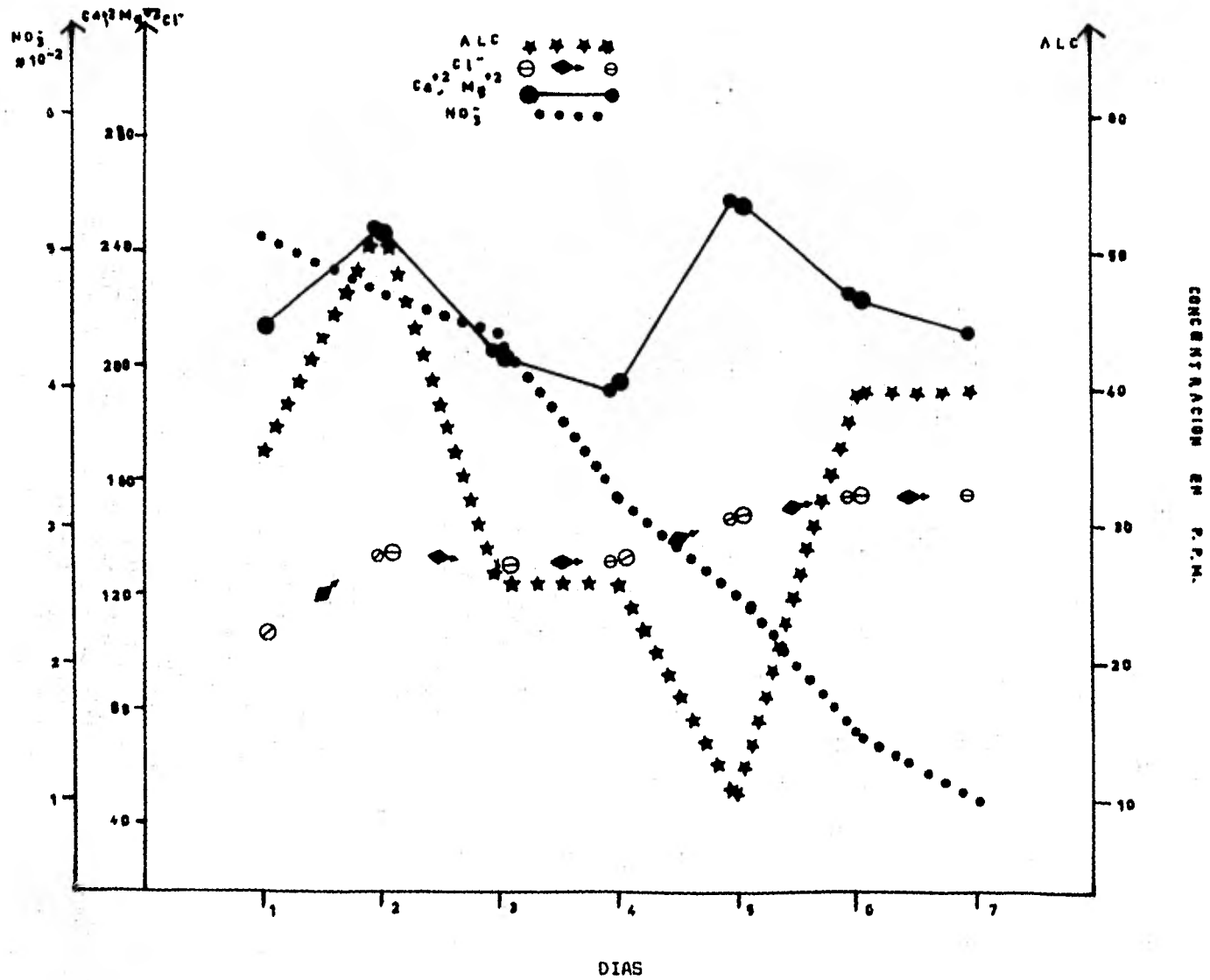
GRAFICA 2C: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 2.



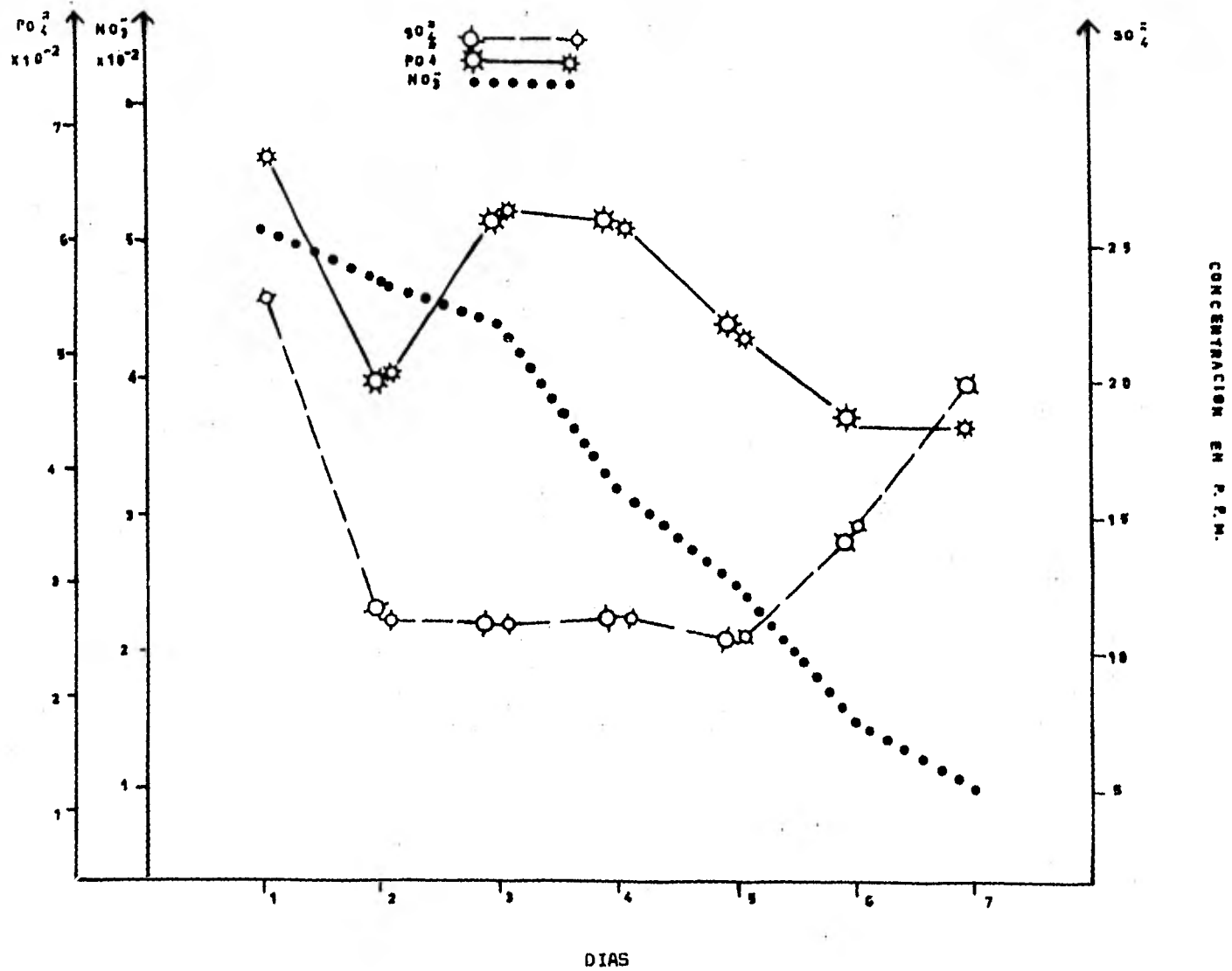
COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 2



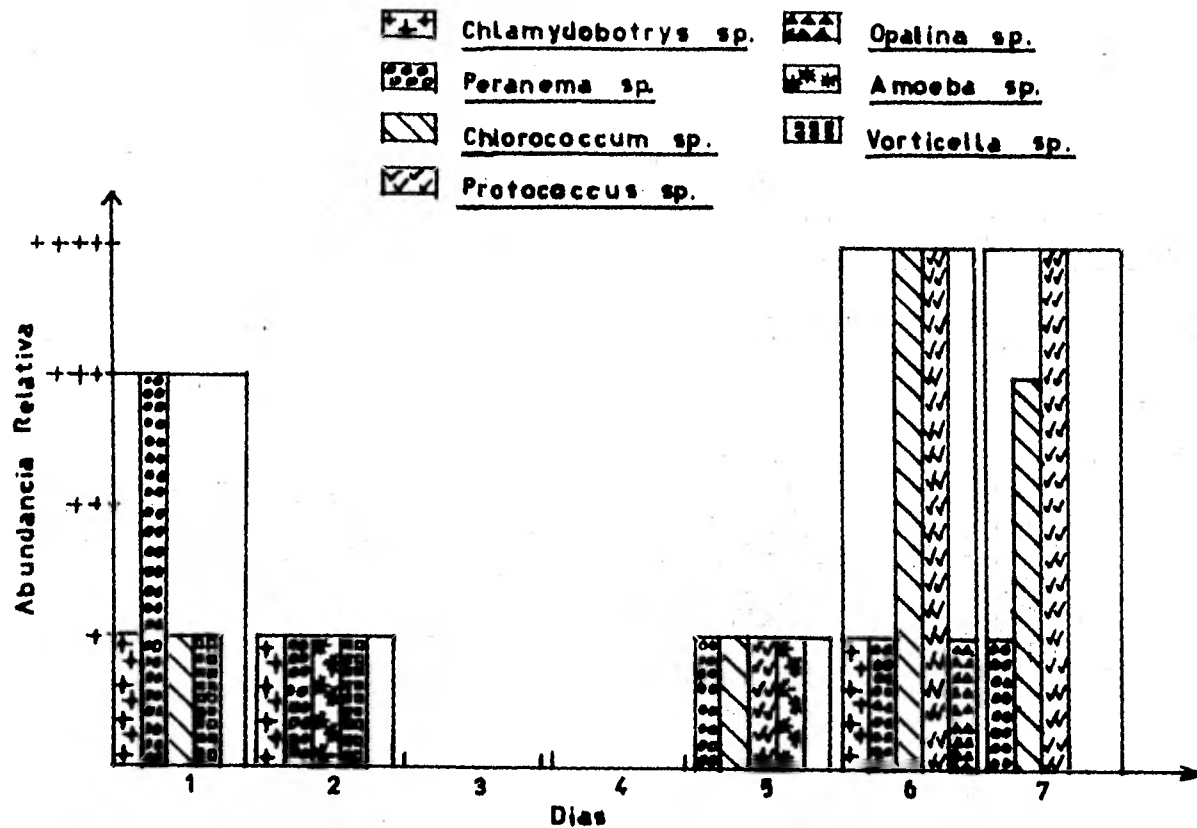
GRAFICA 3A; DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 3.



GRAFICA 38: DINAMICA DE  $Ca^{++}$  Y  $Mg^{++}$ , ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 3.

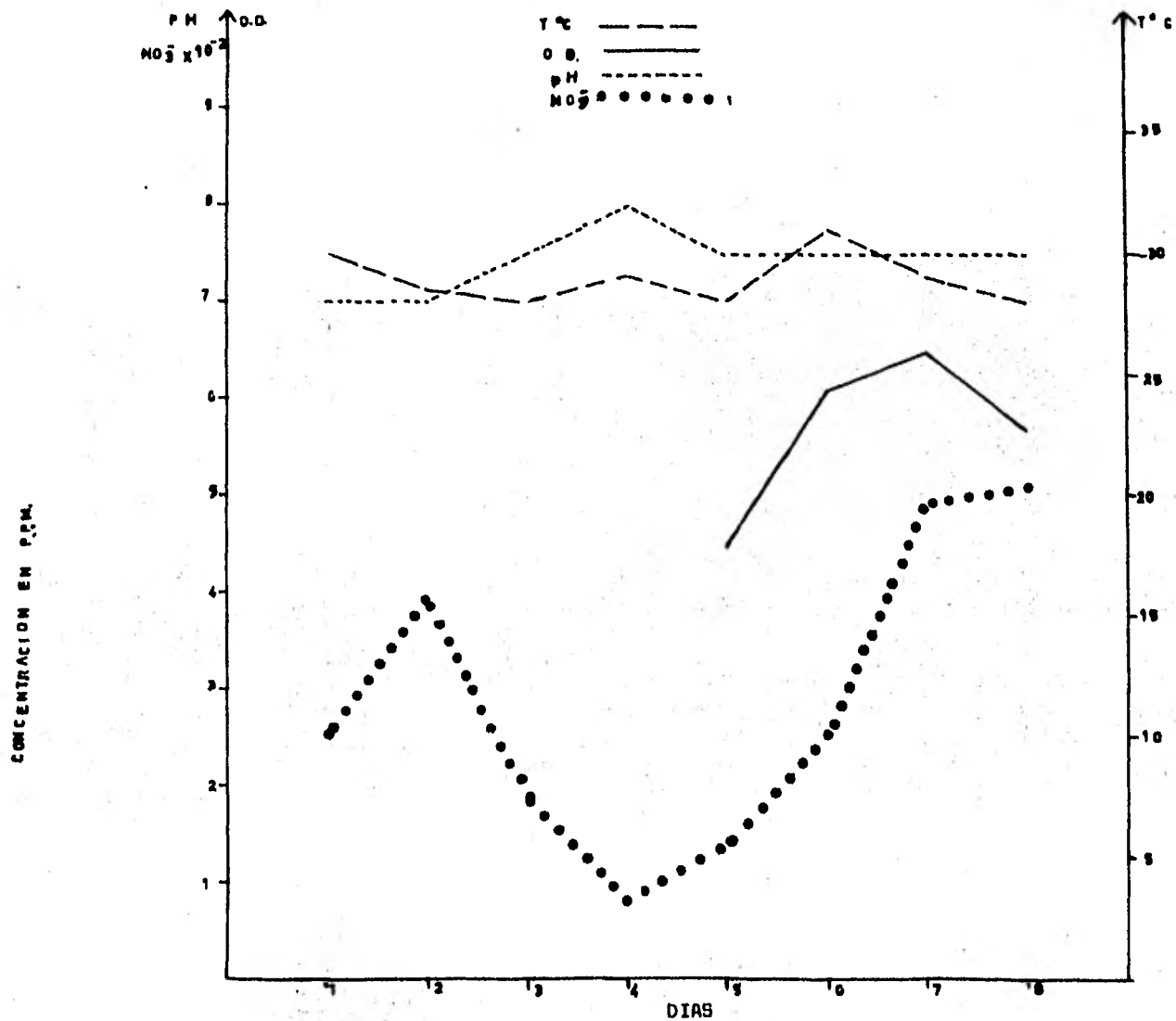


GRAFICA 3C: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 3.



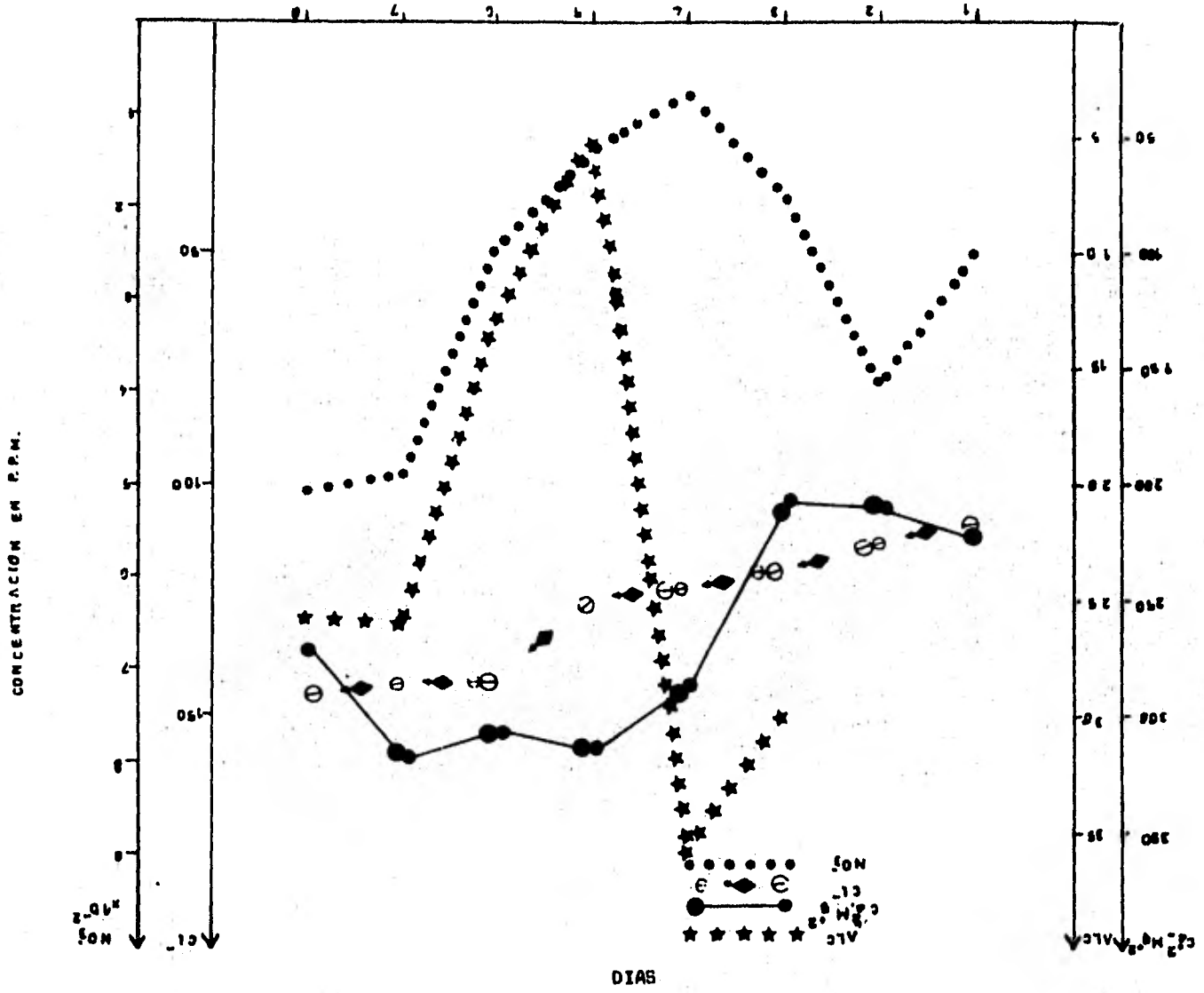
Gráfica 3 D

COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS "EGRAS EN EL EXPERIMENTO 3

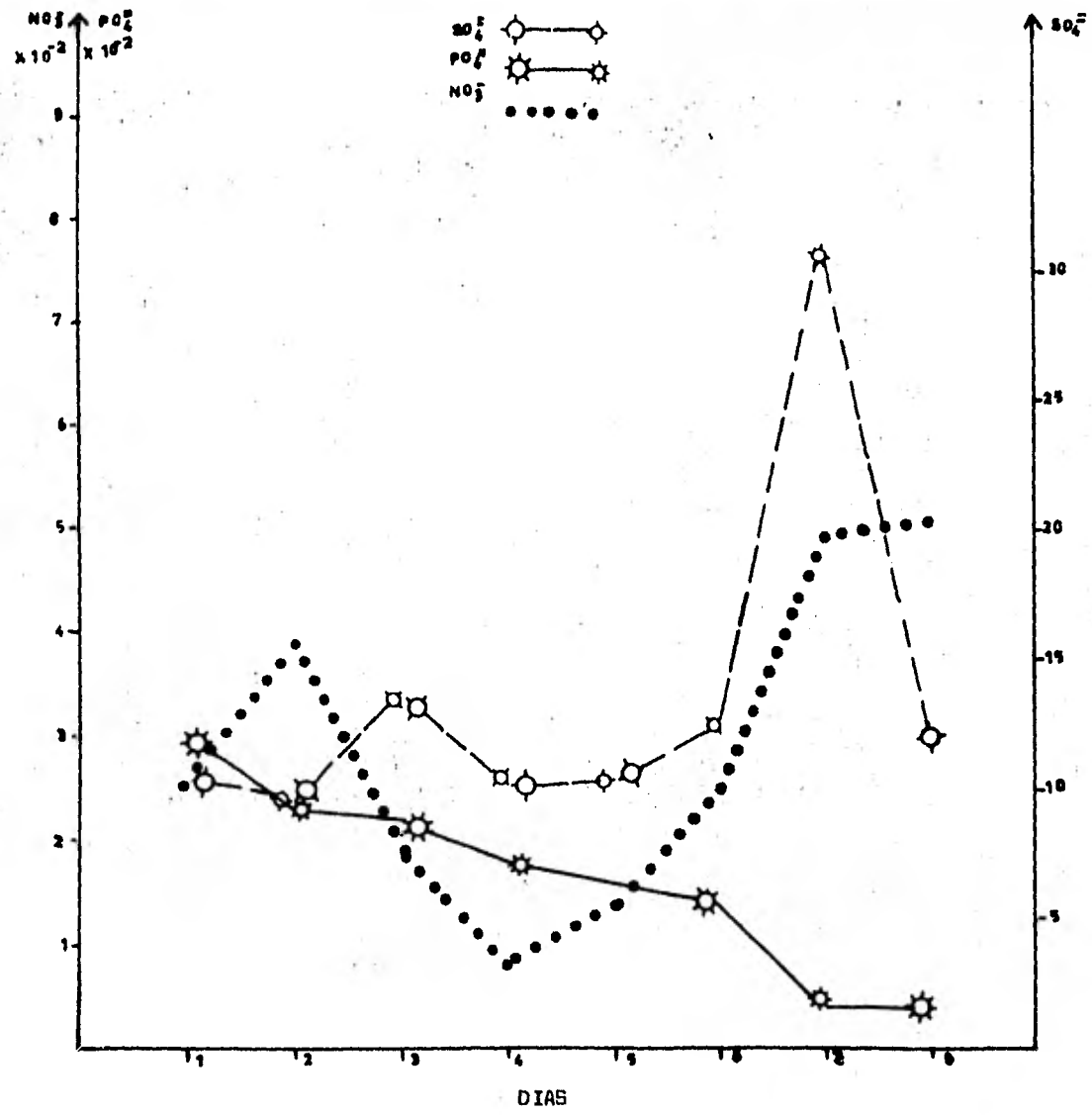


GRAFICA 4A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 4.



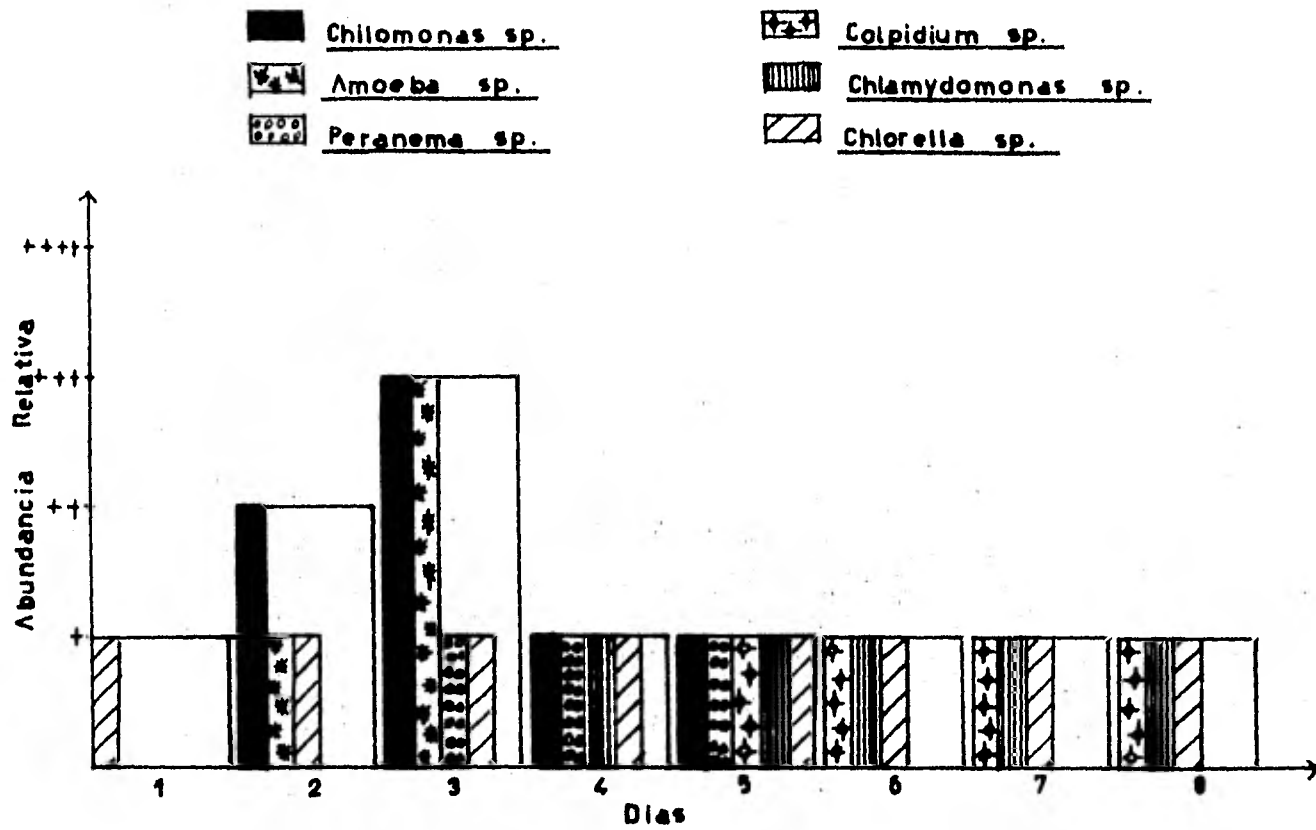


GRAFICA 4B: DINAMICA DE Ca<sup>++</sup> Y Mg<sup>++</sup>. ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 4.



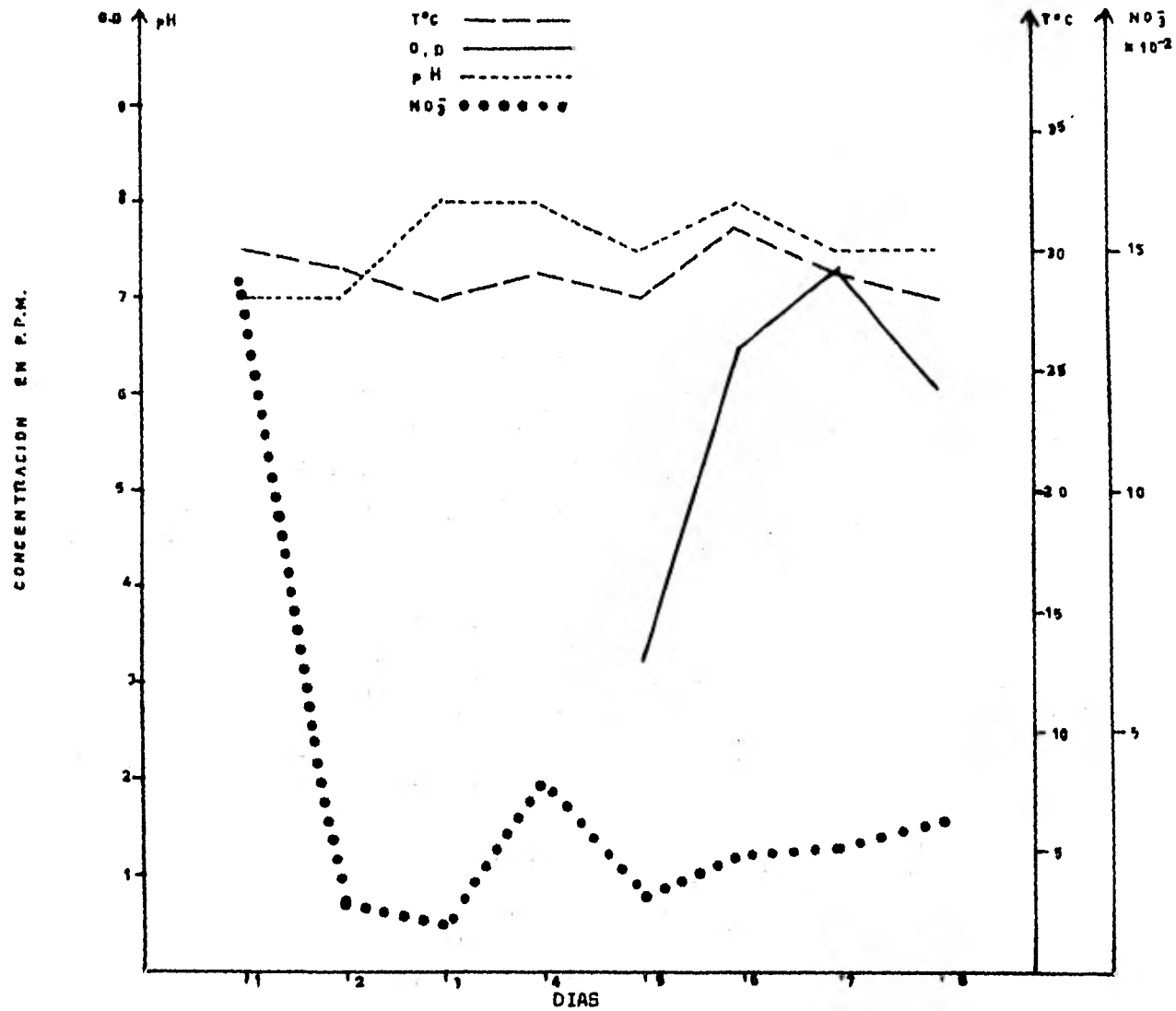
CONCENTRACION EN P.P.M.

GRAFICA 4C: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 4.

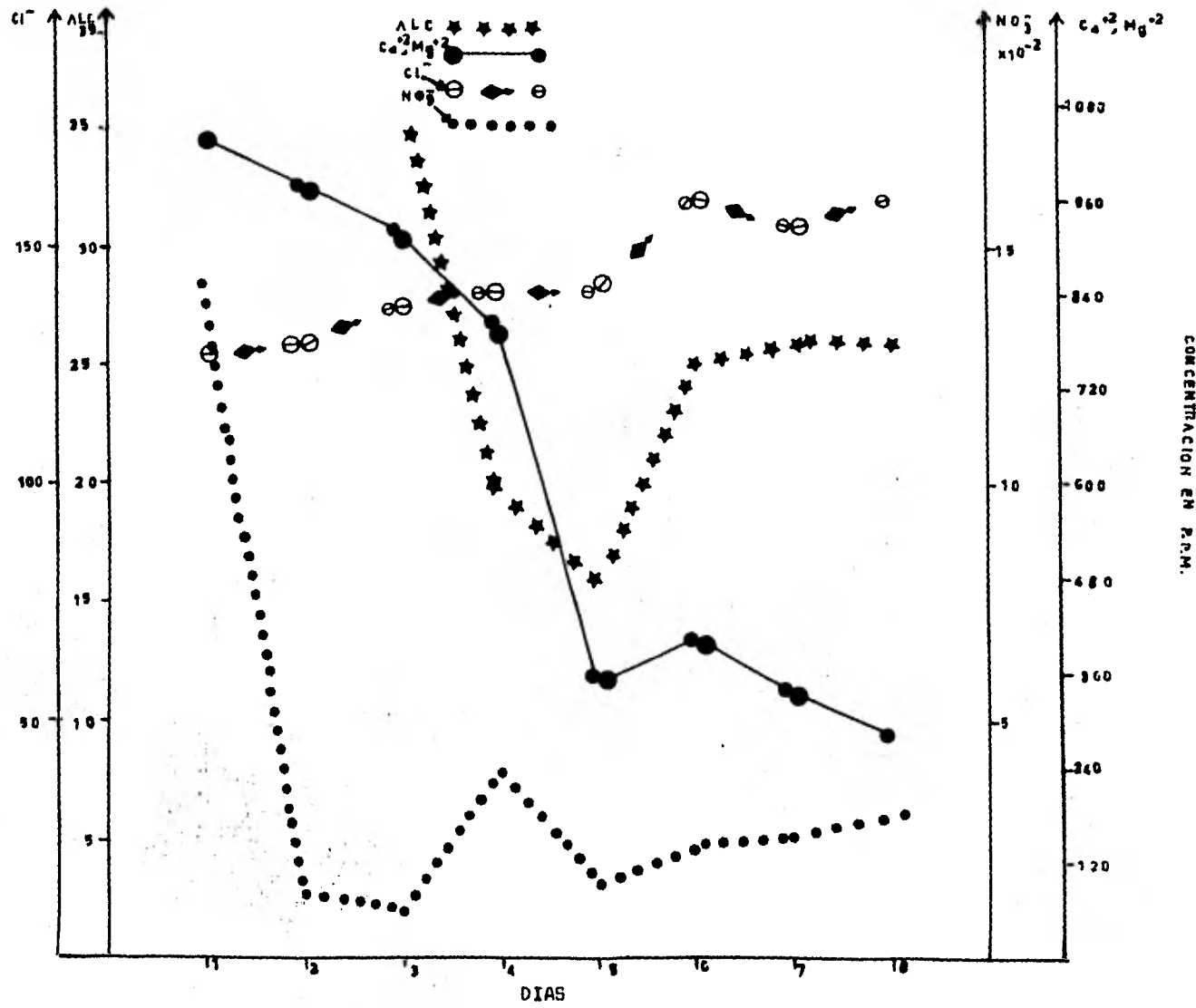


Gráfica 4 D

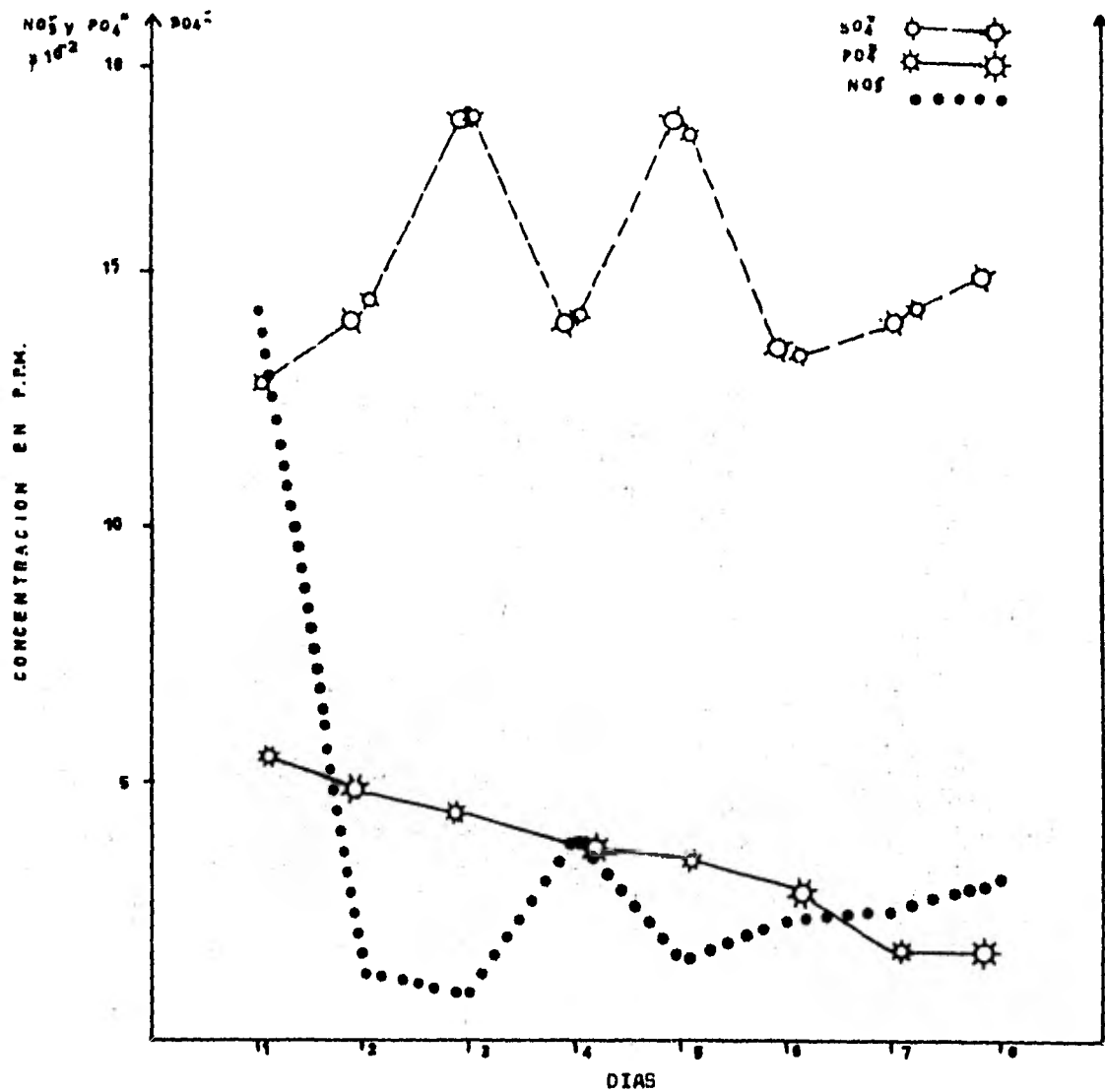
COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 4



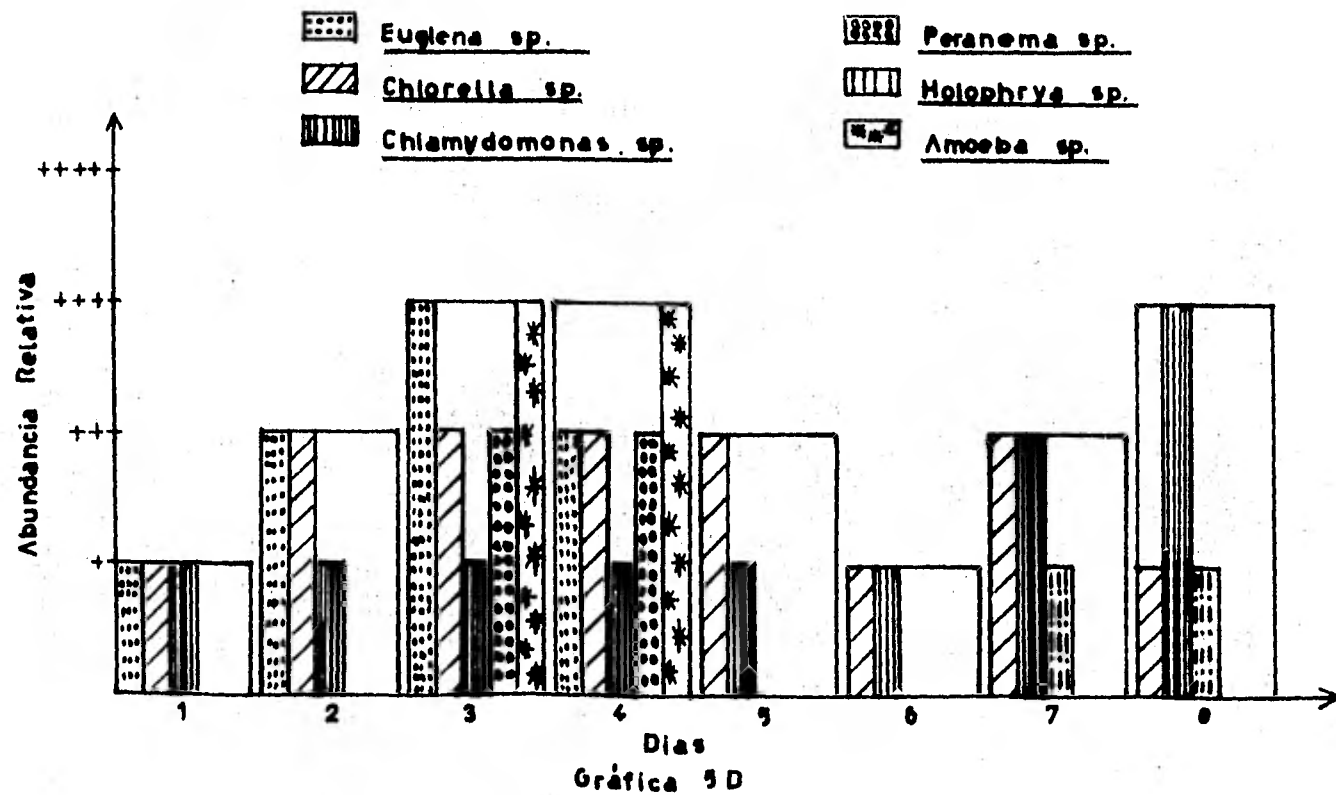
GRAFICA 5A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPEHATURA EN EL EXPERIMENTO 5.



GRAFICA 58: DINAMICA DE  $Ca^{++}$  Y  $Mg^{++}$ , ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 5.

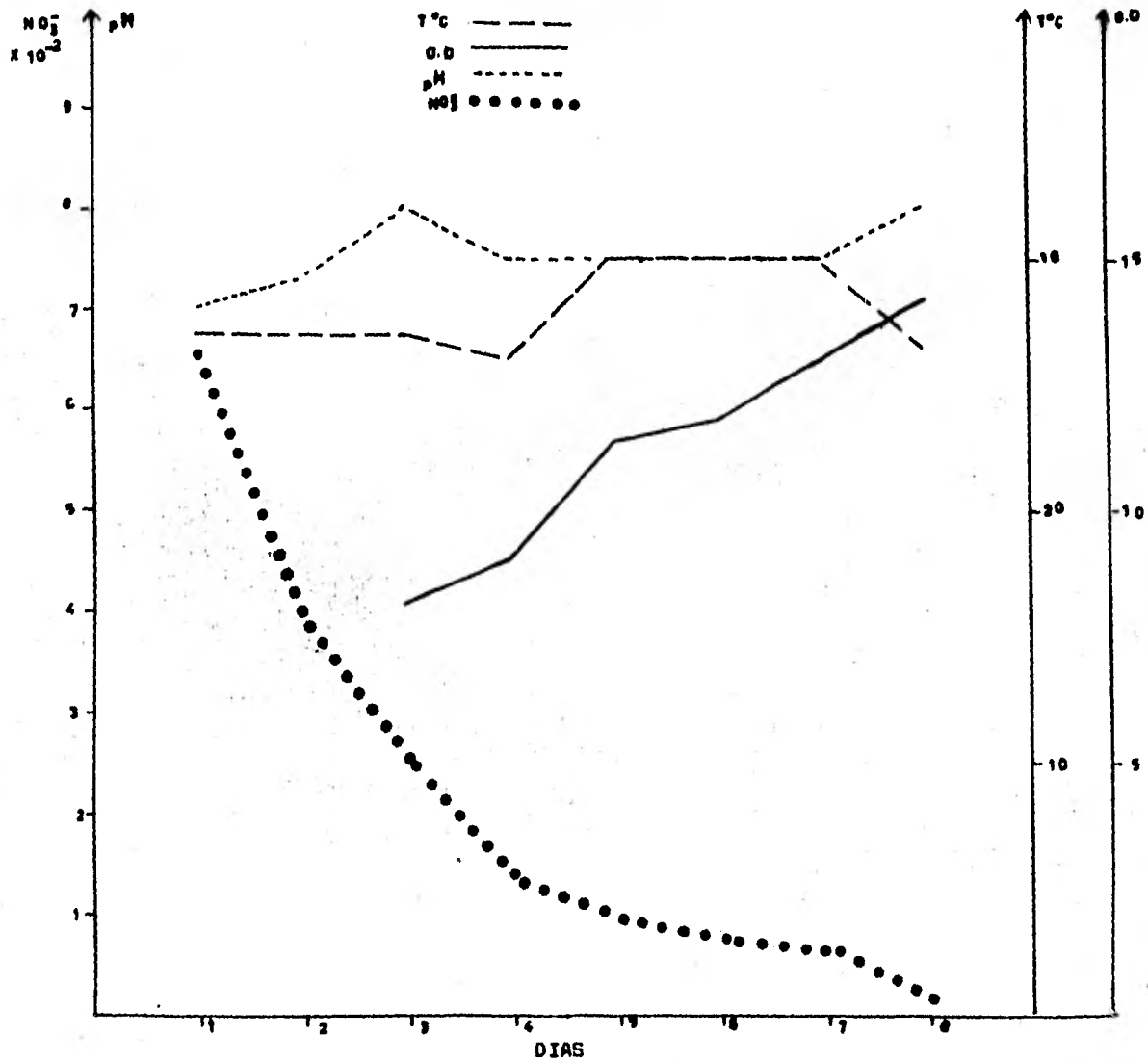


GRAFICA 5C: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS  
 EN EL EXPERIMENTO 5.



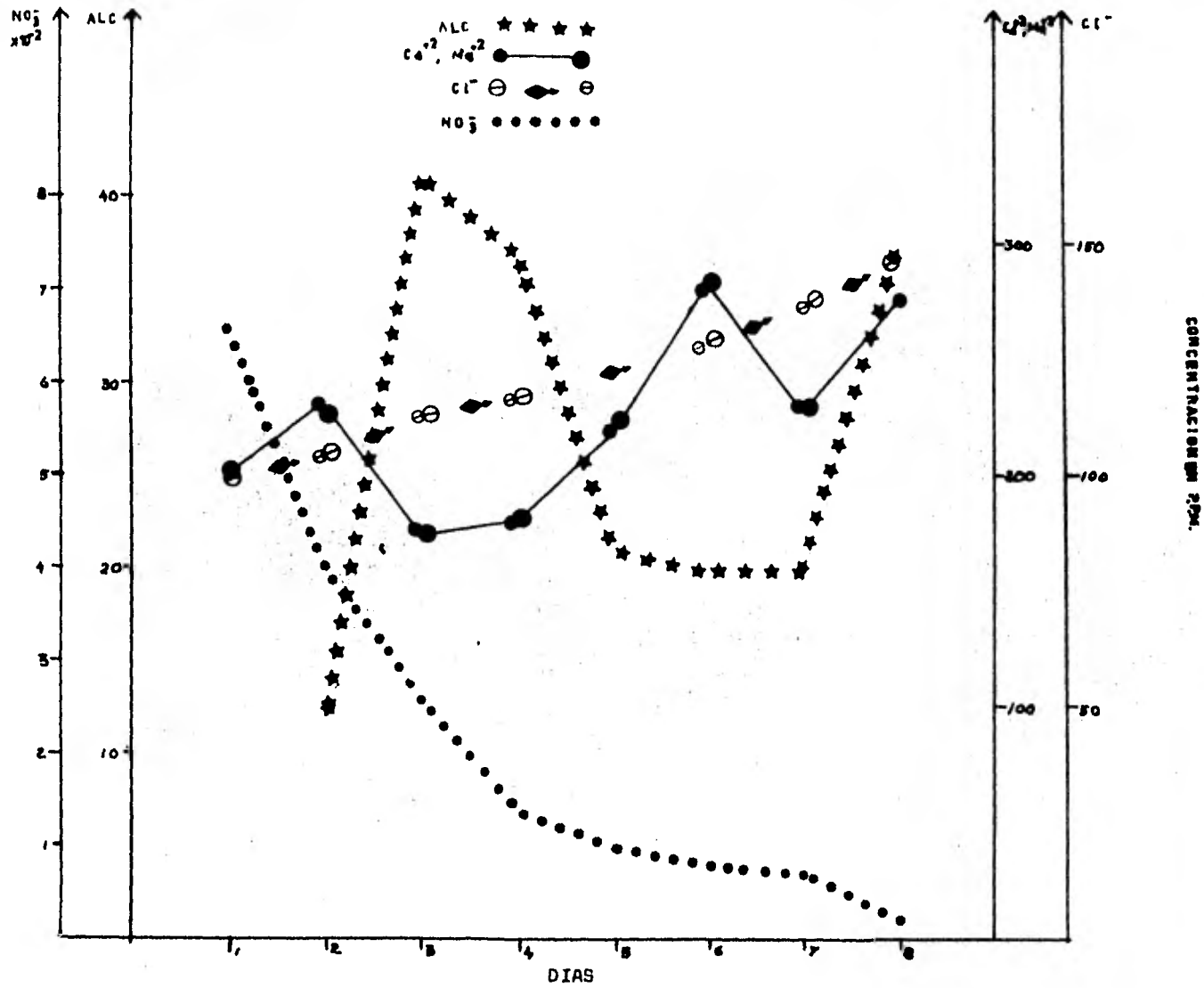
COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 5

CONCENTRACION EN P.P.M.

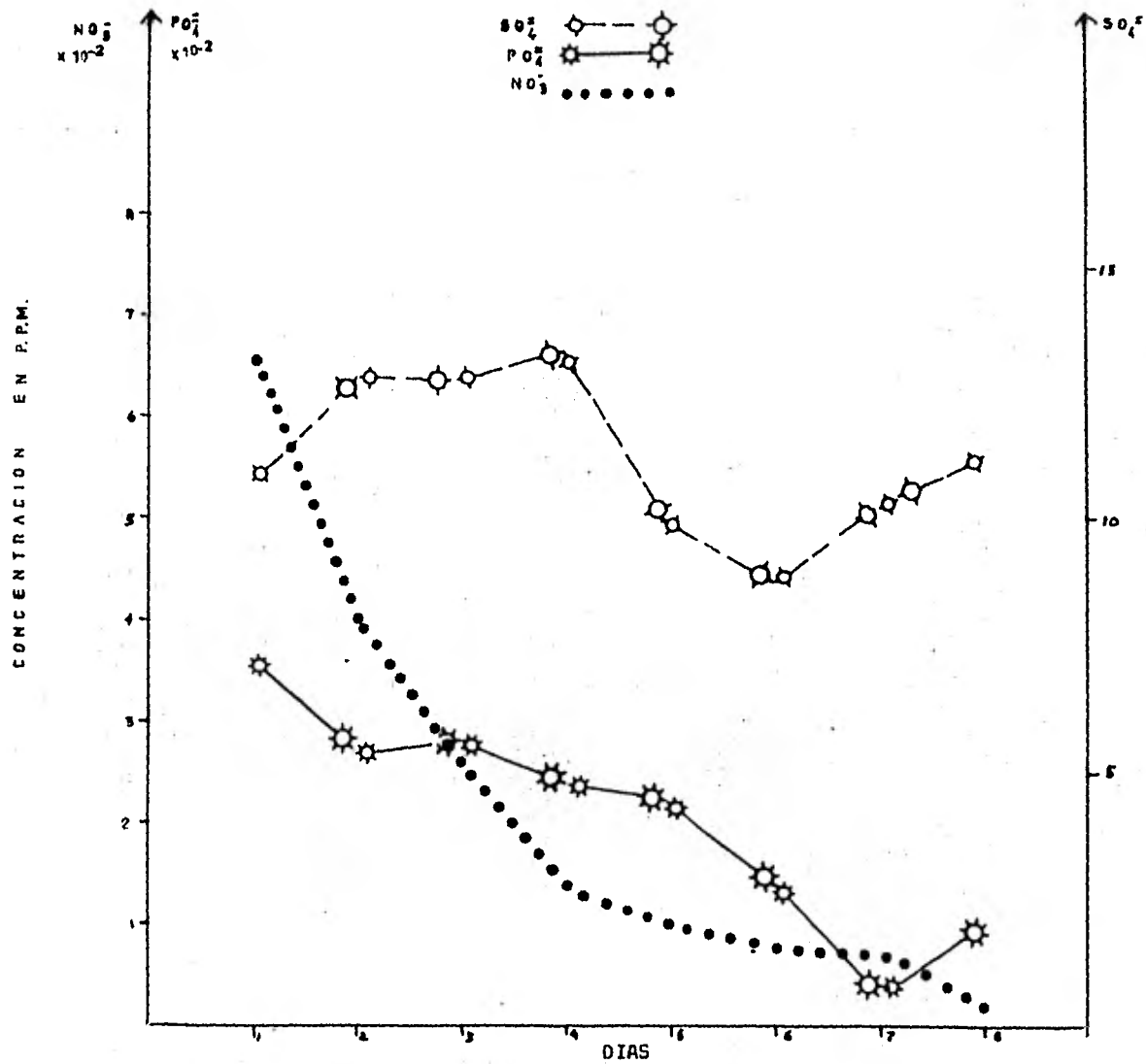


GRAFICA 6A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 6.



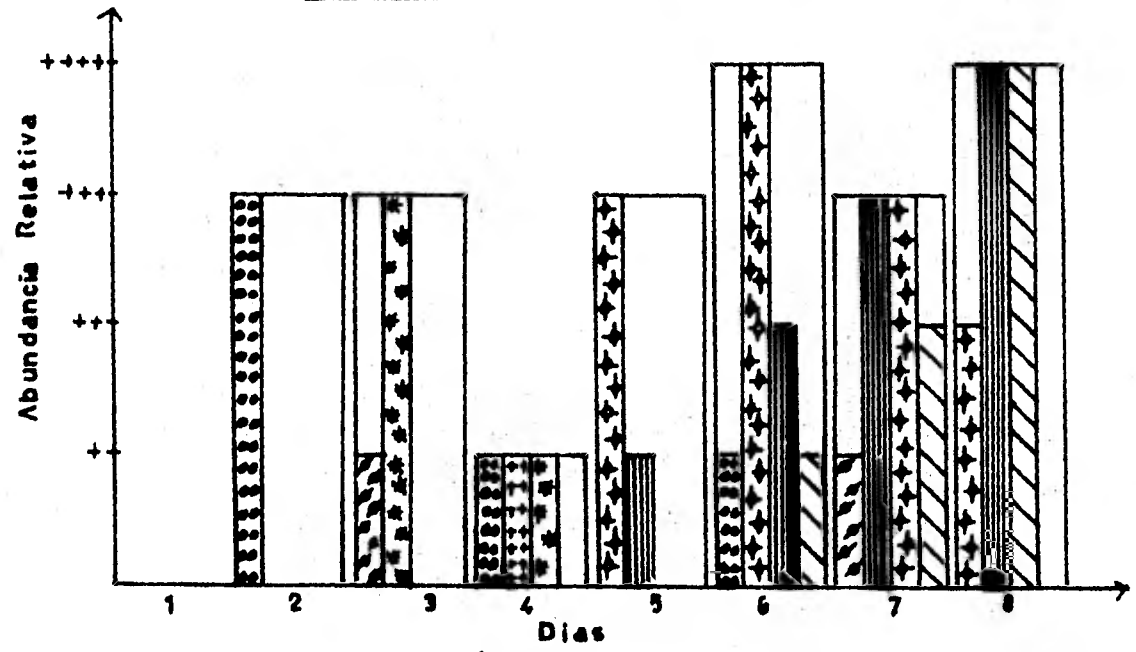


GRAFICA 68: DINAMICA DE Ca<sup>++</sup> Y Mg<sup>++</sup>, ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 6.



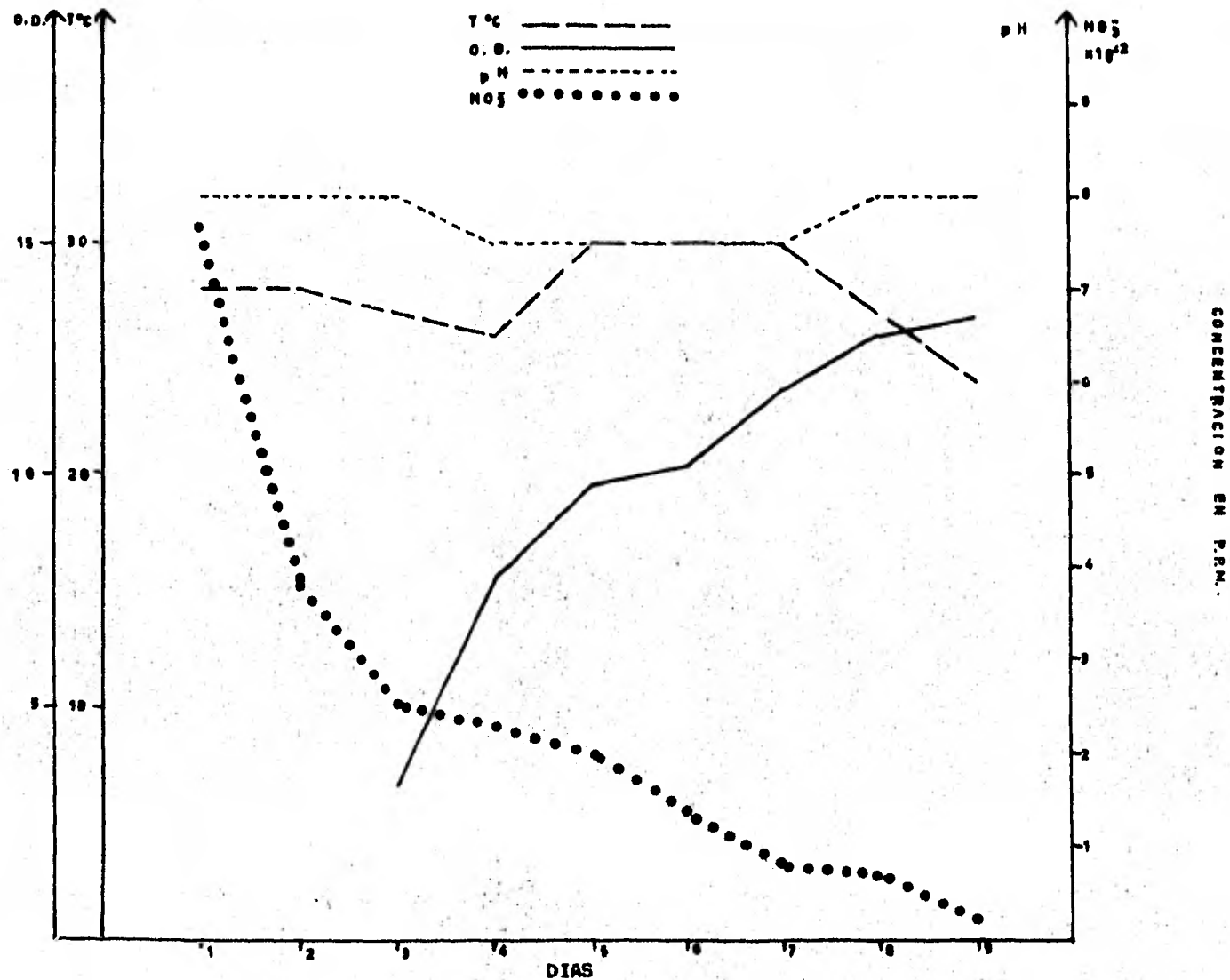
GRAFICA GC: DINAMICA DE SULFATOS, FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 6.

-  Peranema sp.
-  Oxytricha sp.
-  Menoidium sp.
-  Colpidium sp.
-  Chlamydomonas sp.
-  Chlorococcum sp.
-  Amoeba sp.

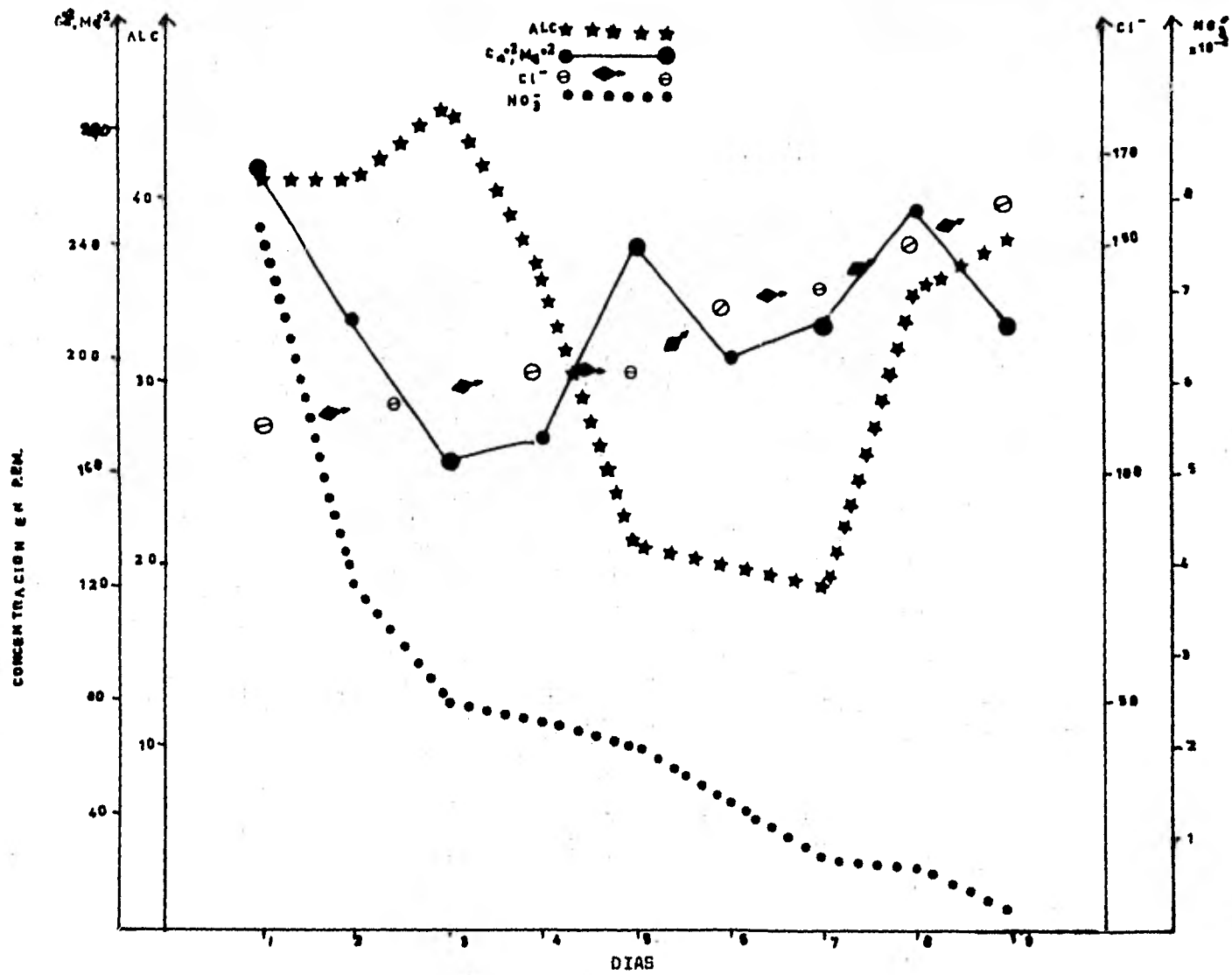


Gráfica 8D

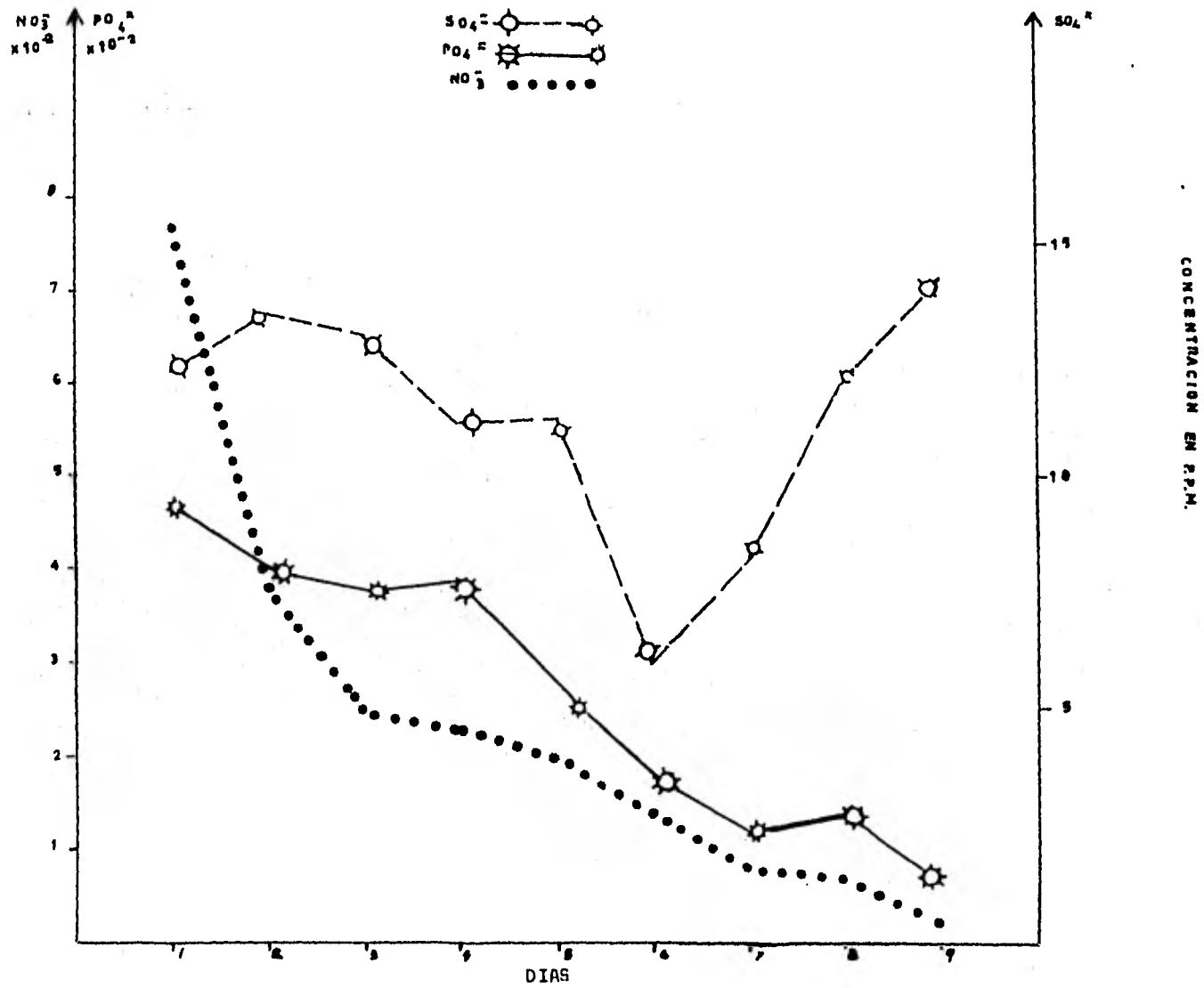
COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 6



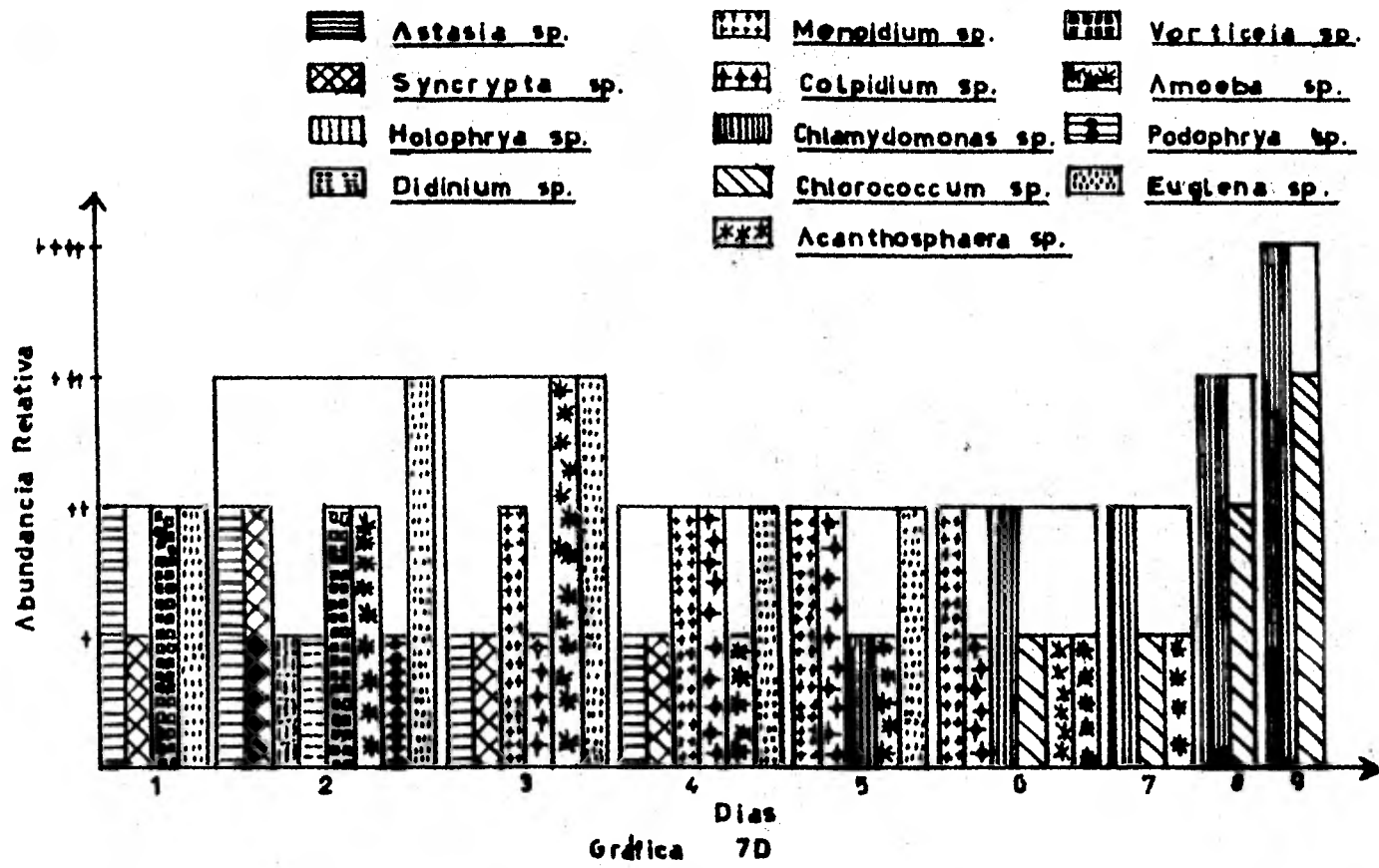
GRAFICA 7A: DINAMICA DE LOS NITRATOS, OXIGENO DISUELTO, pH Y TEMPERATURA EN EL EXPERIMENTO 7.



GRAFICA 7B: DINAMICA DE  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ , ALCALINIDAD, CLORUROS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 7.

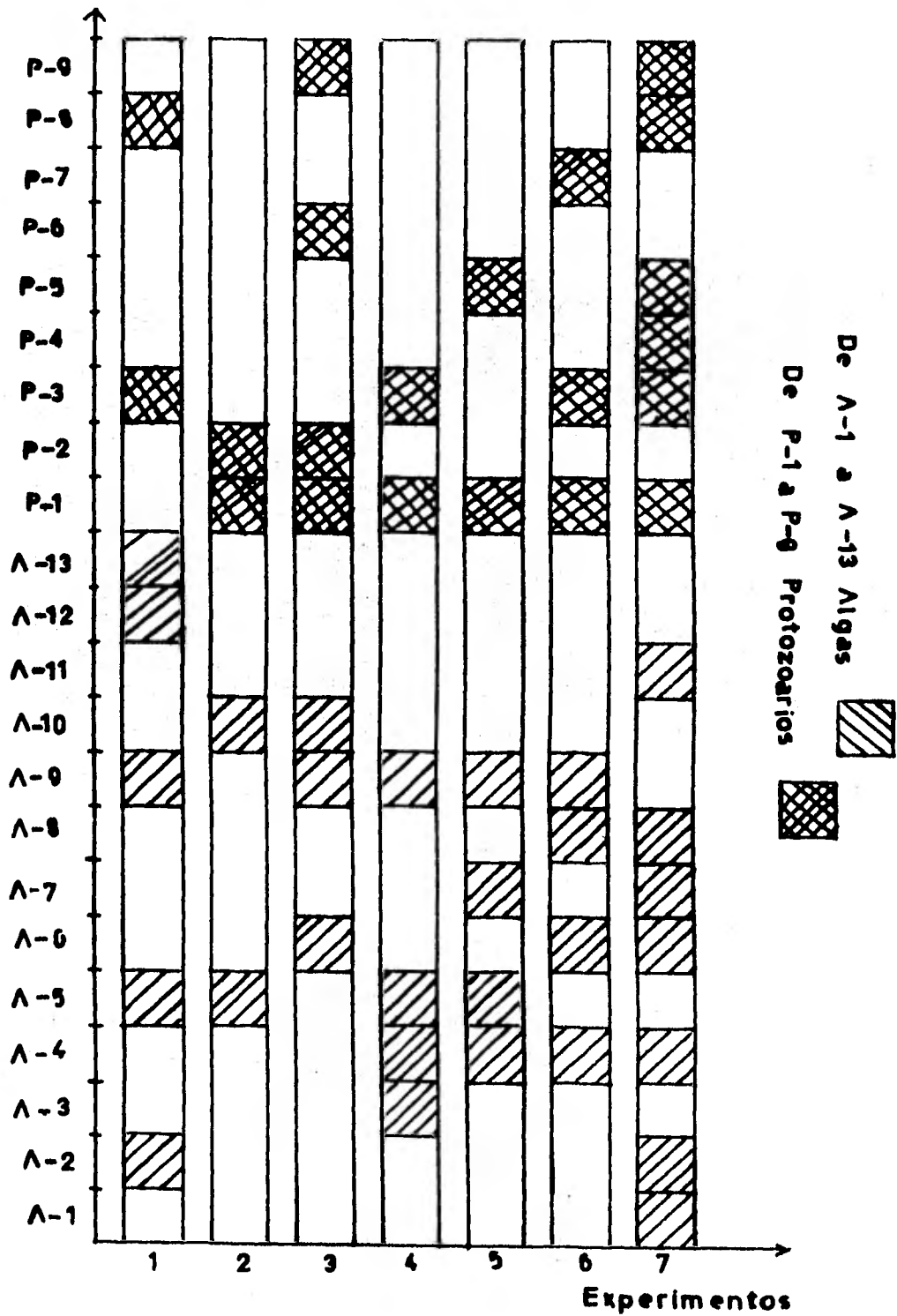


GRAFICA 7C: DINAMICA DE SULFATOS. FOSFATOS Y NITRATOS EN EL EXPERIMENTO 7.



COMPOSICION Y CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LAS AGUAS NEGRAS EN EL EXPERIMENTO 7

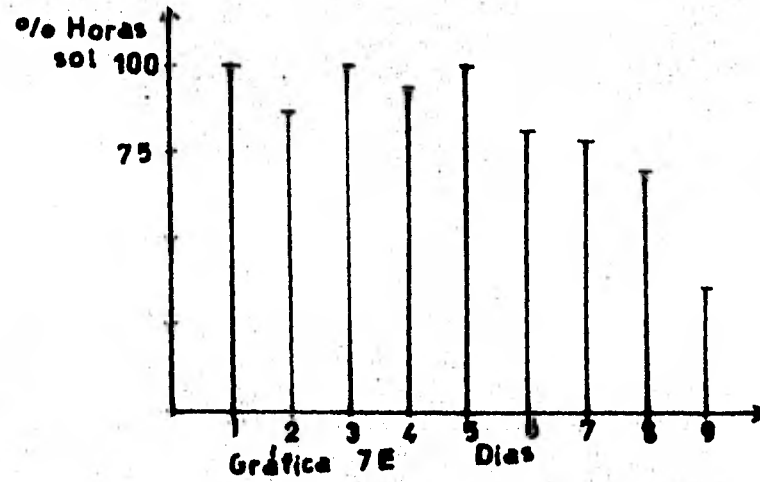
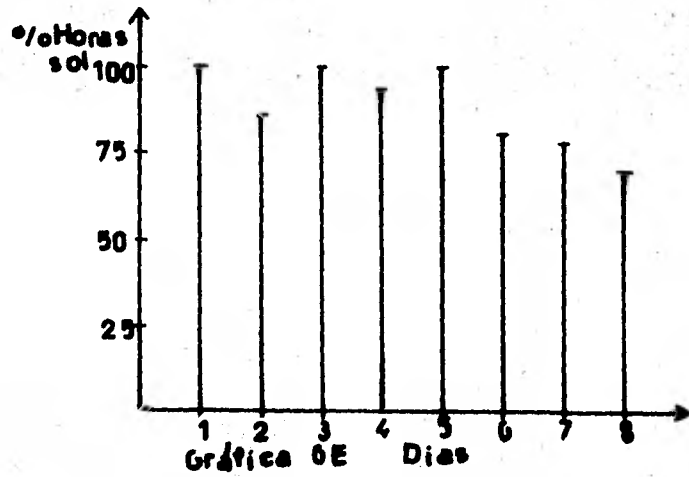
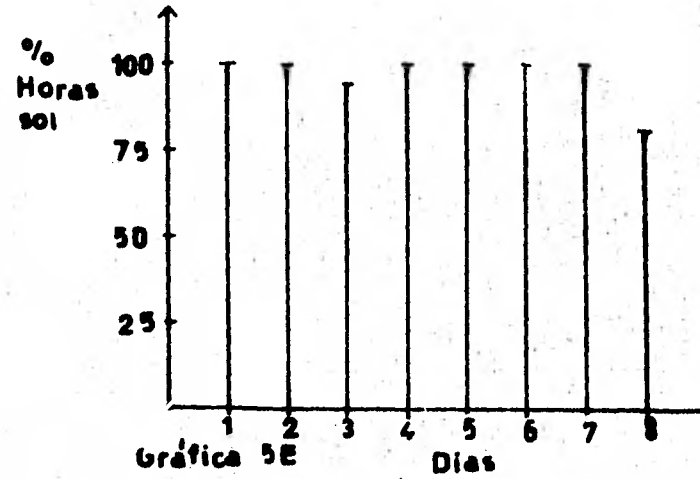
RELACION DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LOS  
7 EXPERIMENTOS



GRAFICA 8



PORCENTAJE DE HORAS-SOL DE LOS EXPERIMENTOS 5, 6, y 7 RESPECTIVAMENTE



## VI. DISCUSION.

El sistema en estudio, básicamente es un proceso aerobio, ya que aunque no se detecta oxígeno los primeros días, la actividad metabólica de los microorganismos y por ende la mineralización de la materia orgánica, es ayudada por la aereación y mediante la secuenciación de poblaciones reportadas se promueve la presencia de oxígeno disuelto, lo cual indica la aerobiosis.

En la primera fase, existe gran contaminación del agua por microorganismos, predominando bacterias como: Bacillus, Nitrosomonas, Nitrobacter y coliformes. Estas constituyen el alimento primario para los protozoarios, los cuales se presentan en grandes cantidades, debido a la disponibilidad de alimentación. Siendo consistente esta observación con los trabajos de Sleigh (32).

Cabe mencionar que, dentro de los protozoarios existe la tendencia a la aparición de un determinado tipo dominante, en las diferentes fases que constituyeron el sistema estudiado.

La composición de organismos pobladores de las aguas negras tienen una clara tendencia a complicarse conforme avanza la época de lluvias. Los experimentos llevados a cabo entre el final de la primavera y la mitad del verano, mismos que ocurrieron en días muy soleados se caracterizaron por tener pocas especies tanto de algas como de protozoarios, fluctuando entre 4 y 7 el número total. El perfil de estas poblaciones es sensiblemente bimodal con un aumento en el número de organismos presentes entre los días 4 y

5 en algunos experimentos o entre los días 2 y 4 en otros.

Al final del experimento siempre ocurrió que había poblaciones de algas independientemente del tiempo de duración de este.

Los experimentos llevados a cabo al final del verano se caracterizaban por la gran cantidad de poblaciones tanto de protozoarios como de algas en forma casi continua con una tendencia a la dominancia de algas hacia los últimos días. Así, por ejemplo, el experimento 7 demuestra la presencia de tres especies de organismos casi siempre en concentraciones discretas que aumentan substancialmente hacia el final del período estudiado.

Las poblaciones de organismos presentes al inicio de los experimentos parecen tener una variación que depende de las condiciones estacionales más que de la composición química del agua. Así, por ejemplo, aquellos experimentos hechos al final de la primavera presentan en un principio algas, entre ellas: Astasia sp, Synura sp y Chlorella sp, en tanto que los experimentos llevados a cabo al final de el verano presentan en un principio menor cantidad de algas y una abundancia de ciliados fijos o de vida libre así como entre los que se identificaron Vorticella sp, Podophrya sp y Amoeba sp.

En los primeros días también hay un fuerte predominio de bacterias y protozoarios ciliados, hecho que concuerda con las observaciones de S. Miller (20).

Por otro lado, las bacterias que realizan la degradación del nitrógeno en un proceso de descomposición proveniente de materia orgánica, son solo abundantes al princi-

pio del período experimental.

Con relación a la composición química de las aguas negras pudo observarse una tendencia al abatimiento de los iones nitrato en todos los experimentos, excepto en dos ocasiones, en las que se reportó un ligero ascenso en los niveles inicialmente obtenidos. Si, es notable apreciar que el aumento en la población de algas en los últimos días de estas excepciones coincide siempre con el punto máximo de algas como Chlorella sp. y Chlamydomonas sp. En forma similar los fosfatos cayeron discreta y continuamente a lo largo del experimento. La razón de esta caída discreta y de la gran concentración de estos iones se puede deber, entre otras causas a la presencia de concentraciones elevadas de sustancias fosforadas de las aguas negras provenientes de detergentes, hecho que por si mismo eleva la cantidad de fósforo en por lo menos un orden de magnitud mayor a lo esperado en este tipo de aguas. Con relación a los sulfatos, tienen un recambio de naturaleza fluctuante en casi todos los experimentos, esto implica suponer un papel menos importante en el florecimiento de colonias de algas que los iones anteriores.

Con relación a los iones calcio y magnesio se ha reportado ( 5) que la proliferación de algas es más abundante en aguas duras que en las blandas, lo cual es consistente con lo observado; así, las algas estuvieron presentes en gran cantidad en el sistema, coincidiendo con los altos valores de calcio y magnesio. Tal circunstancia parece ser responsable del tipo de poblaciones presentes al principio del experimento. Al desaparecer los protozoa-

rios, los componentes orgánicos de estos, especialmente aquellos de naturaleza protéica pasan a enriquecer el medio en nitrógeno. Al llegar éste a su forma de nitratos es rápidamente atrapado por las algas formando una parte vital de la nueva biomasa. El rápido desarrollo de las algas implica también una rápida síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, por lo que se hace necesaria también la incorporación de iones que posean fósforo y azufre, magnesio y sodio. Al mismo tiempo se aprecian las poblaciones dominantes hacia esta parte del experimento, las que son fundamentalmente algas verdes.

El proceso fotosintético empieza a desencadenar con una intensidad correspondiente a la intensidad luminosa y a la cantidad de nutrimentos disponibles (consideramos como nutrimento al  $\text{CO}_2$ ), fósforo y oxígeno disuelto. Se han reportado por diferentes grupos de trabajo que el pH de las lagunas de estabilización tienden a aumentar conforme la fijación de  $\text{CO}_2$  atmosférico aumenta, pasando primeramente a formar parte de sistemas de iones bicarbonato, ácido carbónico, que ocurre generalmente a pH por encima de la neutralidad (23). Bajo estas circunstancias, florecen casi en forma única grupos de dos o tres algas, un mínimo de protozoarios y notándose además un decremento a niveles mínimos de iones como el nitrógeno.

La composición de nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto determinan un comportamiento especial de las poblaciones de protozoarios y algas. Así, de manera general, en relación a los iones nitratos su descenso, parece estar correlacionado con la aparición de poblaciones de algas

tales como: Astasia sp., Chlamydomonas sp., Chlorella sp., Protococcus sp., etc., se acentúa notablemente, cuando estas fueron dominantes y al finalizar los experimentos los valores de nitratos fueron mínimos, lo cual coincide con las poblaciones de algas que se encuentran en plena expansión como son: Chlorella sp., Chlorococcum sp. y Chlamydomonas sp.

Con relación al oxígeno disuelto, este coincide con la aparición de las poblaciones de algas. Esto ocurre del tercero al quinto día y es consistente con las observaciones hechas en los siete experimentos. Después de esta fecha, el crecimiento de la población algal y la concentración de oxígeno disuelto presentaron un crecimiento exponencial.

Los fosfatos en los primeros días tendían a mostrar una concentración variable, pero al manifestarse las algas y de manera más notoria cuando ascendían las proporciones de este, se observaba un descenso de ese ion, ya que al final de la experimentación se presentaban niveles bajos.

En general, los iones nitrato y fosfato son importantes para el establecimiento del florecimiento de algas, ya que se infiere que la incorporación de los iones mencionados, traiga como consecuencia la presencia de niveles mínimos al final de la experimentación.

Los factores ambientales como: luz, temperatura, pH, oxígeno disuelto, etc., son determinantes con relación a las reacciones que se llegan a manifestar, y por ende al comportamiento de los organismos, sin embargo el entendimiento de la obtención de la biomasa implica información adicional acerca del papel que cada uno de esos factores

juega en este proceso. Se requiere además el diseño de un modelo experimental más adecuado.

Con relación a la producción de biomasa, pudo apreciarse que la producción neta de un gramo de algas es capaz de formar aproximadamente 1.6 gramos de  $O_2$  e incorpora alrededor de 86 - 100 mg de nitrógeno y entre 10 - 12 mg de fósforo (31).

Pudo notarse también que el peso de las algas que pueden ser desarrolladas bajo estas condiciones usualmente excede al peso de materia orgánica introducida al sistema; la diferencia parece ser dependiente solamente por el  $CO_2$  proveniente del aire y fijado por el proceso fotosintético (23).

El abastecimiento de  $CO_2$  por degradación bacteriana de desechos orgánicos es usualmente menor que la demanda algal de  $CO_2$ , esto es evidente por el incremento en el pH en la superficie del estanque durante el día. Bajo tales condiciones el  $CO_2$  es suministrado por el sistema buffer ácido carbónico, bicarbonato, de las aguas de desecho y de la atmósfera.

El ligero ascenso en el pH es benéfico en la absorción química de gases olorosos y sustancias principalmente ácidas, también como en la precipitación de algunos nutrientes causantes de la eutroficación (31).

Una mezcla lenta provee una suficiente agitación para un intercambio de nutrientes y gases y eliminar el exceso de la suspensión de lodo bacteriana, el cual puede interferir con la penetración de luz (31).

Cuando los desechos orgánicos son usados como nu--

trientes, la agitación es esencial para mantener un suministro de nutrientes tanto para las bacterias como para las algas, ya que si no existe esta agitación las células algales pueden ser sedimentadas y privadas de luz y nutrientes.

La iluminación es importante porque las algas tienden a absorber mucha más luz de la que fijan en energía química, por lo que la profundidad es crítica.

La profundidad debe estar entre 20 y 50 cm para que la producción de biomasa sea óptima (23). Siendo la de profundidad más operativa en nuestra experimentación 25-30 cm.

Dentro de los objetivos secundarios de este trabajo destaca también la información de la producción de biomasa, así, los medios correspondientes a cada uno de los experimentos, se dejaron evaporar hasta sequedad total y el material depositado se recogió cuidadosamente con el objeto de determinar el peso total y la concentración de nitrógeno. El volumen de todos los experimentos fué de 120.865 litros quienes produjeron una biomasa de 132.8044 gramos. Alicuotas de esta biomasa se usaron para determinar la concentración de nitrógeno por el método del Micro-Kjeldahl y estos valores arrojaron un resultado de un gramo de nitrógeno por cada 100 gramos de biomasa. Por lo anterior se obtiene un valor total de 1390 mg de nitrógeno en la biomasa obtenida.

Por otro lado, se estimó la cantidad de nitrógeno total en forma de nitratos el primer día de cada uno de los experimentos. Este tuvo una concentración de 1.051 ppm mismo que al expresarse con respecto al volumen total de



los experimentos da un valor de 127 mg'.

Por lo anterior se desprende una diferencia de un orden de magnitud entre el nitrógeno de la biomasa (1390 mg) y el nitrógeno en forma de nitratos presente al inicio de los experimentos. Esta diferencia solo puede ser explicada con relación a lo siguiente:

- a) Las alicuotas para la determinación de nitrógeno fueron previamente filtradas, no llevándose a cabo la estimación de nitrógeno en el material no filtrado o particulado (M.O.), el cual puede contener nueve décimas del nitrógeno del sistema'.
- b) Si lo anterior no ocurre, estaremos en presencia de un sistema capaz de fijar nitrógeno atmosférico.
- c) La elucidación del cuestionamiento anterior requerirá de la elaboración de un tipo de diseño experimental más convincente y seguramente será motivo de otra investigación'.
- d) La determinación de las características nutricionales de la biomasa, la cuantificación más rigurosa de esta, así como las propiedades nutricio-nales sobre animales de experimentación, como pueden ser aves, peces y aún pequeños mamíferos, también será motivo de nuevas investigaciones.

#### HORAS-SOL.

El experimento 5 se efectuó en 10 días (contando fin de semana) con un total de 62 horas-sol y una producción de biomasa de 18.0257 gramos (en 17.6 litros); en el experimento 6 la producción de biomasa fué de 17.5631 gramos (en 17.6 litros) con una cantidad de horas-sol de 56.4 en 10 días (contando fin de semana) y en el experimento 7 con 59.2 horas-sol, la producción de biomasa fué de 18.3588 gramos en 11 días (con fin de semana).

Como se puede observar en el experimento 5 y 6 se puede decir que a mayor cantidad de horas-sol la producción de biomasa va a ser más grande, pero en el experimento 7, se obtuvo la mayor cantidad de biomasa con una cantidad menor de horas-sol que en el experimento 5, pero con una cantidad mayor de tiempo. Por lo que se puede hacer una generalización y decir que a mayor cantidad de biomasa en un tiempo más corto.

Ahora bien, si existe una relación entre las horas-sol y la producción de biomasa y es lineal, pero esta regla no se aplica a la producción de proteínas.

La cantidad de horas-sol se tomaron de las 7 a.m. a las 15 p. m. aproximadamente.

## VII. CONCLUSIONES.

- 1) La concentración de iones como son: calcio y magnesio, nitratos, fosfatos, sulfatos, alcalinidad, cloruros y oxígeno disuelto de las aguas negras presentan una concentración variable a lo largo de los días de experimentación bajo condiciones de aireación e iluminación controlada. Estos datos no necesariamente son extrapolables a sistemas de mayores dimensiones o en plantas piloto.
- 2) La composición y la magnitud de las poblaciones de organismos de estas aguas presenta una secuenciación que se caracteriza por la presencia de organismos saprofiticos que son substituidos por algas fotosintéticas al final del período experimental. También se nota una reducción de las poblaciones dominantes a lo largo del experimento, cuyo ciclo se estimó concluye en 14 días, cambiando de una composición múltiple de protozoos y bacterias hasta una de organismos fotosintéticos dominantes. Dentro de este marco se aprecia un notable crecimiento de estas poblaciones, que coincide con cambios en el pH (el cual se eleva a 8), disminución de nitratos de una manera notoria, descenso de la concentración de fosfatos discretamente, disminución del calcio y magnesio. Sin embargo no se estimó el efecto de la luz, la cual tendía a disminuir al aumentar la biomasa.
- 3) Dentro de los factores físico-químicos que más

estimulan el crecimiento de las algas estan las iones nitrato y fosfato; la iluminación junto con los anteriores implica la elevación en el pH y la presencia de oxígeno disuelto'.

- 4) La producción de biomasa permite suponer la presencia de algún mecanismo de incorporación de nitrógeno atmosférico ya que el nitrógeno total de la biomasa excede en un orden de magnitud al nitrógeno disuelto en el agua inicialmente.
- 5) El presente grupo de experimentos coincide con observaciones procedentes de otros grupos de trabajo dirigidos hacia el reciclamiento del agua por un método natural del cual a su vez se pretende obtener un producto de naturaleza proteica para fines alimentarios.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. Algae harvesting from sewage. EPAINTL. Env. document report 64089. Australia. 1976 (99).
2. American Water Works Association. Agua su calidad y tratamiento. tr. Jack M. Verrey. Manual. Vol. I y II. México. 1976.
3. BONEY, A.D. Phytoplankton. Printed by the Camelot Press, Ltd. Sonthampton. great Britain. 1975.
4. CAIRNS, JOHN Jr. and LANZA, G.R. Pollution controlled changes in algal and protozoan communities. In Water Pollution Microbiology. Wiley Interscience. Division of John Wiley and Son Inc. Canadá. 1972. pág: 245-261, 267-268.
5. CURDS, C.R. and HAWKES, H.A. Ecological aspects of used-water treatment. Academic Press. London. 1975.
6. GEORGE, D.B. Lagoons and oxidation ponds. Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 52, No. 6, June 1980. pág: 1177-1181.
7. GLOYNA, E.F. Waste stabilization ponds. World Health Organization. Geneve. 1971.
8. GOLDMAN, J. and RYTHER, J.H. Nutrient transformation in mass cultures of marine algae. J. Env. Engineering DIV-ASCE VIVI. No. 3 June 1978. Pág: 351 (14).
9. GONZALEZ, C.H. y et al Estudio preeliminar de los microorganismos de las aguas negras de la ENEP-ZARAGOZA y su posible utilización como fuente de proteína unicelular. Presentado en el Primer Simposio Internacional sobre la Biología de la Contaminación. México. Julio. 1981.

10. HILLEL, I.S. Developments in water quality research.  
Ann Arbor Science Publishers. Inc. U.S.A. 1970.
11. IDELOVITCH, E. and MICHALL, M. Nitrogen removal by  
free ammonia stripping from high pH ponds. Jour.  
Water Poll. Control Fed. Vol. 53, No. 9, Sep. 1981.  
pág: 1392-1393.
12. JAHN, T.L. and JAHN, F.F. How to Know the protozoa.  
W.M.C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa. 1979.
13. KHOLDEBARIN, B. and OERTLI, J. J. Effect of pH and  
ammonia on the rate of nitrification of surface wa-  
ter. Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 49, No. 7,  
Jule, 1977. pág: 1688-1692.
14. KUDO, R.R. Protozoología. C.E.C.S.A. México. 1969.
15. LEHNINGER, Albert L. Bioquímica. Tr. Dr. Fernando Cal-  
vet P. Ediciones Omega. Barcelona. 1978.
16. MANUAL de Métodos de Bromatología de la carrera de Q.  
F.B. de la ENEP-ZARAGOZA.
17. MANUAL de Tratamiento de Aguas Negras. Departamento de  
Sanidad del Estado de New York. Tr. César Falcón.  
Edit. Limusa-Wiley. México. 1964.
18. MASKEW FAIR G. ; GEYER, j.c. et al. Purificación de aguas  
y tratamiento y remoción de aguas residuales. Edit.  
Limusa. México. Vol. II. 1979.
19. MCKINNEY, ROSS E. Microbiology for sanitary engineers.  
McGraw-Hill Book Co. Inc. New York. 1967.
20. MILLER, S.; ABELOVICH, A. and Belfort, G. Effects of high  
organic loading on mixed photosynthetic wastewater  
treatment. Jour. Poll. Control Fed. Vol. 49, No. 3,  
March 1977. pág: 436-440.

21. MOHLEJI, S.C. and VERHOFF, F.H. Sodium and potassium ions effects on phosphorus transport in algal cells. Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 52, No. 1. January 1980. pág: 110-124.
22. NEEDHAM, J.G. and NEEDHAM, P.R. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Edit. Reverté. España. 1978.
23. OSWALD, W.J. and GOLUEKE, C.G. Large scale production of algae. Technial Report, University of California, Sanitary Engineering Laboratory and Water Resources Center, Berkeley. Calif. 1968.
24. RICO FERRAT G. Aspectos biológicos de los protozoarios de las aguas negras. Tesis para obtener el título de Biologo. U.N.A.M. Facultad de Ciencias. 1975.
25. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Análisis de aguas y aguas de desecho. Curso B. Manual. Vol. II. tercera edición. CIECA. México. 1977.
26. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Análisis de Plancton y Perifiton. Manual. Vol. I y II. México. 1976.
27. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Microbiología del agua. Manual. Vol. II. México. 1980.
28. SCHWOERBEL, J. Métodos de hidrobiología (Biología del agua dulce). Ediciones Blume. Madrid. 1975.
29. SHELEF, G. and HALPERING R. Wastewater nutrients and growth potential. In Developments in water quality research. Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan. 1973. pág: 211, 218, 225-227.

30. SHELEF, G.; MORAINÉ, R. et al. Animal feed proteins and water for irrigation from algae ponds. Sherman Environmental Engineering Research Center, Technion, Haifa, Israel. 32000. Presented at the conference on Water Poll. Control in Developing Countries. Bangkok. 1978.
31. SHELEF, G. et al. Combined algae production wastewater treatment and reclamation systems. Technion-Israel. Institute of Technology, Department of Environmental Engineering. Haifa-Israel. 1977.
32. SLEIGH, M.A. Biología de los protozoos. tr. Dimas Fernández Galiano. Ediciones Blume. Madrid. 1979.
33. STANDER, G.J.; MERRING, P.G.J. et al. A guide to pond systems for wastewater purification. In Developments in Water quality research. Ann Arbor Science Publishers Inc. Michigan. 1973. págs: 125-127, 154.
34. THIRUMURTHI, D. Design criteria for waste stabilization ponds. Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 46, No.9. Sept. 1974. págs: 2094-2106.
35. THOMPSON, R.H. Algae. In Fresh water Biology. W.T. EDMONSON. John Wiley and Son Inc. London. 1959.
36. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Freshwater Biology and Pollution Ecology. Training Manual. 1973.
37. VARMA, M.M.; FINLEY, H.E. and BENNET, G.H. Population dynamics of protozoa in wastewater. Jour. Water Poll. Control Fed. Vol. 47, No. 1. January. 1975. págs: 85-91.



APENDICE I.

POSICION SISTEMATICA DE LOS PROTOZOARIOS ESTUDIADOS.

Clasificación según: Jahn y Jahn'.

Phylum	Sarcodina
Subphylum	Hydracula
Clase	Cyclea
Superorden	Lobeda
Orden	Granulopodida
Familia	Amoebidae
Género	<u>Amoeba</u>
Phylum	Mastigophora
Subphylum	Phytomastigophora
Clase	Volvocea
Orden	Volvocida
Familia	Spondylomoridae
Género	<u>Chlamydobotrys</u>
Phylum	Ciliophora
Subphylum	Oligohymenophora
Clase	Hymenostomea
Orden	Hymenostomatida
Familia	Tetrahymenidae
Género	<u>Colpidium</u>
Phylum	Ciliophora
Subphylum	Kinetofragminophora
Clase	Gymnostomea
Familia	Didiniidae
Género	<u>Didinium</u>

Phylum Ciliophora  
Subphylum Kinetofragminophora  
Clase Gymnostomea  
Orden Prostomatida  
Familia Holophryidae  
Género Holophrya

Phylum Mastigophora  
Subphylum Zoomastigophora  
Clase Opalineae  
Orden Opalinida  
Familia Opalinidae  
Género Opalina

Phylum Ciliophora  
Subphylum Polyhymenophora  
Clase Hypotrichea  
Orden Sporadotrichida  
Familia Oxytrichidae  
Género Oxytricha

Phylum Ciliophora  
Subphylum Kinetofragminophora  
Clase Suctorea  
Orden Exogenida  
Familia Podophryidae  
Género Podophrya

Phylum	Ciliophora
Subphylum	Oligohymenophora
Clase	Peritrichea
Orden	Sessilida
Suborden	Aloricina
Familia	Vorticellidae
Género	<u>Vorticella</u> (after Noland and Finley).

APENDICE II.

POSICION SISTEMATICA DE LAS ALGAS ESTUDIADAS

Clasificación según : R. H. Thompson (Edmon-  
son)†.

División Chlorophyta  
Clase Chlorophyceae  
Orden Chlorococcales  
Familia Micractiniaceae  
Género Acanthosphaera Lemmermann

División Euglenophyta  
Orden Euglenales  
Familia Euglenaceae  
Género Astasia Ehrenberg

División \_\_\_\_\_  
Clase Cryptophyceae  
Orden Cryptomonadales  
Familia Cryptomonadaceae  
Género Chilomonas Ehrenberg

División Chlorophyta  
Clase Chlorophyceae  
Orden Volvocales  
Familia Chlamydomonadaceae  
Género Chlamydomonas Ehrenberg

División Chlorophyta  
Clase Chlorophyceae  
Orden Chlorococcales

Familia	Oöcystaceae
Género	<u>Chlorella</u> Beijerinck
División	Chlorophyta
Clase	Chlorophyceae
Orden	Chlorococcales
Familia	Chlorococcaceae
Género	<u>Chlorococcum</u> Fries
División	Euglenophyta
Orden	Euglenales
Familia	Euglenaceae
Género	<u>Euglena</u> Ehrenberg
División	Euglenophyta
Orden	Euglenales
Familia	Euglenaceae
Género	<u>Menoidium</u> Perty
División	Euglenophyta
Orden	Euglenales
Familia	Euglenaceae
Género	<u>Peranema</u> Dujardin
División	Chlorophyta
Clase	Chlorophyceae
Orden	Ulotrichales
Familia	Protococcaceae
Género	<u>Protococcus</u> Agardh

División Chrysophyta  
Clase Chrysophyceae  
Orden Chrysomonadales  
Familia Syncryptaceae  
Género Syncrypta Ehrenberg

División Chrysophyta  
Clase Chrysophyceae  
Orden Chrysomonadales  
Familia Synuraceae  
Género Synura Ehrenberg

División Chlorophyta  
Clase Chlorophyceae  
Orden Volvocales  
Familia Volvocaceae  
Género Volvox Linnaeus

### APENDICE III.

**CICLO DEL NITROGENO:** el N, componente elemental de las proteínas, los ácidos nucleicos y de otras biomoléculas importantes se cicla también a través de organismos vivos de la biosfera. Aunque el nitrógeno molecular ( $N_2$ ) se halla en gran cantidad en la atmósfera, es relativamente inerte desde el punto de vista químico y no puede ser utilizado por la mayor parte de las formas vivas; la gran mayoría de los organismos vivos obtienen su nitrógeno de alguna forma combinada como son nitrato, amoníaco, compuestos más complejos como los aminoácidos. Sin embargo, tales formas combinadas de nitrógeno son muy escasas en aguas superficiales y en el suelo y experimentan un recambio continuo.

La mayor parte de los vegetales obtienen su nitrógeno del suelo en forma de nitrato al que reducen para formar amoníaco, aminoácidos y otros productos reducidos.

Todos estos productos son elaborados para formar los componentes nitrogenados de la célula, tales como las proteínas. Los organismos heterotróficos utilizan, a continuación las proteínas de las plantas como elementos nutritivos y devuelven el nitrógeno al suelo en forma de productos finales de excreción o como productos de la putrefacción después de su muerte, generalmente en forma de amoníaco. Los microorganismos del suelo, a su vez, oxidan el amoníaco para formar nitrito y nitrato que pueden ser utilizados de nuevo por los vegetales. Solamente unas pocas formas de vida, como las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden reducir el nitrógeno atmosférico y suplementar

de este modo el suministro biológicamente asequible de nitrógeno combinado de la biosfera.

