

# LA EUTROFIZACION Y EL ZOOPLANCTON EN LOS AMBIENTES ACUATICOS

Maisterrena, V D.

## INTRODUCCION

La eutrofia y la eutrofización se usaron como términos para calificar aguazales o pantanos, ricos o no en nutrimento.-

Estos términos fueron introducidos por Weber en 1907

Como factores mas importantes de eutrofización civilizada encontramos:

- Aguas residuales
- Aguas sobrantes de riego
- Aguas de escorrentia.

Las residuales pueden ser de carácter doméstico o industrial; las sobrantes de riego, especialmente las enriquecidas con abonos y las de escorrentía , posterior a las talas, incendios o uso de herbicidas.-

Todos estos factores aumentan la proporción de nutrientes.-

El proceso de eutrofización, acelera los ciclos, desviando paralelamente los cocientes entre pares de componentes relacionados y evacúa una fracción de N y del O<sub>2</sub> hacia la atmósfera y del C. Orgánico y del P hacia el sedimento.-

Existen mecanismos de regulación, como por ejemplo:

- Aumento de producción primaria, limitado por la absorción de la luz por la propia clorofila. De esta producción, parte va al sedimento y parte sigue la vía detritica.-
- El P que se mineraliza y se recicla, está limitado por la reserva de O<sub>2</sub> en el hipolimnio y los fosfatos dependen de la solubilidad de los compuestos de Ca y Fe.
- En el sedimento, se fosiliza definitivamente una parte del fósforo , es decir que el sedimento actúa como trampa.-
- Cuando el P entra en el lago, una fracción considerable queda retenido en el complejo de organismos y sedimentos.-
- Hay retorno excesivo de fósforo que no llega a ser utilizado por persistir condiciones reductoras junto a un sedimento con gran reserva de P combinado con Fe.-

- El N inorgánico se regula secundariamente. Las cianofíceas se favorecen por fijar N. El exceso se desnitrifica.-

## EL CARBONO COMO FACTOR LIMITATIVO DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA Y SU ROL EN LA EUTROFICACION

El dióxido de carbono es tan común que pocas veces ha sido considerado factor limitativo en la producción primaria, a pesar de que se considera de que su concentración en la alcalinidad del carbonato y del bicarbonato juega un rol en la naturaleza trófica de los lagos.-

Cuando el abastecimiento de un factor esencial es tan escaso que es limitativo, su adición al medio provoca una explosión del crecimiento. Los elementos generalmente implicados en la limitación del crecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas son el fósforo, el nitrógeno y el silice.-

McIntire y Phinney (1965) estudiaron ríos experimentales de laboratorio a los que se les podía regular el ingreso de luz y de CO<sub>2</sub>. Algunos de sus resultados (Figura 1) muestran que la producción primaria aumentaba en función de la intensidad de la luz, hasta aproximadamente 0,005 cal / cm<sup>2</sup> por minuto. Después del abastecimiento de dióxido de carbono se empezaba a sentir; 45 mg CO<sub>2</sub> por litro multiplicada por 1,5 la tasa fotosintética de 1,8 mg / litro. En este sistema artificial cuyos productores fototróficos eran algas perifíticas, el efecto limitativo del CO<sub>2</sub> era obvio.-

## EL NITROGENO Y SU ROL EN LA EUTROFICACION

Este versátil elemento se encuentra en 4 (cuatro) esferas reconocidas de la tierra.-

Un 94 % en la litósfera y un 6 % es atmosférico, habiendo trazas de este elemento en la hidrósfera y en la biósfera.-

El nitrógeno, a pesar de ser absolutamente necesario para la vida, no ha merecido la atención del fósforo porque el nitrógeno es más abundante y hay más fuentes para los organismos vivos. Los inmensos recursos atmosféricos contribuyen de muchas maneras. El agua de lluvia contiene varias formas de nitrógeno, algunas las devuelve a la litósfera. El nitrógeno y quizás otros óxidos de nitrógeno de la lluvia fueron formados fotoquímicamente por descargas eléctricas. Quizás la oxidación del amoníaco común en el agua de lluvia sea un factor en el origen del nitrato.-

El nitrógeno a pesar de ser un elemento esencial es generalmente menos crítico que el fósforo. Es más abundante que el fósforo y además de las fuentes edáficas, el rico abastecimiento atmosférico del nitrógeno en parte se vuelve disponible debido a la acción de algunas bacterias fijadoras de nitrógeno y del aguanas verde - azules.

Los primeros análisis biológicos realizados por Potash (1956) mostraron que el crecimiento de las algas de dos estanques de Cornell estaba limitado en una estación por el abastecimiento del fósforo y que los compuestos del nitrógeno eran críticos en otras épocas del año. Además numerosos experimentos demostraron que el crecimiento vegetal se estimula mejor con una mezcla de compuestos de nitrógeno y fósforo.-

Kerr y Colaboradores (1972) encontraron en el Estanque Shriner, Georgia, evidencia de que el agregado de los nutrientes nitrógeno y fósforo causaba un rápido incremento de las bacterias heterotróficas antes de que respondieran las algas autotróficas más grandes.-

## EL FOSFORO Y SU ROL EN LA EUTROFICACION

El fósforo es absolutamente necesario para toda la vida. Se oxida rápidamente en las rocas terrestres, se encuentra principalmente en forma de ortofosfato.-

La degradación y mineralización de las plantas y de los cadáveres animales es una fuente de fósforo para los componentes vivos del ecosistema. Las bacterias convierten al fósforo orgánico molecular en ortofosfato inorgánico.-

La eutroficación resultante de las aguas de deshecho han estimulado la investigación sobre las formas de mantener al fósforo fuera de los lagos. Una de las aproximaciones es la de reducir o eliminar el uso de detergentes con alta concentración de fosfato.-

## LA SILICE Y SU ROL EN LA EUTROFICACION

El silicio es el segundo elemento mas abundante de la litósfera. Su fuente principal en aguas dulces y marinas es el desgaste de las rocas de feldespatos extremadamente abundantes.-

La sílice es un nutriente esencial para las diatomeas, que construyen sus frústulas con este material cristalino. Las relaciones entre la sílice y el segmento biótico del ecosistema acuático han sido claramente demostradas.

Birge y Juday (1911) describieron a un lago de Wisconsin con estrato metalimnético de diatomeas que explicaba la curva de oxígeno y un mínimo asombroso de sílice al mismo nivel.-

Lund (1964) demostró que el curso de los eventos a lo largo de los años revelan una relación inversa entre las poblaciones de diatomeas y la sílice soluble en agua (Figura 1.1.).-

La disminución de la sílice refleja la eutroficación de algunos lagos porque sus comunidades fitoplanctónicas normales son en su mayoría diatomeas.-

## PRODUCTIVIDAD PLANCTONICA

La productividad de los lagos es fundamentalmente autótrofa; los intentos de generalizar la ontogenia lacustre mediante la integración de la productividad fotosintética y la degradación de las fuentes litorales y planctónicas son necesarios aunque no por ello menos difícil.-

Thienemann (1925) trabajó en lagos alpinos y subalpinos y vio que larvas de dípteros acuáticos eran propios de los lagos profundos e improductivos.-

Los lagos eutróficos eran menos profundos, ricos en plancton y el agua hipolimnética, pobre en oxígeno, estaba dominada por animales como Chironomus, capaces de tolerar poca concentración de oxígeno.-

Las bajas tasas de productividad de los lagos o ligotróficos están determinadas en gran manera por las bajas entradas de nutrientes inorgánicos, procedentes de fuentes externas.-

Hay características morfológicas como por ejemplo un tamaño relativamente grande y una profundidad considerable, mas comunes entre los lagos oligotróficos que influyen en el ciclo de nutrientes.-

En un sistema causal cíclico (Figura 2) la baja producción de materia orgánica induce a bajas tasas de descomposición y las condiciones oxidantes en el hipolimnio determinan la escasa liberación de nutrientes desde los sedimentos.-

En condiciones eutróficas, las tasas de entrada de fósforo y nitrógeno son altas. La productividad sufre un incremento que da como resultado una reducción de la zona trofógena debida a las limitaciones de la luminosidad (Figura 3).-

Esta disminución de la profundidad se continúa con la intensificación de la eutrofización hasta que las densidades de población planctónica imponen restricciones de luz debidas al efecto de propia sombra momento en el cual es imposible incrementar la productividad en condiciones naturales.-

Es aquí donde la tasa de producción planctónica llega a una meseta que evoluciona gradualmente hacia la extinción (por la continua sedimentación de materia orgánica en descomposición) en condiciones morfométricas se puede encontrar un lago mesotrófico o eutrófico con meromixia inducida biogénicamente. (Figura 4).-

También puede darse una disminución normalmente temporal, de la productividad al impedirse la redistribución de las aguas hipolimnéticas reducidas y su contenido de nutrientes.-

## PRODUCTIVIDAD ZOOPLANCTONICA

La tasa de producción de las poblaciones específicas de zooplancton se refiere a la productividad neta o la suma de los incrementos de crecimiento de todas las especies de la población.-

Las características de biomasa y producción del zooplancton, se corresponden respectivamente con una determinada composición de sus poblaciones y con la renovación de las mismas, expresable por tasas de mortalidad y de natalidad. El cociente biomasa / producción mide también la permanencia o vida media de cada individuo en la población.-

Los protozoos se multiplican por división simple y sus poblaciones se pueden tratar como las de las algas. Las larvas de Chaoborus representan solo una fase de la existencia de un animal que forma parte también de ecosistemas terrestres.-

Las evaluaciones de productividad se complican al intervenir mecanismos de depredación , por los cuales se pierde una fracción considerable de la población que es difícil de evaluar con exactitud.-

El modo de estimar las tasas de producción de las poblaciones específicas depende del ciclo de vida de la población particular, de las características de su reproducción y de los tiempos de generación.-

Un índice de productividad que se está extendiendo entre la literatura europea y rusa en los últimos años, es la relación entre producción y biomasa , es decir el coeficiente  $P / B$ .-

Existe una correlación directa entre la tasa de producción primaria del fitoplancton y la del zooplancton no depredador. Sin embargo, esto no implica necesariamente que los organismos zooplantónicos herbívoros consuman directamente cantidades de algas proporcionales a su biomasa y crecimiento. La ingestión y asimilación de algas depende en gran parte de su tamaño y calidad. Gran parte de la producción algal se desvía hacia la vía detritica en forma de material particulado que no es consumido por animales y de materia orgánica disuelta.-

## COMUNIDADES ZOOPLANCTONICAS

Los componentes animales del plancton de las aguas dulces están dominados por tres grupos principales: los rotíferos y dos subclases de los crustáceos, los cladóceros y los copépodos. Es probable que en la mayoría de circunstancias los rotíferos y en especial los extraordinariamente activos crustáceos limnéticos constituyen los elementos dominantes de la productividad zooplanctónica.-

Los rotíferos planctónicos se alimentan principalmente de las partículas de seston que han sedimentado. El tamaño del alimento a ingerir es muy variable.-

La alimentación está condicionada, al menos en parte, al tamaño del alimento y a la forma de las células algales, y algunas experiencias plantean la posibilidad de que ciertas algas, como algunas especies de *Chlorella*, sean consumidas menos activamente que otras y puedan ser inhibidoras.-

En las aguas dulces, los crustáceos planctónicos son representantes casi exclusivamente de dos grupos, los cladóceros y los copépodos. Unas pocas especies del grupo predominantemente bentónico de los crustáceos han pasado a ser planctónicos. De manera parecida tan solo unos pocos insectos en estado larvario son planctónicos. Las larvas de *Chaoborus* constituyen una notable excepción.-

La nutrición animal depende en gran parte de la densidad y calidad de alimento además de otros muchos factores. Por su lado, la eficiencia en la utilización del alimento para el crecimiento y el mantenimiento varía con la tasa de consumo de alimento y la densidad de población.-

Como resultado de un estudio realizado por Gulati & Colaboradores durante diez años, desde 1981 a 1991 en el lago Loodsrecht se llega a medir el grado de eutrofización a través del grazing (pastoreo).-

El pastoreo (grazing) de la comunidad crustácea tenía un pico máximo en primavera causada principalmente por *Bosmina* spp., y *Daphnia* sp. (Figura 5).-

Se puede observar el porcentaje diario de pastoreo usando la técnica de CI4.

## COMPOSICION

El zooplancton lacustre está formado en general, por pocas especies; en un lago determinado, el número de especies es mucho menor que en el plancton marino o que en las comunidades litorales. Dicha limitación se puede poner en relación con la evolución, con la brevedad de las cadenas tróficas y con la profundidad relativamente pequeña, que no permite el desarrollo de estratos o relevos superpuestos de migrantes.-

La biogeografía impone ciertas limitaciones y explica diferencias regionales en la composición del plancton lacustre.-

El grado de eutrofia y la posible presencia de peces se cuentan entre los factores biológicos mas importantes. Por una serie de características de su biología, que, en parte, ya se han comentado, las aguas eutróficas se caracterizan por un predominio de rotíferos y cladóceros, mientras que la participación de los copépodos aumenta en aguas mas profundas y menos fértiles. Si se alcanzas ciertas concentraciones de pesticidas, los rotíferos dominan de manera exclusiva. Si la profundidad es escasa, la migración vertical no puede ser amplia, predominan organismos pigmentados y tienen ventaja selectiva los que pueden comer sobre el fondo, como *Daphnia pulex* y *D. Magna*, en relación con otras especies del mismo género o las larvas de *Chaoborus*.-

Es natural que las enormes proliferaciones de algas de pequeño tamaño favorecen a filtradores que no discriminan mientras que la presencia de alimento mas escalonado en su tamaño favorece un zooplancton de composición mas equilibrada y, en él, el desarrollo de animales como los copépodos, que según la etapa de su vida ingieren materiales de diferentes tamaños.-

## MIGRACION VERTICAL

Los movimientos horizontales y la heterogeneidad de distribución que de ellos resulta se ven fundamentalmente como aleatorios.-

Su aleatoriedad implica poca energía. Mayor energía, externa e interna, interviene en los movimientos verticales. Desde los tiempos de Forel y de Weismann (1877) se sabe que el zooplancton de los lagos tiene tendencia a moverse hacia la superficie durante la noche y a descender a aguas mas profundas durante el día.-

Entre los copépodos, en general, los machos migran sobre mayor extensión que las hembras y más a medida que su edad aumenta.-

La migración normal consiste en la aproximación a la superficie durante la noche, aproximación que se inicia desde antes de anochecer, y el descenso a profundidad durante el día, descenso que muchas veces, empieza ya mientras todavía es de noche. Pueden haber muchas irregularidades, según los lagos y según las especies.-

Las mayores perturbaciones proceden la turbulencia del agua, que confunde las trayectorias de los organismos. Cuando un lago circula verticalmente el motivo de la migración vertical se torna irregular.-

Hay ejemplos de migraciones irregulares o invertidas. En el lago de Lucerna, *Bosmina coregoni* permanece siempre cerca de la superficie cuando es adulta, mientras que las jóvenes migran con gran regularidad.-

La migración vertical implica una respuesta del organismo a nivel fisiológico.-

Las ventajas de la migración consistirían en evitar los daños de una luz demasiado intensa, sin acumular pigmento que hace a los animales del plancton más visibles a sus depredadores.-

El efecto neto de la migración es acelerar la sedimentación de material en partículas, retardando su mineralización y retorno en la capa fótica, al mismo tiempo que conducir a una distribución mas uniforme de la producción en un lago.-

## DIVERSIDAD

Aunque la diversidad no depende del número de especies, sino más bien de sus abundancias relativas, se puede esperar, por lo dicho, que la diversidad de las comunidades del zooplancton sea relativamente bajas y, especialmente baja en las aguas mas eutróficas con fuerte dominancia de una o de unas pocas especies.-

La mayor parte de los datos que se poseen se refiere, separadamente, a rotíferos y a crustáceos, o, lo que viene a ser lo mismo, a pescas obtenidas con red de malla diferente

## CONCLUSIONES

El estudio de la eutrofización de las aguas continentales es de extrema importancia ya que es un parámetro para determinar la calidad del agua, ya sea de ambientes naturales o artificiales.-

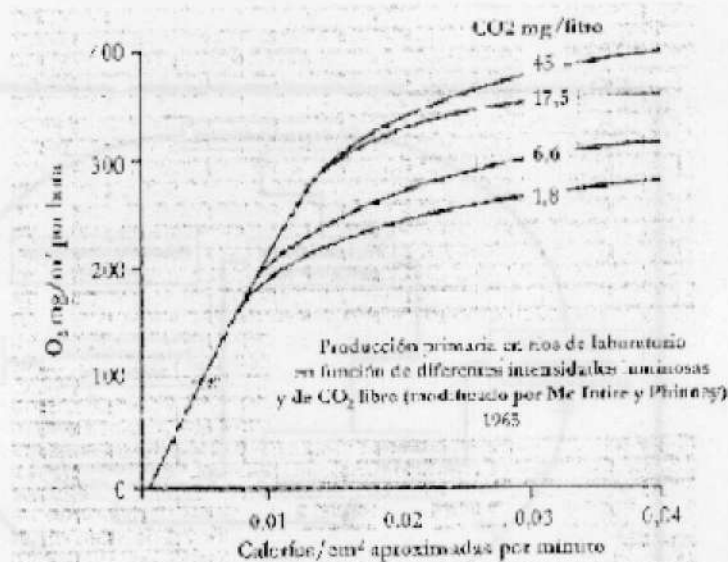
La eutrofización conduce a una menor eficiencia en el aprovechamiento de la energía que ingresa en el sistema por vía del fitoplancton al favorecer el desarrollo de especies no comestibles para el zooplancton. Se sabe que en lagos eutróficos los

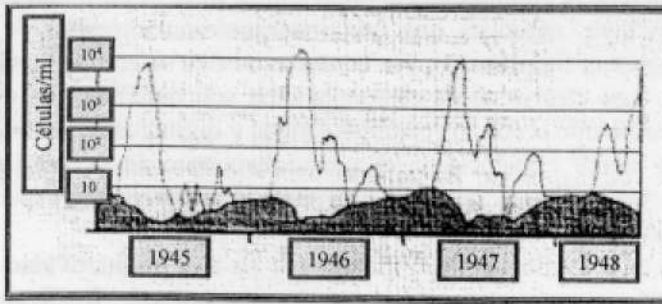
cladóceros de mayor tamaño suelen estar ausente. A medida que aumenta la eutrofización baja la diversidad de la comunidad zooplanctónica, pues se eliminan especies.-

Se concluye, entonces que una incorporación excesiva de nutrientes influye directamente sobre el fitoplancton, por cuanto modifica su composición específica y eleva su producción. Los efectos sobre el zooplancton son mas bien indirectos porque tienen que ver con el alimento o con los cambios físicos y químicos del hábitat. La eutrofización conduce a una menor eficiencia en el aprovechamiento de la energía que ingresa en el sistema por la vía del fitoplancton al favorecer el desarrollo de especies no comestibles por el zooplancton.-

Los sistemas lénticos eutrofizados, por su alta productividad pueden ser ideales para los establecimientos de estaciones de piscicultura. Realizando un estudio de nutrientes y de zooplancton presentes en el cuerpo de agua podemos aproximarnos a las especies posibles de sembrar como producción alternativa ya sea dirigidos a la industria alimenticia o acuarismos.-

La preservación del ambiente natural implica, entre otras cosas un estudio serio de la ecología y la dinámica de determinados sistemas así como también la factibilidad de un aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales.-





**Relación entre la sílice soluble (área oscura) y el crecimiento y disminución de las poblaciones de diatomeas (la cantidad de células se muestra con la línea fina)**  
 La concentración máxima de  $\text{SiO}_2$  aquí es de alrededor de 2,5 mg/litro (modificado por Lund, 1964)

Figura 1.1.-

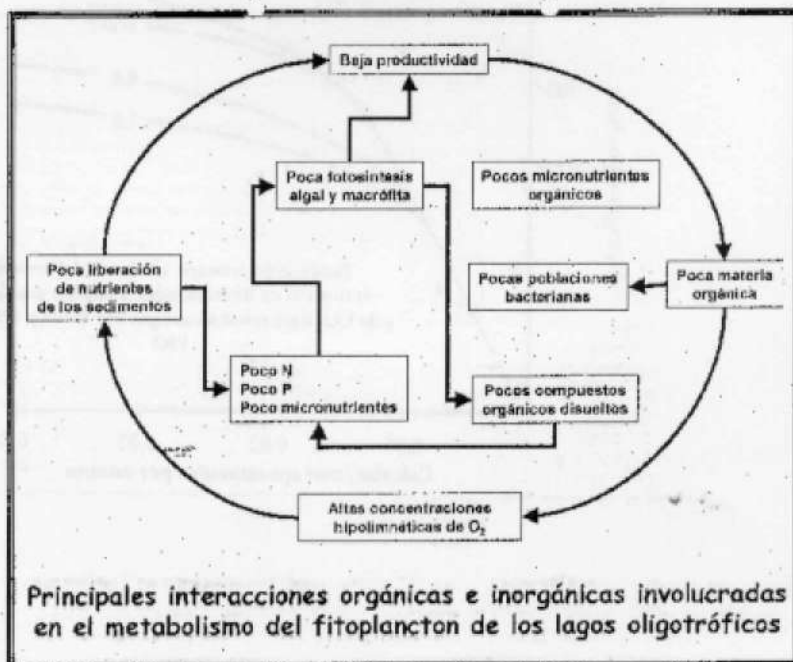


Figura 2



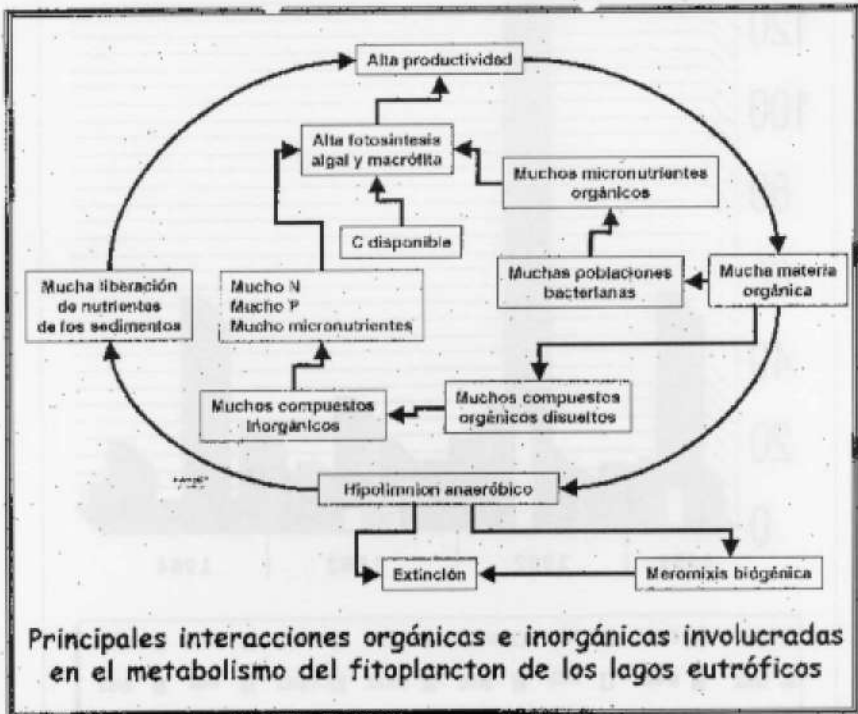


Figura 3

Relación general entre la tasa de producción volumétrica media a la profundidad de crecimiento óptimo y la tasa media de producción por área de fitoplancton

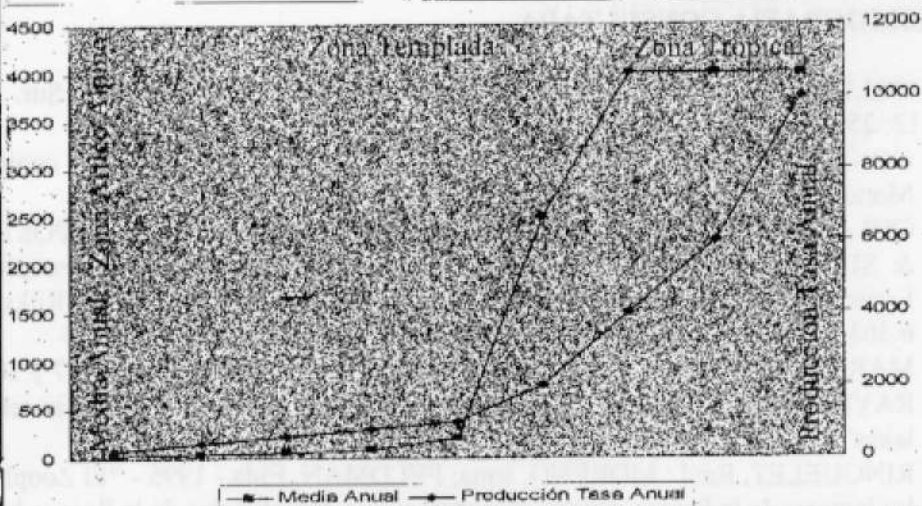
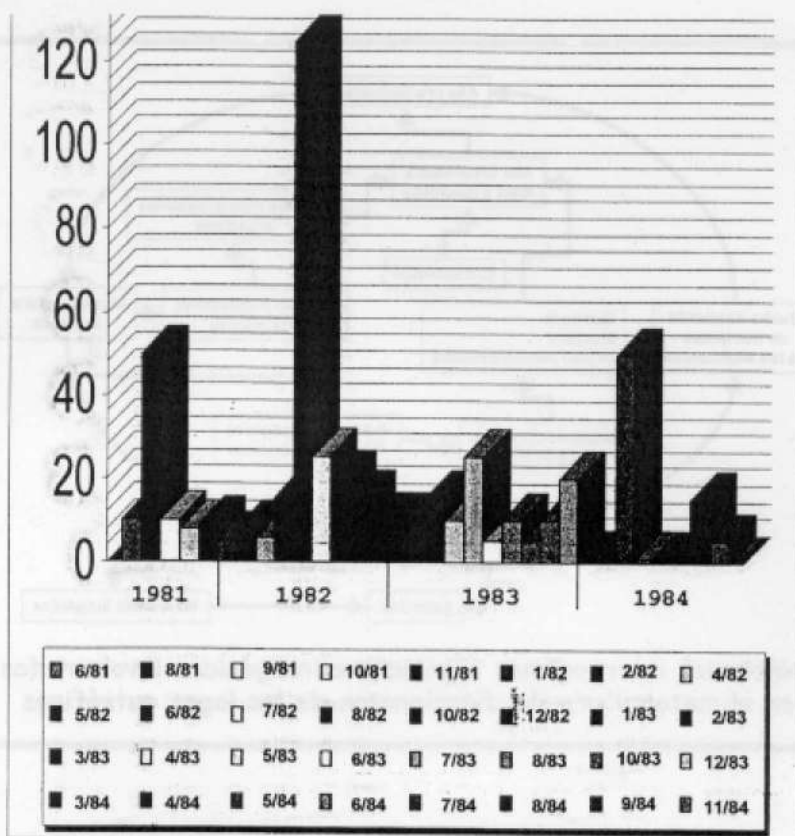


Figura 4



Porcentaje diario de partoreo por la comunidad zooplanctónica en el lago Loosdrecht (1981 - 1984), usando la técnica del C<sup>14</sup> (Gulatti 1984)

Figura 5.-

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- COLE, Gerald - 1988 - "Manual de Limnología" - Editorial Hemisferio Sur. 12: 259 - 285
- GONZALEZ DE INFANTE, A. - 1988 - "El Zooplancton de las aguas continentales" Monografía 23 OEA - 6:79 - 82.-
- GULATI, R. D. - OOMS - WILMS, A. L; VAN TONGEREN, O.F.R.; POSTEMA, G. & SIEWERSEN K. - 1992 - "The dynamics and role of limnetic zooplankton in Loosdrecht lakes. Limnological Institute , Vijverhof Laboratory, Rijksstraatweg 6.3631 AC. Nieuwersluis, The Netherlands. Hydrobiología 233:69 - 86.-
- MARGALEF, Ramón - 1983 - "Limnología". Omega Ediciones. Cap. 17 y 18.-
- RAVERA, Oscar - 1996 - "Zooplankton and trophic state relationship in temperature lakes". Mem. Ist. ital. Idrobiol 54:195 - 212.-
- RINGUELET, Raúl ; MORENO, Irma; FELDMAN, Elda.- 1995 - "El Zooplancton de las lagunas de la Pampa deprimida y otras aguas superficiales de la llanura bonaerense (Argentina). Physis. Tomo XXVII N° 74 - Pag. 137 -200. Buenos Aires.-
- WETZEL, Robert - 1981 - "Limnologia". Ediciones Omega. Cap. 16 - 18