LIMNOLOGÍA 2025

Docentes: M.Sc. Florencia Balay, M.Sc. Maite Burwood, Lic. Claudia Fosalba, Lic. Lucía González-Madina, Lic. Bruno Gorostidi, Lic. Paula Levrini y Dr. Néstor Mazzeo

CURE Centro Universitario Regional del Este
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

SISTEMAS LÉNTICOS: PRODUCTORES SECUNDARIOS, ESTADO TRÓFICO Y ESTADOS ALTERNATIVOS

Dr. Néstor Mazzeo

CURE
Centro Universitario Regional del Este
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

CONTENIDO

- Consumidores primarios y secundarios
- Interacciones trófica directas e indirectas
- Estados tróficos y cambios de régimen (estados alternativos)
- Trama trófica clásica y loop microbiano

- En ecología se definen características claves de los ecosistemas para poder entender, cuantificar e investigar sus variaciones en el tiempo, asociadas a procesos naturales o actividades antrópicas

- En este contexto, en Limnología se identifican los indicadores del estado trófico y los factores que los determinan

- Naumann (1919) introdujo los términos generales de oligotrofia y eutrofia, definiéndolos en función de la comunidad fitoplanctónica

- En este contexto, en Limnología se identifican los indicadores del estado trófico y los factores que los determinan

Trophic State Index

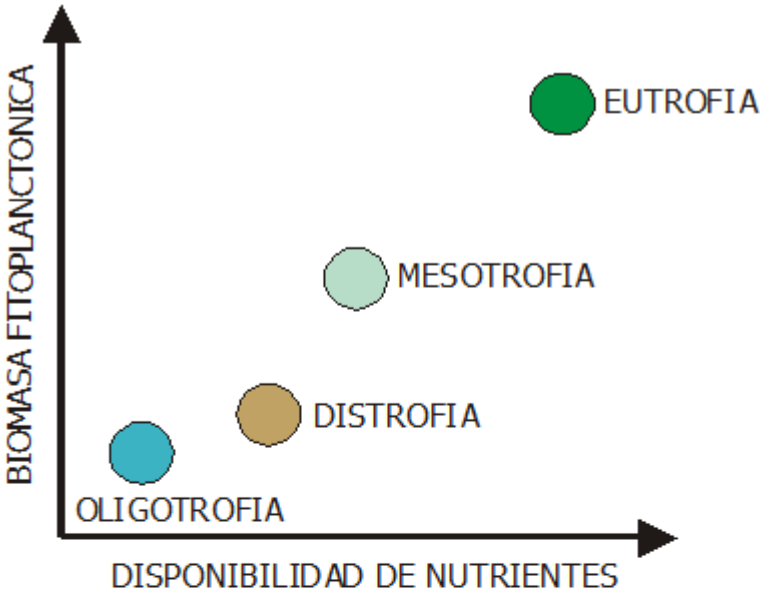
Chapra and Dobson (1981)

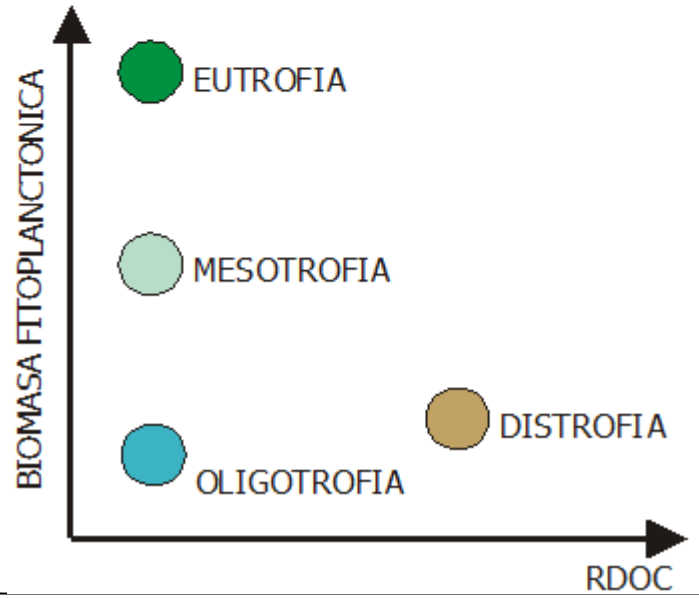
Scale

Oligotrophic	Mesotrophic	Eutrophic
0- 5	5-10	10-15

Low Nutrients
Decreased Algal Growth
Increased Water Clarity

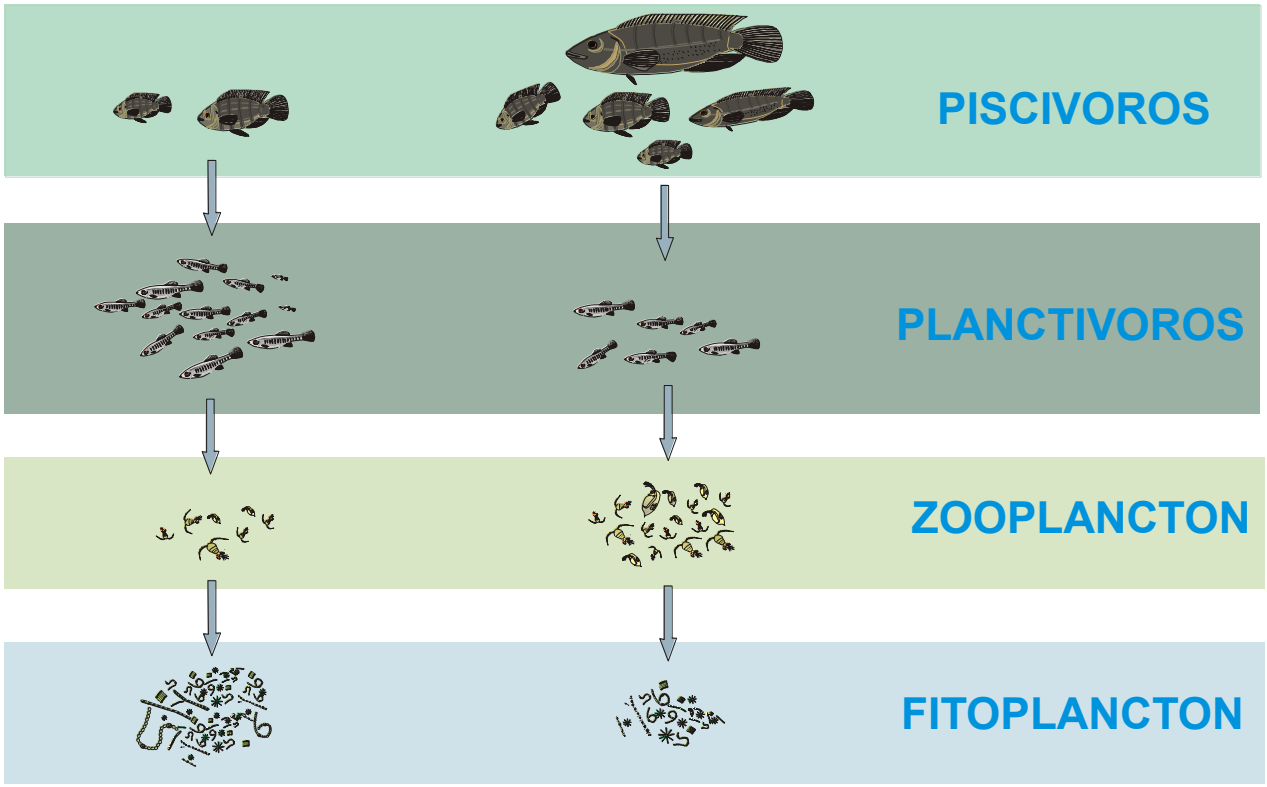
High Nutrients
Increased Algal Growth
Decreased Water Clarity


BIOMASA FITOPLANCTONICA
EUTROFIA
MESOTROFIA
DISTROFIA
OLIGOTROFIA
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES


BIOMASA FITOPLANCTONICA
EUTROFIA
MESOTROFIA
DISTROFIA
OLIGOTROFIA
RDOC

- Actualmente, se define oligotrofia como un estado que se caracteriza por su baja biomasa fitoplanctónica, una alta transparencia del agua y una limitada concentración de nutrientes y sustancias húmicas
- Por el contrario, eutrofia implica una elevada biomasa algal, reducida transparencia del agua, alta carga de nutrientes y baja concentración de sustancias húmicas
- Existen estados intermedios entre los extremos antes mencionados que se definen como mesotrofia. Todos estos estados presentan como característica común una baja concentración de sustancias húmicas

- La distrofia es un estado con baja biomasa algal y escasa disponibilidad de nutrientes, pero con un elevado tenor de sustancias húmicas



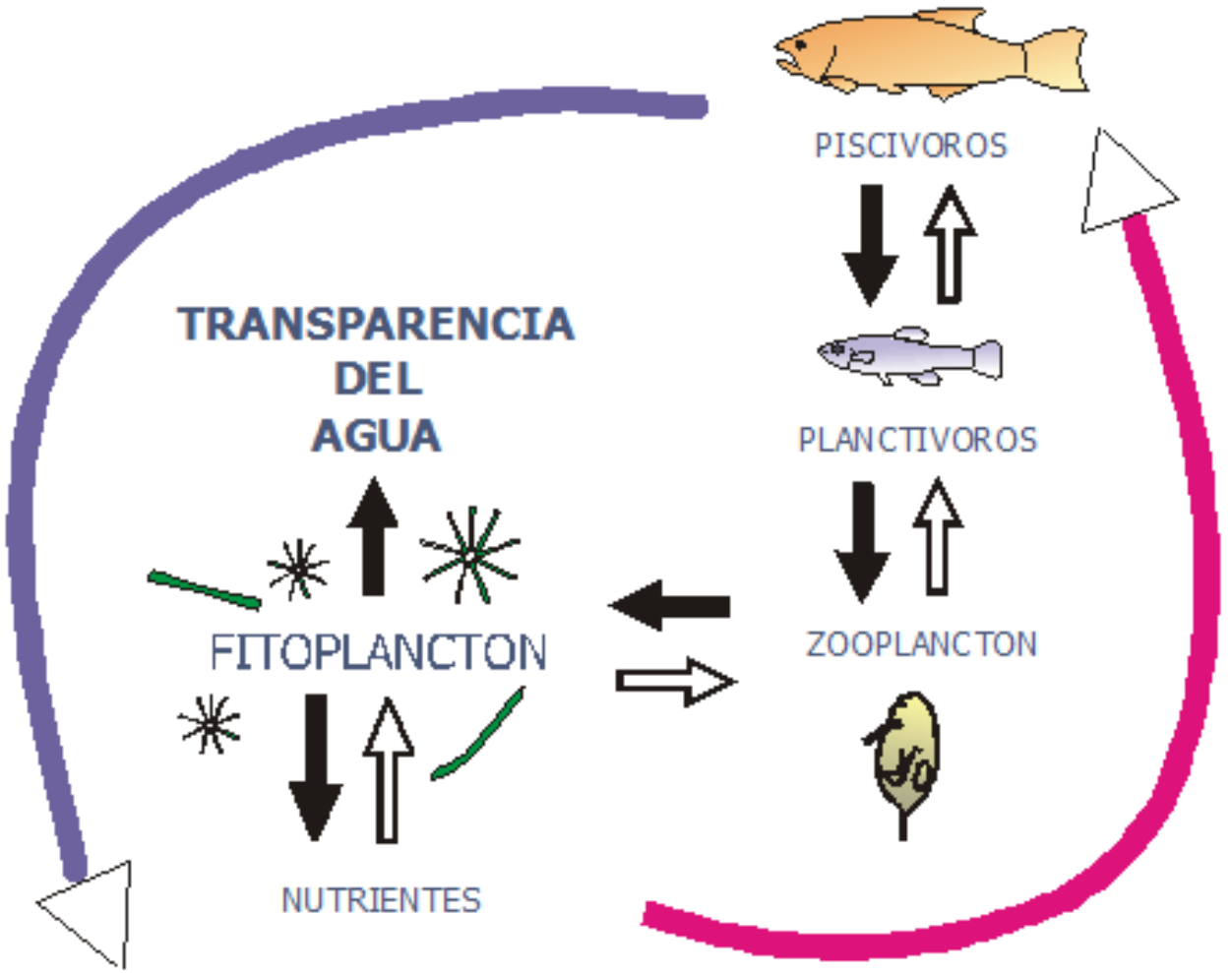
- Baja transparencia
- Altos valores de pH
- Gran amplitud de la concentración de oxígeno disuelto

- Alta transparencia
- pH neutro
- Tenor de oxígeno disuelto normal

- Un aumento de la biomasa de piscívoros provoca la disminución de los peces planctívoros que indirectamente condiciona una mayor abundancia de zooplancton y menor biomasa del fitoplancton

- Una situación inversa ocurre cuando tiene lugar una disminución de la abundancia de los peces piscívoros o un aumento de los planctívoros

- Estas interacciones tróficas indirectas se denominan en cascada y el conjunto de factores que determinan la presión de consumo sobre el fitoplancton (herbivoría) recibe el nombre de control descendentes (top-down)

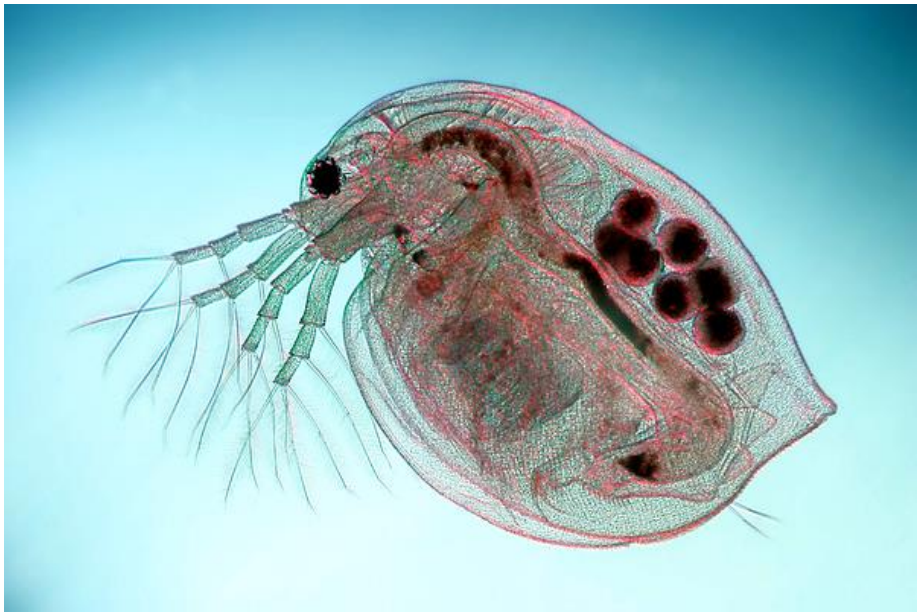

PISCIVOROS
PLANCTIVOROS
ZOOPLANCTON
FITOPLANCTON
NUTRIENTES
TRANSPARENCIA
DEL
AGUA

- Un aumento de la biomasa de piscívoros provoca la disminución de los peces planctívoros que indirectamente condiciona una mayor abundancia de zooplancton y menor biomasa del fitoplancton

- El desarrollo del fitoplancton depende de un control dual: disponibilidad de nutrientes u otros recursos (control bottom-up o ascendente), presión de consumo por el zooplancton (control top-down o descendente) u otros mecanismos de pérdidas

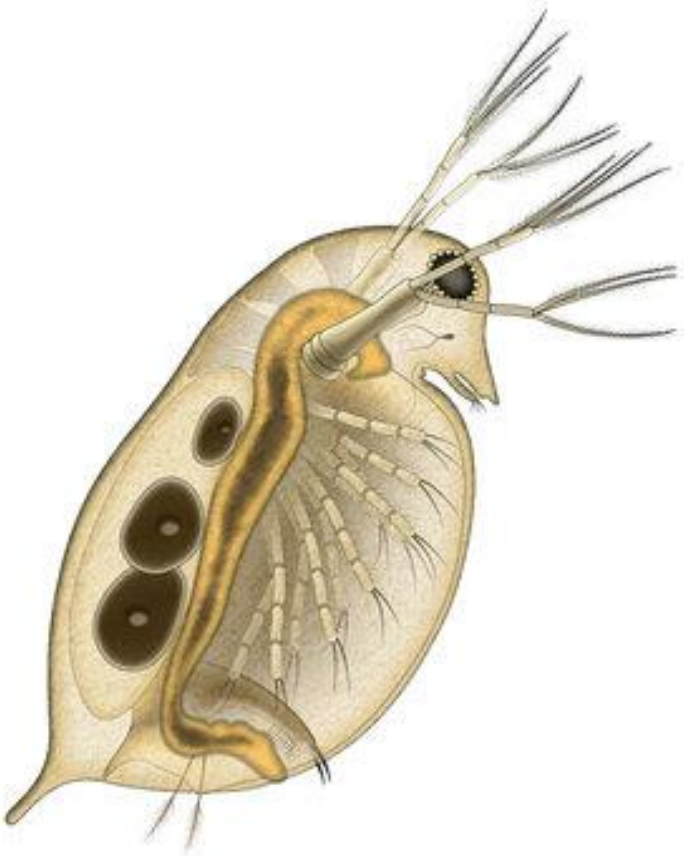
- El zooplancton es el grupo más importante con respecto al control top-down en la mayoría de los lagos
- Es un grupo heterogéneo de organismos
- En términos de número de individuos por volumen, los rotíferos y copépodos son los más importantes

- Especies del género Daphnia son especialmente conocidas por su elevado potencial de grazing, consumiendo un amplio rango de tallas excepto las grandes colonias



- Daphnia es un competidor muy exitoso en la comunidad zooplanctónica, sin embargo en muchos lagos someros estos animales son muy escasos

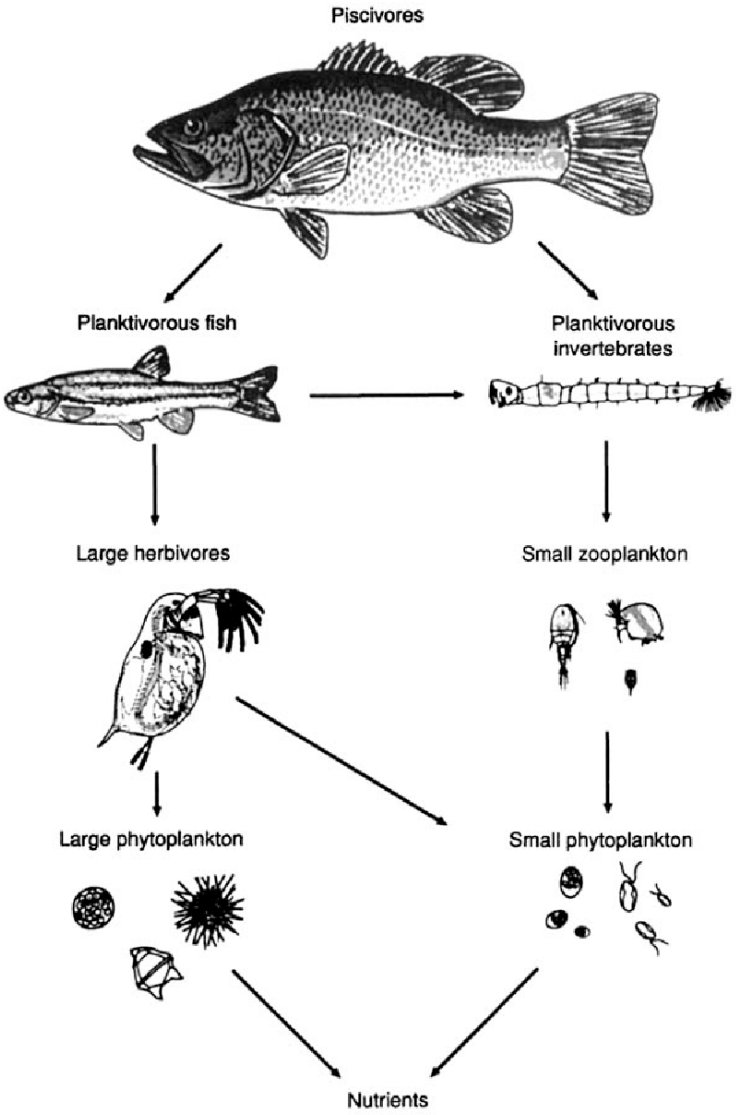
- La suspensión de arcillas en la columna de agua interfiere con la alimentación de este grupo

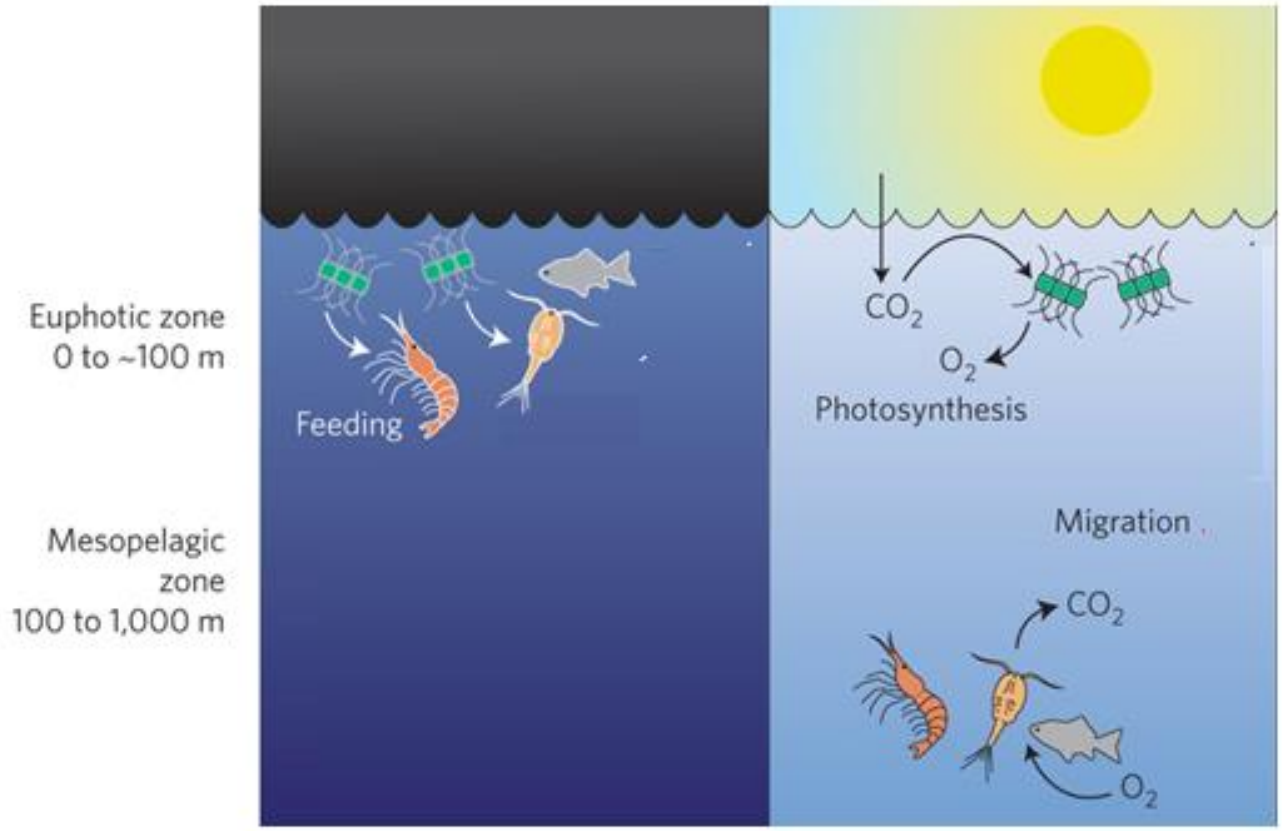


- Este genero no se reproduce bien cuando las algas tiene un bajo contenido de fósforo
- La presencia de cianobacteria coloniales y la producción de sustancias tóxicas reducen drásticamente las tasas de filtración, así como su sobrevivencia
- El éxito de estas especies depende en varios sistemas de la presencia de especies de peces planctívoros

- En la interacción entre los peces y el zooplancton, la heterogeneidad espacial del ambiente presenta un rol fundamental

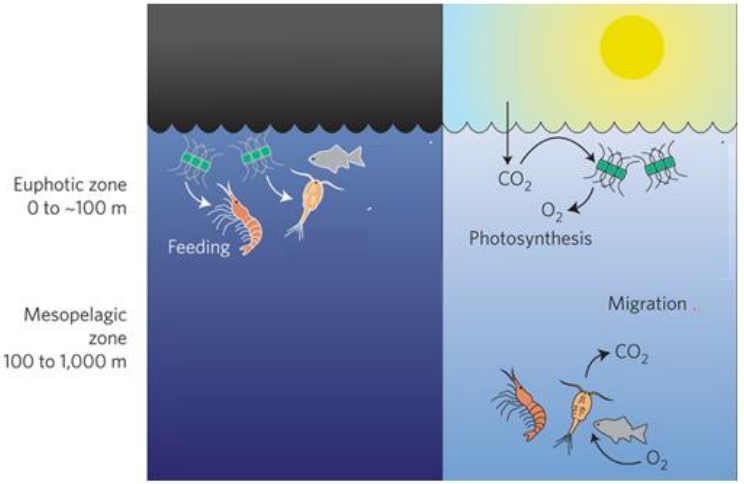
- La distribución de Daphnia en los lagos es claramente heterogénea o contagiosa




Euphotic zone
0 to ~100 m
Mesopelagic zone
100 to 1,000 m
Feeding
CO_2
O_2
Photosynthesis
Migration
CO_2
O_2

- El zooplancton en los lagos profundos presentan migración vertical, concentrándose en las capas profundas durante el día y emigrando a la superficie durante la noche

- En los lagos poco profundos, en general el zooplancton se concentra durante el día en las zonas vegetadas y se desplazan a las aguas abiertas durante la noche



- **El efectos de los peces sobre el zooplancton fue abordado durante la década de 1960s cuando Hrbácek y colegas (1961) analizaron las diferencias entre el plancton de diferentes lagos pequeños o ponds**

- En los sistemas con peces pequeños, el zooplancton consistía en organismos de pequeño tamaño y la biomasa algal era muy elevada

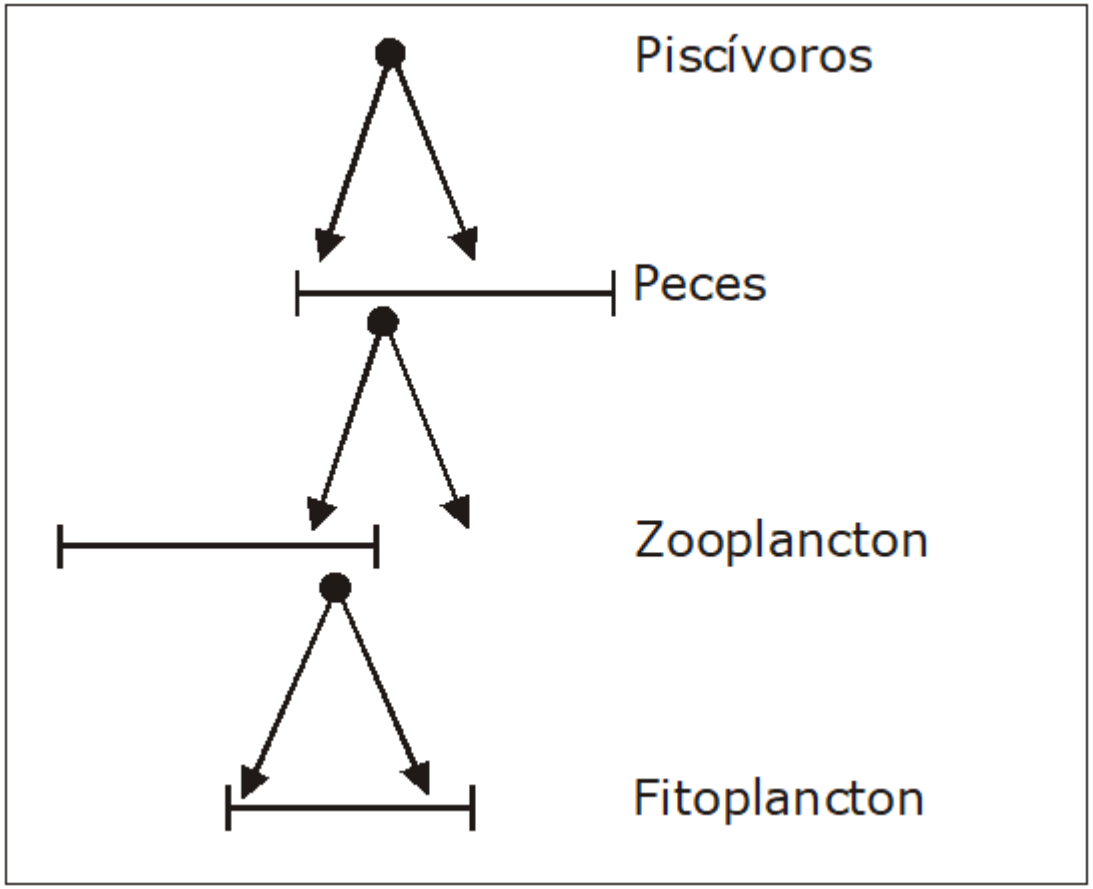
- En lagos sin peces, la producción de fitoplancton era muy baja y el zooplancton aparecía dominado por Daphnia

- Brooks & Dodson en 1965 observaron relaciones similares entre peces y zooplancton de lagos de Nueva Inglaterra, desarrollando size-efficiency hypothesis

- El zooplancton de gran tamaño es más eficiente en el consumo del fitoplancton que los competidores más pequeños, los cuales se restringen al consumo de pequeñas partículas

- Desde que los peces seleccionan sus presas por tamaño, consumen preferencialmente el zooplancton de gran tamaño favoreciendo la dominancia de los pequeños herbívoros menos eficientes en el consumo de fitoplancton

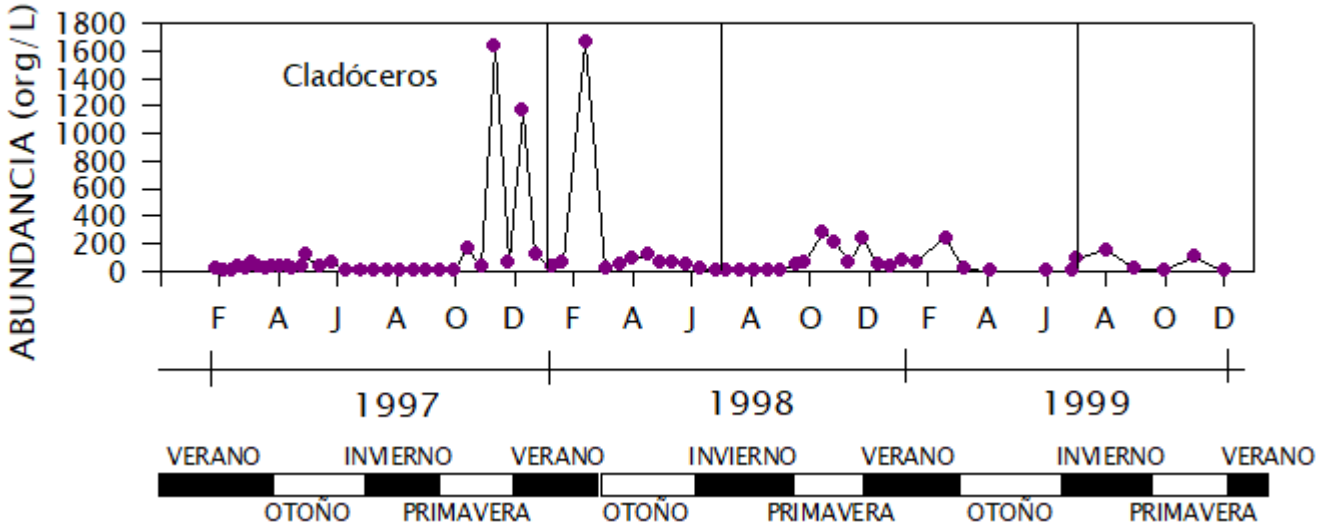
- En lagos sin peces, la producción de fitoplancton era muy baja y el zooplancton aparecía dominado por Daphnia

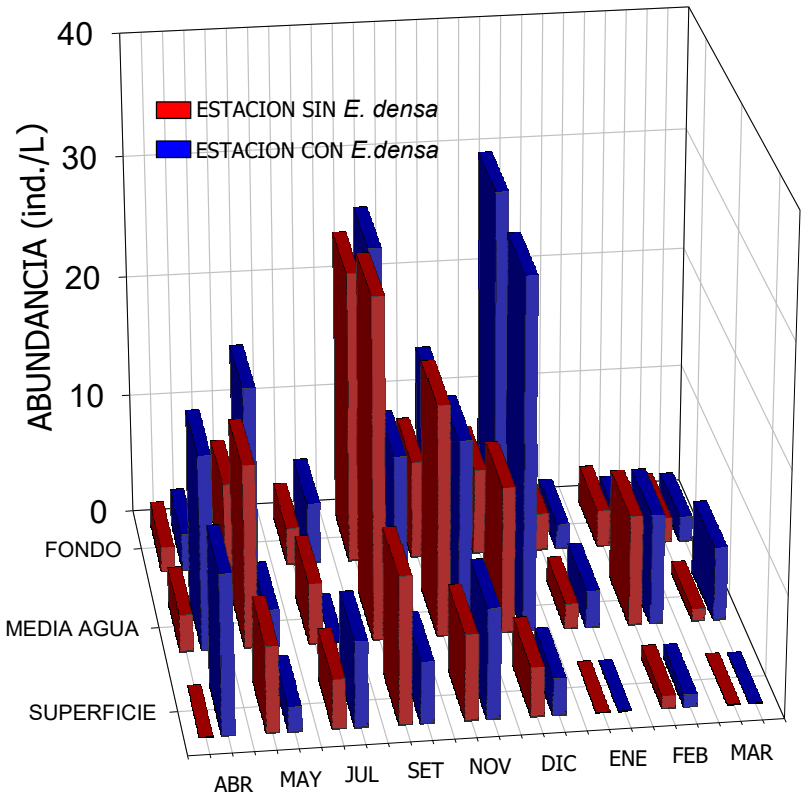


- Uno de los eventos característicos de la sucesión temporal del plancton, es el establecimiento de las fases de agua clara que ocurren al final de la primavera

- La disminución de la biomasa algal es ocasionado por la disminución de los nutrientes disponibles a causa de los blooms previos de fitoplancton

- Sin embargo, una fuerte presión de consumo de las algas por las especies de zooplancton de gran tamaño contribuyen marcadamente a este proceso. Este fenómeno es muy espectacular en lagos eutróficos

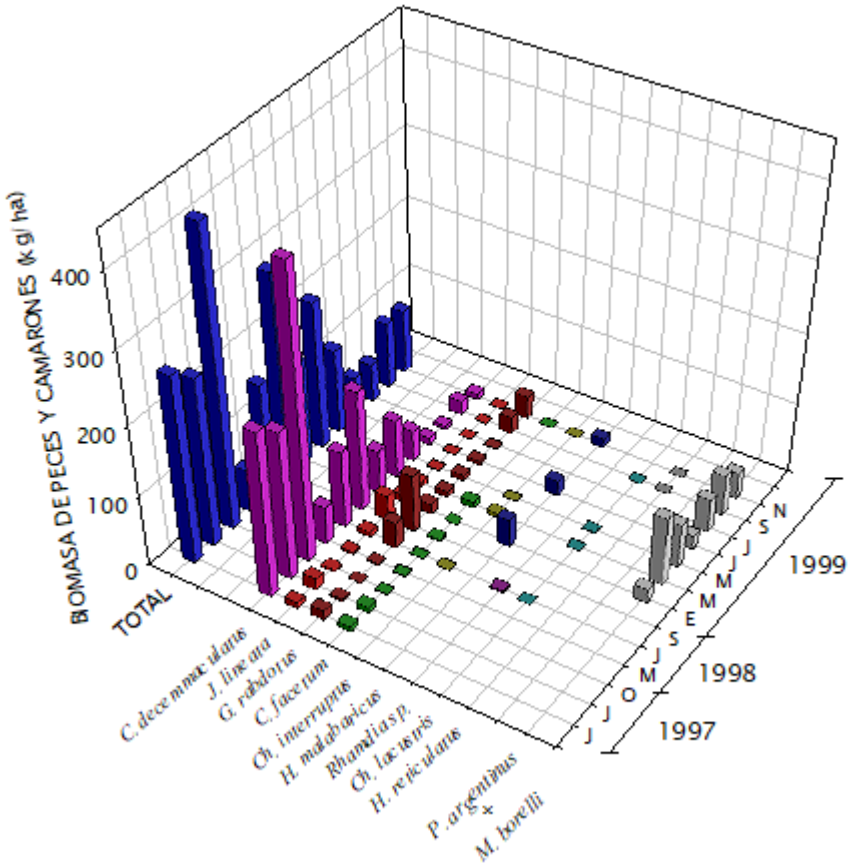

ABUNDANCIA (org/L)
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Cladóceros
F A J A O D F A J A O D F A J A O D
1997
1998
1999
VERANO
INVIERNO
VERANO
INVIERNO
VERANO
INVIERNO
VERANO
OTOÑO
PRIMAVERA
OTOÑO
PRIMAVERA
OTOÑO
PRIMAVERA


40
30
20
10
0
ABUNDANCIA (ind./L)
ESTACION SIN E. densa
ESTACION CON E.densa
FONDO
MEDIA AGUA
SUPERFICIE
ABR
MAY
JUL
SET
NOV
DIC
ENE
FEB
MAR

- Posteriormente al rápido incremento de abundancia de Daphnia en primavera, la abundancia decrece durante el resto del año, excepcionalmente se observan incrementos adicionales en el otoño

- Tradicionalmente se ha sostenido que el descenso de verano corresponde a la menor calidad del alimento provocado por el predominio de cianobacterias.

- Sin embargo, la evidencia indica una explicación adicional, el aumento de los juveniles de peces (YOY) en esta época del año contribuirían al colapso de Daphnia en verano


BIOMASA DE PECES Y CAMARONES (kg/ ha)
400
300
200
100
0
TOTAL
C. decemmaculatus
J. linneata
G. rabdotus
C. facetum
Ch. interruptus
H. malabaricus
Rhamdia sp.
Ch. lacustris
H. reticulatus
P. argentinus
+
M. borelli
J
J
O
M
S
E
M
M
J
J
S
N
1997
1998
1999

- Un factor adicional que debe considerarse en las interacciones en cascada trófica desde los peces a las microalgas, es la presencia de grandes densidades de invertebrados que depredan sobre el zooplancton, entre los que se destacan camarones como Leptora, Palaemonetes, Macrobrachium o larvas de insectos como Chaoborus

- En ocasiones la reducción del stock de peces es acompañado por un aumento de la abundancia de estos invertebrados.

- En el lago Tuakitoto en New Zealand, la poblaciones de un bivalvo (Hyridella menziesi) es capaz de filtrar el lago una vez cada 32 horas y reducir la biomasa fitoplanctónica en un 80%

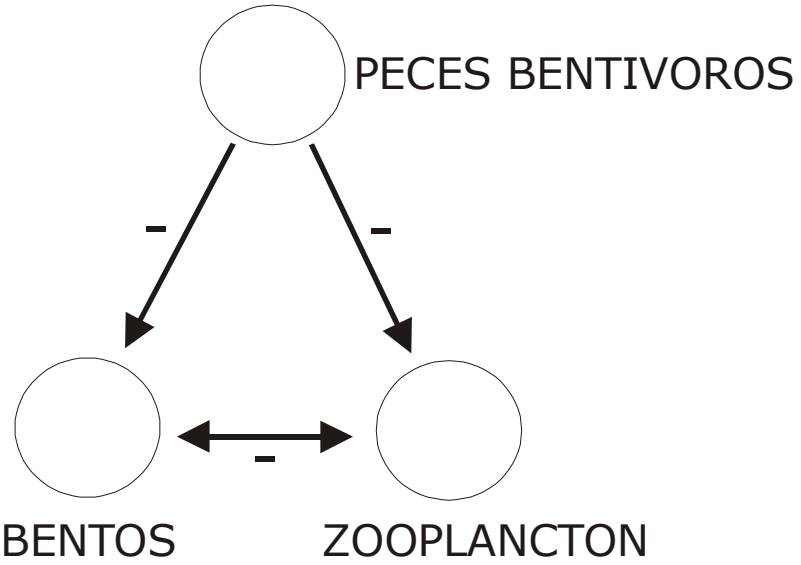
- Otros ejemplos similares han sido reportados con las especies Dreissena polymorpha y Corbicula fluminea.

- El potencial de Dreissena para incrementar la transparencia del agua ha sido analizado experimentalmente en Holanda

- En pequeños lagos hipereutróficos se adicionó esta especie sobre dispositivos de redes en una densidad de 540 ind/m2. La transparencia se incremento sustancialmente, desapareciendo los blooms de cianobacterias en el verano

- Los invertebrados bentónicos como las larvas de quironómidos y moluscos son más abundantes en lagos someros que en lagos profundos

- La elevada disponibilidad de recursos bentónicos en lagos poco profundos se refleja en la estructura de la comunidad de peces


PECES BENTIVOROS
-
-
-
BENTOS
ZOOPLANCTON

- En lagos turbios no vegetados, los peces bentívoros son el grupo más abundante en términos de biomasa. Algunas de estas especies pueden consumir alternativamente el zooplancton cuando este es abundante. En este contexto, se genera una competencia aparente entre el zooplancton y el bentos

- Existe una gran diversidad de peces que depredan sobre moluscos (por ej. Lepomis microlophus o Tinca tinca)

- Los moluscos tienen un papel fundamental en el control del perifiton, por lo tanto el incremento de estos peces tiene un efecto indirecto en la abundancia del perifiton y sobre la abundancia de la vegetación acuática

- **El aumento de la abundancia o la introducción de piscívoros determina respuestas en las poblaciones de planctívoros, especialmente la disminución de la talla y un menor reclutamiento**

- **El aumento de la abundancia o la introducción de piscívoros determina respuestas en las poblaciones de planctívoros, especialmente la disminución de la talla y un menor reclutamiento**

- El canibalismo entre los piscívoros pueden ser muy severo, incluso dentro de una misma cohorte

El canibalismo puede ser muy importante en ausencia de vegetación acuática, grandes densidades de los juveniles de estas especies encuentran refugio en los sitios vegetados

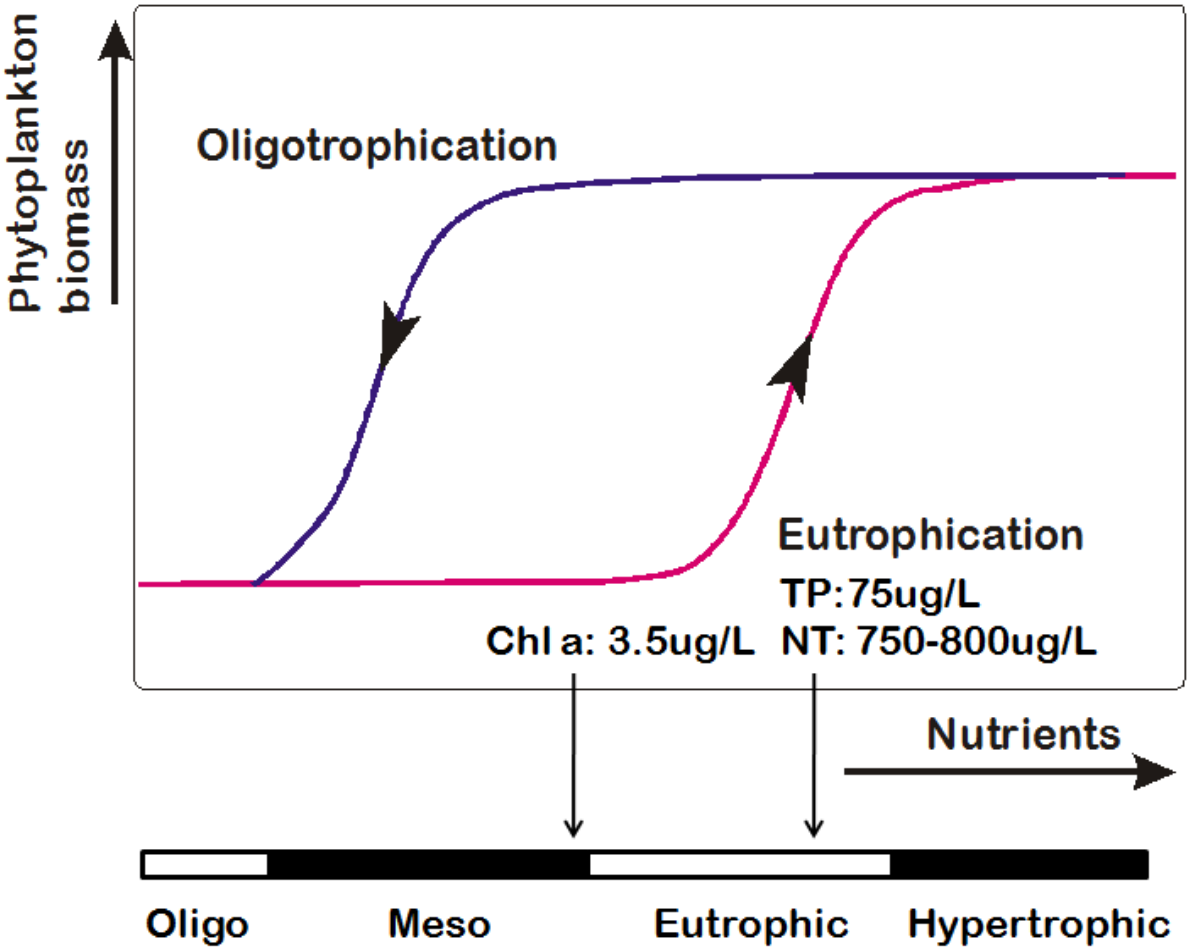
- Este es un factor fundamental para la sobrevivencia frente al consumo de las tallas más grandes de la misma especie

- Varios estudios demuestran que el stock de peces aumenta a medida que incrementa la concentración de fósforo en los lagos

- La biomasa de peces se correlaciona directamente con la biomasa de macroinvertebrados bentónicos, los cuales aumentan en un rango intermedio de nutrientes

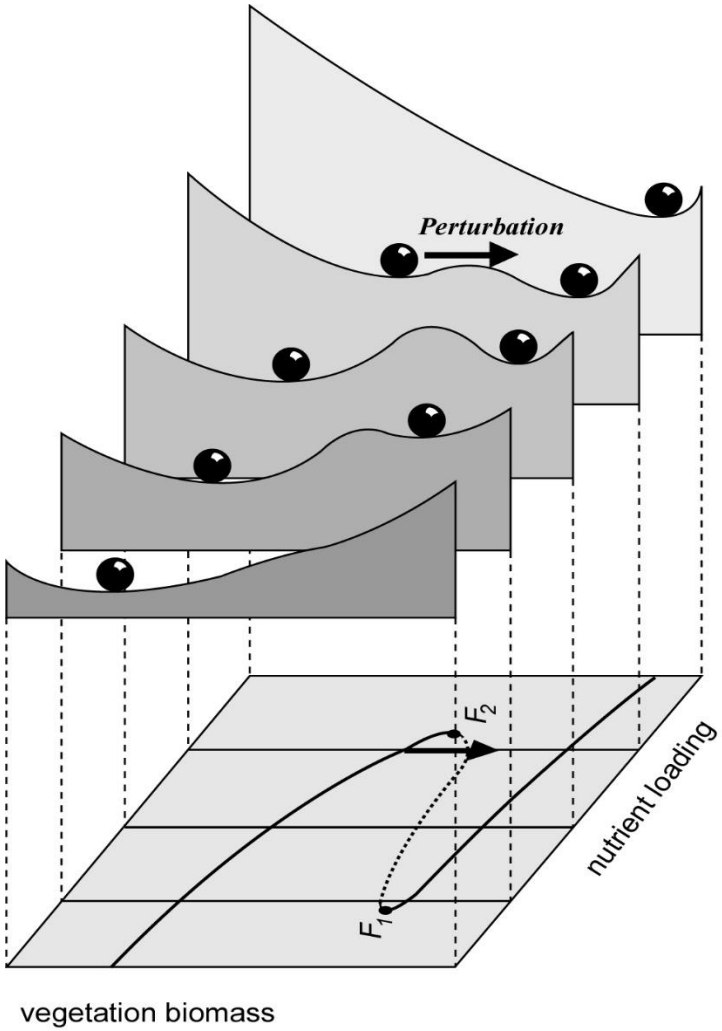
- Esta aumento determina una presión de depredación extraordinariamente alta sobre el zooplancton en sistema eutróficos

- El aumento del estado trófico reduce la proporción de piscívoros por una combinación de factores ligados a la turbidez de la columna de agua y a la desaparición de la vegetación acuática

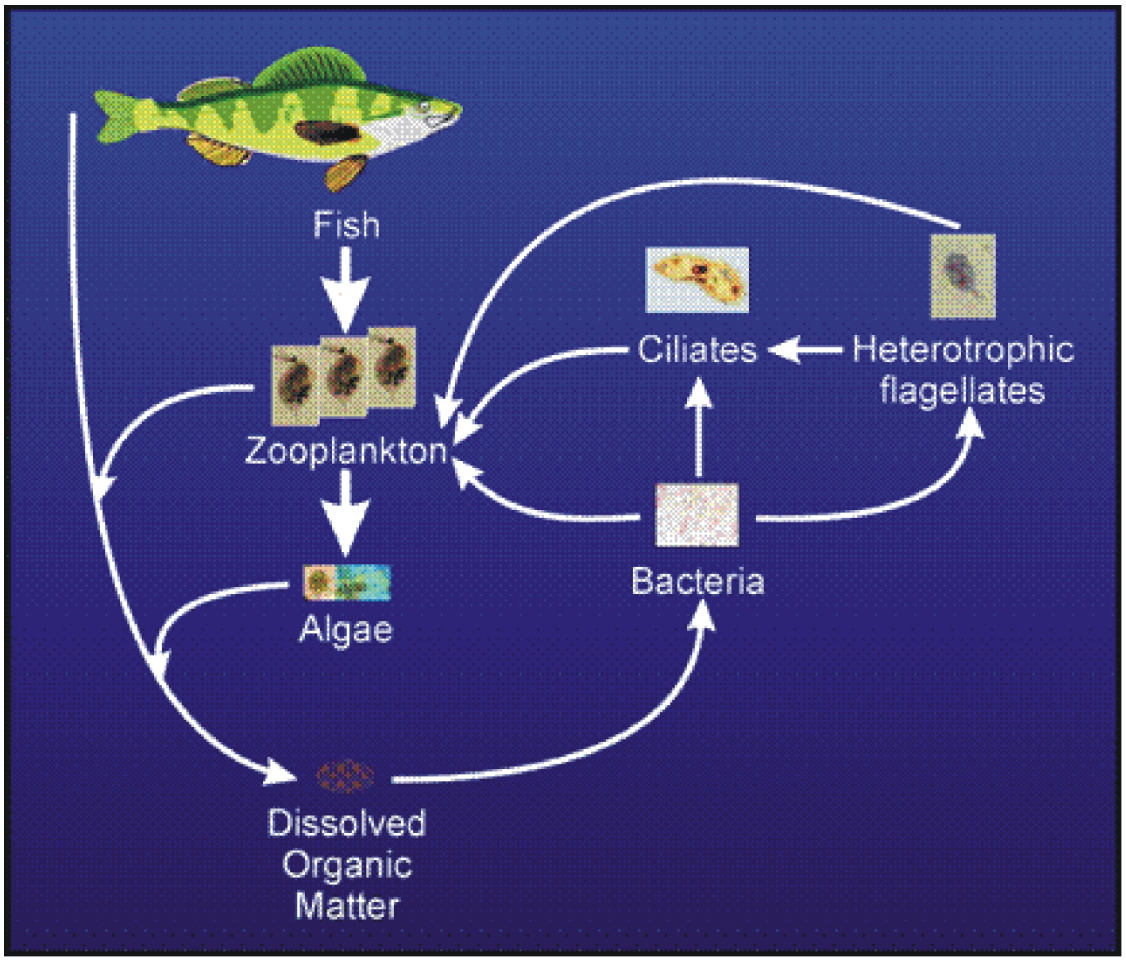

Phytoplankton biomass
Oligotrophication
Eutrophication
TP:75ug/L
Chl a: 3.5ug/L
NT: 750-800ug/L
Nutrients
Oligo
Meso
Eutrophic
Hypertrophic

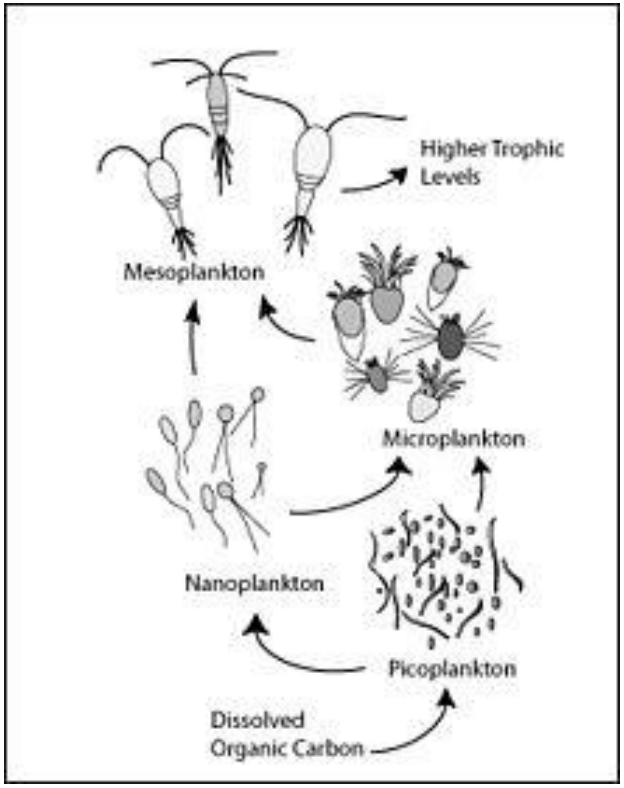
- Los sistemas poco profundos presentan configuraciones ecosistémicas (regímenes, estados alternativos) dentro de un mismo estado trófico (meso y eutrofia)

- La resiliencia del sistema a cambiar de régimen origina un fenómeno de histéresis, que implica que el lago bajo procesos de eutrofización u oligotrofización presenta valores de biomasa microalgal (o abundancia de plantas acuáticas) muy diferentes con la misma carga de nutrientes



Los lagos someros son los ejemplos más conocidos de ecosistemas con estados alternativos, los mecanismos causales y buffer son bien comprendidos


Fish
Zooplankton
Algae
Dissolved
Organic
Matter
Ciliates
Heterotrophic
flagellates
Bacteria



- **El metabolismo del sistema es el resulta de la interacción entre la trama trófica clásica y el loop microbiano**

LIMNOLOGÍA 2025

Docentes: M.Sc. Florencia Balay, M.Sc. Maite Burwood, Lic. Claudia Fosalba, Lic. Lucía González-Madina, Lic. Bruno Gorostidi, Lic. Paula Levrini y Dr. Néstor Mazzeo

CURE Centro Universitario Regional del Este
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY