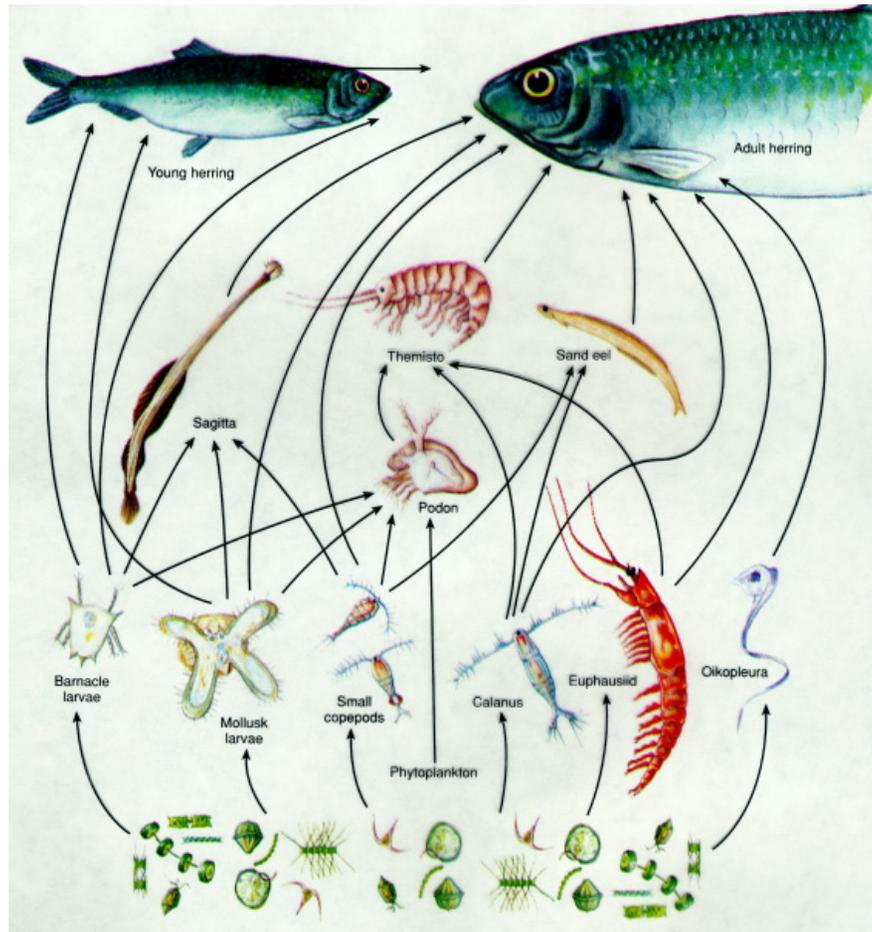
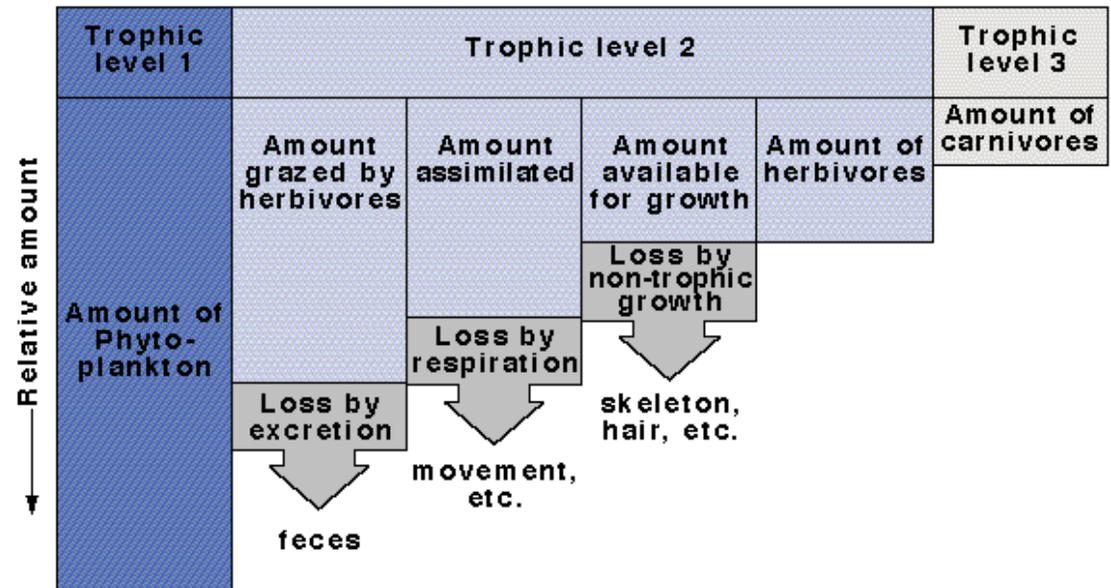


Producción secundaria



# Cadenas alimentarias y dinámica trófica

La cantidad de energía que se transfiere entre los niveles sucesivos de una cadena alimentaria es, en promedio, el 10%



# Producción secundaria

---

- La producción primaria es relativamente fácil de medir.
- La producción secundaria, sin embargo, es más difícil de estimar debido a tiempos generacionales más largos, distribución discontinua de las poblaciones, abundancias poblacionales menores.

La producción primaria se suele medir de tres maneras:

La cantidad de dióxido de carbono utilizado

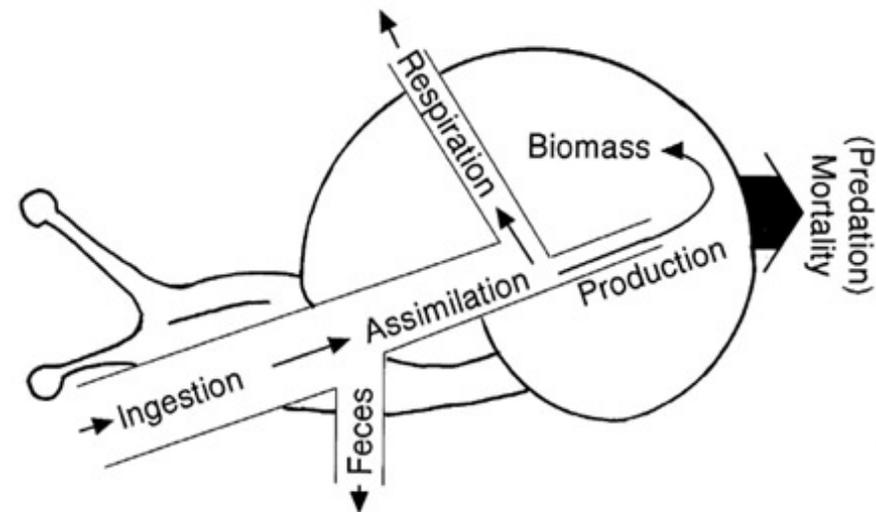
La tasa de formación de azúcar

La tasa de producción de oxígeno

[http://www.phschool.com/science/biology\\_place/labbench/lab12/measure1.html](http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/lab12/measure1.html)

# Producción secundaria

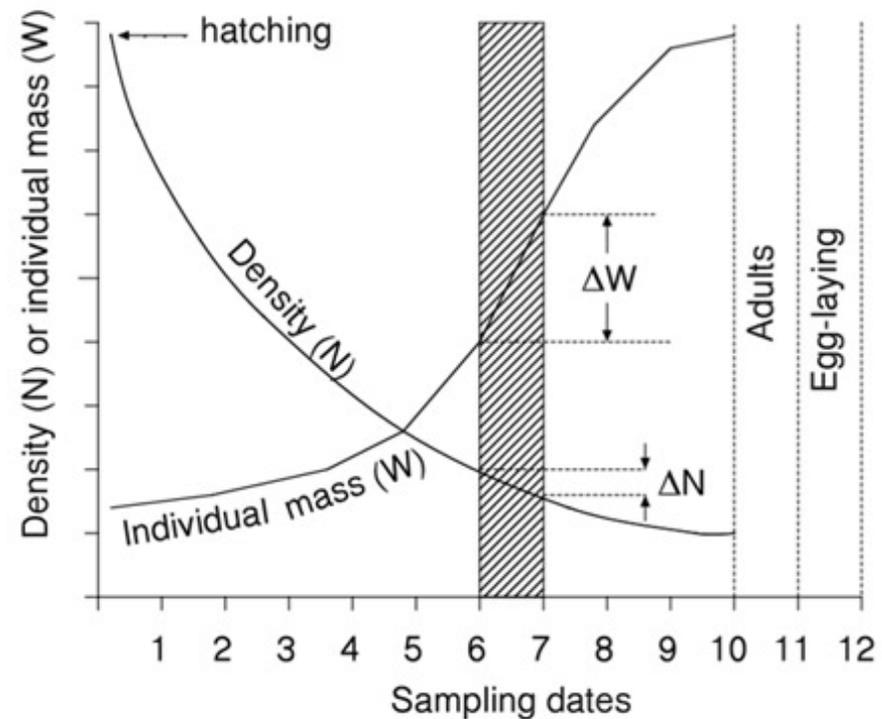
- La producción primaria es relativamente fácil de medir.
- La producción secundaria, sin embargo, es más difícil de estimar debido a tiempos generacionales más largos, distribución discontinua de las poblaciones, abundancias poblacionales menores.

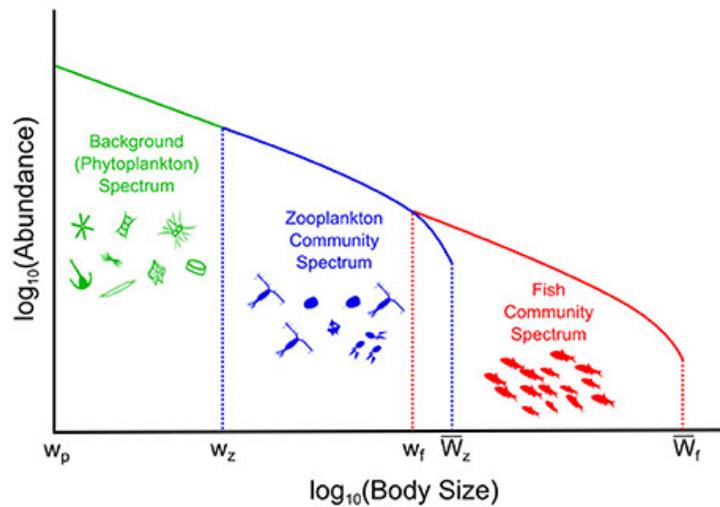


<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/secondary-production-13234142/>

# Producción secundaria

- La producción primaria es relativamente fácil de medir.
- La producción secundaria, sin embargo, es más difícil de estimar debido a tiempos generacionales más largos, distribución discontinua de las poblaciones, abundancias poblacionales menores.





## Producción secundaria

- A través de la obtención de datos de campo sobre la abundancia de zooplancton y peces.
- A través de la obtención de datos experimentales sobre la energética del zooplancton y peces.
- Utilizando estimados de producción primaria y conocimientos sobre trofodinámica:
  - estimaciones indirectas: conociendo cuanta energía puede ser transferida entre cada nivel trófico.

## Eficiencia ecológica

Eficiencia con la que la energía puede ser transferida entre niveles tróficos sucesivos.

Cantidad de energía que se extrae de un nivel trófico  $\lambda_0$  dividida entre la energía que entra al nivel trófico  $\lambda_1$

Difícil de medir –puede ser estimada a través del uso de las eficiencias de transferencia

# Eficiencia de transferencia

$E_t$  = Eficiencia de transferencia

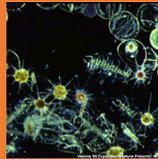
$P_t$  = productividad del nivel trófico  $\lambda_t$

$P_{t-1}$  = productividad del nivel trófico  $\lambda_{t-1}$

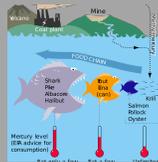
$$E_t = P_t / P_{t-1}$$

\* No todos los organismos se transfieren... Algunos mueren por otras causas distintas a la depredación (y entran al ciclo del detritus)

# Eficiencia de transferencia



~20% del fitoplancton a los herbívoros



10-15% en los niveles sucesivos

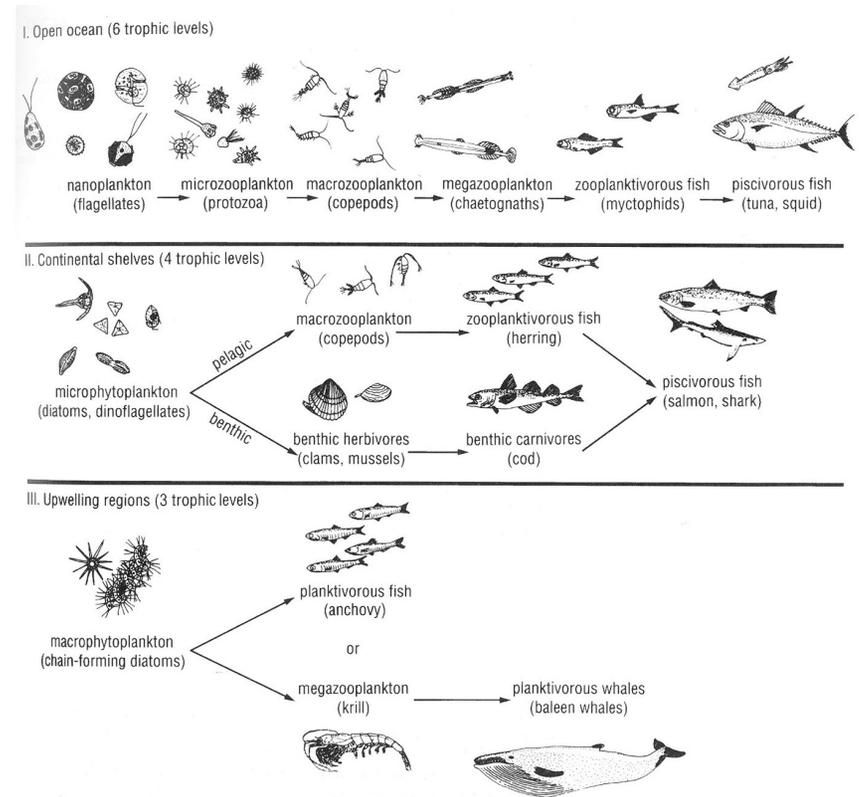


Las pérdidas energéticas entre niveles tróficos son del orden del 80-90% y se deben principalmente a la respiración

# ¿Cuántos niveles tróficos?

En sistemas naturales, el intervalo es de 2 a 6 niveles

- Suele haber menos en zonas costeras y/o de surgencia
- Suelen ser más en zonas oligotróficas
- El número de niveles tróficos puede estar asociado al tamaño del fitoplancton
- El fitoplancton tiene a ser de mayor tamaño en las áreas de surgencia y más pequeño en zonas de océano abierto



# Producción secundaria

---

- Una vez que se conoce la estructura trófica, puede estimarse la producción secundaria:

$$P_{(n+1)} = P_1 E^n$$

- P es la producción en el (n+1) nivel trófico
- n es el numero de transferencias tróficas (niveles tróficos menos uno)
- $P_1$  es la producción primaria (anual)
- E es la eficiencia ecológica

## Los peros...

---

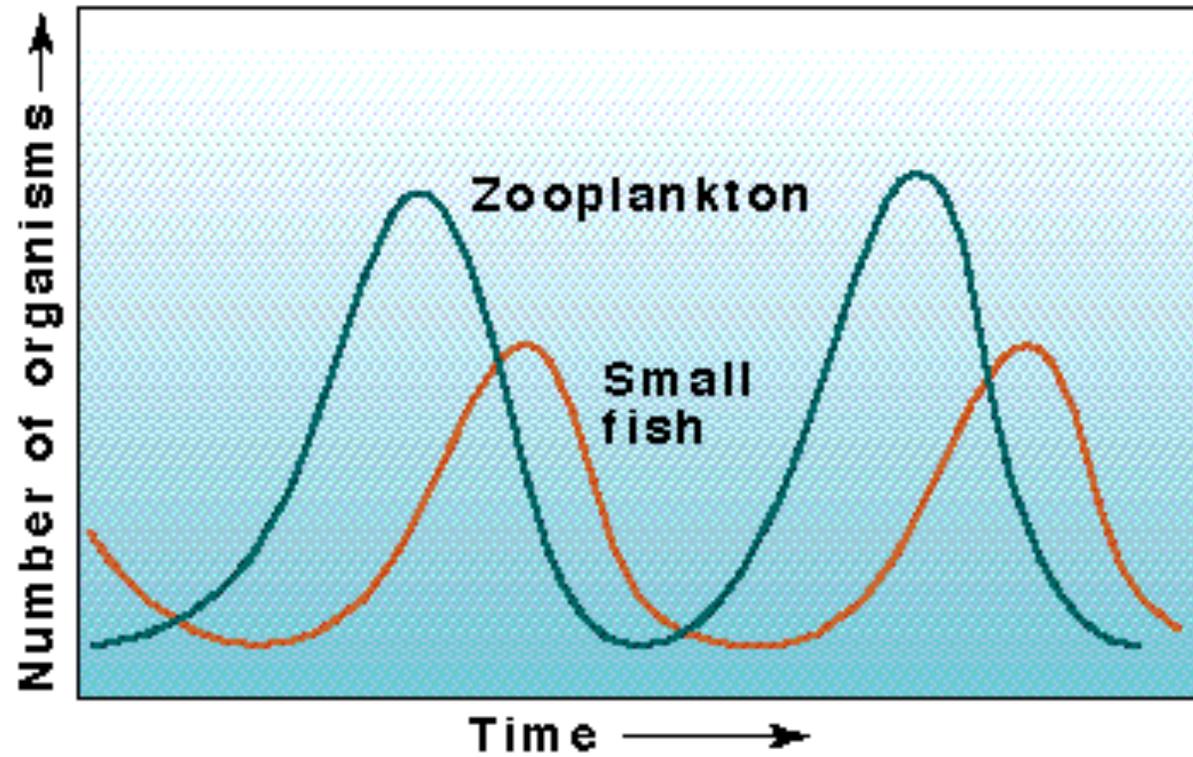
- E es un estimador con una influencia muy grande: al duplicar E, la producción secundaria puede incrementar x10
- Cadenas alimentarias vs redes tróficas – las transferencias tróficas no suelen ser tan simples como lo asume el modelo

# Productividad

---

- Concepto relacionado con la actividad biológica y el conjunto de interacciones en el ambiente
- Medidas de productividad
  - Números o biomasa medidos como  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{año}$ 
    - Productividad media del océano =  $100 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{año}$
  - Afectada por las tasas de crecimiento (o de excreción, pastoreo, hundimiento, et cetera)
  - Por las interacciones de los organismos con el ambiente y entre sí

Consumidores  
– Las  
interacciones  
alimentarias



# Productividad

---

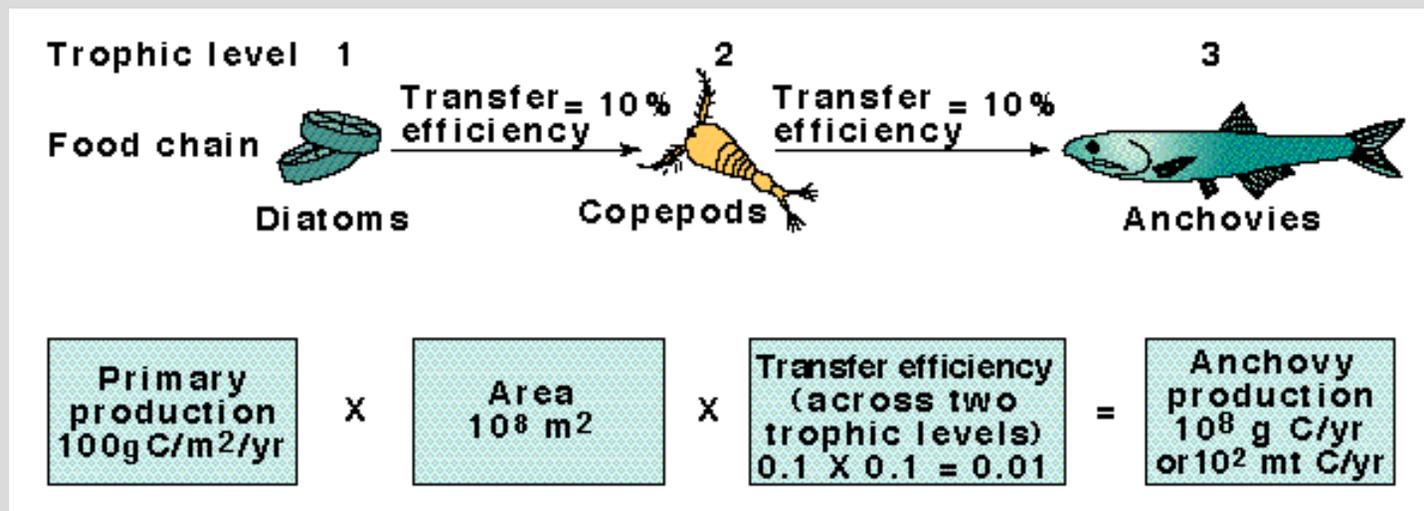
- Productividad = tasa de crecimiento – tasa de pérdida
  - Para la productividad primaria:
    - Las tasas de crecimiento varía con la luz, nutrimentos y temperatura (entre otros)
    - Las pérdidas incluyen, pero no se limitan a, respiración, pastoreo, hundimiento y muerte.
  - Para la productividad secundaria
    - Las tasas de crecimiento varía en función a la ingestión
    - Las pérdidas incluyen, pero no se limitan a, respiración, producción de heces, excreción nitrogenada y muerte.

# Pastoreo

---

- Es responsable de la mayor parte de las “pérdidas” de la biomasa del fitoplancton
- Otros mecanismos no suelen ser importantes a menos que no ocurra el pastoreo
- El pastoreo puede prevenir o terminar los florecimientos
- Considerando que el 90% del carbono y la energía se pierden en cada paso trófico
  - DOC y POC pueden ser utilizados por el ciclo microbiano, detritívoros, et cetera

# Patrones globales de productividad



# Estimaciones de la productividad secundaria

En algunos casos, la producción primaria no es un buen indicador de la producción en niveles tróficos altos

Sistemas eutróficos  
(PP >> pastoreo)

Sistemas donde ocurre el pastoreo selectivo



En estos casos, el excedente de PP suele entrar al circuito micobiano o de detritus

# Estimaciones en cascada (top-down)

---

- Se consideran las estadísticas de pesca para “rellenar los huecos” en niveles tróficos inferiores (con el riesgo de subestimar la PP)
  - Pueden haber omisiones de productividad que llevan a cabo especies que compiten o que no se cosechan

# Producción del zooplancton

---

- Se define como la cantidad total de producción nueva en un tiempo determinado, sin importar si los individuos sobreviven durante todo el intervalo
- $B = Xw$
- $B$  = biomasa,  $X$  = número de ind,  $w$  = peso individual promedio

# Producción del zooplancton

---

- $P_t = (X_1 - X_2) \left( \frac{w_1 + w_2}{2} \right) + (B_2 - B_1)$
- $P_t$  = producción entre los intervalos  $t_1$  and  $t_2$
- $B_2 - B_1$  incremento en la biomasa
- $W$  Peso individual promedio

# Producción del zooplancton

---

- Idealmente, se debería estudiar una cohorte de una población en el tiempo
  - cohorte = una generación de progenie de una especie
- ¡Imposible!
  - Implicaría seguir una masa de agua por un periodo suficientemente largo

# Productividad del zooplancton

- Los estudios de cohortes abordan los cambios en los números relativos y sopesan la importancia de las varias etapas de los ciclos de vida (suelen enfocarse a las especies más abundantes, como los copépodos)

# Productividad del zooplancton

- La productividad suele cambiar en función del tiempo
  - Hay diferencias en el crecimiento de las distintas etapas en el zooplancton
  - Las tasas son, a su vez, cambiantes
  - El crecimiento está en función de la temperatura
  - La productividad puede ser negativa en algunas regiones cuando los ind utilizan sus reservas en lugar de ingerir alimento

# Biología marina experimental

- Experimentos (escala de laboratorio)
- Experimentos (mesoescala)
- Experimentos (simulaciones de cómputo)

# Experimentos (lab)

- Permiten el uso de organismos individuales en volúmenes pequeños
- Se han usado para estimar los requerimientos de alimento (energía)
- Se han usado para estimar las eficiencias de transferencia
- mainly herbivorous copepods (and phytos)

# Experimentos (lab)

- $G = R - E - U - T$
- G = Crecimiento
- R = Ingestión
- E = Producción de heces
- U = Excreciones amoniacaes (e.g., urea y amonio)
- T = Respiración

# Experimentos (lab)

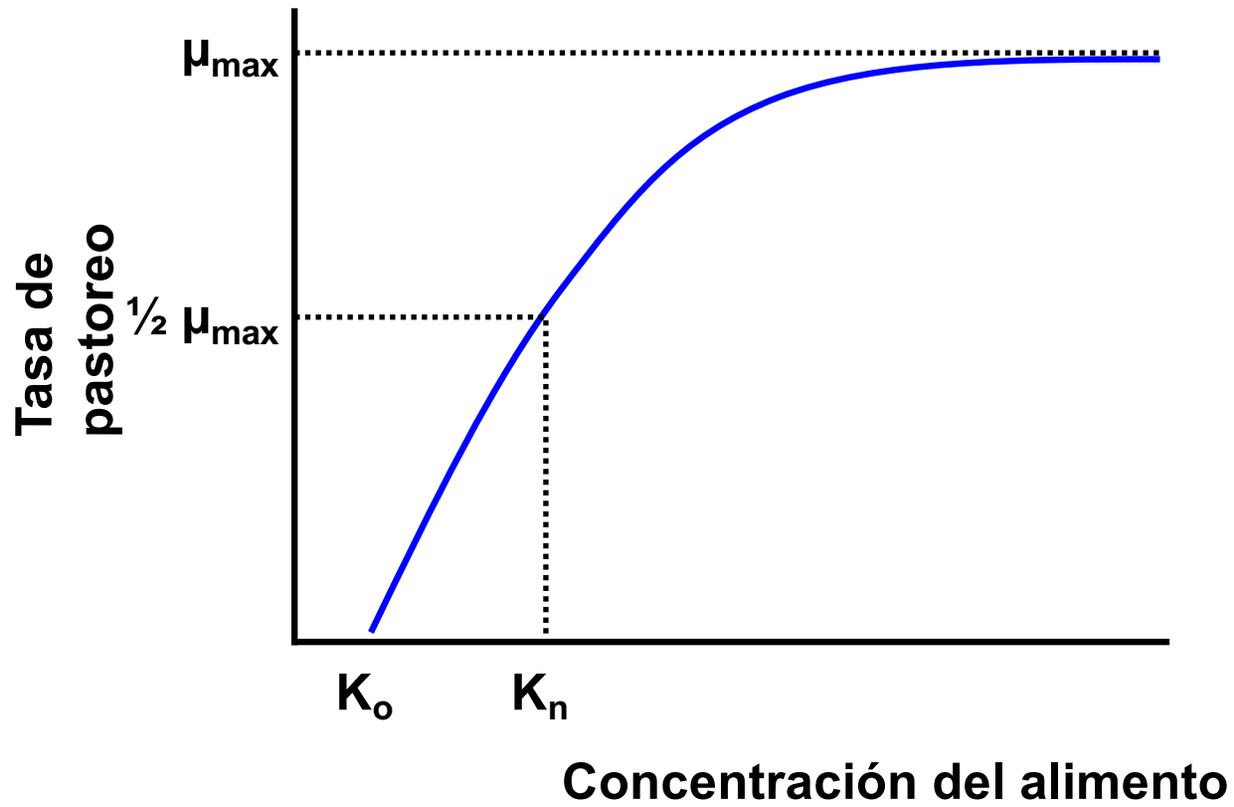
- Los productos de excreción (U) suelen considerarse como negligibles por lo que la ecuación se simplifica
- $AR = T + G$
- A = Proporción utilizada de alimento
- $A = (R - E)/R$

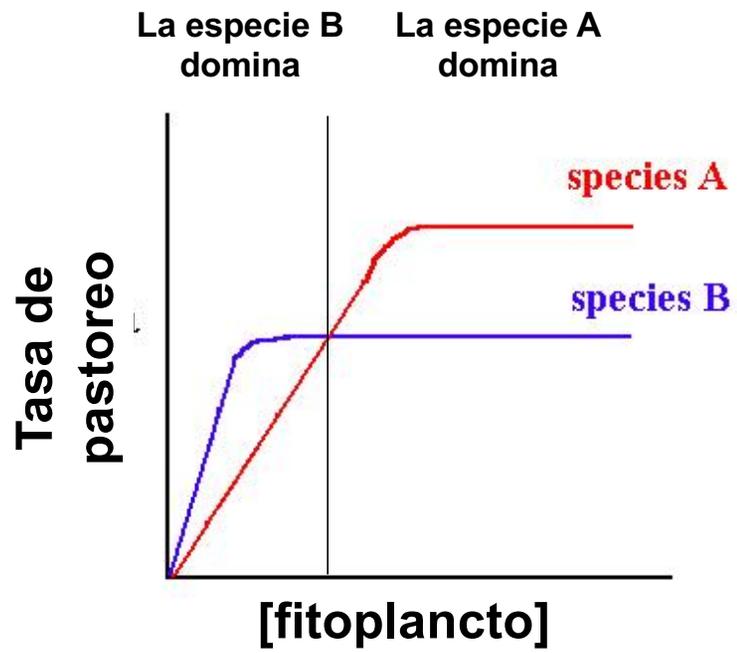
# Tasas de asimilación

- Suelen ser mayores en los carnívoros (80 - >90%), que en los herbívoros (50 - 80%) o en los detritívoros (<40%)
- Por qué?

# Ingestión (R)

- Las tasas de pastoreo dependen de la concentración de alimento
- Suelen explicarse por la cinética de la ecuación de Michaelis-Menton
- $R = R_{\max}(1 - e^{-kp})$
- $k$  = constante de pastoreo
- $p$  = densidad de presas





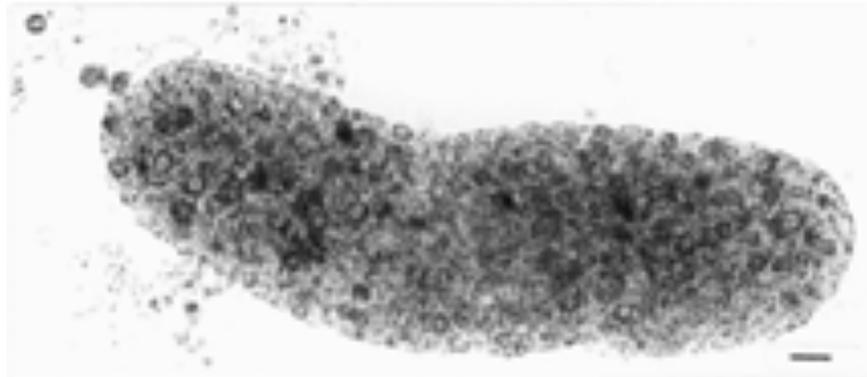
# Respiración (T)

- T = tasa de respiración
- respirometría

(está relacionada con la temperatura y el tamaño individual)

# Producción de heces (E)

- Es necesario recolectar, contar y pesar



# Crecimiento (G)

- El crecimiento (G) se puede estimar una vez que se conocen R, E, A y T
- Conociendo G, la eficiencia de crecimiento se calcula como:
  - Bruta:  $K_1 = G/R \times 100\%$
  - Neta:  $K_2 = G/AR \times 100\%$

# Eficiencia de crecimiento

- Temperatura y disponibilidad de alimento afectan la eficiencia de crecimiento
- La eficiencia cambia con la edad
- La eficiencia neta del Zoo varía entre el 30 - 80%
- En los animales terrestres varía entre el 2 - 5%

# Eficiencia de crecimiento

- Permite estimar la cantidad de alimento necesario para producir cierta biomasa en cada nivel trófico
- Suele basarse en estudios de laboratorio