

Tema 1: Definición, objeto de estudio y diversidad de ecosistemas acuáticos

- a) Definiciones y objeto de estudio de Limnología y Ecología Marina
- b) Breve historia de las disciplinas
- c) Diversidad de Ecosistemas acuáticos: Tipos y subtipos
- d) Relaciones de interdependencia entre ecosistemas acuáticos y terrestres

a) Definiciones y objeto de estudio de **Limnología** y **Ecología Marina**

François-Alphonse Forel (1841-1912): Primero en usar el concepto limnología con referencia al **estudio de los lagos**. Lo hace en su obra: *Le Léman*, publicada en tres volúmenes entre 1892 a 1904, nombrando a esa actividad limnología en analogía con la oceanografía ("limnografía" podría llevar a confusión con el limnógrafo, que mide niveles de agua en lagos).

Limnología: *límnē*, "lago" y *lógos*, "estudio"
Ciencia que estudia los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, ríos, humedales...).

Se suele considerar una rama de la ecología.



Las limnades o limnátides (del griego λίμνη 'lago') son semidiosas que habitan en las aguas de las antiguas civilizaciones griegas.

a) Definiciones y objeto de estudio de **Limnología** y **Ecología Marina**

Otras definiciones:

F. A. Forel (1892): estudio de los lagos.

SIL (1922): estudio del conjunto de las aguas dulces o epicontinentales.

Odum (1972): El estudio de la estructura y función de los ecosistemas acuáticos continentales.

Margalef (1974): Biología de los ecosistemas acuáticos no marinos.

Margalef (1983): Ecología de las aguas no marinas.

Wetzel (1975): El estudio de las reacciones funcionales y de la productividad de las comunidades bióticas de las aguas dulces en relación a los parámetros físicos, químicos y bióticos ambientales.

Cole (2009): Estudio integrativo y multidisciplinar de las aguas continentales.

a) Definiciones y objeto de estudio de **Limnología** y Ecología Marina

La **limnología** es la rama de la ecología que estudia los ecosistemas acuáticos continentales (lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios), incluyendo el agua subterránea y cuerpos de agua intermitentes (o temporales), las interacciones entre los organismos acuáticos y su ambiente, y factores sociales, ecológicos y evolutivos que determinan su distribución y abundancia en dichos ecosistemas.

Incluye aguas salobres y saladas continentales. No se debe asumir que es estrictamente el estudio de agua dulce.

a) Definiciones y objeto de estudio de Limnología y **Ecología Marina**

Concepto de **Ecología Marina**:

Estudio de los ecosistemas marinos, con especial foco en la fracción biótica del ecosistema, sin olvidar las interacciones de poblaciones y comunidades con el medio abiótico.

Oceanografía: estudio de los aspectos físicos, químicos y geológicos de los océanos.

Recopilación de observaciones sobre la vida marina en las primeras expediciones.

Creciente interés en la vida marina: se reconoce la importancia de comprender cómo los organismos marinos interactúan con su entorno y entre sí (distribución de especies, alimentación, reproducción, adaptaciones).

Primeros ecólogos marinos: durante el siglo XX, se comienzan a aplicar principios de la Ecología al estudio de ecosistemas marinos.



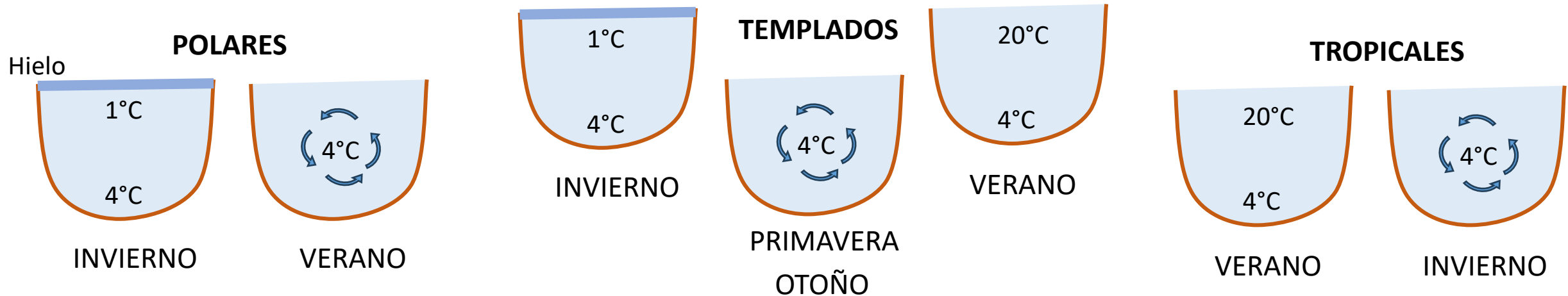
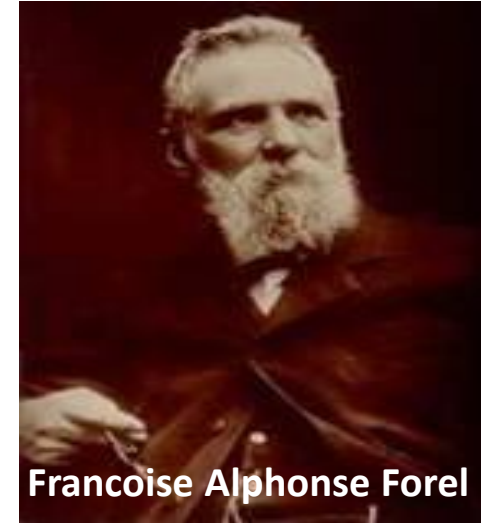
Ecología Marina, como disciplina consolidada.

b) Breve historia de las disciplinas

Limnología: orígenes de la escuela europea

F. A. Forel (1841-1912) considerado el **padre de la Limnología** con su trabajo sobre el lago “*Le Léman*” publicado en 1892. Aquí reconoce la importancia de la **estratificación térmica del agua de los lagos** y propone clasificarlos como polares, templados y tropicales.

En 1901 se publica el primer texto de limnología titulado: “*Handbuch der Seekunde: allgemeine Limnologie*”. (*Manual de limnología general*)



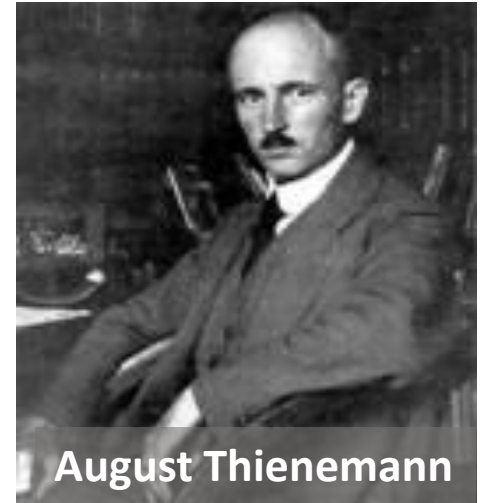
b) Breve historia de las disciplinas

Limnología: orígenes de la escuela europea

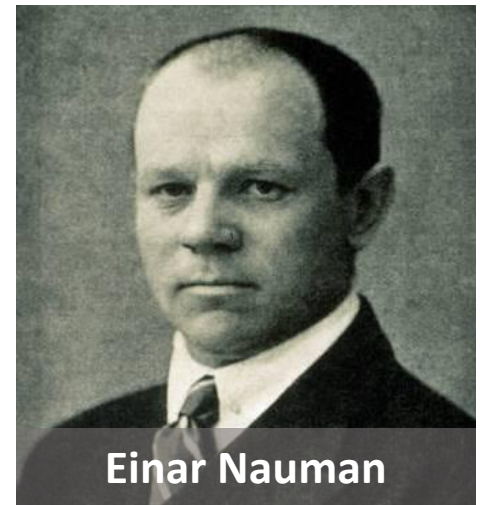
La limnología europea se desarrolla rápidamente en el período de entreguerras (1918-1939), en gran parte por la necesidad creciente de **agua potable**, y los problemas de **eutrofización** y **contaminación** de las aguas, con una gran influencia alemana. **Las publicaciones más importantes estaban en alemán.**

August Thienemann (1882-1960) y Einar Nauman (1891-1934), ambos alemanes, fundan la “International Association for theoretical and applied limnology (1922)”.

Su colaboración fue muy efectiva gracias al contraste entre los lagos que conocían, lagos de agua transparente poco fértiles (oligotróficos), y lagos de aguas menos transparentes, más productivos (eutróficos).



August Thienemann



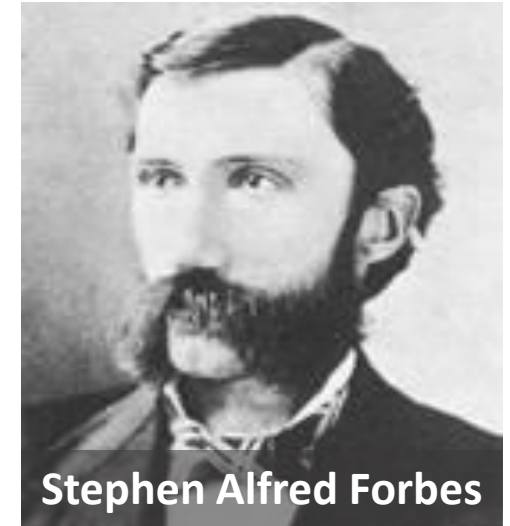
Einar Nauman

b) Breve historia de las disciplinas

Limnología: orígenes de la escuela americana

Stephen A. Forbes (1844–1930). Se le considera el fundador de la ciencia de la ecología en USA. El primer limnólogo en describir el lago como un **microcosmos**. En su libro *“The Lake as a Microcosm”* (1887) con una visión holística integrada, adelantando la idea de ecosistema.

“Los lagos son un pequeño mundo dentro de sí mismo, un microcosmos dentro del cual todas las fuerzas elementales están trabajando y el juego de la vida continúa en su totalidad, pero en una escala tan pequeña como para ponerlo fácilmente al alcance de la mente” (Forbes, 1887).



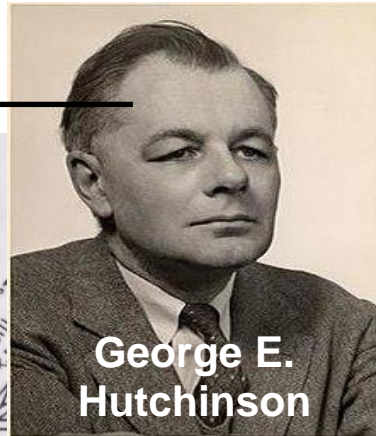
Chancey Juday (1871 – 1944) y **Edward A. Birge** (1851 – 1950) fundadores de la Escuela Limnológica de Wisconsin. Iniciaron el estudio de numerosos lagos y contribuyeron a mejorar el conocimiento sobre los procesos de **estratificación**.

Distinguen lagos autotróficos y alotróficos, estos últimos recibiendo materia orgánica del exterior, yendo a parar al estudio de la **eutrofización** y enlazando con los estudios de Thienemann.

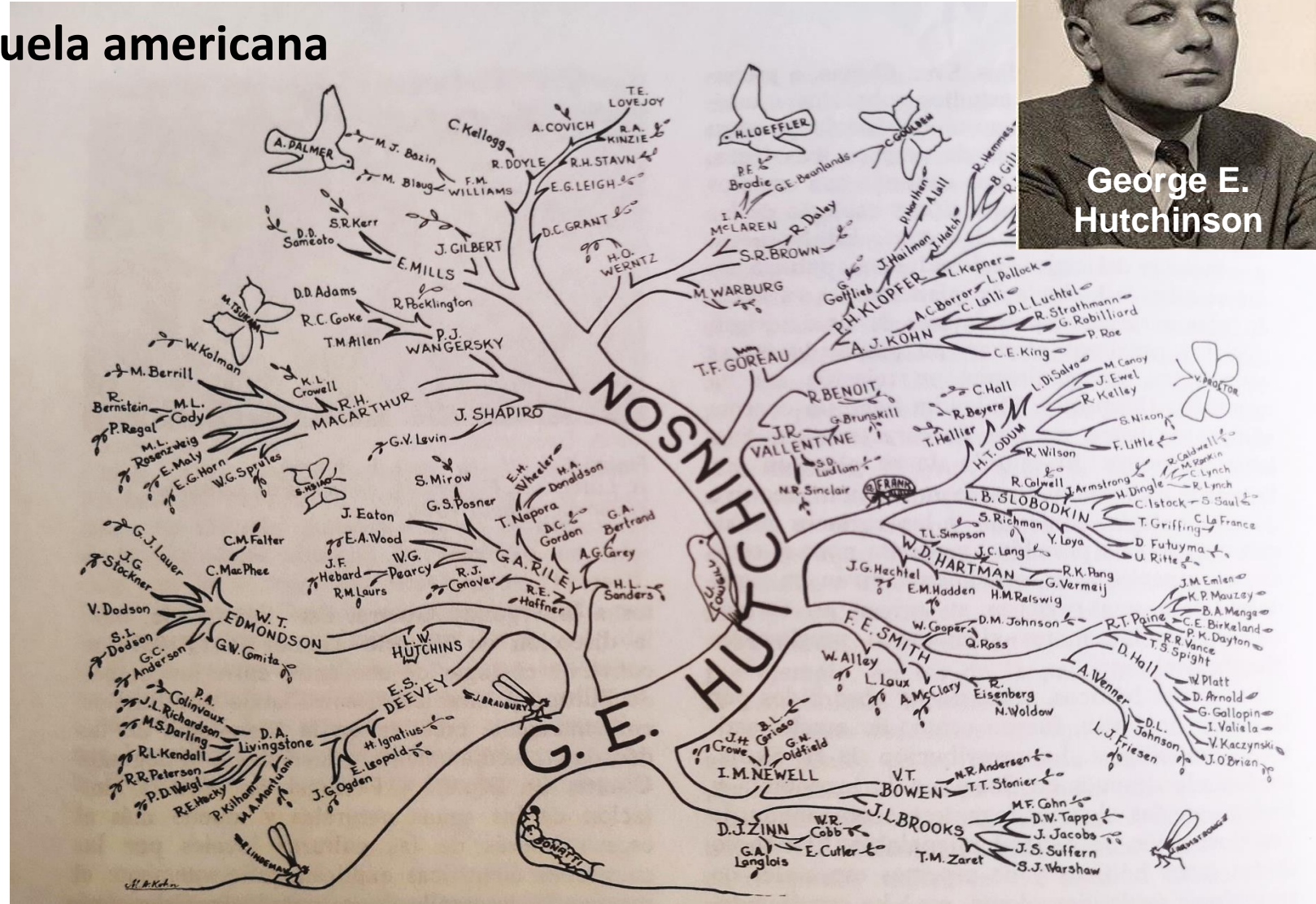
b) Breve historia de las disciplinas

Limnología: orígenes de la escuela americana

George E. Hutchinson (1903 – 1991), padre de la Limnología y Ecología modernas, por su innovación conceptual, el uso de técnicas innovadoras y análisis numérico.



George E. Hutchinson



Árbol filogenético de los descendientes intelectuales de G.E. Hutchinson, según dibujo publicado en un volumen de Limnology and Oceanography dedicaod a él en 1971.

b) Breve historia de las disciplinas

Limnología: orígenes de la escuela americana

Frecuencia de mezcla

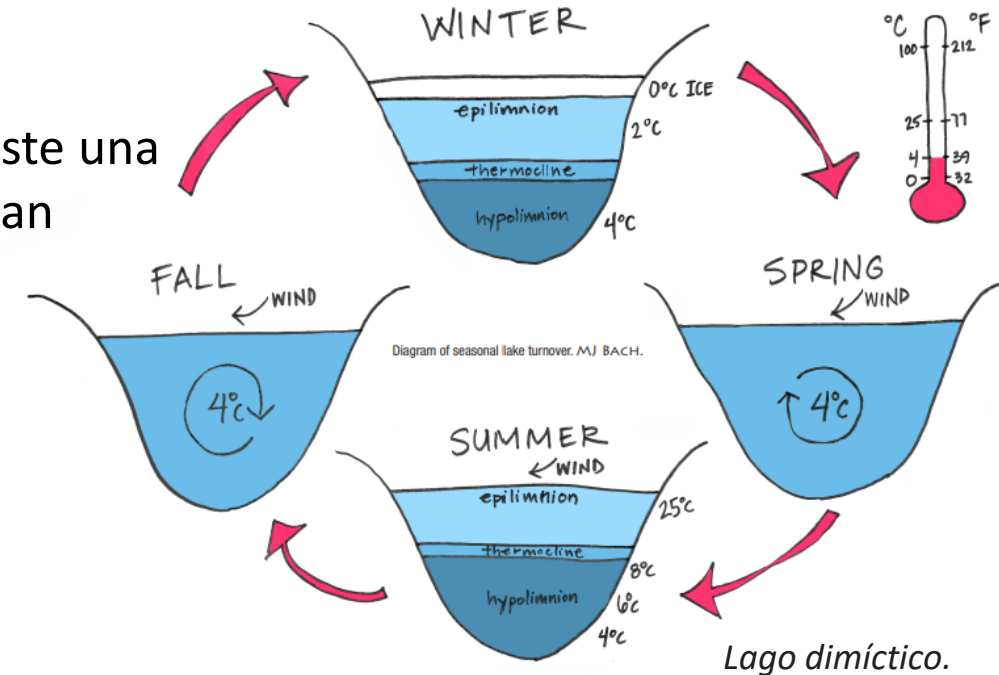
Polimíctico: se mezcla muchas veces al año, tanto que no existe una estratificación clara (p.e. lagos poco profundos que se mezclan constantemente por la acción del viento).

Dimícticos: se mezclan dos veces al año (TEMPLADOS, según Forel).

Monomícticos fríos y cálidos: se mezclan una vez al año (POLARES Y TROPICALES, según Forel).

Oligomícticos: presenta una estratificación casi permanente, se mezcla muy excepcionalmente. Por ej. en periodos fríos que permiten la pérdida de calor de la superficie del lago causando inestabilidad)

Amícticos: no se mezclan nunca, lagos de zonas muy frías que siempre están helados y por lo tanto aislados de las variaciones de temperatura estacionales.



Obtenido de Hutchinson y Loffler, 1955. The thermal classification of lakes.

b) Breve historia de las disciplinas

La **Limnología** en España

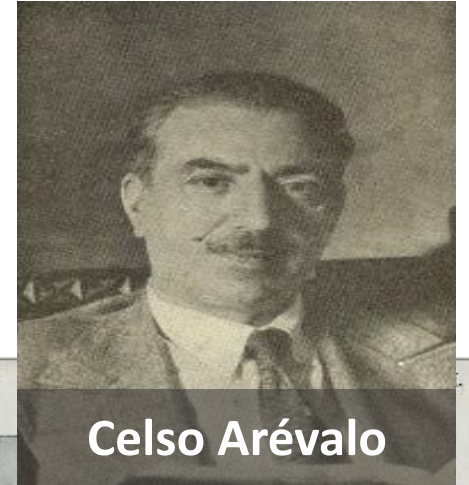
Limitación de aguas naturales + escaso interés local = **escaso desarrollo de la Limnología**

Casi hasta mediados del siglo XX no se puede hablar de estudios limnológicos en España.

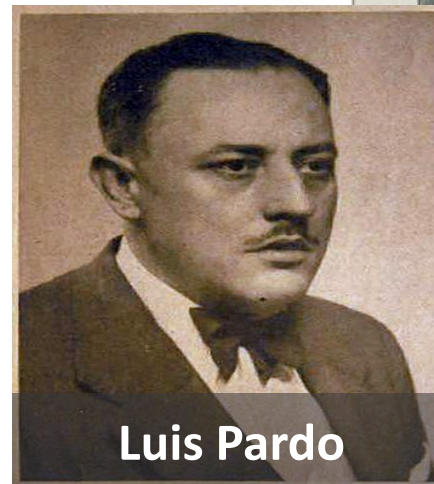
Sus raíces están en estudios sobre **Hidrobiología**, realizados por **Celso Arévalo** y **Luis Pardo** (su discípulo).

El primero fundó en 1912 el **Laboratorio Nacional de Hidrobiología** (Valencia) y publicó en 1929 un manual titulado "*La vida en las aguas dulces*".

El segundo realizó el primer catálogo de lagos de España (1932).



Celso Arévalo



Luis Pardo



Vista general del Laboratorio de Hidrobiología del Instituto de Valencia.

b) Breve historia de las disciplinas

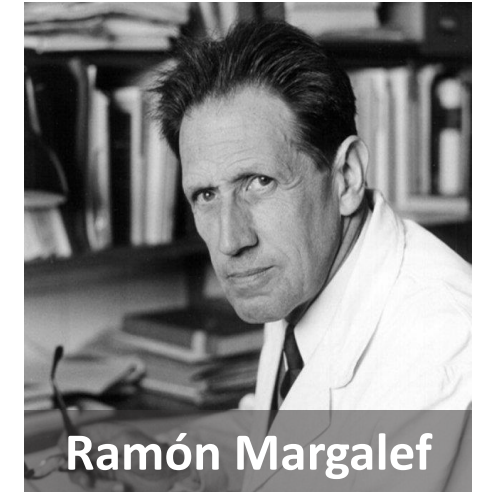
La **Limnología** en España

Ramón Margalef (1919-2004) puede ser considerado el fundador de la **Limnología** en España.

En la Universidad de Barcelona, donde él era catedrático desde 1967, se gestaron los inicios de la Asociación Española de Limnología y se formaron muchos discípulos.

En 1981 se funda Asociación Española de Hidrobiología, y poco tiempo después cambió el nombre a **Asociación Española de Limnología (AEL)**.

En 2006 pasar a ser la **Asociación Ibérica de Limnología (AIL)** con el fin de agrupar a limnólogos españoles, portugueses e iberoamericanos.



Ramón Margalef

Asociación Ibérica de Limnología
Associação Ibérica de Limnologia



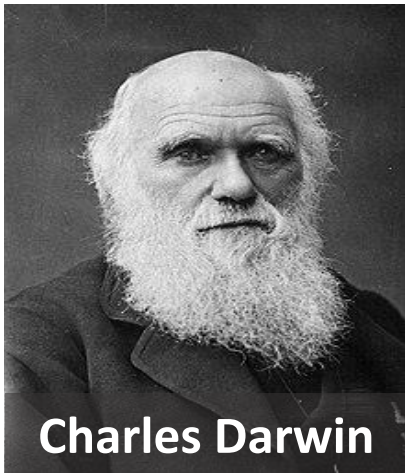
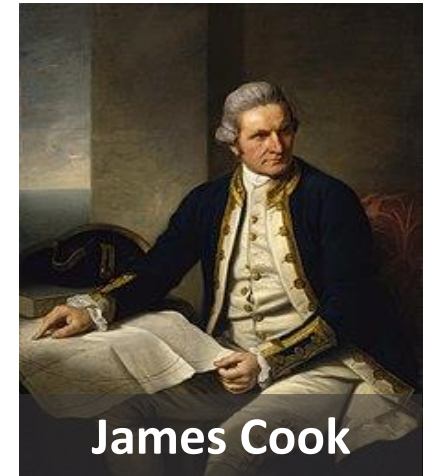
<https://www.limnetica.com/es>

b) Breve historia de las disciplinas

Las raíces de la **Ecología Marina** se encuentran en la **Biología Marina** y la **Oceanografía**

Colón (1492) y **Vasco de Gama (1497)** - encontrar nuevas rutas de comercio hacia la India.

Siglo XVIII, la oceanografía comienza a despegar a raíz del inicio de las **grandes expediciones marinas: James Cook (1768-1771), Charles Darwin (1831-1836)...**



Recorrido del viaje del Beagle de Darwin (1831-1836).

Darwin visitó América del Sur, Tahití, Australia, Nueva Zelanda, África y numerosas islas del Atlántico y el Pacífico.

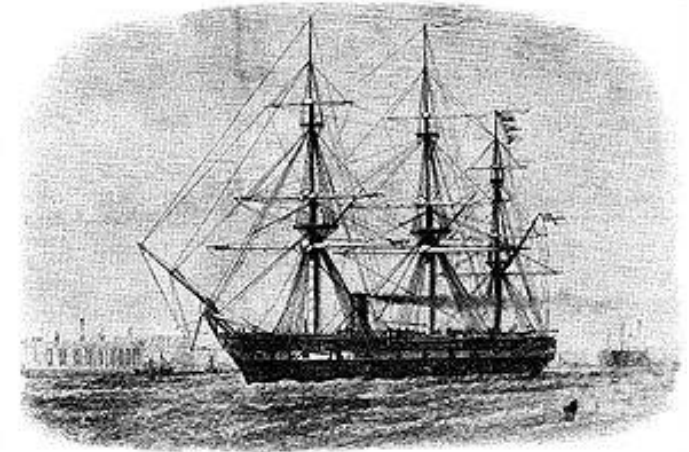
b) Breve historia de las disciplinas

Charles W. Thomson (1830-1882) dirigió **HMS Challenger** (1872-1875), una expedición que recorrió todos los océanos, considerada el nacimiento de la oceanografía moderna.

Esta sí era una expedición científica dedicada al estudio de los océanos (profundidad, temperatura, salinidad, vida marina, sedimentos).

Descubre la fosa de las marianas (miden 8000 m de profundidad) y la existencia de la dorsal mesoatlántica.

A mitad del siglo XX surgen **instituciones de investigación**, como la Institución Oceanográfica “**Woods Hole**” en USA, pioneras en estudios ecológicos



HMS Challenger



WOODS HOLE
OCEANOGRAPHIC
INSTITUTION

<https://www.whoi.edu/>

b) Breve historia de las disciplinas

La Oceanografía en España

Expedición Malaspina, financiada por la Corona española en la época ilustrada de Carlos III, 1789-1794 (visitar y estudiar los principales territorios españoles en América, Asia y Oceanía).

Odon de Buen funda en 1914 el **Instituto Español de Oceanografía**, fusionando distintas estaciones biológicas marinas repartidas por España.



Jimena Quirós

Jimena Quirós (1899-1982), almeriense, primera oceanógrafa española, primera mujer en embarcar en una campaña oceanográfica.

Ramón Margalef consolida la Ecología Marina en España, formando a un buen número de científicos en esta especialidad.



Expedición Malaspina

c) Diversidad de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Tipología de **ecosistemas acuáticos**: Una clasificación básica

Ecosistemas leníticos (Aguas estancadas)

Naturales

Artificiales

Ecosistemas lóticos (Aguas Corrientes)

Naturales

Artificiales

Incremento de la tasa de
renovación del agua

c) Diversidad de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Tipología de **ecosistemas acuáticos**: Una clasificación básica

Ecosistemas leníticos (Aguas estancadas)

Naturales	Océanos
	Lagos
	Lagunas
	Humedales

Artificiales	Embalses
	Balsas

Ecosistemas lóticos (Aguas Corrientes)

Naturales	Ríos
	Arroyos

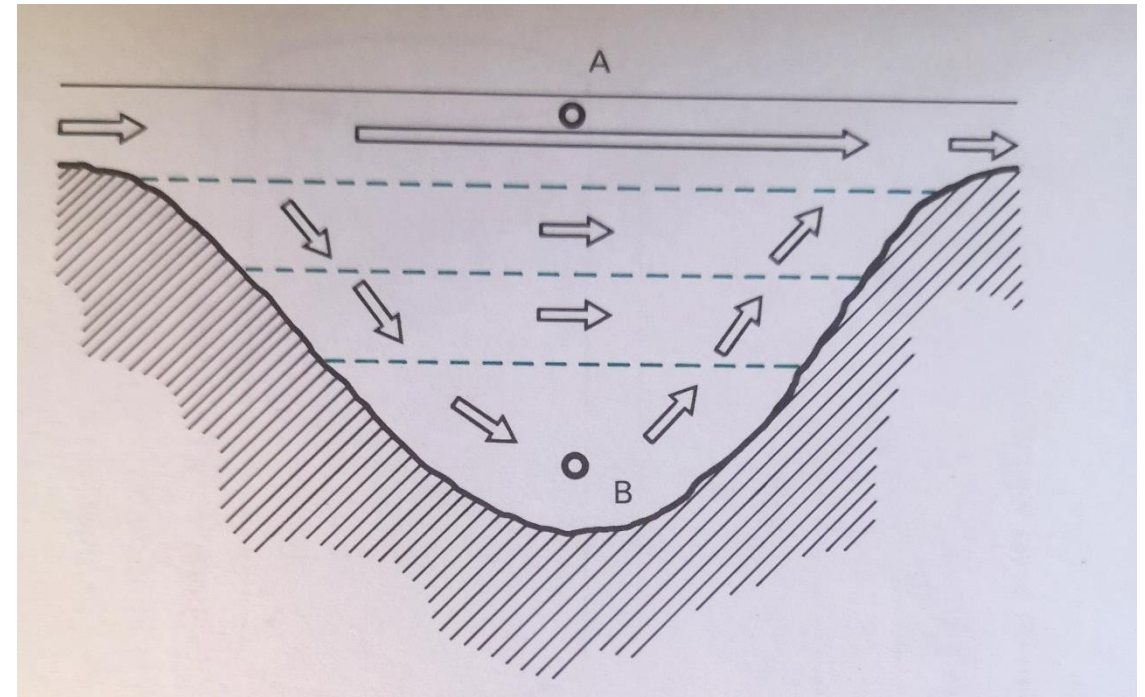
Artificiales	Canales
	Acequias

Incremento de la tasa de renovación del agua

c) Diversidad de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Tiempo de residencia del agua en distintos compartimentos de la biosfera

Compartimento	Tiempo medio de residencia
Océanos	~3000 años
Glaciares	20 -100 años
Suelo	1-2 meses
Acuífero somero	100 - 200 años
Acuífero profundo	10.000 años
Lagos	50 -100 años
Ríos	2 - 6 meses
Atmósfera	9 días

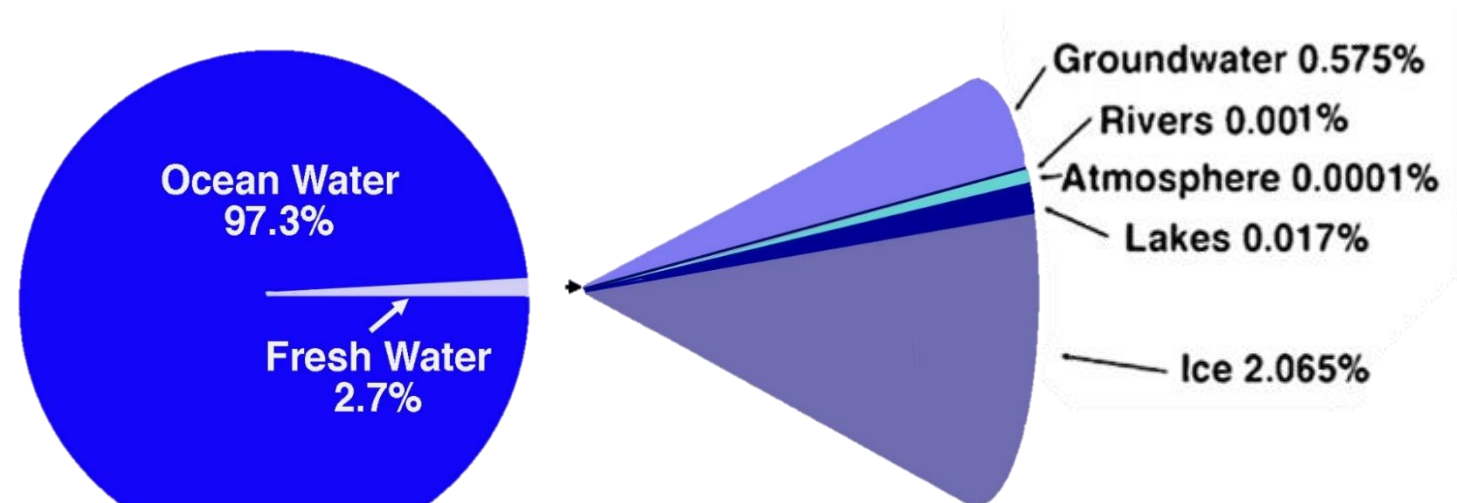


Si suponemos que el agua en un lago se distribuye en compartimentos superpuestos que difieren en sus tasas de renovación, la molécula situada en A probablemente abandonará el lago antes que otra molécula situada en B.

c) Diversidad y relevancia de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Importancia relativa por volumen de agua

Compartimentos de la Hidrosfera	Volumen (millones de km ³ = 1 billon de L)
Océanos	1348
Agua sólida	27.82
Acuíferos y suelo	8.1
Lagos de agua dulce	0.125
Lagos salados	0.104
Ríos	0.0012
Atmósfera	0.013



Biosfera ~0.00008%

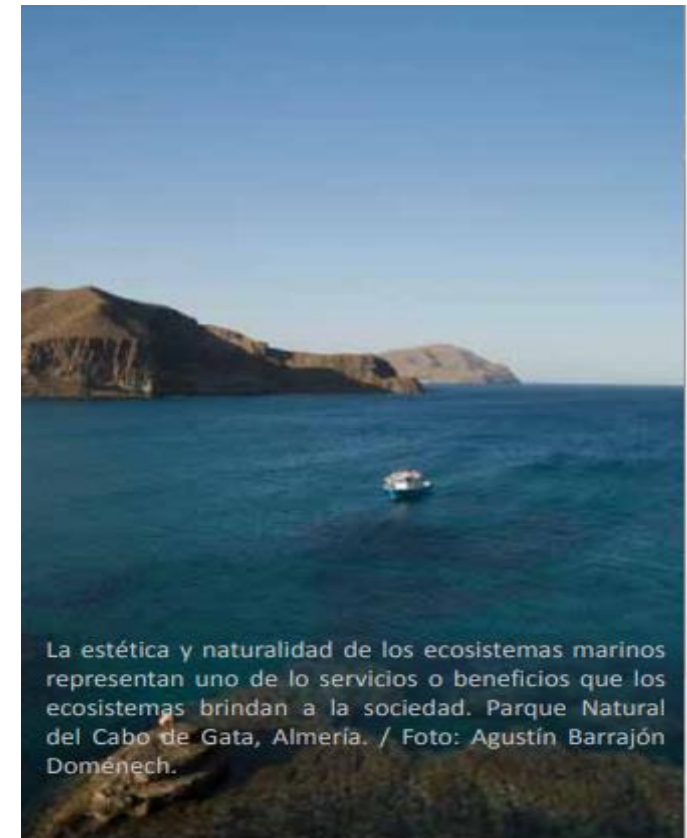
Datos extraídos de *Limnología 1983. Margalef.*

c) Diversidad y relevancia de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Importancia de los **ecosistemas marinos**: Servicios que nos aportan

El océano ocupa el **70% de la superficie terrestre** y más de **1/3 de la población** mundial vive en áreas costeras.

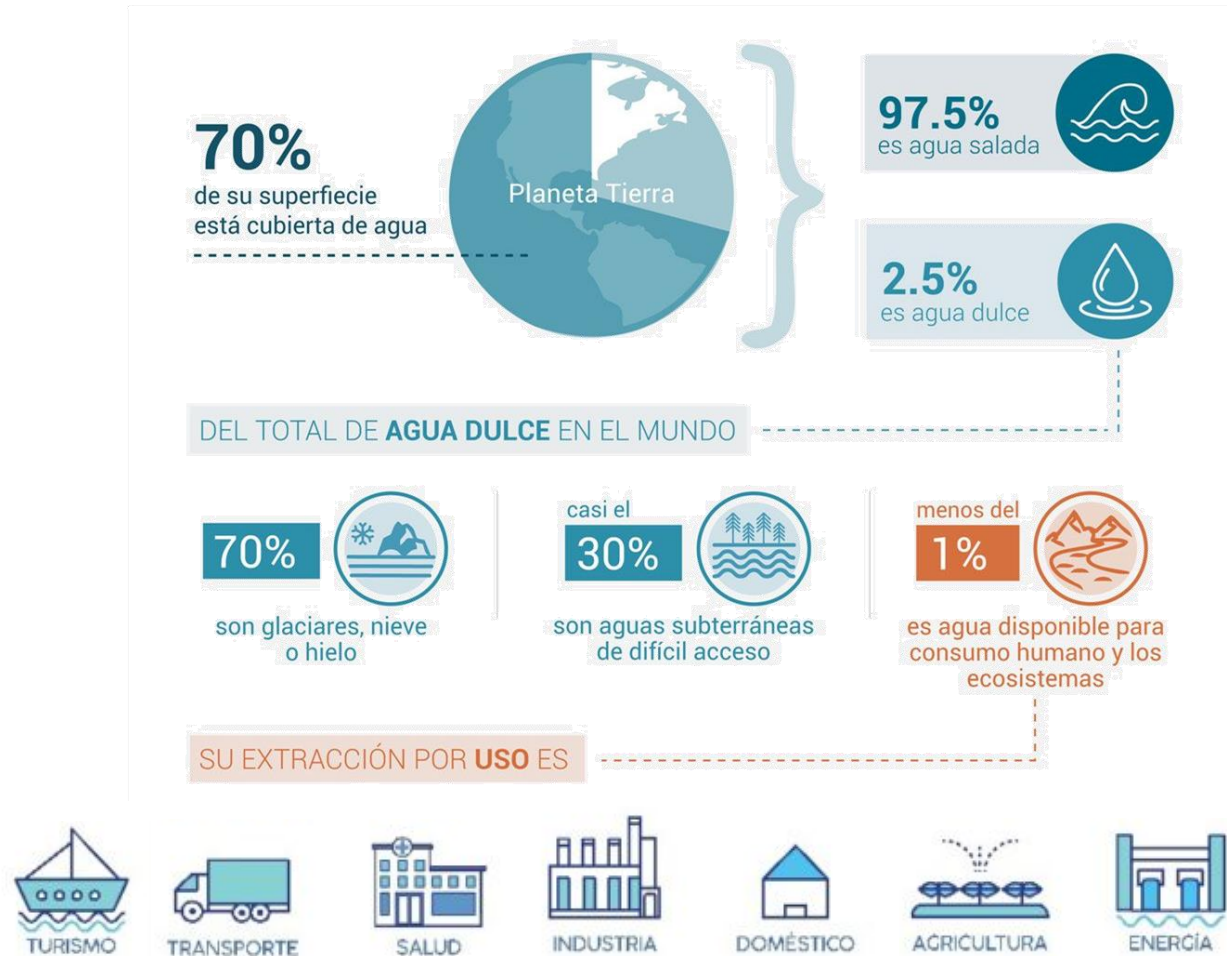
- **Servicios de soporte**: integridad de los procesos que soportan de producción biológica, flujo de energía y reciclado de materia. Son la base del resto de servicios.
- **Servicios de abastecimiento**: pesca, agua potable, sustancias de interés farmacológico.
- **Servicios de regulación**: regulador del **clima** (ej. corriente del Atlántico). Absorción de CO₂ en la atmósfera y producción de hasta el 85% del oxígeno del planeta (fitoplancton). **Absorción de contaminantes**. Ecosistemas costeros, **protección de costas**.
- **Servicios culturales**: Valores estéticos. Turismo. Ciencia.



https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4521/34_revistauciencia05.pdf?sequence=1

c) Diversidad y relevancia de **ecosistemas acuáticos**: tipos y subtipos

Importancia de los **ecosistemas acuáticos continentales**: Provisión de agua dulce



- a) >97% del agua sobre la Tierra es salada.
- b) <3% es dulce.
- c) El 70% del agua dulce está en forma de hielo
- d) El resto está mayoritariamente en suelos o en acuíferos muy profundos.
- e) Menos del **1%** está accesible en ríos, lagos o acuíferos someros. Sólo el **~0.007%** del agua existente en la Tierra es potable

c) Diversidad y relevancia de ecosistemas acuáticos: tipos y subtipos

Importancia de los **ecosistemas acuáticos continentales**: Provisión de agua para regadío

P.e. en **Andalucía** el **80%** del consumo de agua es para **uso agrícola**, y mayoritariamente procede de **aguas superficiales**:

Indicador del regadío	Subterránea	superficial	conjunta
superficie (ha)	210,000	600,000	100,000
Dotación media por parcela (m ³ /ha)	4,000	5,000	4,700

Consumo en regadío por orígenes del agua

71% Superficial

28% Subterránea

0.5% Depuradoras AR

0.02% Desaladoras

Otros datos del regadío en Andalucía

18 % SUPERFICIE CULTIVADA

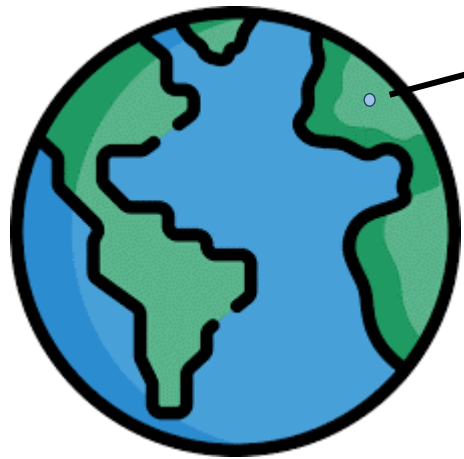
60 % PRODUCCIÓN FINAL AGRARIA

55 % EMPLEO GENERADO

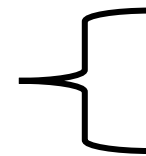
c) Diversidad y relevancia de ecosistemas acuáticos: tipos y subtipos

Importancia de los **ecosistemas acuáticos continentales**: Biodiversidad

Los ecosistemas de agua dulce cubren **<1% de la superficie terrestre**, pero albergan al menos el **10% de las especies**.

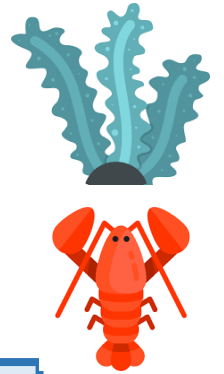


0.8% de la superficie terrestre
0.01% de todo el agua



5% **biodiversidad vegetal**

11% **biodiversidad animal**



1/3 de todas las especies de **vertebrados**



51% de todas las especies de **peces**

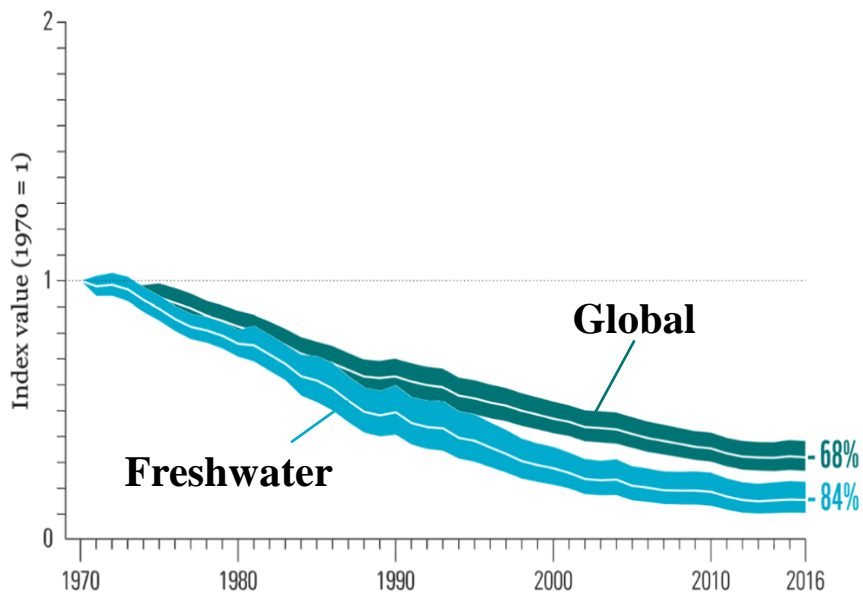
Alto grado de endemividad

“Hotspots” para la biodiversidad

https://wwf.panda.org/discover/our_focus/freshwater_practice/freshwater_biodiversity_222/

c) Diversidad y relevancia de ecosistemas acuáticos: tipos y subtipos

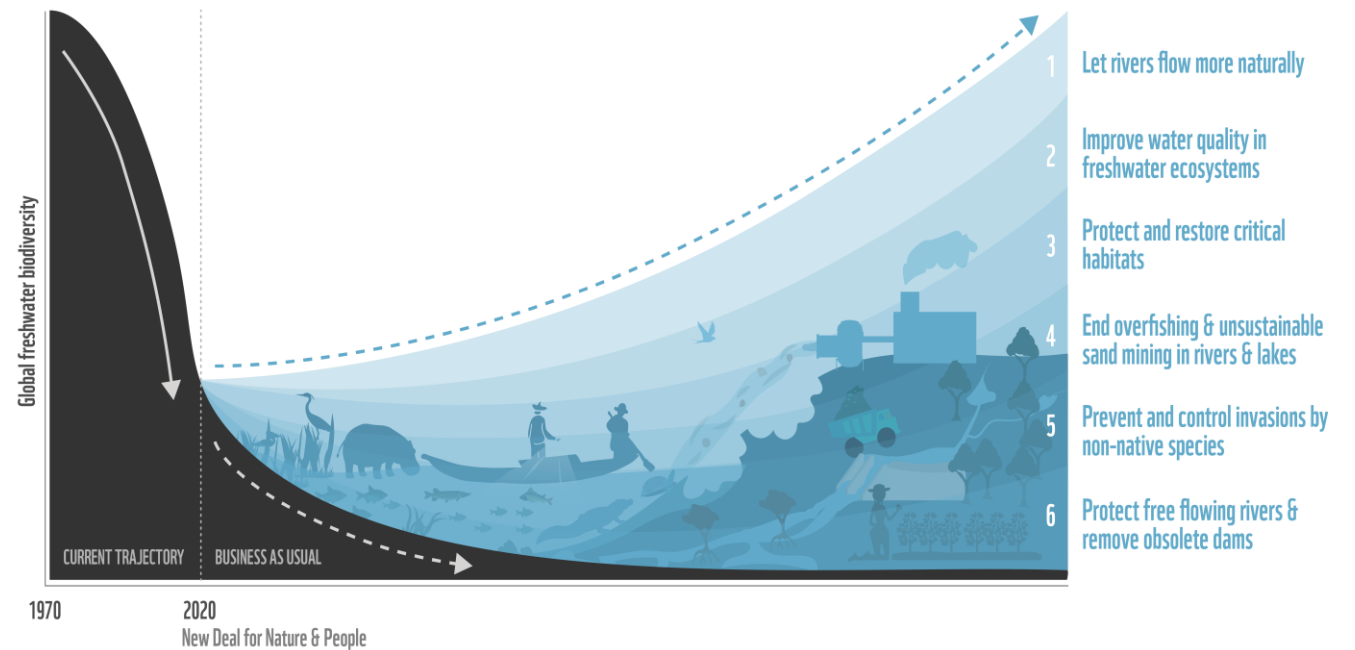
Importancia de los **ecosistemas acuáticos continentales**: Biodiversidad



WWF. Living Planet Report 2020



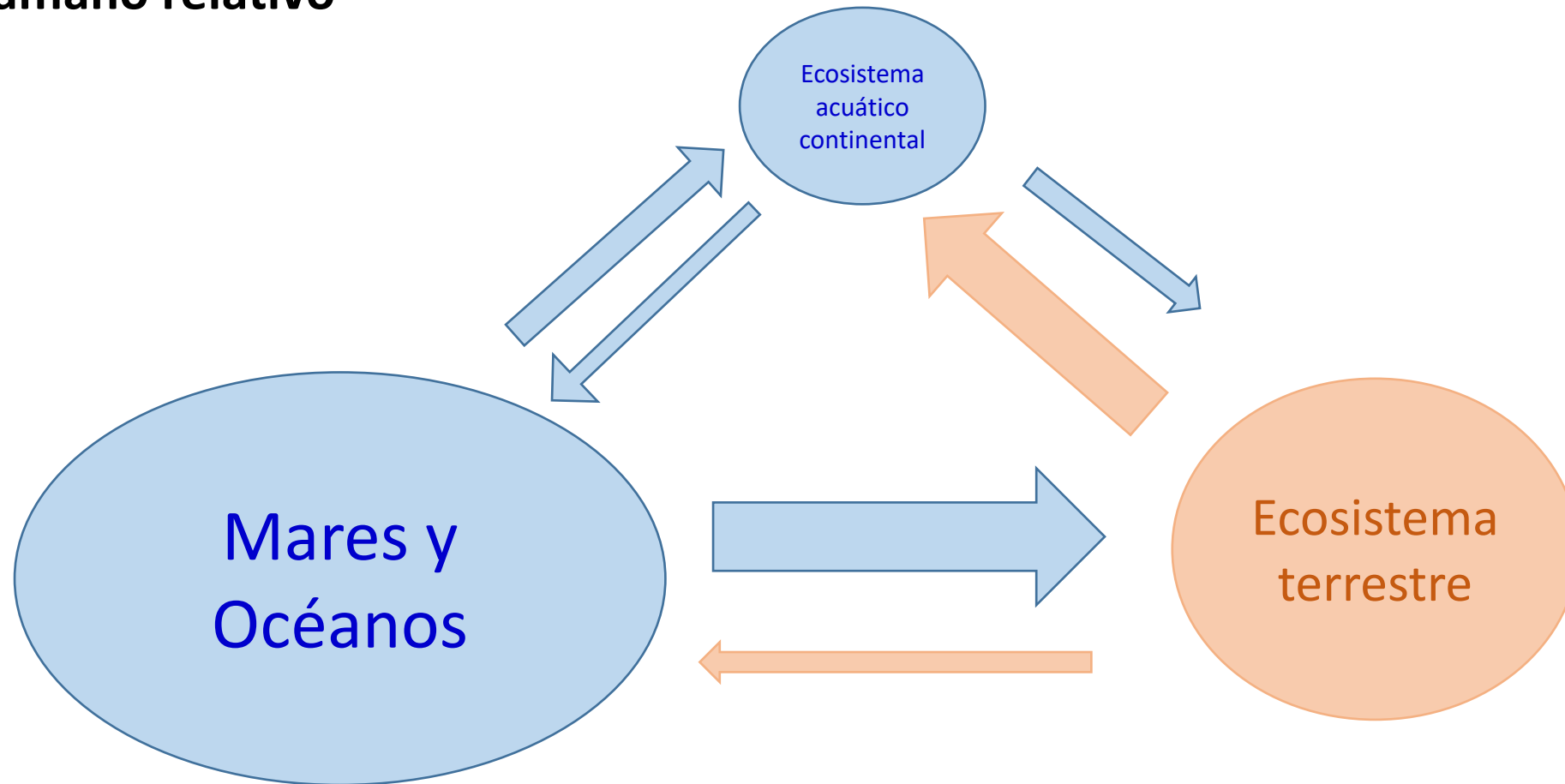
BENDING THE FRESHWATER BIODIVERSITY CURVE - AN EMERGENCY RECOVERY PLAN



https://wwf.panda.org/discover/our_focus/freshwater_practice/freshwater_biodiversity_222/

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

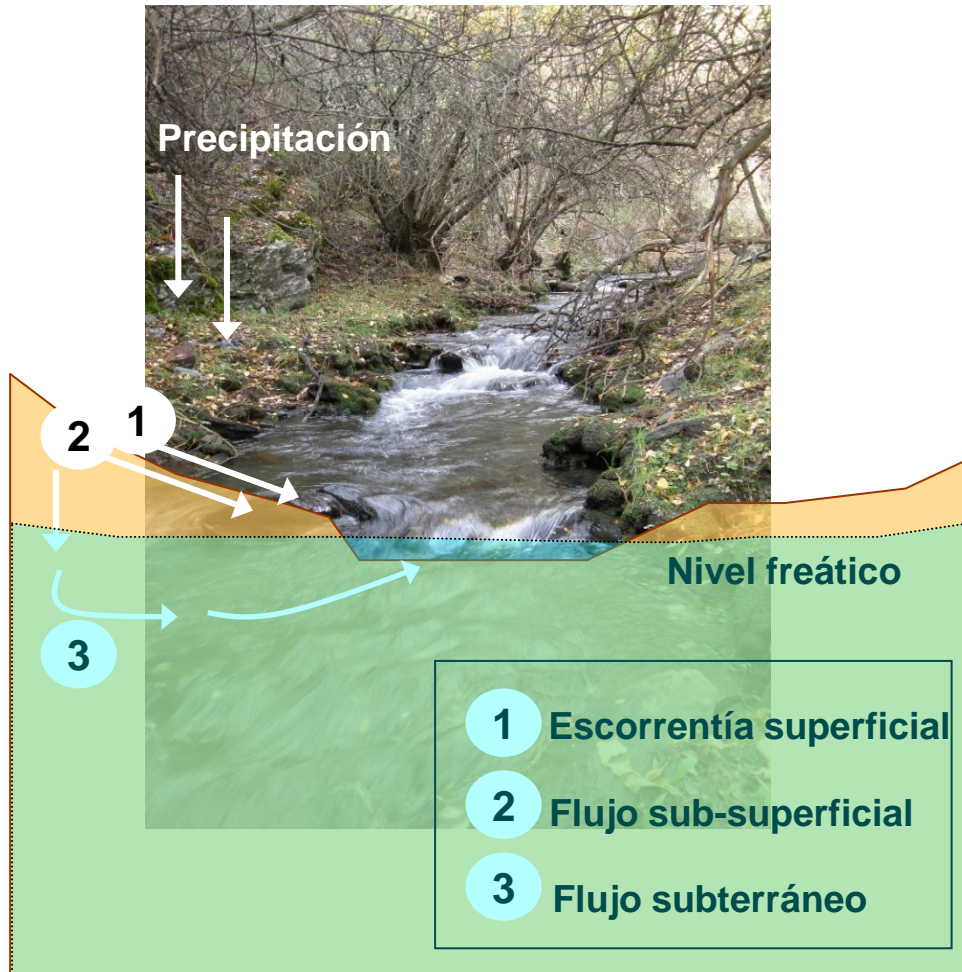
La magnitud de los efectos mutuos entre **ecosistemas acuáticos** y **terrestres** depende del tamaño relativo



d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** sobre los **ecosistemas acuáticos continentales**

La fuerte influencia del ecosistema terrestre sobre los acuáticos continentales también tiene que ver con la posición de los segundos en las **zonas topográficamente más bajas**

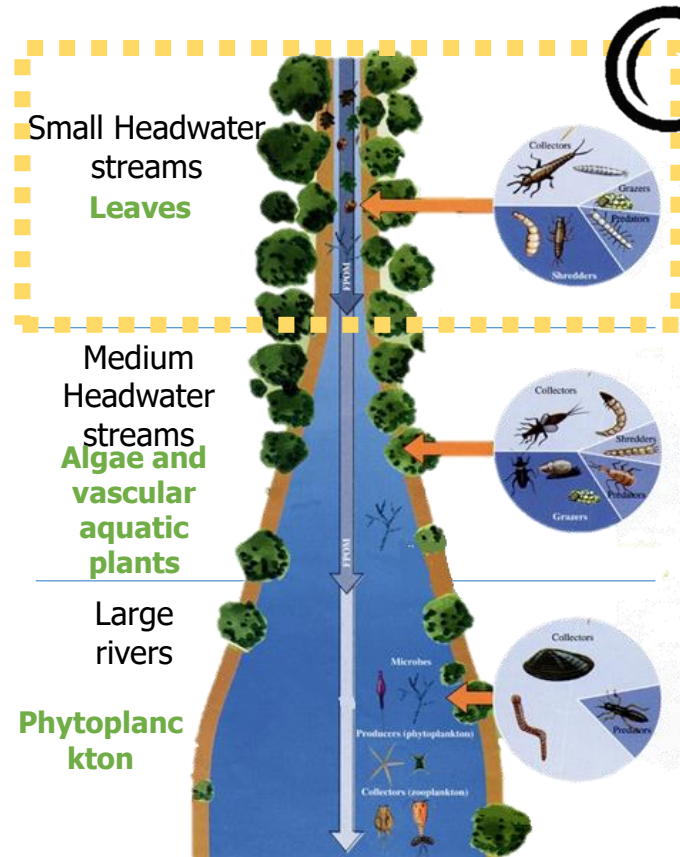


Los flujos de agua son el vehículo de transporte de **nutrientes** que conectan ecosistema terrestre y acuático.

Los organismos del ecosistema acuático **retienen, transforman y transportan** los nutrientes

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** sobre los **ecosistemas acuáticos continentales**: Arroyos de cabecera en zonas forestales



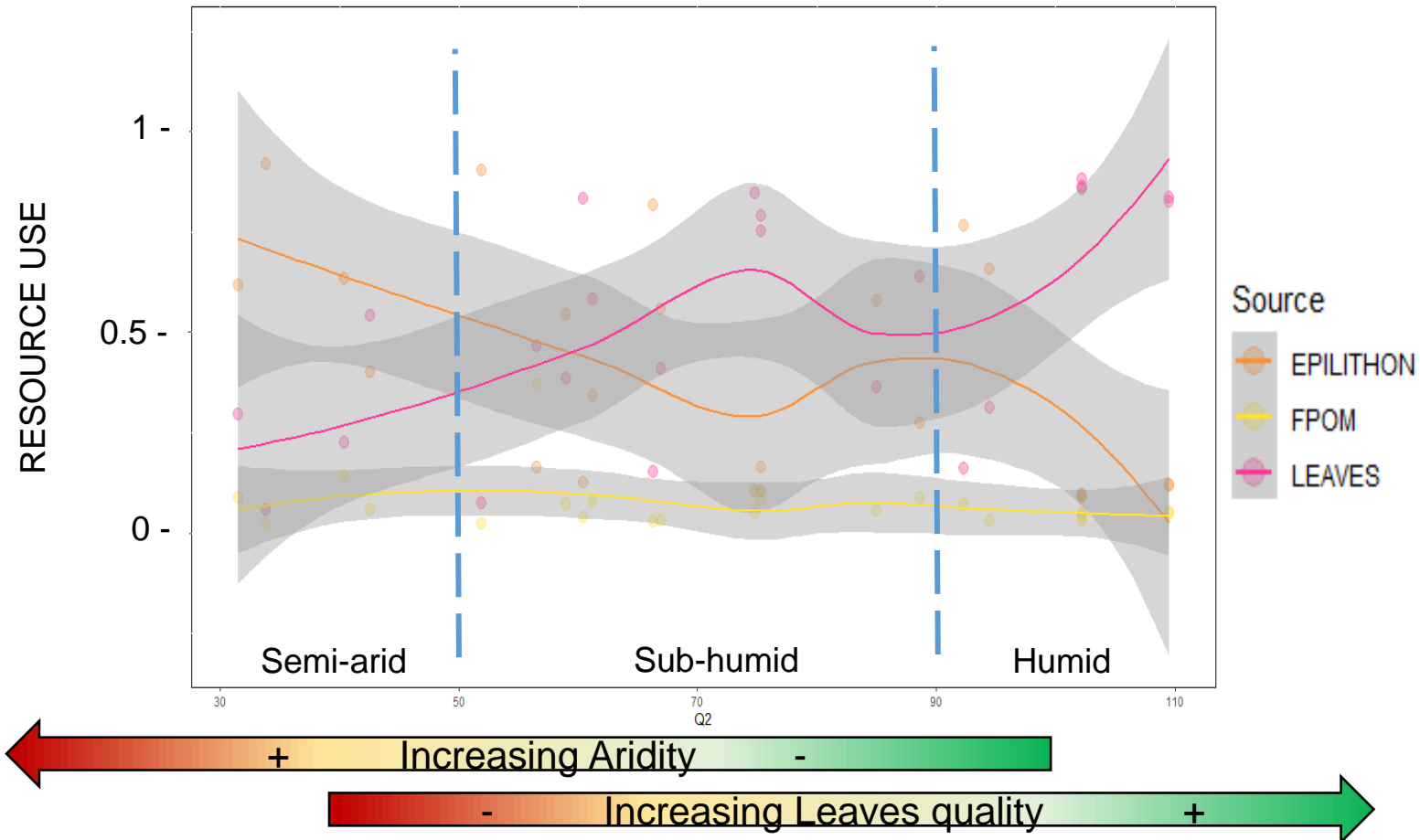
Vannote et al. (1980). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*



Wallace et al. (1997). *Science*

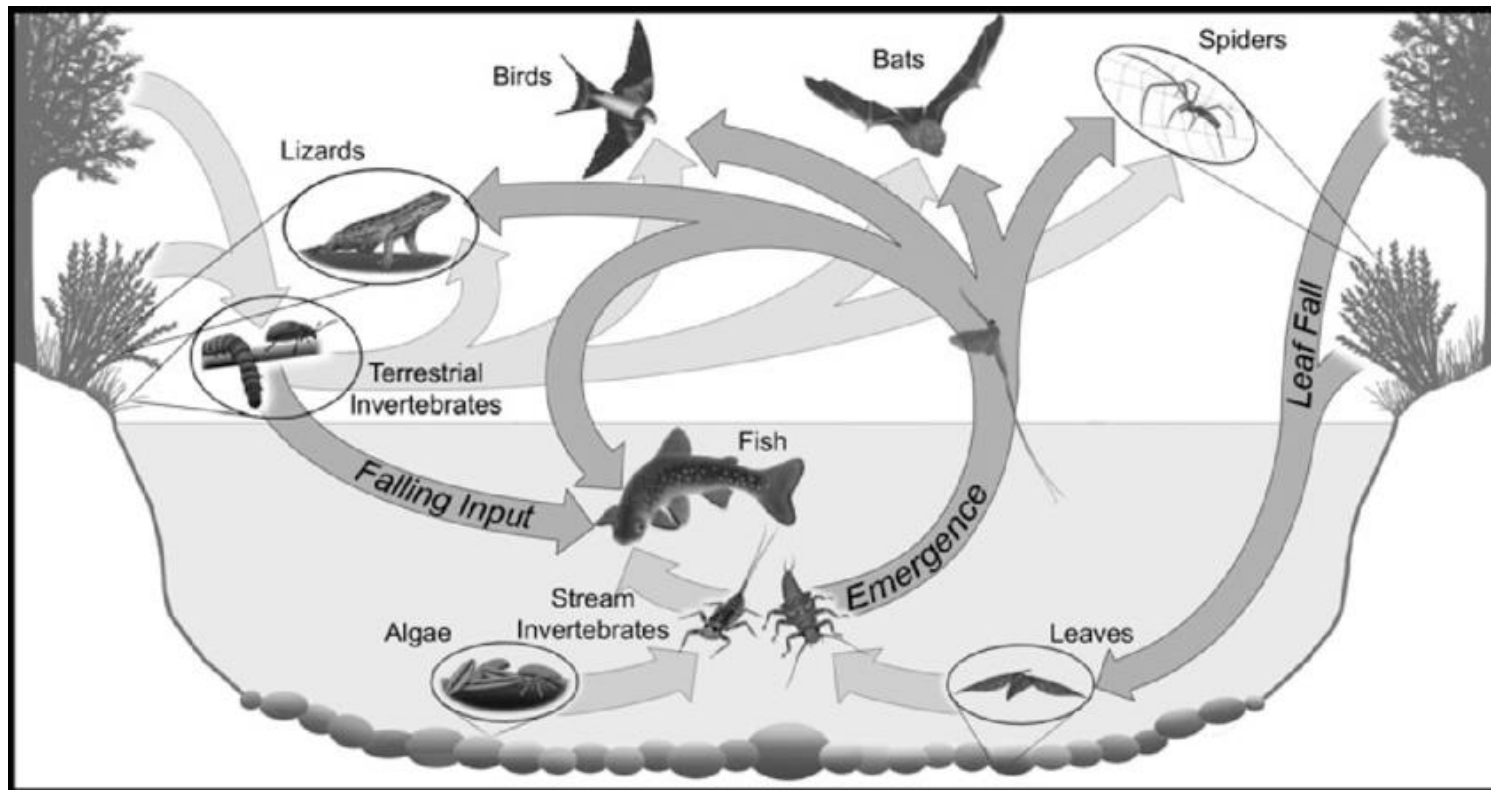
d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** sobre los **ecosistemas acuáticos continentales**:
Arroyos de cabecera en zonas forestales



d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas acuáticos continentales** sobre los **ecosistemas terrestres**:
Emergencia de insectos acuáticos



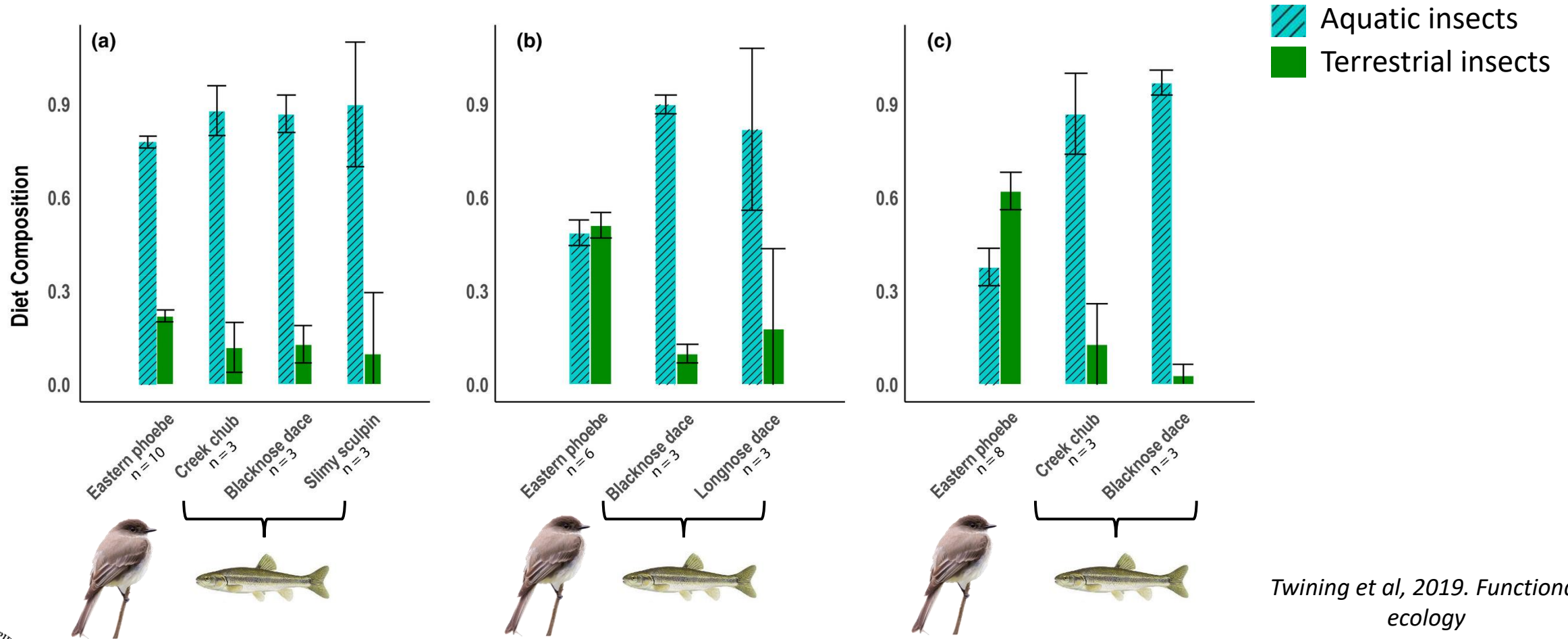
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2427.2004.01328.x>



Colocación de una trampa de emergencia en un río.

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

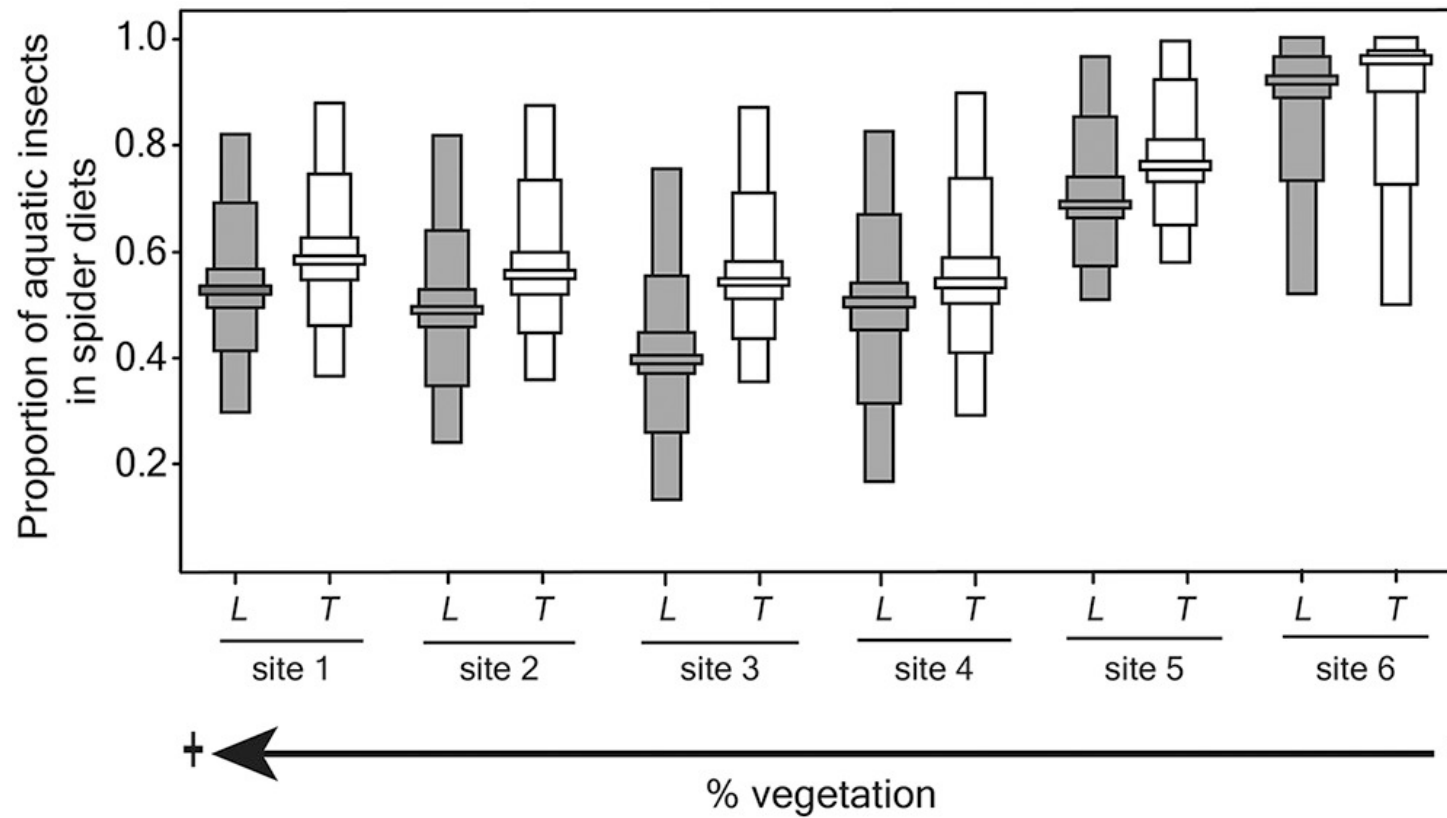
Influencia de los **ecosistemas acuáticos continentales** sobre los **ecosistemas terrestres**:
Emergencia de insectos acuáticos



Twining et al, 2019. *Functional ecology*

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

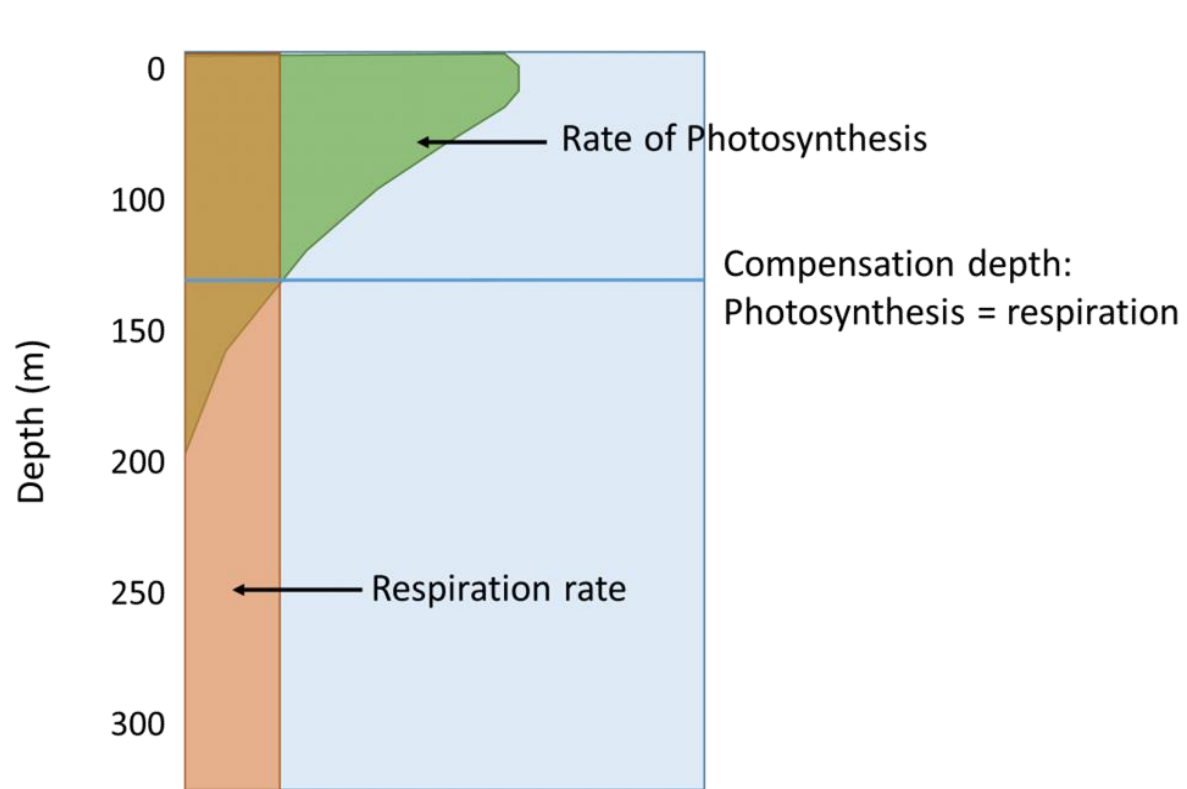
Influencia de los **ecosistemas acuáticos continentales** sobre los **ecosistemas terrestres**:
Emergencia de insectos acuáticos



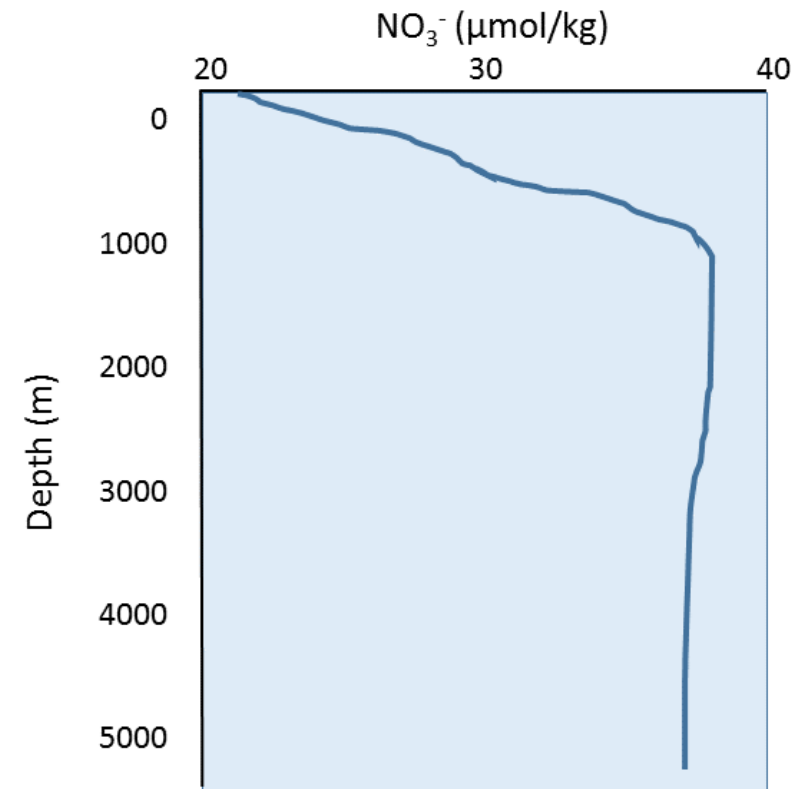
Kelly et al, 2019. Freshwater Science

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes



A medida que aumenta la profundidad, la fotosíntesis disminuye. La tasa de respiración se mantiene constante con la profundidad.

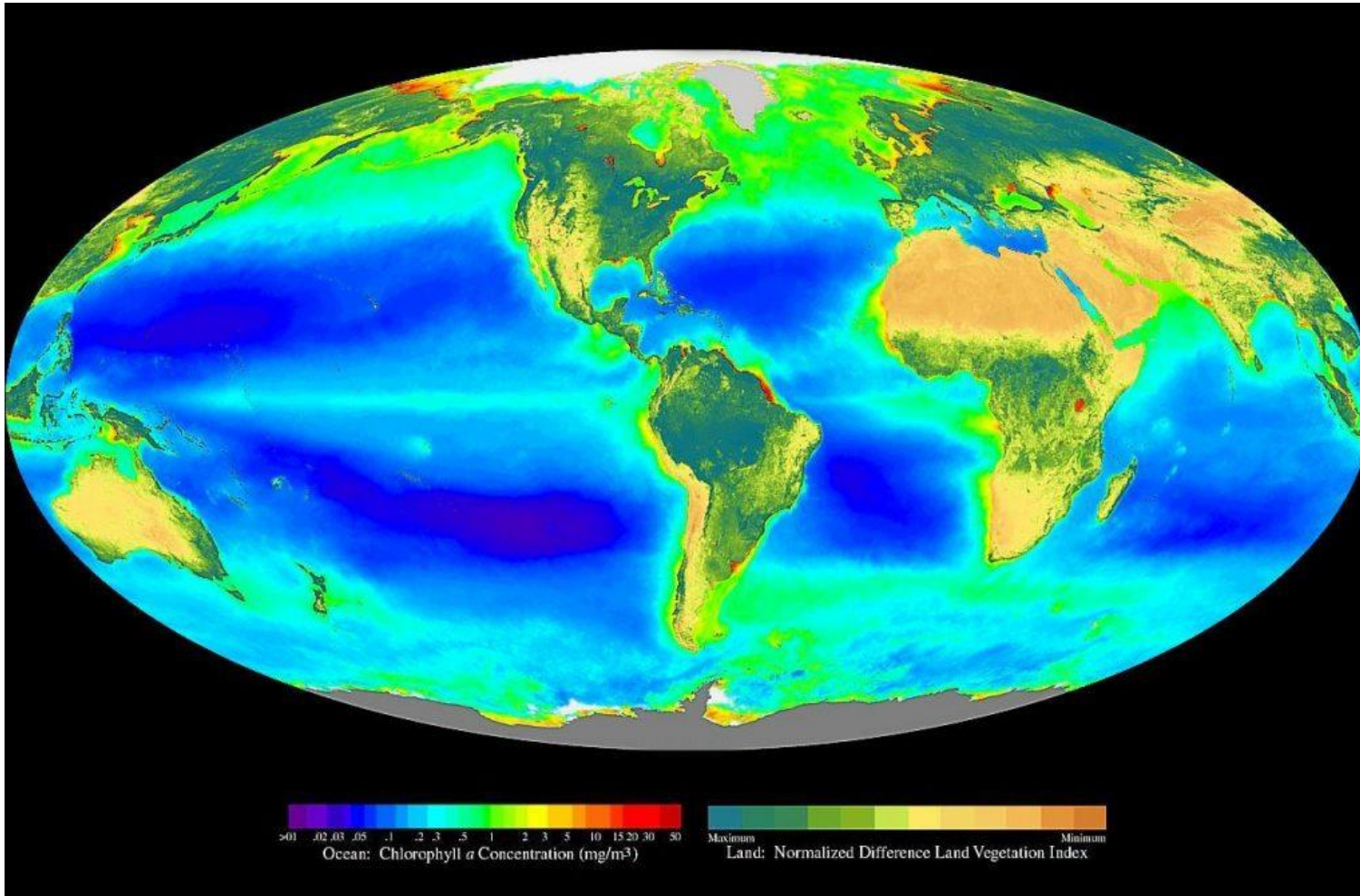


Perfil de la abundancia de nitratos en el océano con la profundidad.

[https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Oceanograf%C3%ADa/Libro%3A_Introducci%C3%B3n_a_la_Oceanograf%C3%ADa_\(Webb\)/07%3A_Producci%C3%B3n_Primeria/7.03%3A_Factores_que_influyen_en_la_producci%C3%B3n](https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Oceanograf%C3%ADa/Libro%3A_Introducci%C3%B3n_a_la_Oceanograf%C3%ADa_(Webb)/07%3A_Producci%C3%B3n_Primeria/7.03%3A_Factores_que_influyen_en_la_producci%C3%B3n)

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes



Producción primaria en el océano:

Promedio: 75-150 g C/m²/año

Costa de California: 200-300 g C/m²/año

Océano Antártico: 200-400 g C/m²/año

Océano central: <math><50</math> g C/m²/año

Productividad primaria oceánica superficial global, medida por concentración de clorofila (Proporcionado por el Proyecto SeaWiifs, Goddard Space Flight Center y ORBIMAGE [Dominio público], vía Wikimedia Commons).

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes

¿Cómo puede aportar nutrientes el ecosistema terrestre al ecosistema marino?

Ríos

Deposición
atmosférica

Aguas
subterráneas

Fijación
biológica

Vertidos

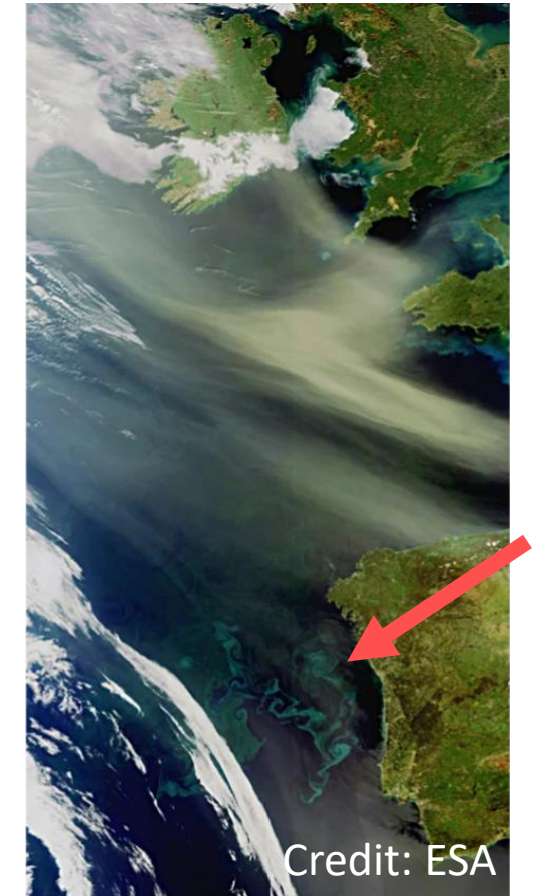
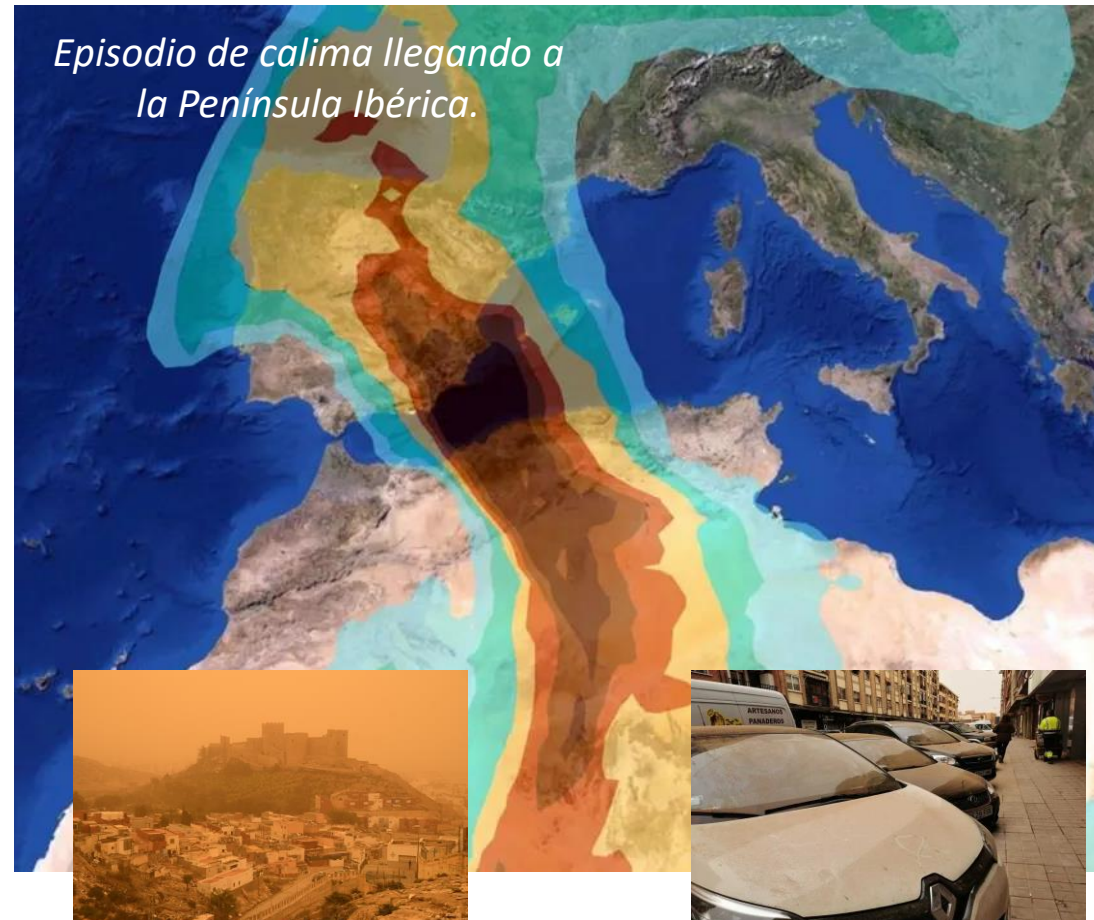


d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes

El material transportado por la calima es rico en Si, Fe, **N** y **P**.

Al caer en mares y océanos actúa como **fertilizante** para el **fitoplancton**.



Ravelo-Pérez et al., 2016. Atmospheric Environment <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223101630200X>

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

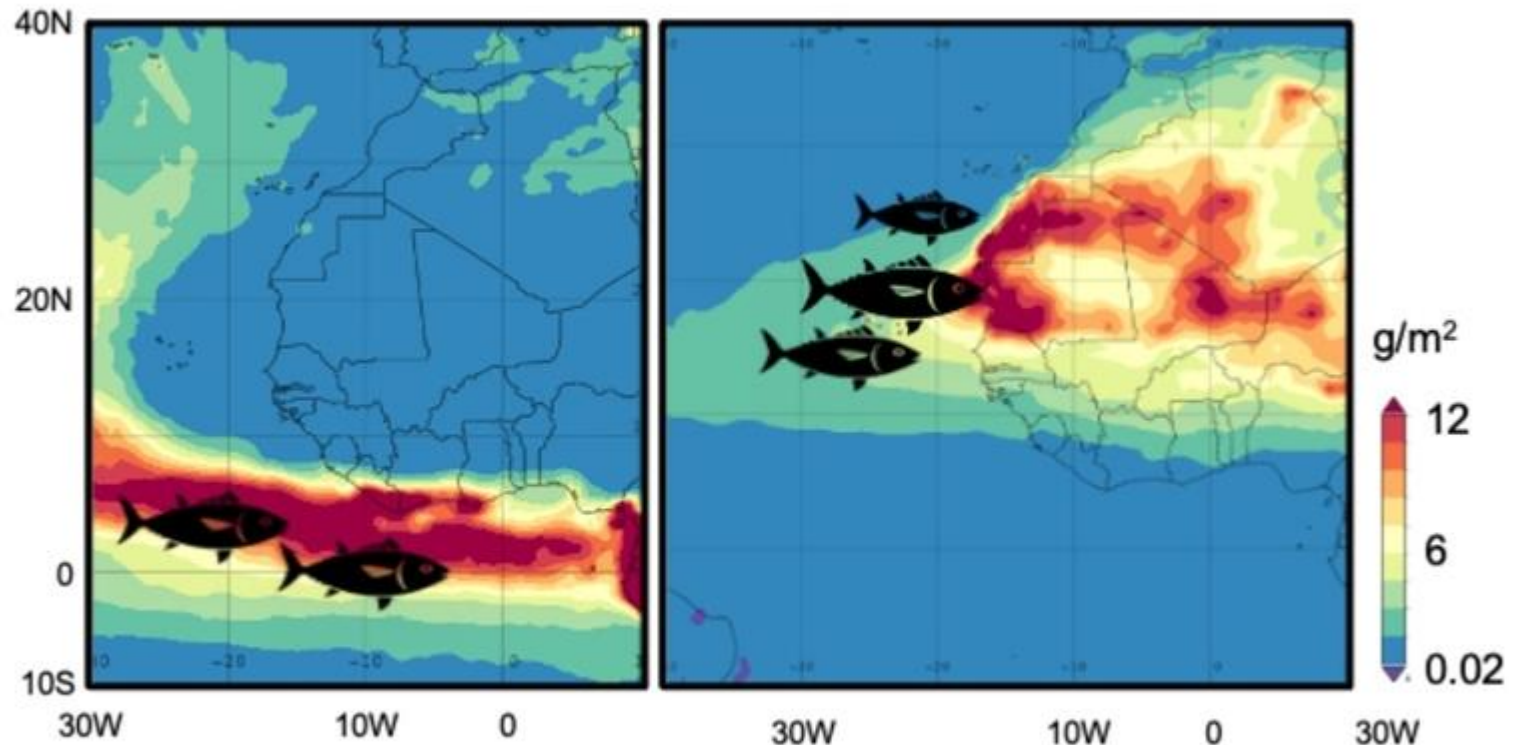
Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes

CÁDIZ | PESCA

El polvo del Sáhara influye en la migración y pesca del atún listado del Atlántico

El polvo desértico aporta nutrientes y oligoelementos esenciales para el crecimiento del fitoplancton marino, alimento fundamental en la red alimenticia marina

El 89% del atún listado atlántico se captura en entre el ecuador y Canarias, la región que recibe los mayores aportes de polvo desértico sahariano



Ruta de los atunes siguiendo el polvo del Sáhara

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los **ecosistemas terrestres** en los **ecosistemas marinos**: Aporte de nutrientes

El aluvión de nutrientes en el Mar Menor tras la fuerte tormenta aumenta el riesgo de anoxia

Ecologistas en Acción alerta de que empeora «la grave situación de eutrofización» y la pérdida de profundidad



Dos vecinos de Los Urrutias, ayer, caminando por la playa, donde son visibles las escorrentías por las intensas lluvias. ANTONIO GIL / AGM



Eutrofización en el mar menor (Murcia, España)



Peces y crustáceos muertos a las orillas del Mar Menor. Fotografía: ANSE

<https://ecomandanga.org/2021/08/25/mar-menor-eutrofizacion-de-intereses-anoxia-cientifica/>

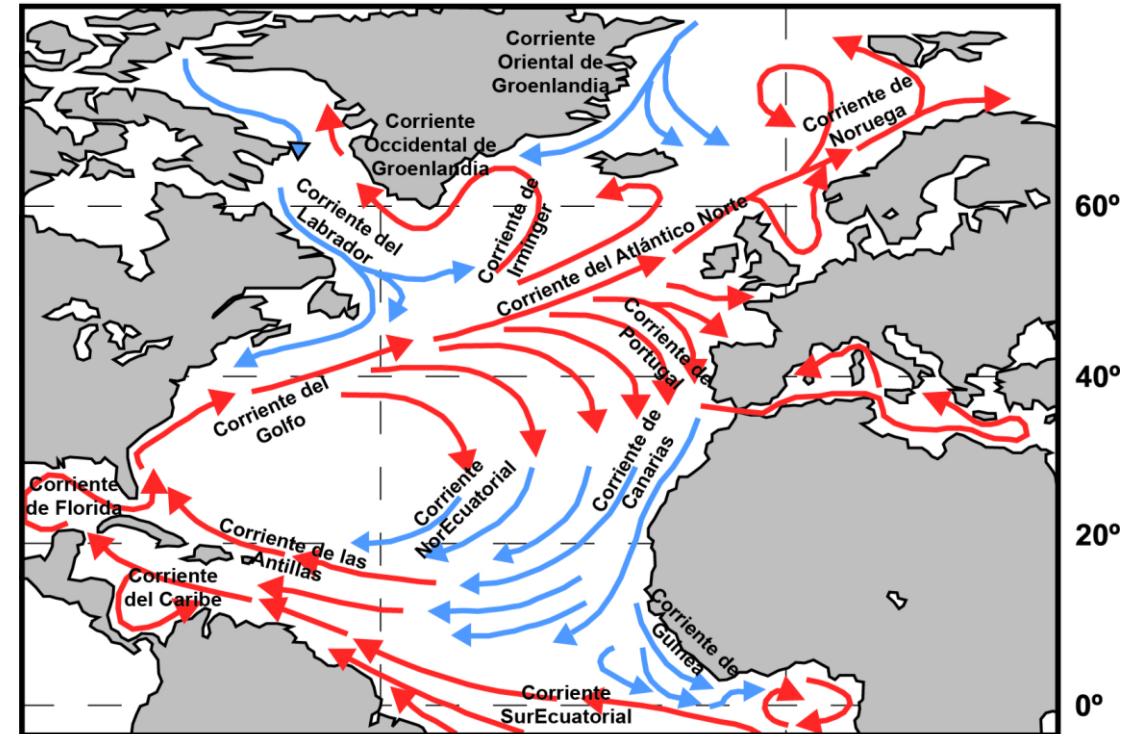
d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los océanos sobre los ecosistemas acuáticos continentales y terrestres

Escala global

Control del clima:

- Regulación global de la temperatura (ej. corriente del atlántico norte).
- Producción del 70% de oxígeno del planeta (fitoplancton).
- Sumidero de CO₂ (fitoplancton).
- Provisión de vapor de agua a la atmósfera.



Funcionamiento de la corriente del Atlántico Norte.

d) Interdependencia entre ecosistemas acuáticos-terrestres

Influencia de los océanos sobre los ecosistemas acuáticos continentales y terrestres

Escala regional
(aporte de nutrientes)

Salmon migrations upstream provide critical nutrients to river ecosystems. Here, width of arrows indicates relative number of Pacific chinook salmon currently migrating into main rivers. The magnitude of anadromous salmon returning to rivers is an indication of the potential for transport of marine-derived nutrients into watersheds.



Puget sound, Washington (USA)

<https://www.eopugetsound.org/articles/transfer-nutrients-ecosystem>

