



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias Agrícolas

Ecología y Medio Ambiente



Ciclos biogeoquímicos y la hipótesis de Gaia

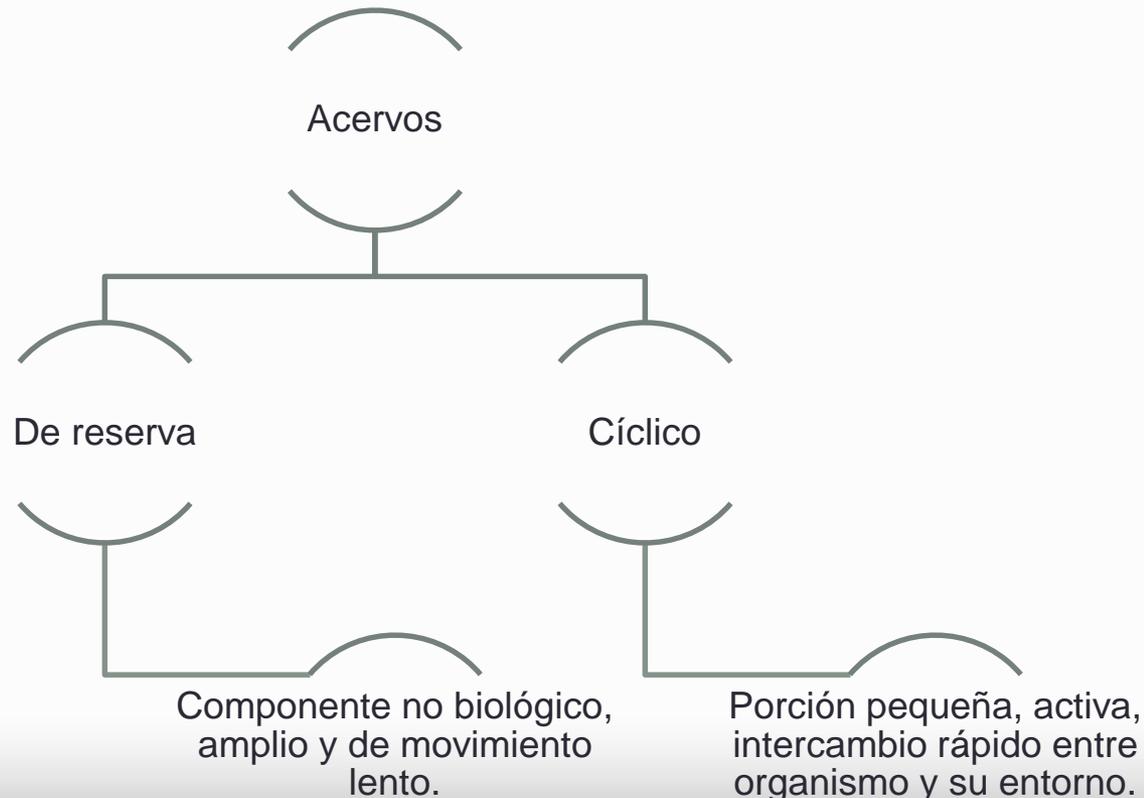
M en Ecol. José Gonzalo Pozas Cárdenas

Objetivo de la unidad de competencia

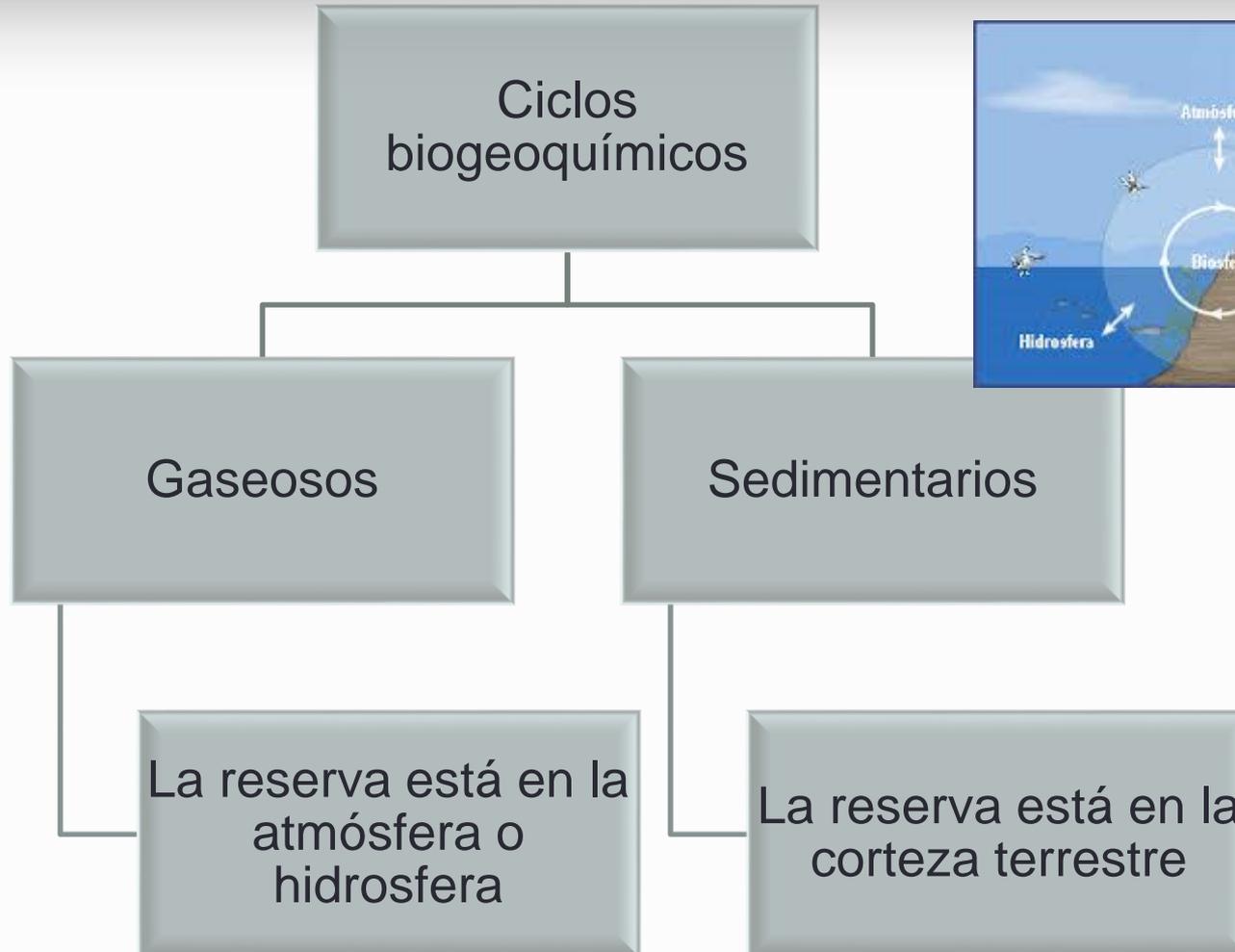
Analizar los ciclos biogeoquímicos y la hipótesis de Gaia, así como reconocer su interacción en los ecosistemas.

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Los elementos químicos tienden a circular en la biosfera a través de vías que van desde el entorno a los organismos y de regreso otra vez al entorno. Estas vías cíclicas se denominan **ciclos biogeoquímicos**.



CICLOS BIOGEOQUÍMICOS : GASEOSOS Y SEDIMENTARIOS



1. Ciclo del N

El N del protoplasma se descompone de formas orgánicas a inorgánicas, por una serie de bacterias.

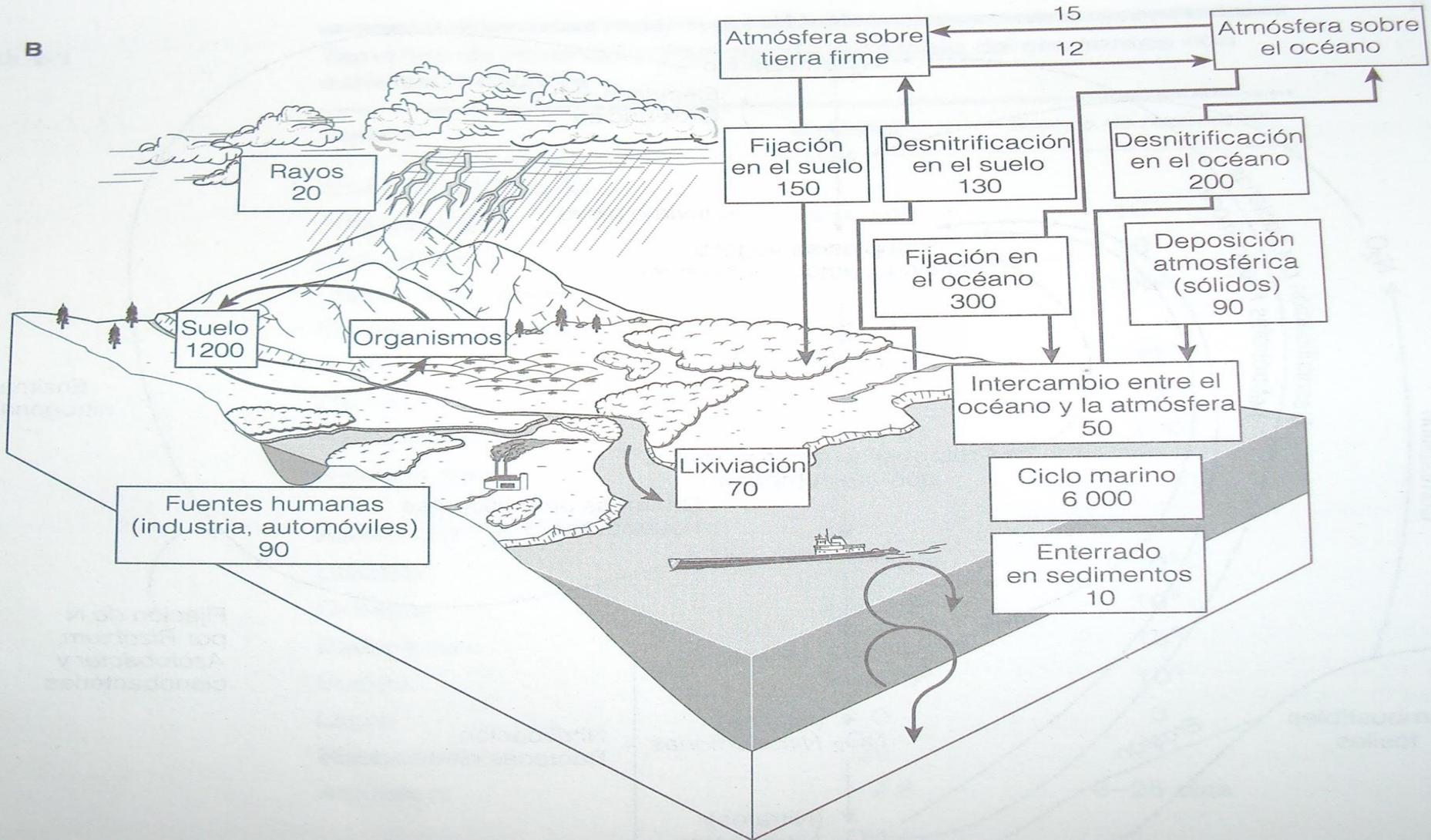
Parte del N termina como amonio y nitrato, formas que las plantas verdes utilizan más fácilmente.

La atmósfera contiene aproximadamente 78% de N, constituye la mayor reserva.

El N **entra** de manera continua a la atmósfera por acción de las **bacterias desnitrificadoras** y **retorna** continuamente al ciclo a través de la acción de los **microorganismos fijadores** (biofijación) y por la acción de los rayos y otros tipos de fijación física.

Los pasos que abarcan desde las proteínas hasta los nitratos suministran energía a los organismos que realizan la descomposición, mientras que para los pasos de regreso se requiere energía de otras fuentes, como materia orgánica o luz solar.

Ciclo del nitrógeno



Ciclo corto del N

Los organismos heterótrofos descomponen las proteínas con enzimas y excretan el exceso de N como urea, ácido úrico y amonio.



Las bacterias especializadas obtienen energía para vivir oxidando el amonio a nitritos, y los nitritos a nitratos.

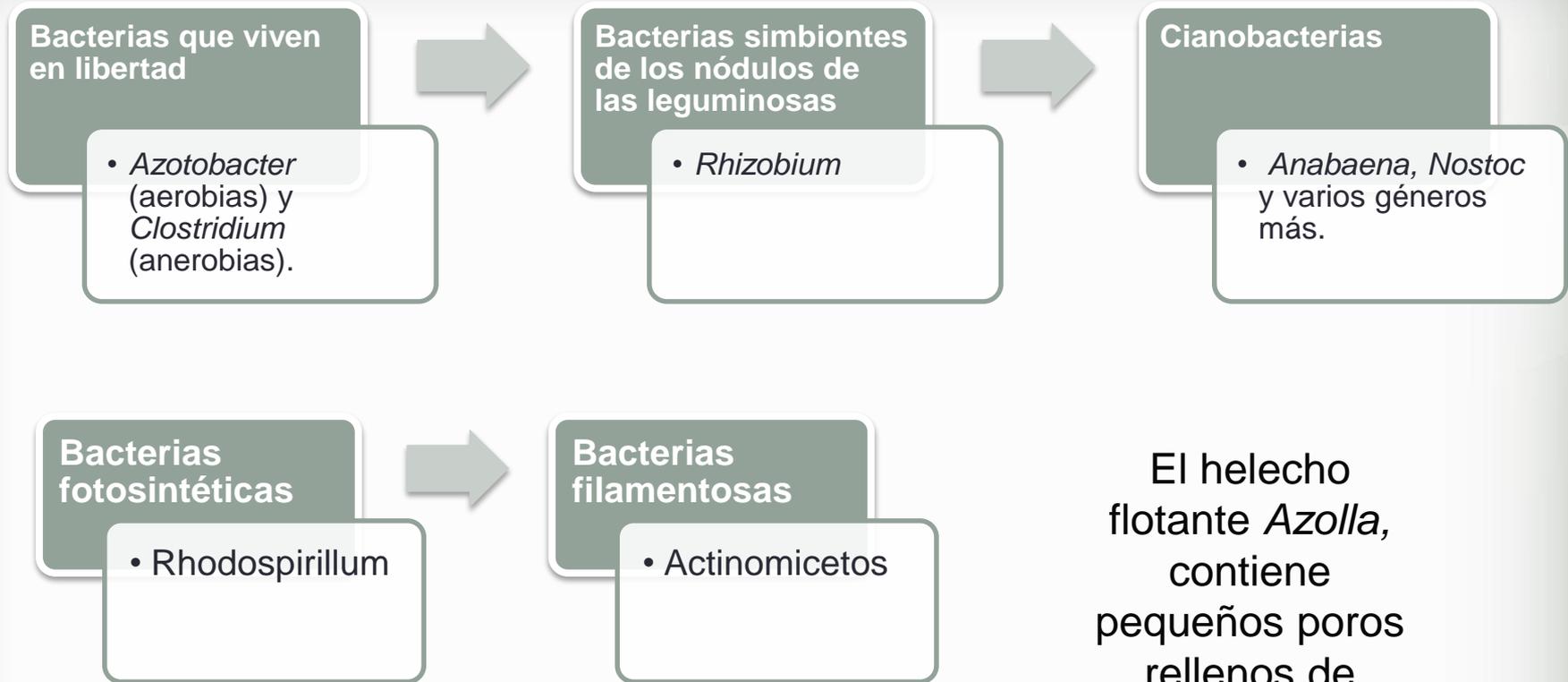
El amonio, nitrito y nitrato pueden ser utilizados como fuentes básicas de N por las plantas.



Las plantas que usan nitratos deben producir enzimas para transformarlos de nuevo en amonio.

La mayoría de las plantas utiliza amonio de manera preferente cuando lo encuentra disponible.

Bacterias fijadoras de N



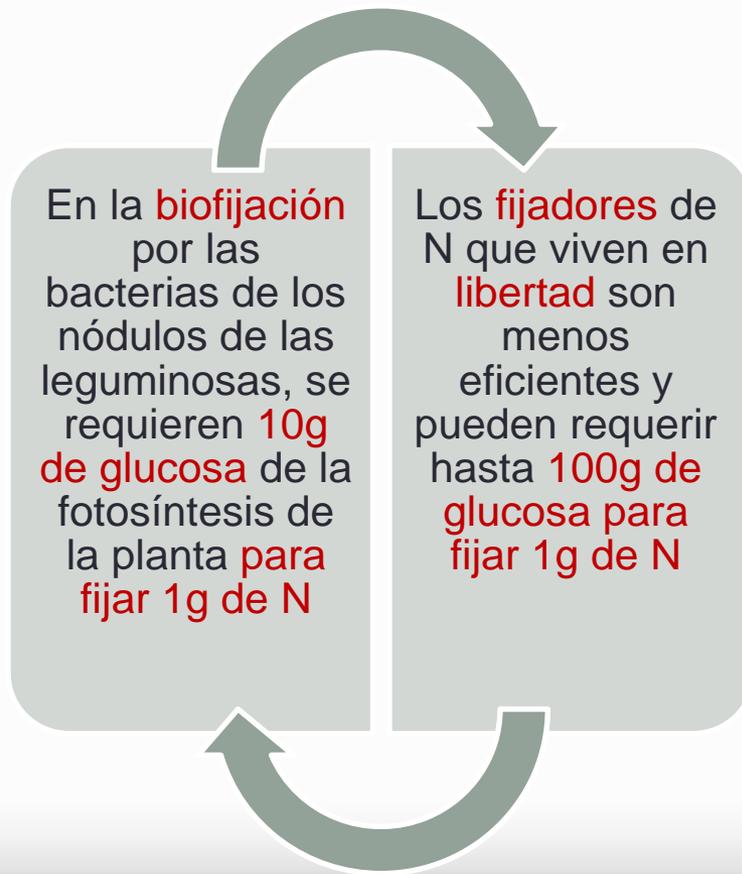
El helecho flotante *Azolla*, contiene pequeños poros rellenos de *Anabaena*, simbiote que fija el N de una manera activa.

La clave para la **biofijación** es la enzima **nitrogenasa**, la cual cataliza la división del N_2 .

Se realiza en:

- Estratos autótrofos y heterótrofos de los ecosistemas
- Zonas aerobias y anaerobias del suelo
- Sedimentos acuáticos

La fijación del N es costosa desde el punto de vista energético, pues se requiere gran cantidad de energía para romper el tripe enlace de la molécula de N_2 y lograr que se transforme en dos moles de amoníaco (NH_3).



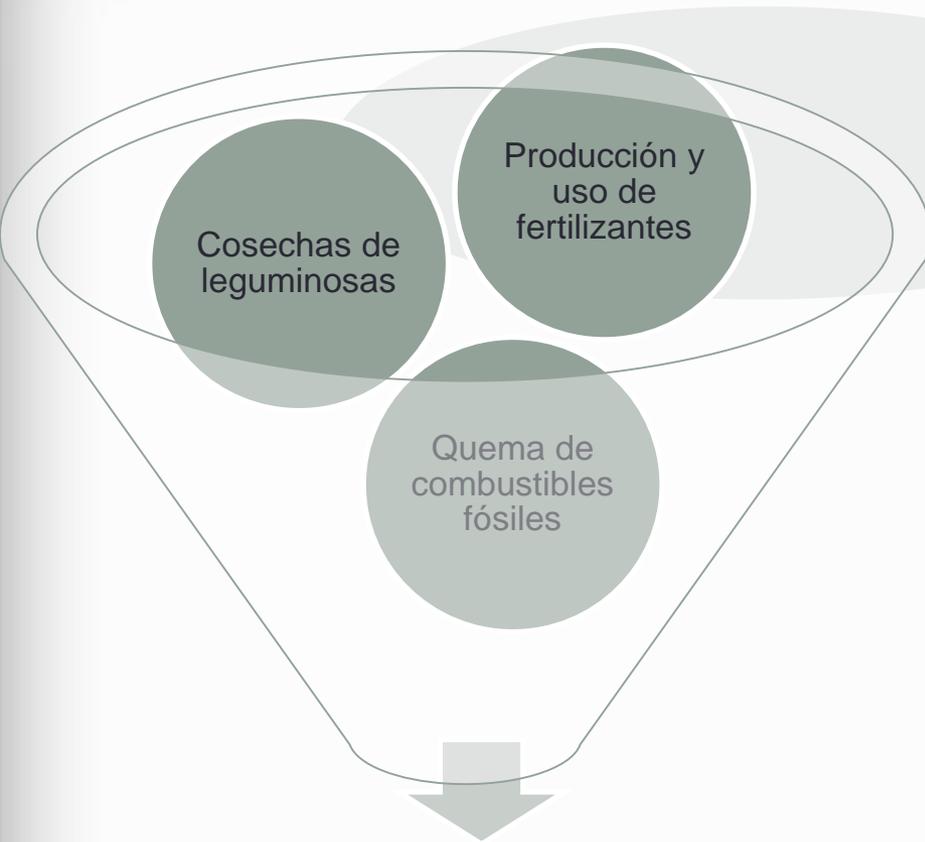
Se gasta mucho combustible fósil para la fijación industrial del N, por eso el fertilizante nitrogenado es más costoso que los otros fertilizantes.

Sólo los **procariontes** (microorganismos primitivos) pueden convertir el N gaseoso, que no es útil biológicamente, en las formas de N necesarias para la constitución y mantenimiento de las células vivas.

Cuando estos microorganismos forman sociedades, mutuamente benéficas, con plantas superiores, en éstas aumenta de forma considerable la fijación de N.

Los fijadores de N trabajan más cuando el suministro de N en su entorno es bajo; agregar fertilizante nitrogenado a un cultivo de leguminosas detiene la fijación.

Efectos nocivos del N



Depositán 140Tg/año de N nuevo en suelo, agua y aire.

El enriquecimiento con N y otros nutrientes abre la puerta a malezas oportunistas, que se encuentran mejor adaptadas a condiciones de nutrientes altos.

Ejemplo:

En las praderas naturales enriquecidas con N, las especies nativas han sido reemplazadas por malezas exóticas, reduciendo la biodiversidad.

El enriquecimiento con N está reduciendo la biodiversidad y aumentando el número de plagas y enfermedades a escala mundial, y también está comenzando a afectar adversamente la salud humana.

2. Ciclo del fósforo

El fósforo tiende a circular en compuestos orgánicos en forma de fosfato (PO_4) el cual queda disponible para las plantas.



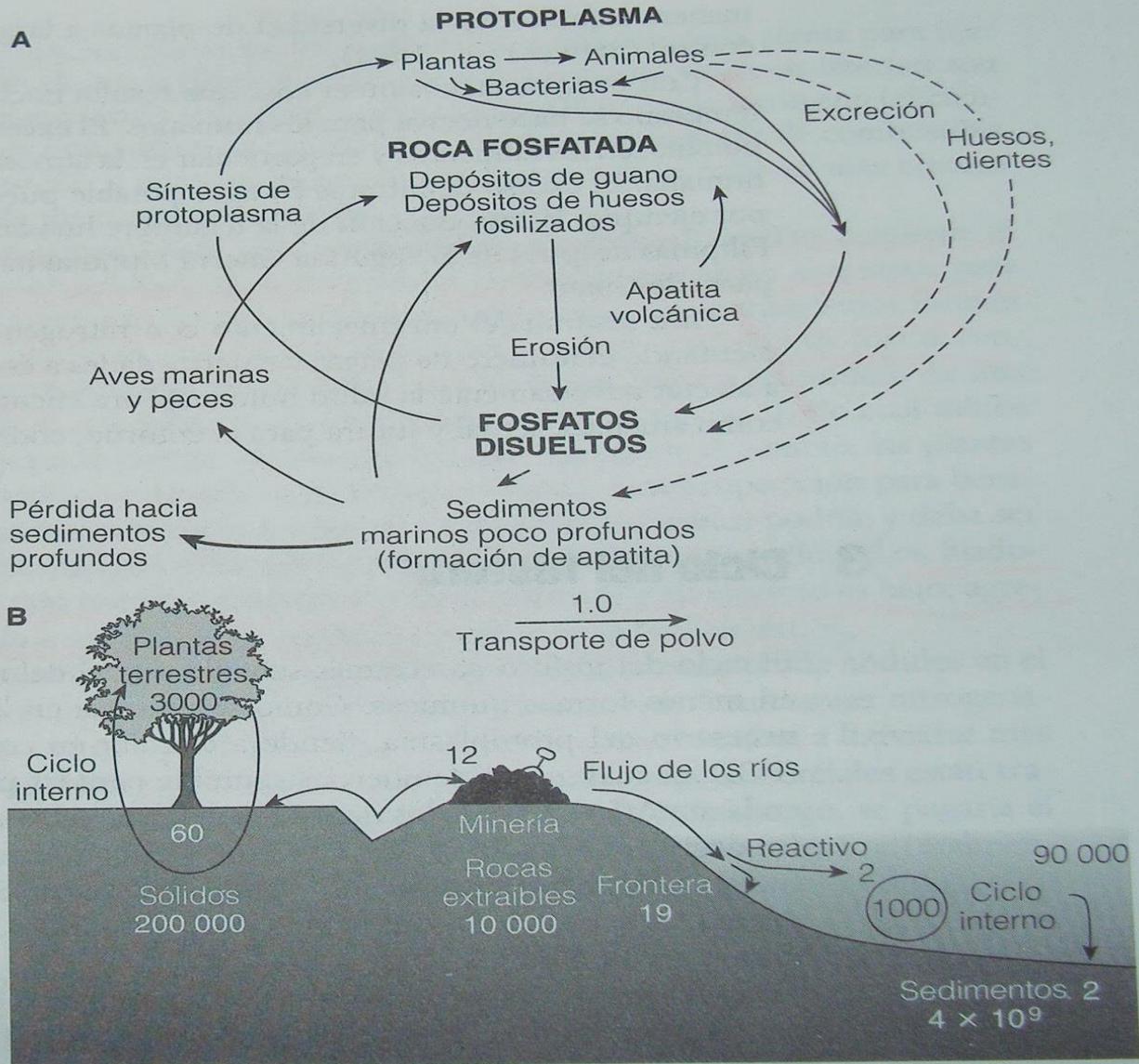
La gran reserva de fósforo está en los depósitos del mineral apatita formados en eras geológicas antiguas (es decir, en la litosfera).



El fosfato regresa al mar donde se deposita en sedimentos poco profundos y de mayor profundidad.

Diagrama del ciclo del fósforo

Figura 4-4. A) Diagrama modelo del ciclo del fósforo. B) Ciclo total del fósforo, ilustrando los acervos de reserva y los flujos expresados en unidades de 10^{12} g de fósforo al año. (Tomado de la figura 12.6, p. 397, en Schlesinger, W. H., 1997. *Biogeochemistry: An analysis of global change*. 2a. ed. San Diego; Academic Press. Copyright © 1997 con autorización de Elsevier.)





Las aves marinas producen fósforo vía desechos

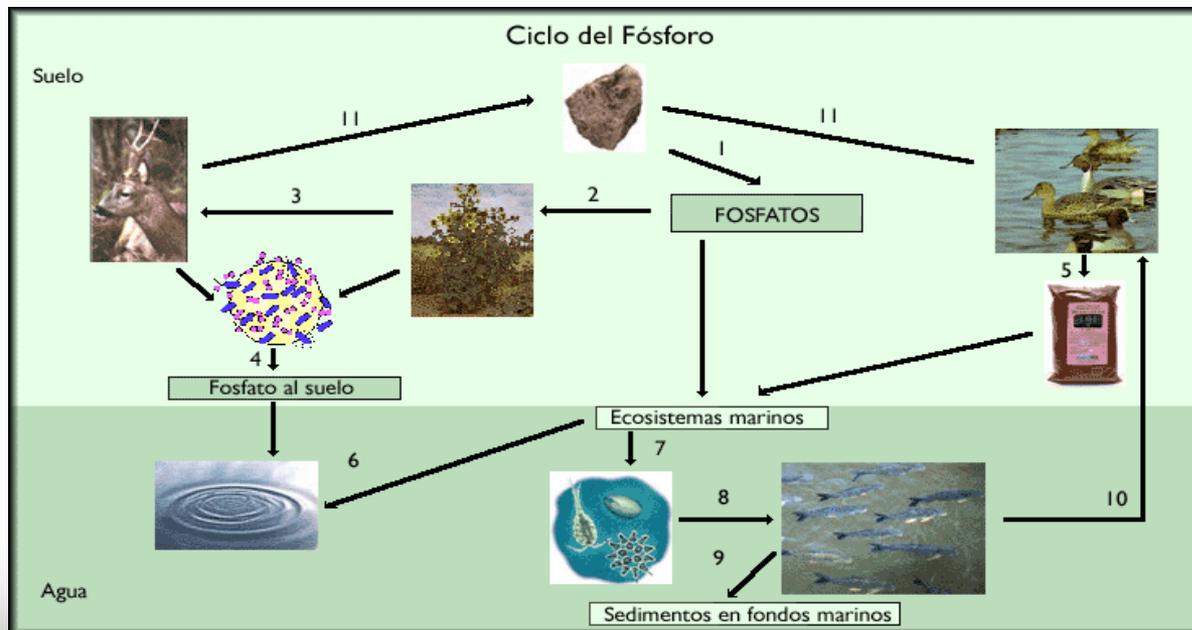
Las aves marinas sólo desempeñan un papel limitado en devolver fósforo al ciclo.



Las actividades humanas parecen acelerar la velocidad en la pérdida de fósforo. Uno o dos millones de fosfatos que se obtienen de las minas se emplean como fertilizante, gran parte de los cuales se lixivian y se pierden.

- Será necesario reciclar el fósforo a gran escala para evitar la hambruna.

De todos los nutrientes, el fósforo es el más escaso, en términos de abundancia relativa en los estanques disponibles sobre la superficie de la Tierra.



3. Ciclo del S

El S es un constituyente esencial de ciertos aminoácidos.

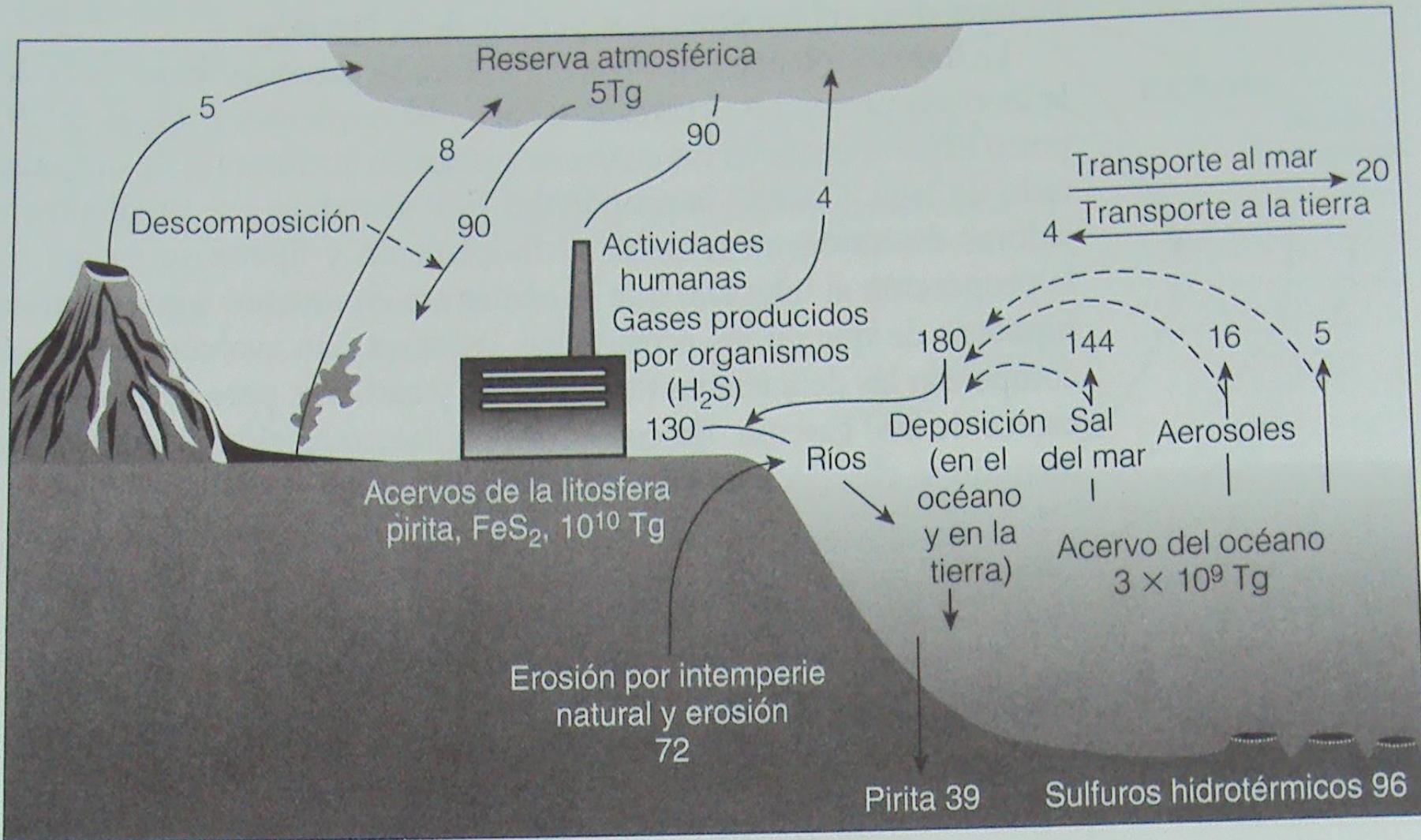
El ciclo del S es clave en el patrón general de producción y descomposición.

Cuando se forman sulfuros de hierro en sedimentos, el fósforo se convierte de una forma insoluble a una soluble, y por lo tanto entra a la reserva disponible para los organismos vivos.

El S se encuentran en la litosfera, atmósfera y océanos.

Diagrama del ciclo del azufre

A

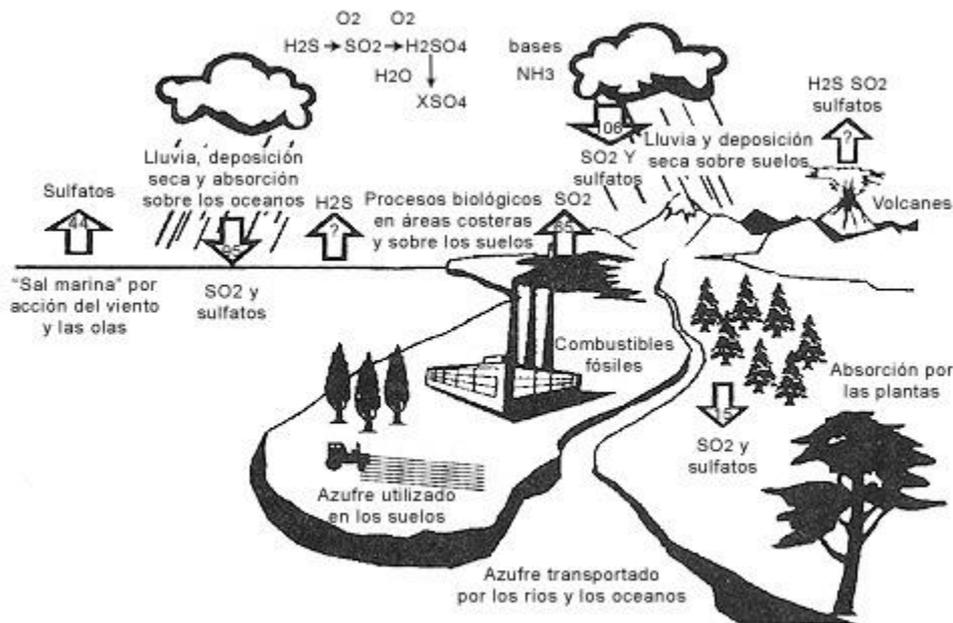


Las bacterias sulfurosas funcionan como un equipo de transmisión dentro del ciclo del S en suelos, agua dulce y pantanos.



El proceso realizado por microbios en zonas anaerobias profundas de suelo y sedimentos produce un movimiento ascendente del sulfuro de hidrógeno gaseoso (H_2S) en los ecosistemas terrestres y los pantanos.

La descomposición de proteínas también conduce a la producción de sulfuro de hidrógeno, una vez en la atmósfera, esta fase gaseosa se transforma en otros productos:



Efectos sobre la contaminación ambiental

Los óxidos gaseosos de S son tóxicos en un grado variable, el uso de combustibles fósiles ha aumentado considerablemente la concentración de estos óxidos volátiles en la atmósfera.

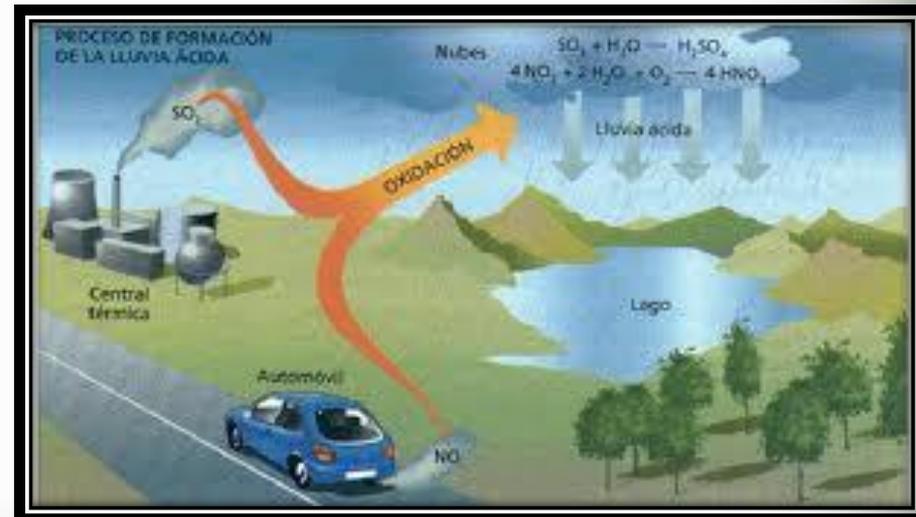
Los efectos llegan hasta el punto de afectar, de manera adversa, componentes bióticos importantes y procesos de los ecosistemas.



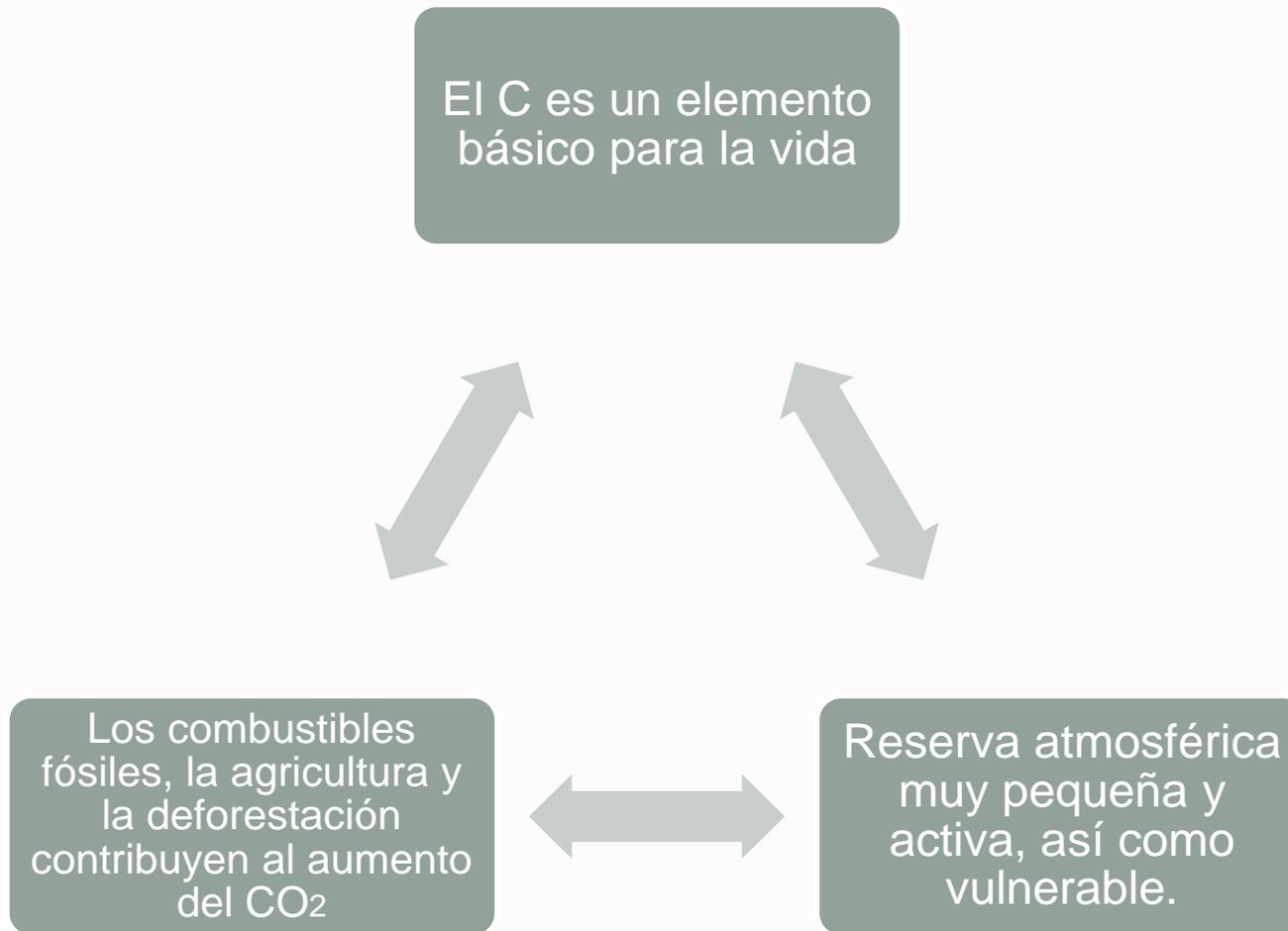
Las emisiones por combustión de carbón y escapes automotrices constituyen fuentes importantes de SO₂ y SO₄ y junto con otros son una fuente importante de expresiones venenosas de nitrógeno.

El dióxido de azufre es nocivo para la fotosíntesis, destruye la vegetación.

Tanto los óxidos de S como los nítricos interaccionan con vapor de agua para producir gotitas de ácido sulfúrico y ácido nítrico diluido que caen a la Tierra en forma de **lluvia ácida**.

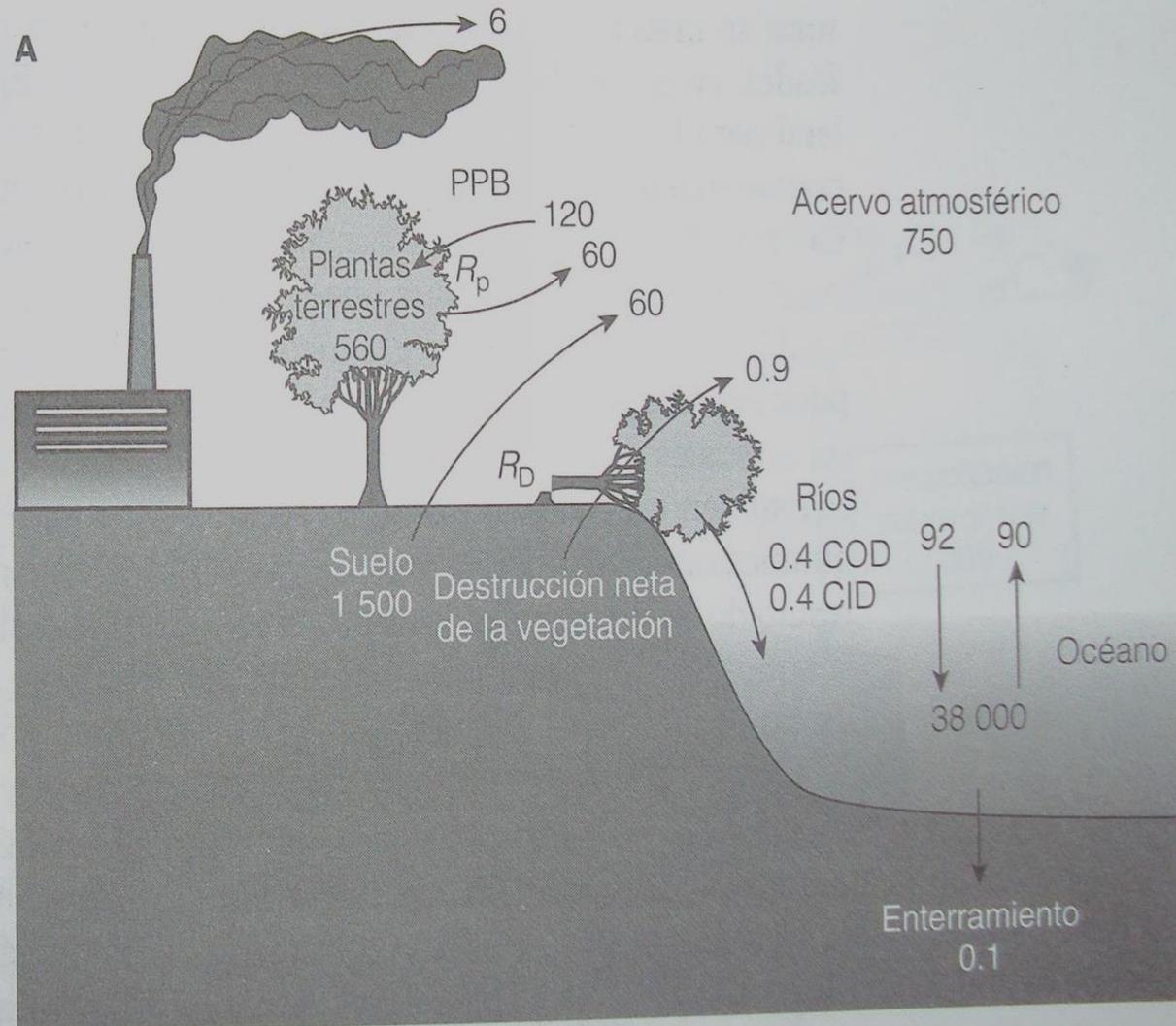


4. Ciclo del carbono



Ciclo del Carbono

Figura 4-6. A) Ciclo total del carbono. Valores expresados en 10^{15} g de carbono al año (valores tomados de Schimel *et al.*, 1995 y Schlesinger, 1997). PPB = producto primario bruto; R_p = respiración de las plantas; R_D = respiración de los detritos; COD = carbono orgánico disuelto; CID = carbono inorgánico disuelto. B) Gráfica que ilustra el aumento continuo de CO_2 atmosférico de 1958 a 2002 medido en el observatorio Mauna Loa de Hawai. Los puntos representan concentración, promedio mensual de CO_2 . (Fuente: C. D. Keeling y T. P. Whorf, Scripps Institution of Oceanography, UC, La Jolla, California, USA 92093.)



El CO₂ fijado por las cosechas no compensa el CO₂ que se libera del suelo, en particular por el arado excesivo.

Los bosques jóvenes de crecimiento rápido constituyen fosos de carbono, de modo que la reforestación a gran escala podría el calentamiento global, asociada al aumento de CO₂ atmosférico.



Los arrecifes de coral y otros organismos constituyen una fuente y no un foso de CO₂.

El mar contiene 40 atmósferas de carbono como bicarbonato y carbono orgánico disuelto (COD), los cuales funcionan como reservas de carbono.

El mar constituye un amortiguador eficaz del CO₂ atmosférico.



Además del CO₂, hay otras dos formas de carbono presentes, en pequeñas cantidades, en la atmósfera:

Monóxido de carbono CO

- Concentración de 0.1 ppm

Metano CH₄

- Concentración de 1.6 ppm

Ambos surgen de la descomposición incompleta o anaerobia de materia orgánica en la atmósfera y ambos se oxidan a CO₂

CO

- Es un veneno letal para los humanos.
- Las concentraciones de CO hasta 100 ppm son frecuentes en zonas con tránsito automotriz constante.
- Tiempo de residencia en la atmósfera de seis años.

CH₄

- Es un gas incoloro e inflamable, producido naturalmente por la descomposición de materia orgánica por bacterias anaerobias, en pantanos de agua dulce, aerosoles, conductos digestivos de rumiantes y las termitas.
- Es un gas de invernadero que molécula por molécula absorbe 25 veces más calor que el CO₂.
- Tiempo de residencia en la atmósfera de nueve años.

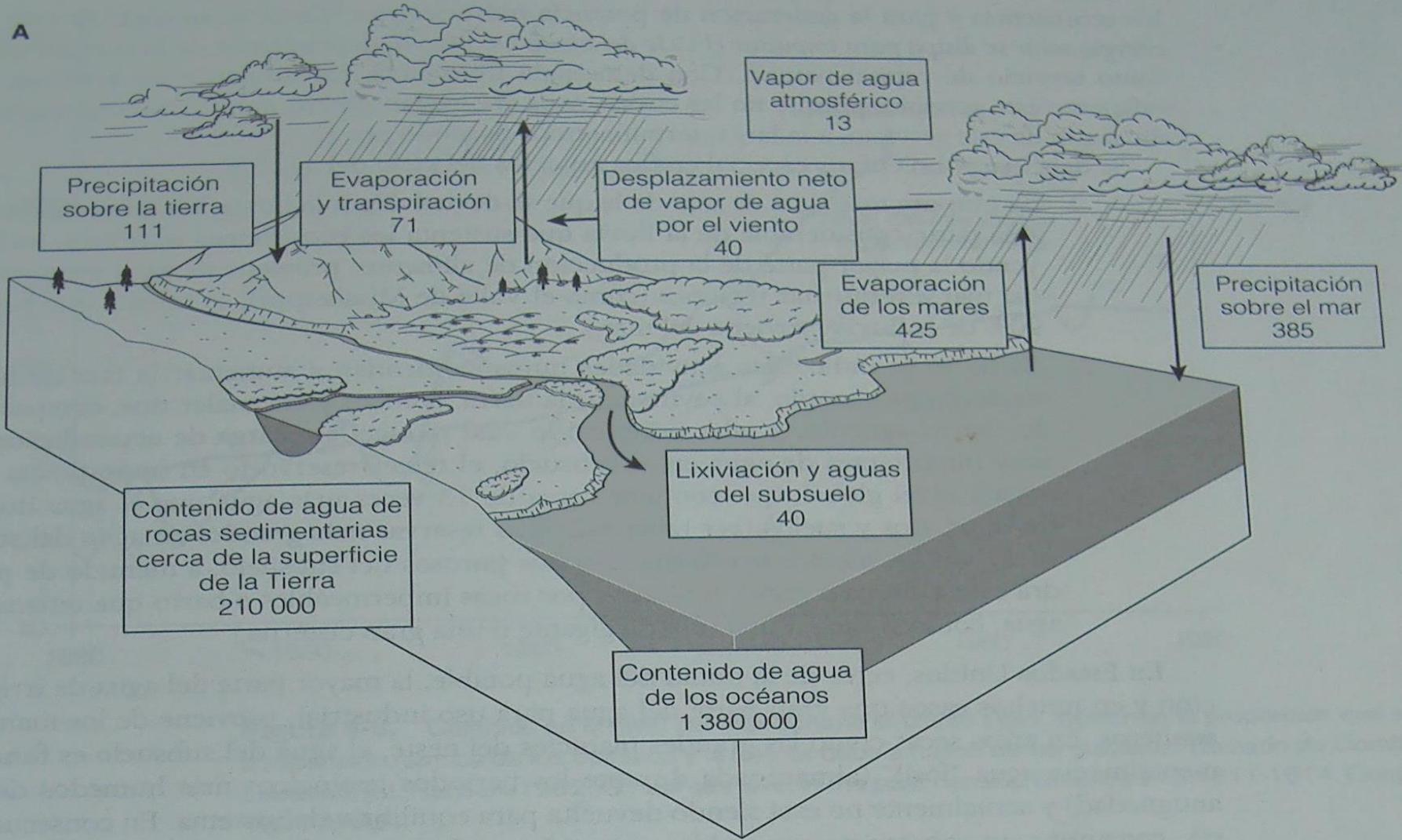
5. Ciclo hidrológico

El océano es
la reserva
más grande
y la
atmósfera la
mas
pequeña

Incluye el desplazamiento del agua de los océanos hacia la atmósfera por evaporación.

A continuación en forma de precipitación de nuevo hacia la superficie de la Tierra con infiltración y lixiviación de los continentes para un posterior retorno al océano.

Ciclo del agua



Cerca de la tercera parte de la energía solar que incide participa como impulsor en el ciclo del agua.

Se evapora más agua de mar de la que se devuelve por la lluvia

La lluvia que sustenta los ecosistemas terrestres proviene de agua evaporada del mar.

Las actividades humanas aumentan la tasa de lixiviación

Se reduce la recarga de agua en el subsuelo en los acuíferos (3 reservorio más importante)

Los casquetes polares y los glaciares de las montañas constituyen el segundo acervo de reserva más grande de agua.

HIPÓTESIS DE GAIA

Los **organismos** individuales no sólo **se adaptan a su ambiente físico** sino que, también **adaptan el ambiente geoquímico** a sus necesidades biológicas.

La **hipótesis de Gaia** dice que, los organismos, y en particular los microorganismos, han evolucionado junto con su ambiente físico para dar lugar a un sistema de control complicado y autorregulado que mantiene las condiciones favorables para la vida sobre la Tierra.

Las acciones de los organismos marinos determinan de manera importante el contenido del mar y sus rezumaderos en el fondo mismo.

Cuando crecen plantas sobre una duna de arena dan lugar a un suelo radicalmente diferente al sustrato original.

En un arrecife de coral los organismos modifican el ambiente biótico.

Los organismos controlan hasta la composición de la atmósfera que nos rodea.

La extensión del control biológico constituye la hipótesis de Gaia

Gaia nombre griego de la diosa de la Tierra

La atmósfera de la tierra:

- Alto contenido de oxígeno
- Bajo contenido de dióxido de carbono
- Temperatura moderada
- Las plantas y microbios amortiguan las fluctuaciones de los factores físicos

Ejemplo:

El amoníaco producido por los microorganismos mantiene un pH tal en suelos y sedimentos, que es favorable para una amplia variedad de seres vivos.

Los organismos desempeñaron un papel importante en el desarrollo y control de un ambiente geoquímico favorable a ellos mismos desde los comienzos del desarrollo de la atmósfera de la Tierra.

Los **humanos** más que cualquier otra especie, intentan **modificar su ambiente físico** para cubrir sus **necesidades inmediatas**, pero cada vez lo hacen de manera más **miope**.

Como el hombre es un heterótrofo que se desarrolla mejor cerca del extremo de cadenas alimenticias y energéticas complejas, depende de su ambiente natural, sin importar qué tan compleja sea su tecnología.



Preguntas de auto aprendizaje

¿Qué son los ciclos biogeoquímicos?

- Ⓐ) Elementos químicos que circulan en la biosfera
- Ⓑ) Van desde el entorno a los organismos
- Ⓒ) Y de regreso otra vez al entorno
- Ⓓ) Todas

¿Cuáles son los tipos de ciclos biogeoquímicos?

- A) Sedimentarios
- B) Gaseosos
- C) Gaseosos y sedimentarios

¿Cuáles son ejemplos de ciclos gaseosos?

- A) Agua
- B) Nitrógeno
- C) Carbono
- D) Todas

¿Cuáles son ejemplos de ciclos sedimentarios?

- A) Azufre
- B) Fósforo
- C) Potasio
- D) Todas

Ejercicio de análisis y reflexión

Identifica

- Las formas contaminantes de los ciclos gaseosos y sedimentarios.
- Los compuestos más contaminantes derivados de agricultura que afectan los ciclos biogeoquímicos.

Ejercicio de análisis y reflexión

Argumenta con base en la hipótesis de Gaia porque el planeta tierra tiene la vida que conocemos y el planeta marte no la tiene.

Bibliografía

Odum, E.P. y Gary, W. Barrett. 2006. Fundamentos de Ecología. Thomson. Quinta Ed. México.

Miller, G.T. 1994. *Ecología y Medio Ambiente*. Iberoamericana, México.

Vázquez Torre, G. 1996. *Ecología y formación ambiental*. M^c Graw Hill. México.

¡Gracias!