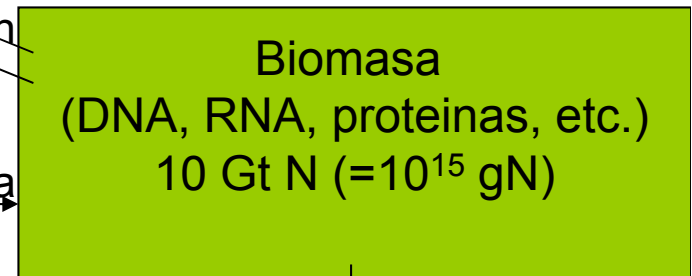
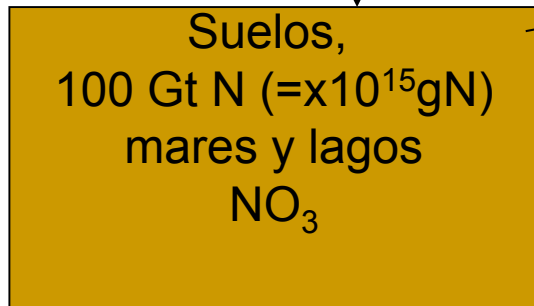
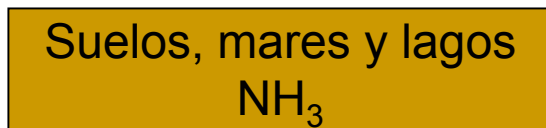
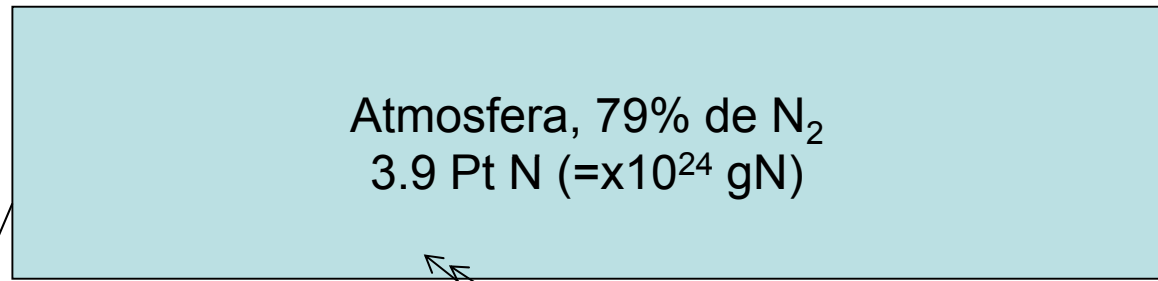


CICLO DEL N

$N_2 \rightarrow NO - NO_2 -- NO_3$
Fijación N Abiótica – rayos
5 TgN/año

$N_2 \rightarrow NH_3$
Fijación de N Biótica, 100 géneros de Diazótrofos
(nitrogenasa, estrictamente anaerobia, consume energía)
Vida libre en suelo (*Clostridium*) y agua (Cyanobacterias)
Endosimbiosis en raíces leguminosas

$NH_3 \rightarrow NO_3$
Nitrificación por bacterias
Nitrificantes aerobias (*Nitrobacter*)



Denitrificación,
bacterias anaerobias
(obligadas y facultativas)
Thiobacillus

Amonificación,
bacterias y hongos

Excreción

Absorción, heterotrófia

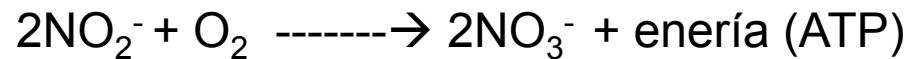
Intemperismo

Enterramiento

Fijación, es un proceso anaerobio y que consume energía: pasa de nitrógeno molecular (atmosférico) a amoniaco:



Nitrificación (aerobio): es la oxidación de amoniaco a nitrato:



Deitrificación (anaerobio): reducción de nitratos a nitrógeno molecular (atmosférico)



Ejemplos de organismos fijadores de nitrógeno (diazótrofos)



Cyanobacterias:
Anabaena, *Nostoc* etc.

La fijación se realiza en heterocistos en los que se mantiene un ambiente anaerobio



Hay varias bacterias endosimbiontes pero las más productivas son las que forman nódulos en las leguminosas como *Rhizobium*

Fijación industrial:

La síntesis artificial de amoníaco (proceso **Haber-Bosch**) permite fabricar abonos ricos en nitratos (y fosfatos), los que han aumentado la productividad agrícola (revolución verde) que a su vez sustentó el incremento poblacional de la segunda mitad del siglo XX (1950 a 1970).

El método produce amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico el cual es llevado a las sales finales: **Sulfato de amonio** (20% de N), **Cloruro de amonio** (21-23% de N) y **Fosfato de amonio** (abono binario con 20% de N y 40-52% de ácido fosfórico soluble).

CICLO DEL N

Con impacto antropogénico

$N_2 \rightarrow NO - NO_2 - NO_3$
Fijación N Abiótica – rayos
5 TgN/año

$N_2 \rightarrow NH_3$
Fijación de N Biótica, 100 géneros de **Diazótrofos**
(nitrogenasa, estrictamente anaerobia, consume energía)
Vida libre en suelo (*Clostridium*) y agua (Cyanobacterias)
Endosimbiosis en raíces leguminosas

110 Tg N/año tierra + 140 TgN/año océano

Suelos, mares y lagos
 NH_3

$NH_3 \rightarrow NO_3$
Nitrificación por bacterias nitrificantes
Aerobias (*Nitrobacter*)

Suelos,
100 Gt N (=x10¹⁵gN)
mares y lagos
 NO_3
→ *eutrofización, acidificación*

Fijación química **160 TgN/año**

Amonificación,
bacterias y hongos

Absorción, heterotrófia

Intemperismo

Atmosfera, 79% de N_2
3.9 Pt N (=x10²⁴ gN)

NO_x
Capa ozono!

Denitrificación,
bacterias anerobias *Thiobacillus*
100 t + 240 p TgN/año
+170 ríos

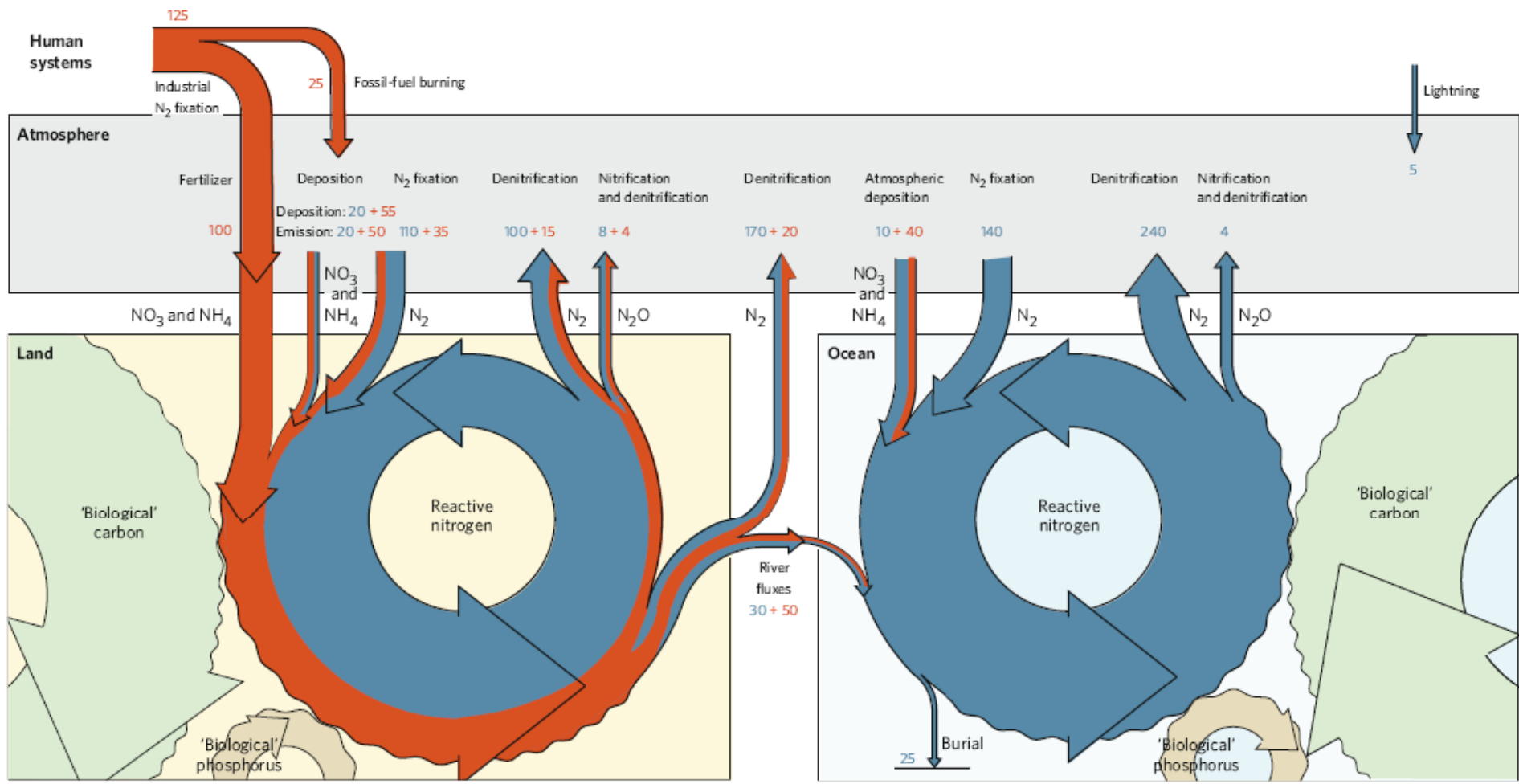
Quema
combustibles
25 Tg N/año

Biomasa
(DNA, RNA, proteínas, etc.)
10 Gt N (=10¹⁵ gN)

Enterramiento 25 Tg N/año

Rocas y combustibles fósiles 1x10²⁴ gN

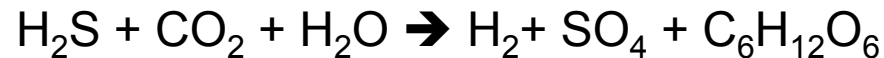
CICLO DEL N



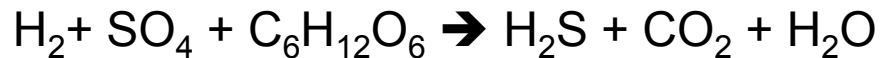
Nicolas Gruber & James N. Galloway

CICLO DEL S

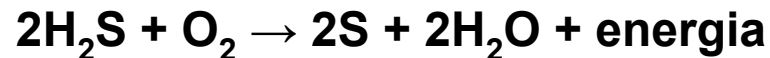
SULFOBACTERIAS PURPURA Y VERDES: FOTOSINTESIS ANAEROBIA necesitan luz y condiciones anaerobias para que haya sulfuros. Se produce materia orgánica reuciendo el CO₂ y oxidando el H₂S



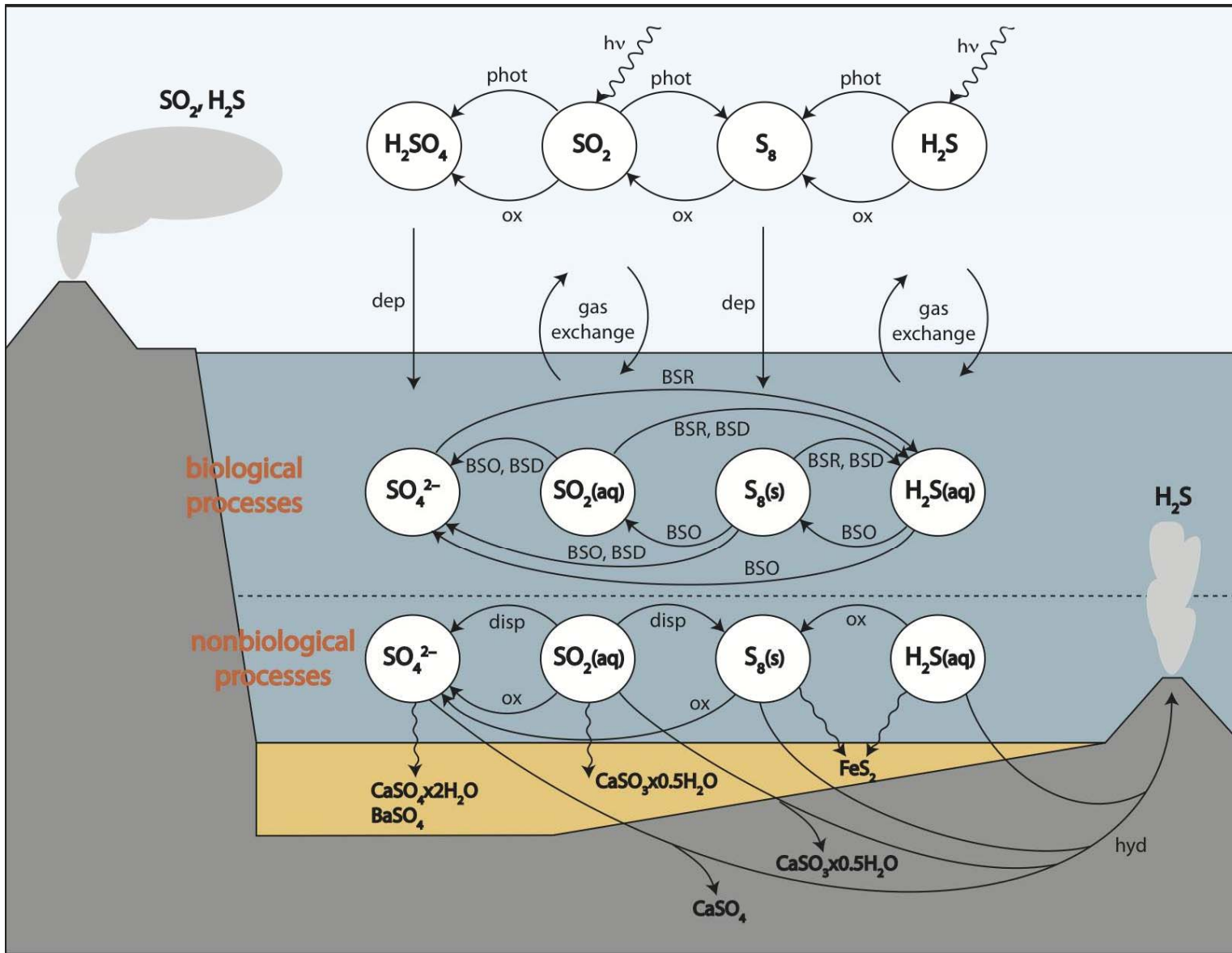
BACTERIAS SULFOREDUCTORAS (similar a respiración ya que se oxida materia orgánica a dióxido de C y el sulfato se reduce). Necesitan ambiente anoxico



Quimioautorofas eg. *Pyrolobus* (ventilas hidrotermales)



CICLO DEL S, el azufre existe en muchos estados de reducción-oxidación



CICLO DEL S
sulfobacterias
3,400 ma

CICLO DEL S
suforeducción
2,700 ma

6+, 4+, 2+, 0, 2-
ATMOSFÉRA:
 SO_4 , SO_2 , H_2S
DIMETILSULPHATE $(CH_3)_2S$

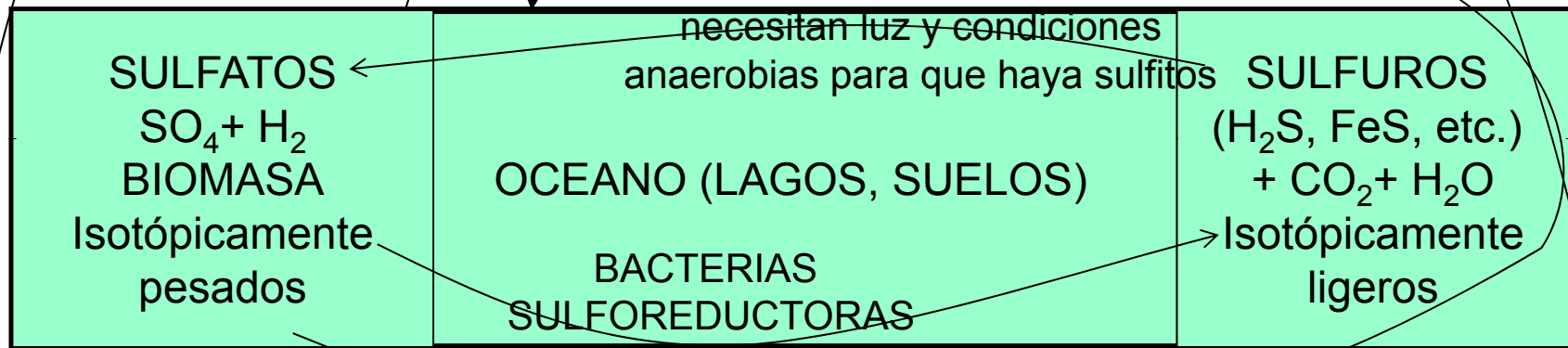
INTEMPERISMO Y
QUEMA
COMBUSTIBLES:
 SO_4

aerosoles

Deposición
(lluvia ácida)

SULFOBACTERIAS
PURPURA Y VERDES

VULCANISMO:
 H_2S y SO_2



Anoxia y salinidad

ABSORCIÓN

DEGRADACIÓN
BACTERIAS
HONGOS

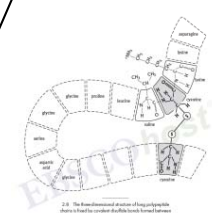
BIOMASA
DOS AMINOACIDOS CON S:
METIONINA Y CISTEINA
PUENTES DISULFURO → 3D

enterramiento

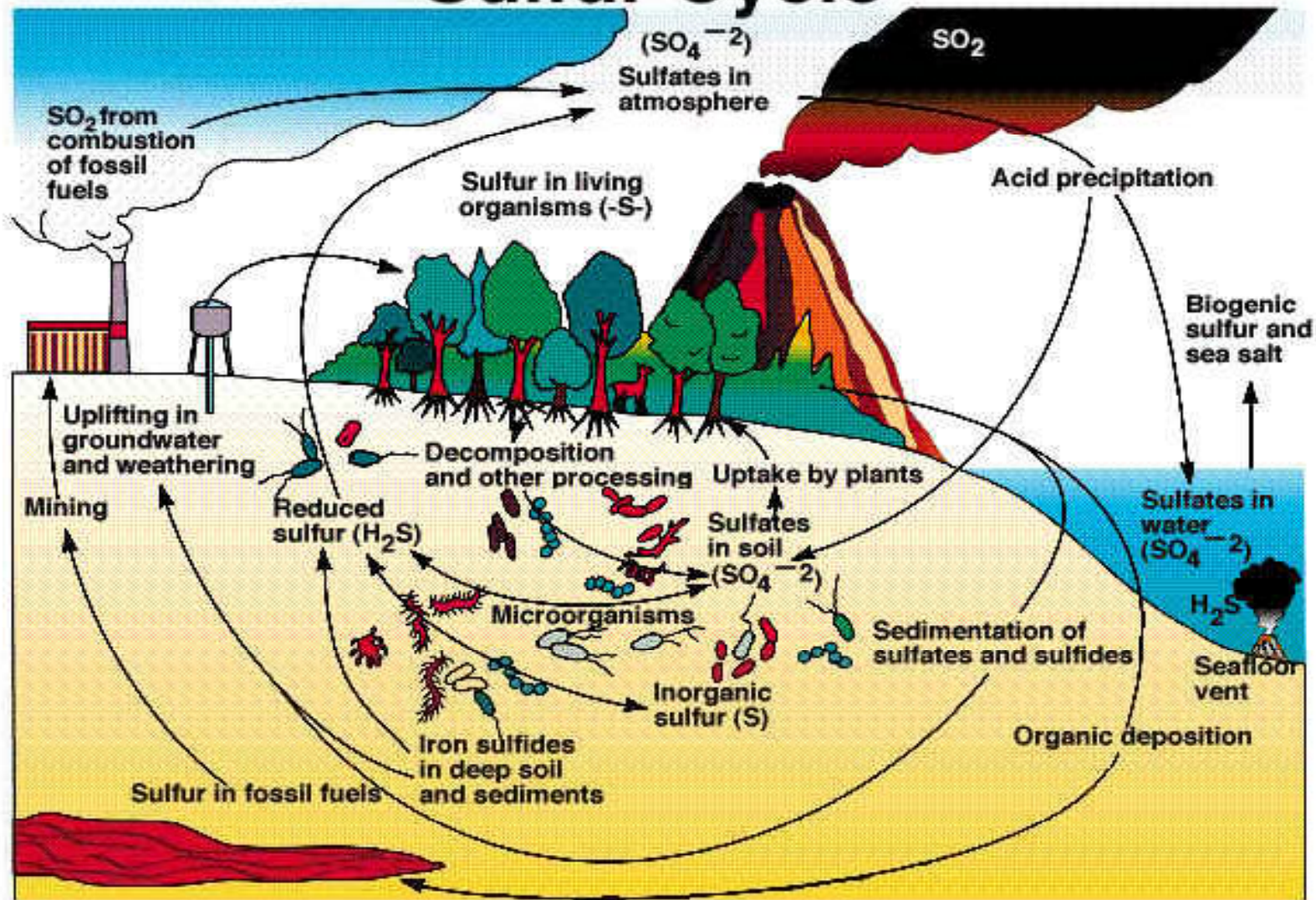
Precipitación en anoxia

Precipitación
(evaporitas)

SEDIMENTOS:
YESO, MO FOSIL, PIRITA,

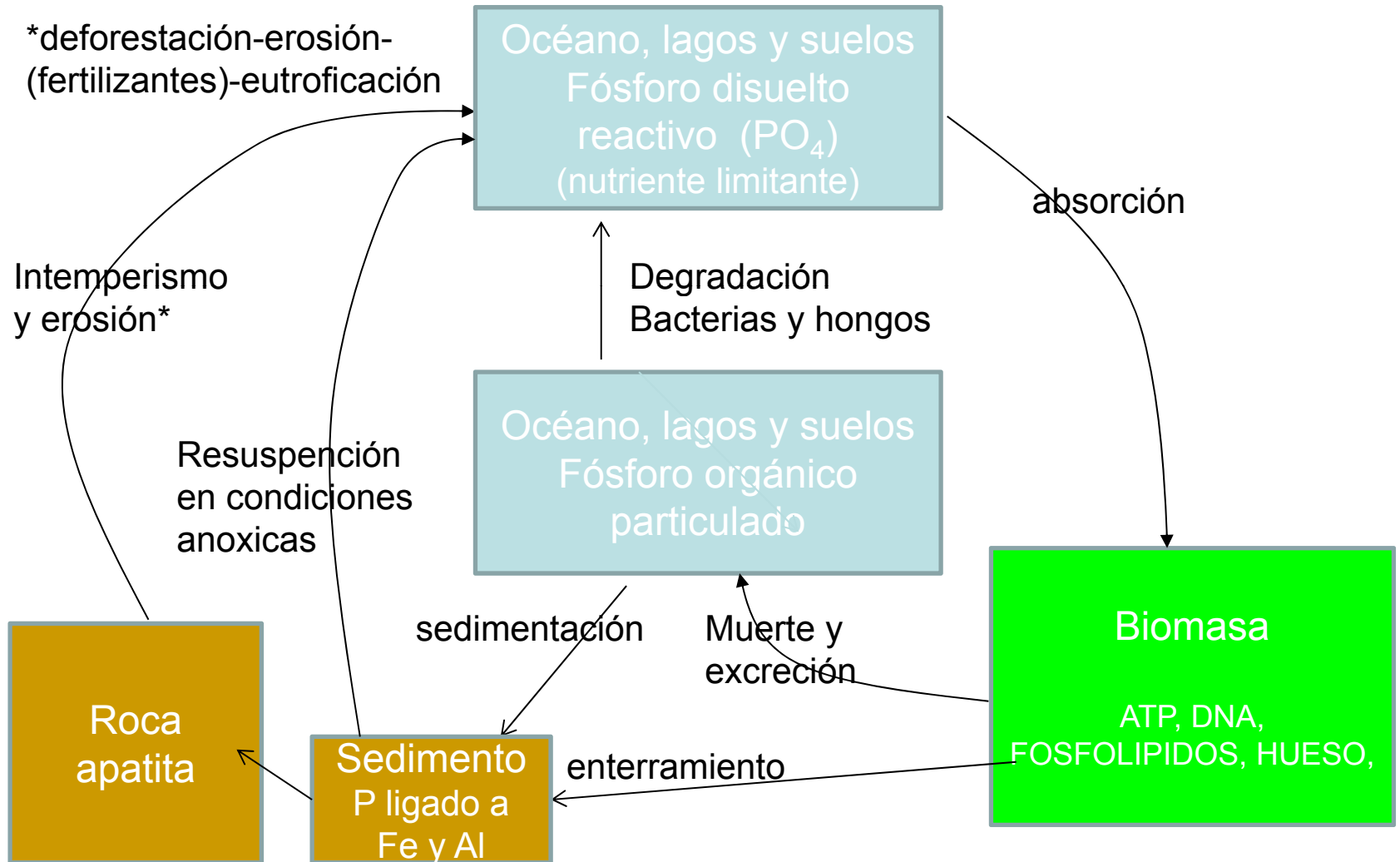


Sulfur Cycle



CICLO DEL P

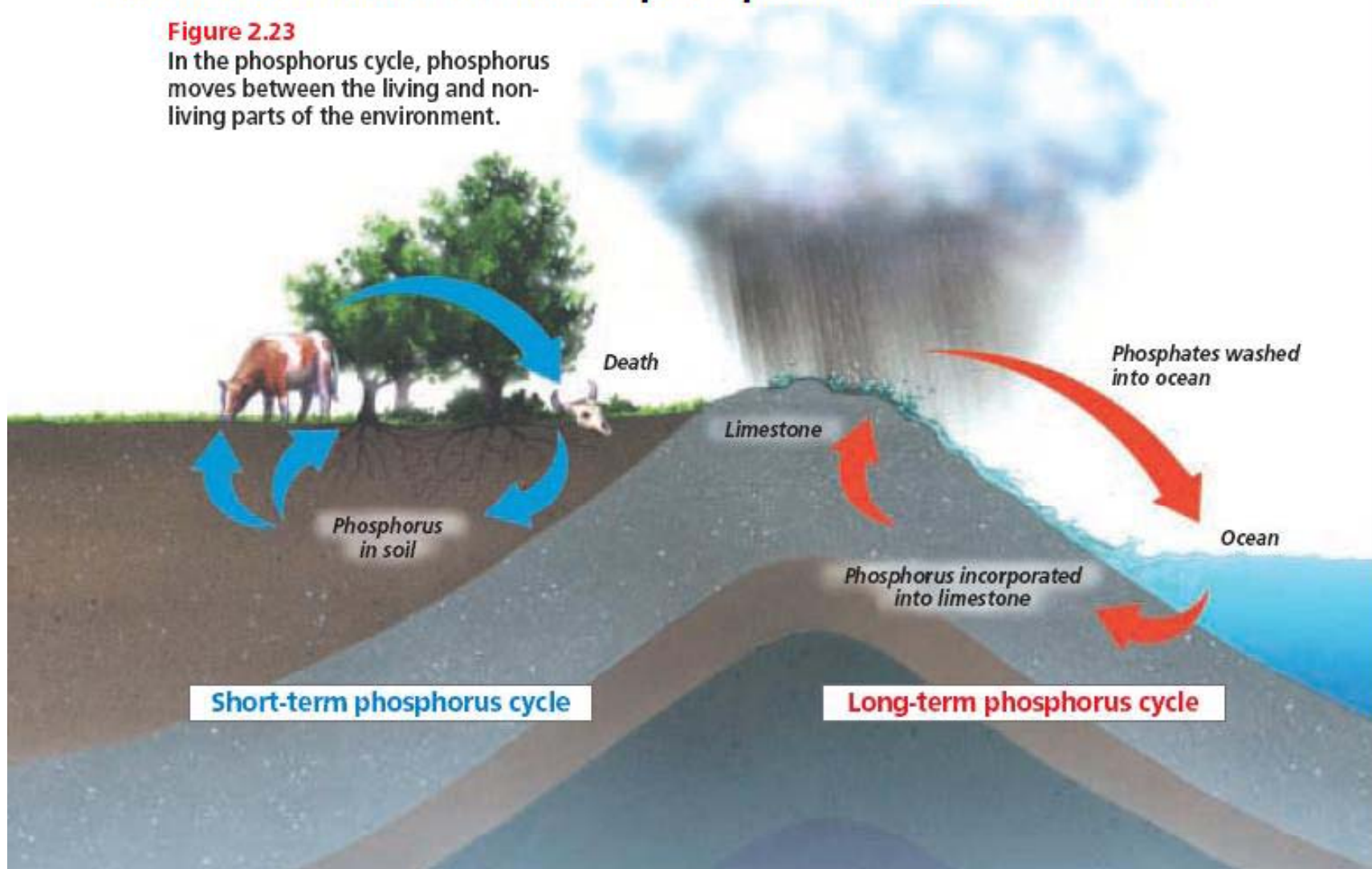
ES UN ELEMENTO QUE NO TIENE UNA FASE ATMOSFÉRICA (PRACTICAMENTE NO HAY P EN LA ATMOSFERA)



Limestone holds the most phosphorus found on Earth

Figure 2.23

In the phosphorus cycle, phosphorus moves between the living and non-living parts of the environment.



CICLO DEL Si

SiO_2 Cuarzo (silica), arena pura,
todas las rocas tienen SiO_2 como cuarzo o silicatos

H_4SiO_4 , H_3SiO_4^- , $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ acido silicico,
Producto de intemperismo químico

Intemperismo Químico (Albita):



$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ opalo = Silica amorfa biogenica hidratada

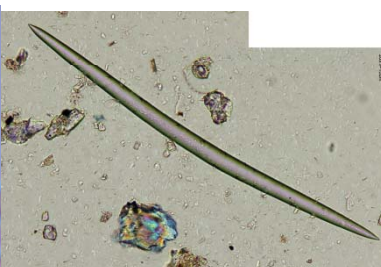
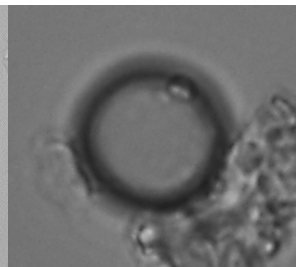
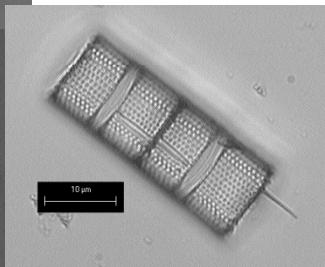
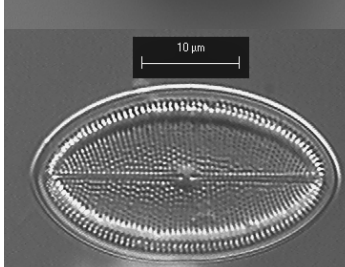
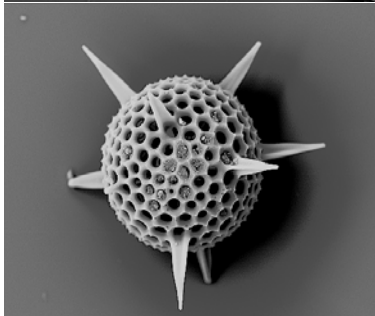
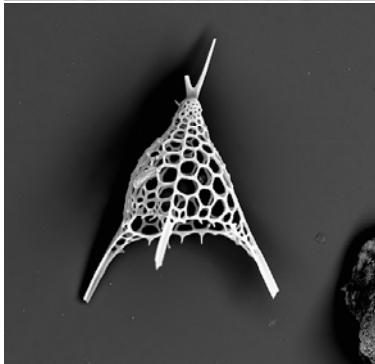
Seres vivos tienen 5% opalo:

- pastos (fitolitos),
- esponjas,
- diatomeas,
- radiolarios,
- crisoficeas



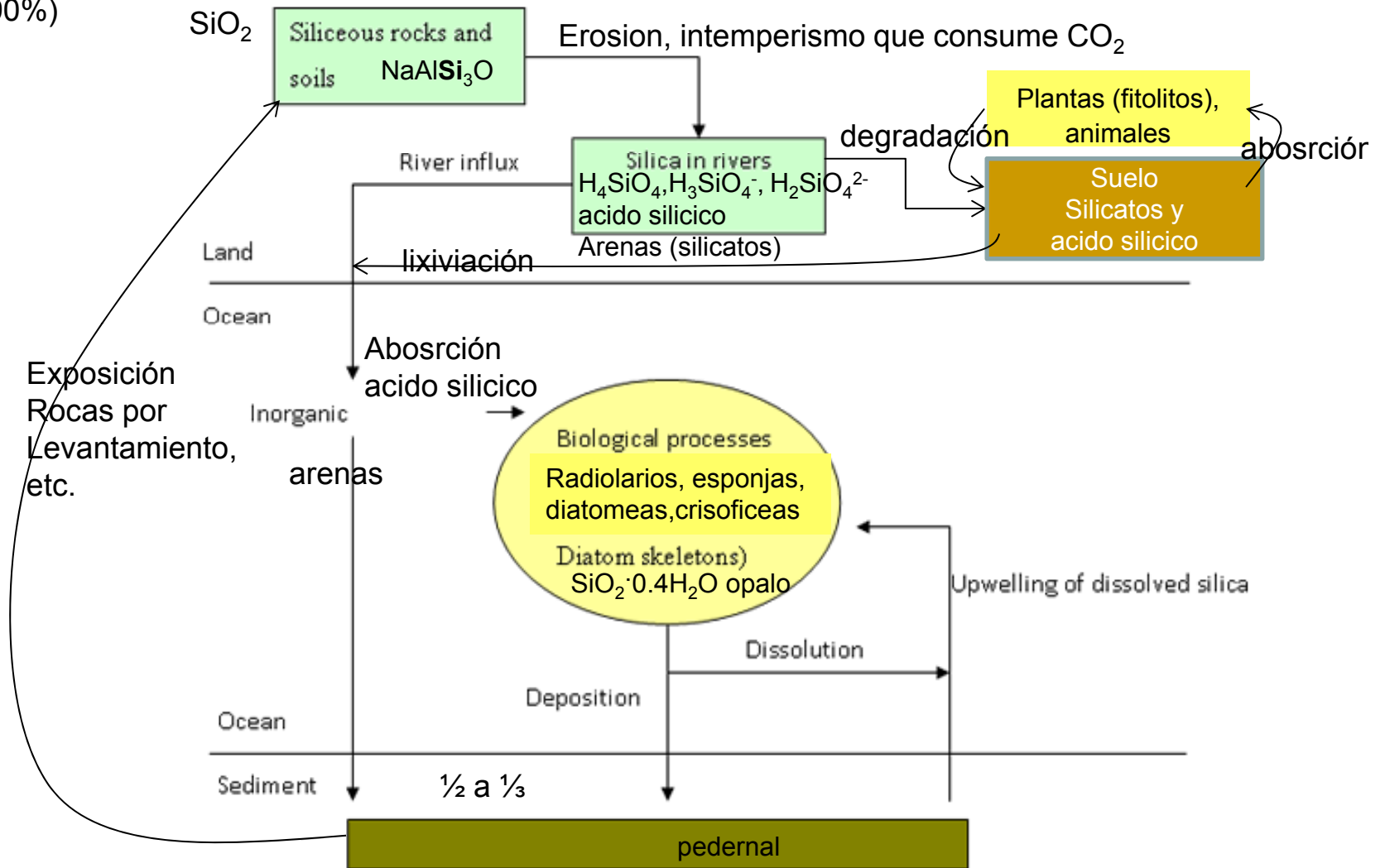
Opalo y cuarzo precipitan, la mitad del opalo redisuelto

Lo que sedimenta pasa a pedernal que luego es erosionado
e intemperizado



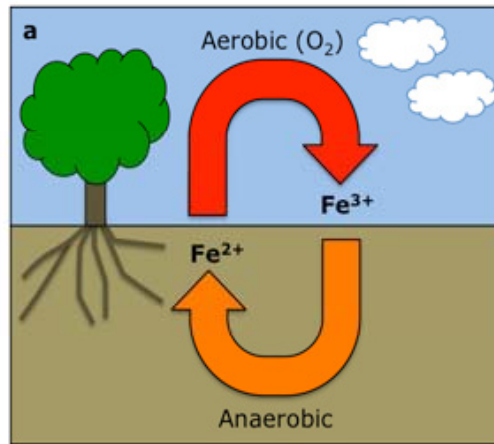
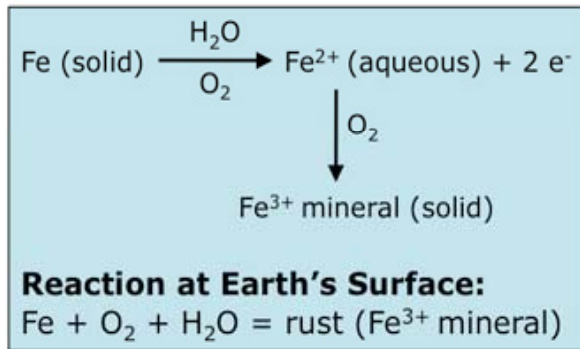
CICLO DEL Si

Todas las rocas tienen SiO_2 (cuarzo) y/o diversos silicatos (90%)



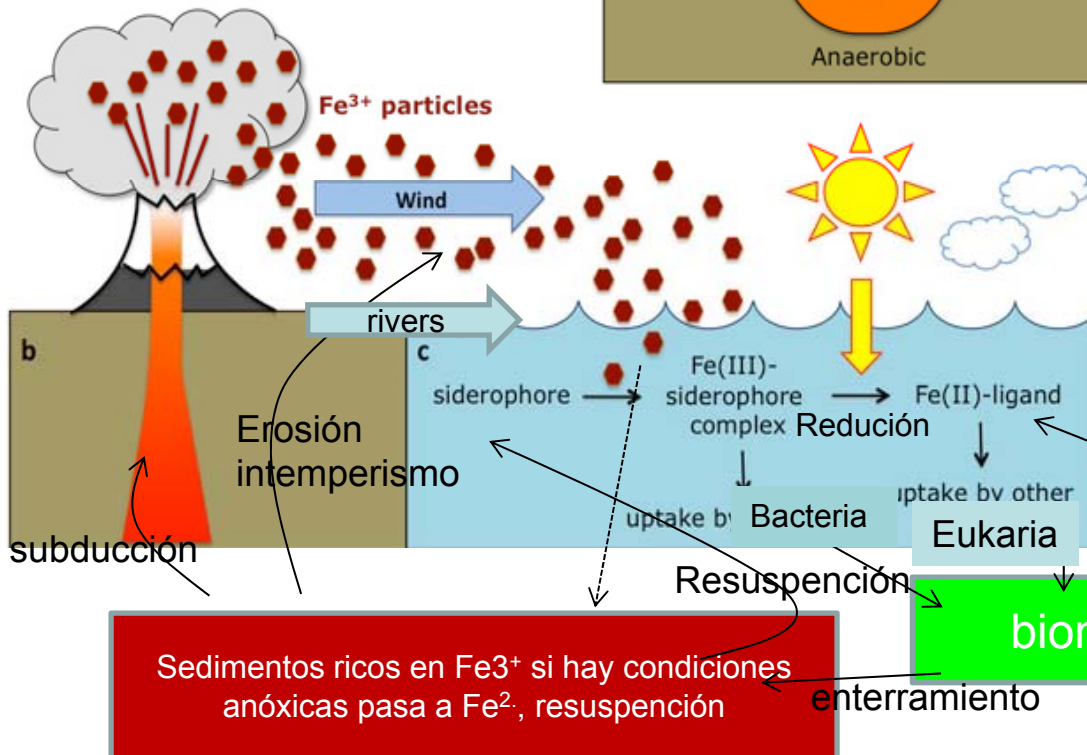
CICLO DEL Fe

Seres vivos: necesitan el Fe para Citocromos y Clorofila,
 En vertebrados:
 Hemoglobina (65%), mioglobina (4%), ferritina (higado 30%).



Insoluble en agua, precipita Fe_2O_3

Soluble en agua, removiliza, absorbido por organismos FeO



Soluble (<0.02µm) y coloidal

En el océano el Fe es un nutriente limitante de la fotosíntesis, puede ser un control climático al favorecer secuestro de CO_2

biomasa

Sedimentos ricos en Fe^{3+} si hay condiciones anóxicas pasa a Fe^{2-} , resuspensión

Gaia (James Lovelock, 1979)

La vida interactúa con su entorno físico de tal manera que mantiene al planeta dentro de los límites adecuados para la vida, controlando efectivamente las variables más importantes (temperatura, humedad, composición química de atmósfera y océanos, etc.) que hacen habitable al planeta. Esto lo logra a través de una serie de mecanismos de retroalimentación que controlan los parámetros físicos del entorno (equiparable en un sistema biológico a la homeostasis).

Gaia-Superorganismo

Es la versión extrema de esta teoría en la que la vida no solo controla las condiciones físicas del planeta sino que el planeta entero se visualiza como un superorganismo que se autocontrola mediante los ciclos de retroalimentación.

Versiones antagonistas: en lugar de ser la Tierra una diosa amorosa tipo Gaia que protege a la vida en ella, es más bien como una malévola Medea (Peter Ward) que en algunos momentos ha estado a punto de matar a sus propios hijos (eventos de extinción) lo que no se ajusta a la visión de autorregulación de la vida de Gaia.