



INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS TERRESTRES

Profesor responsable: Dra. Sofía Navarro Espinoza

Profesor colaborador: Dr. Romeo Méndez Estrella

Introducción a los sistemas terrestres

1.1. Concepto de sistema termodinámico aplicado a la Tierra

- 1.1.1. Sistemas abiertos y cerrados en el contexto geológico.
- 1.1.2. El planeta como un sistema dinámico: fuentes de energía.
- 1.1.3. Clasificación y comportamiento de los sistemas terrestres.
- 1.1.4. Interacción entre esferas: flujos de materia y energía.



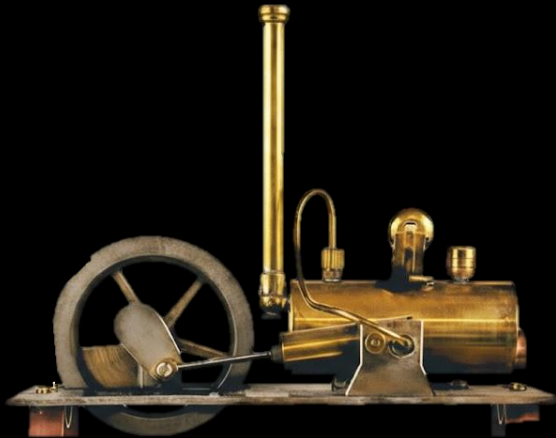
1.1. Concepto de sistema termodinámico aplicado a la Tierra

1.1.1. Sistemas abiertos y cerrados en el contexto geológico

¿Qué es un sistema?

Un sistema es un **conjunto de elementos** o componentes interrelacionados que **trabajan juntos** para lograr un objetivo común o un **propósito específico**.

Ejemplos de sistemas



Ejemplos de sistemas



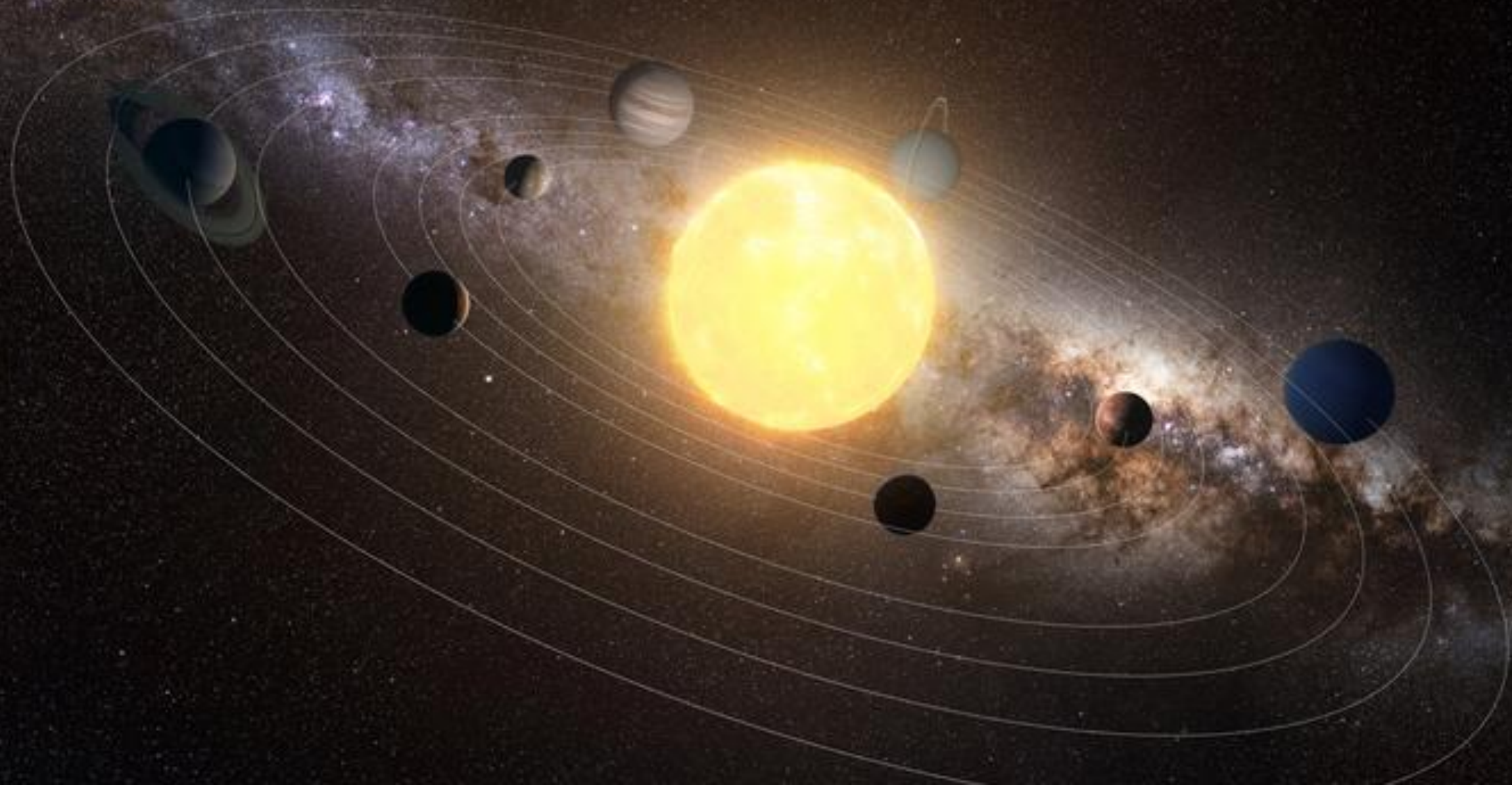
Ejemplos de sistemas



Ejemplos de sistemas







Sistema termodinámicos

Un sistema termodinámico se refiere a una **porción del universo** que se elige para su estudio, mientras que el resto del universo se considera su entorno.

Sistema termodinámicos

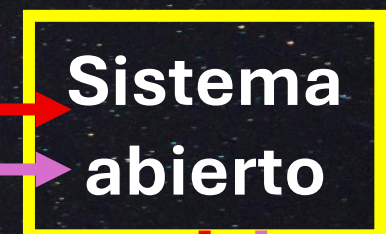
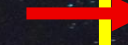
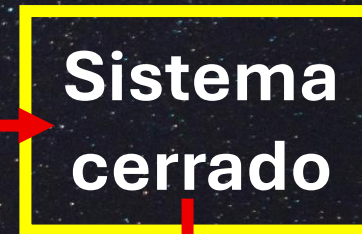
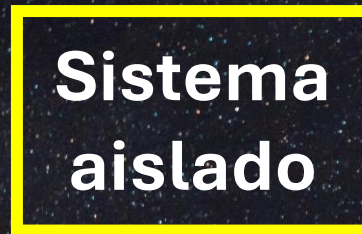
Universo



Entorno



Entorno



→ Energía
→ Materia

Tipos de sistemas



Los minerales bajo condiciones muy específicas se consideran sistemas cerrados.

Sin embargo se comportan como **sistemas abiertos** cuando hay:
Alteración química, intercambio iónico con fluidos hidrotermales, disolución o recristalización.

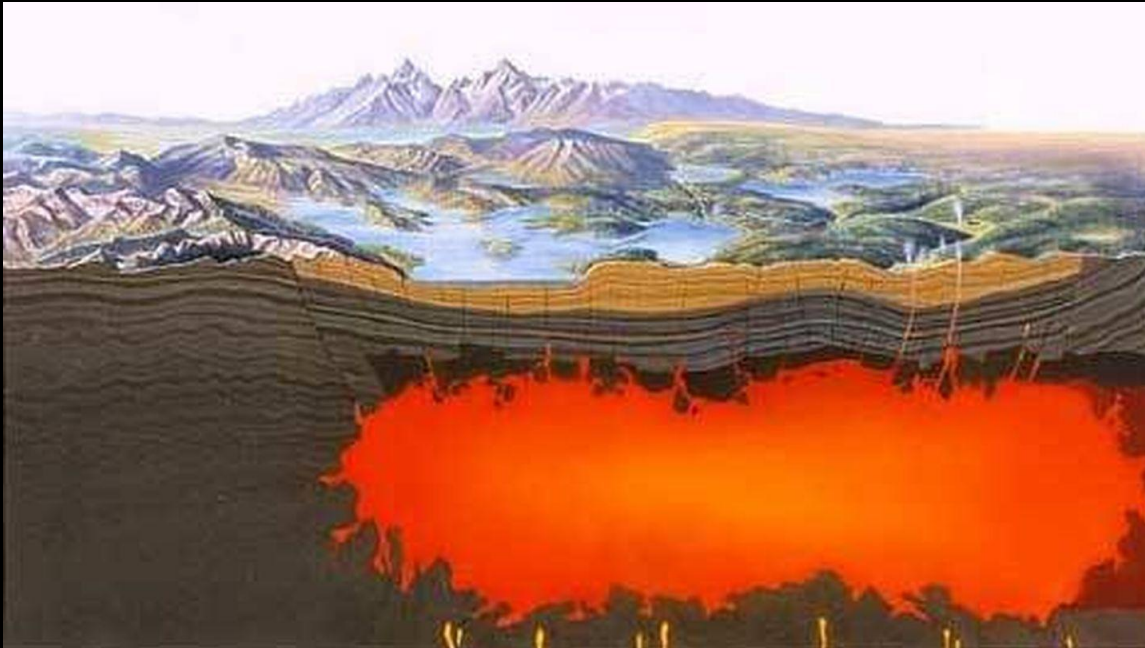
Tipos de sistemas

Sistemas abiertos



Tipos de sistemas

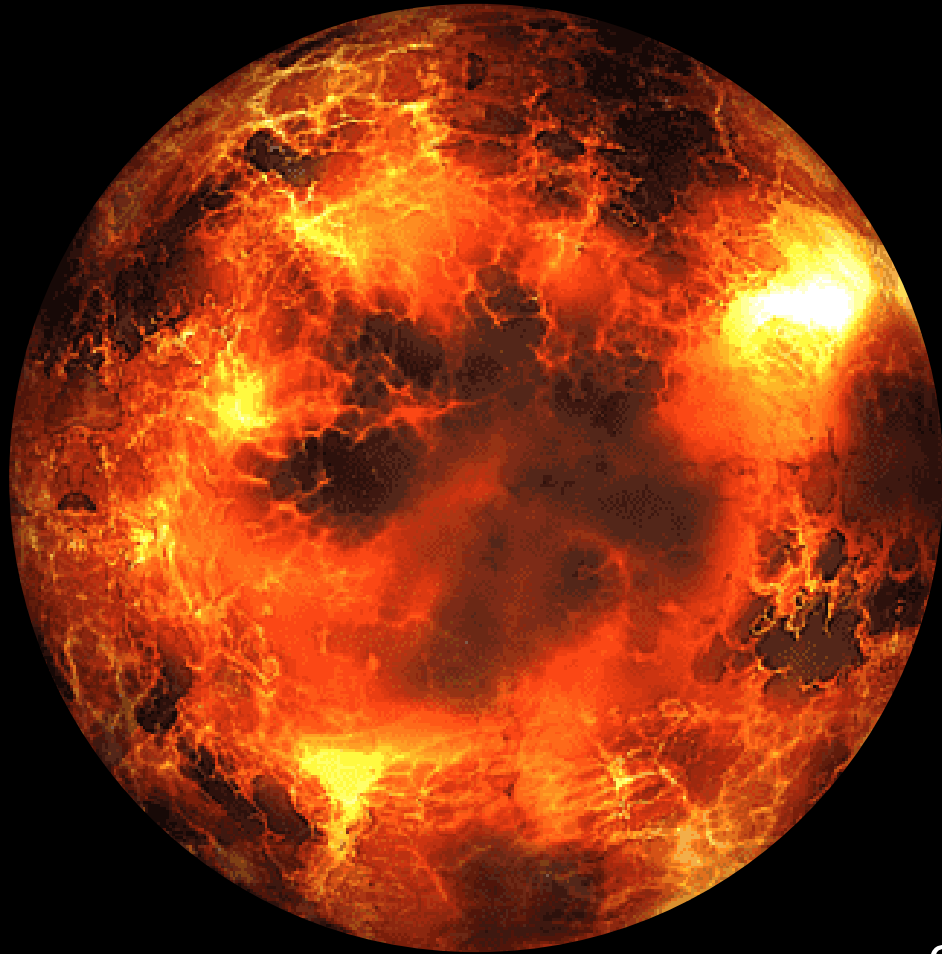
Sistemas abiertos



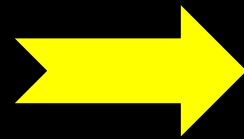
Materia que entra: magma, fluidos → Materia que sale: lava, gases volcánicos, fragmentos volcánicos.
Energía que se intercambia: calor.

La mayoría de los sistemas naturales del planeta Tierra son **abiertos**.

Tipos de sistemas



Enfriamiento



Transferencia de
energía al espacio



El sistema terrestre
en su conjunto es un
sistema **cerrado**.

¿Qué son los sistemas terrestres?

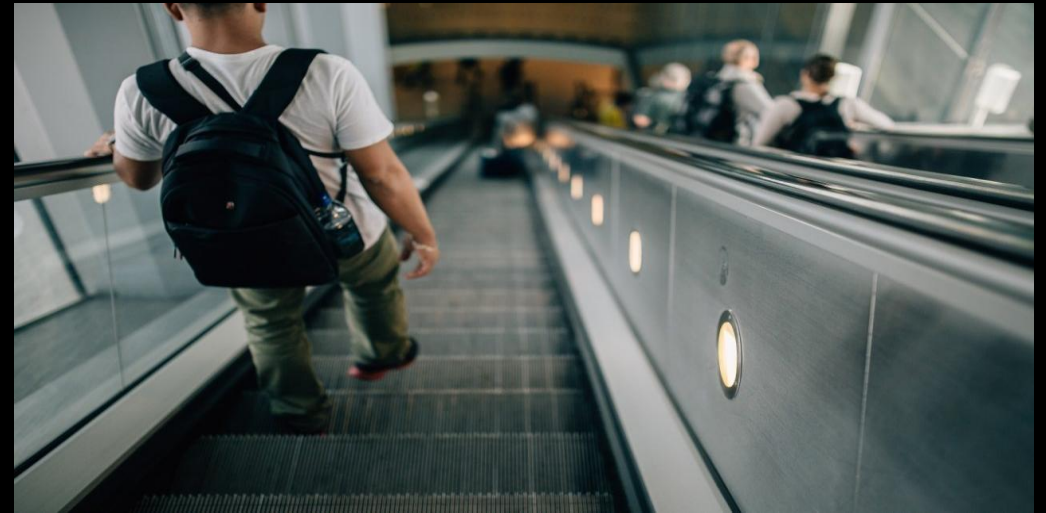
Los **sistemas terrestres** se refieren a un **conjunto de componentes** interrelacionados de la Tierra que interactúan entre sí, con el **propósito de mantener el equilibrio** y el funcionamiento del planeta.

El equilibrio

El **equilibrio** describe el estado en el que un **sistema** se encuentra cuando las fuerzas que actúan sobre él están balanceados de manera tal que **no hay cambios a lo largo del tiempo**.



estático



dinámico



El sistema terrestre
presenta un
equilibrio dinámico.

El equilibrio termodinámico

El **equilibrio dinámico** describe el *estado* en el que las interacciones dentro de un sistema alcanzan un balance estable. En este *estado*, las **leyes de la termodinámica** gobiernan cómo la energía y la materia se distribuyen e interactúan en el sistema.

Leyes de la termodinámica

Ley cero: Si dos sistemas están en equilibrio térmico con un tercer sistema, entonces están en equilibrio entre sí.

Esta ley explica...



Leyes de la termodinámica

Primera ley (principio de la conservación de la energía): La energía no se puede crear ni destruir, solo puede transformarse de una forma a otra.

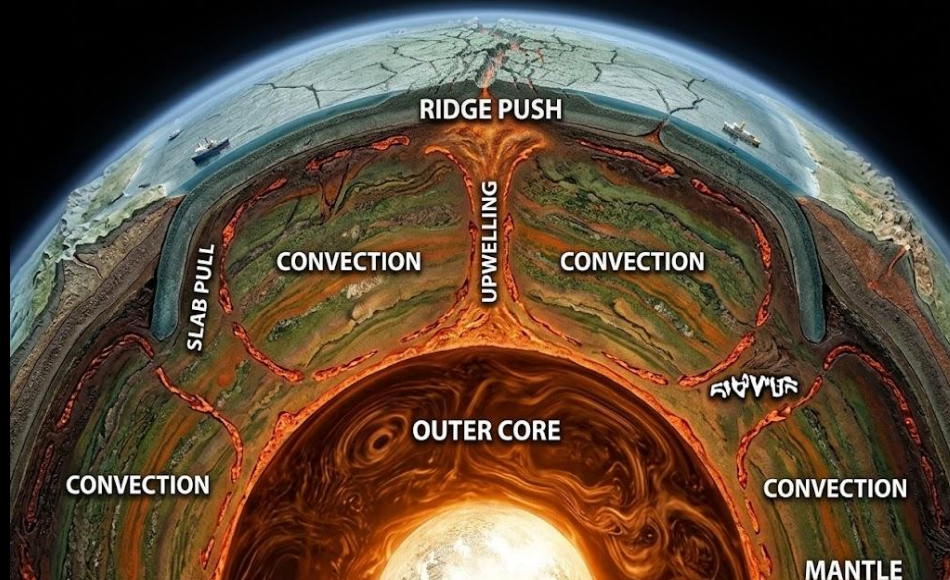
Esta ley explica...



Leyes de la termodinámica

Segunda ley (principio de la entropía): La entropía (medida del desorden o aleatoriedad) de un sistema aislado tiende a aumentar con el tiempo, hasta alcanzar un estado de máximo desorden o mayor equilibrio termodinámico.










Esta ley explica...



Leyes de la termodinámica

Tercera ley (principio de la entropía cero): A medida que la temperatura de un sistema se acerca al cero absoluto 0 K (-273.15 °C), la entropía del sistema se aproxima a un valor mínimo constante.

Esta ley explica...

ROCAS		PLUTÓNICAS (grano grueso)				
						
		GRANITO	SIENITA	DIORITA	GABRO	PERIDOTITA
VOLCÁNICAS (grano fino)						
		RIOLITA	TRAQUITA	ANDESITA	BASALTO	Son muy poco frecuentes con estas características
CARACTERÍSTICAS	COLOR	Predominan minerales claros			Predominan minerales oscuros	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	Altas en sílice			Bajas en sílice	
		Bajas en Fe y Mg			Altas en Fe y Mg	
MINERAL	CUARZO	FELDESPATO	SILICATOS FERROMAGNESIANOS			



1.1.2. El planeta como un sistema dinámico: fuentes de energía

Fuentes de energía

La dinámica del planeta Tierra se origina principalmente por dos fuentes de energía:

Energía de sol



Energía interna

Formación estelar

El Sol es una estrella tipo G y se formó hace unos **4.6 mil millones de años** a partir de una nube de gas y polvo en el espacio.

Ciclo de vida del Sol

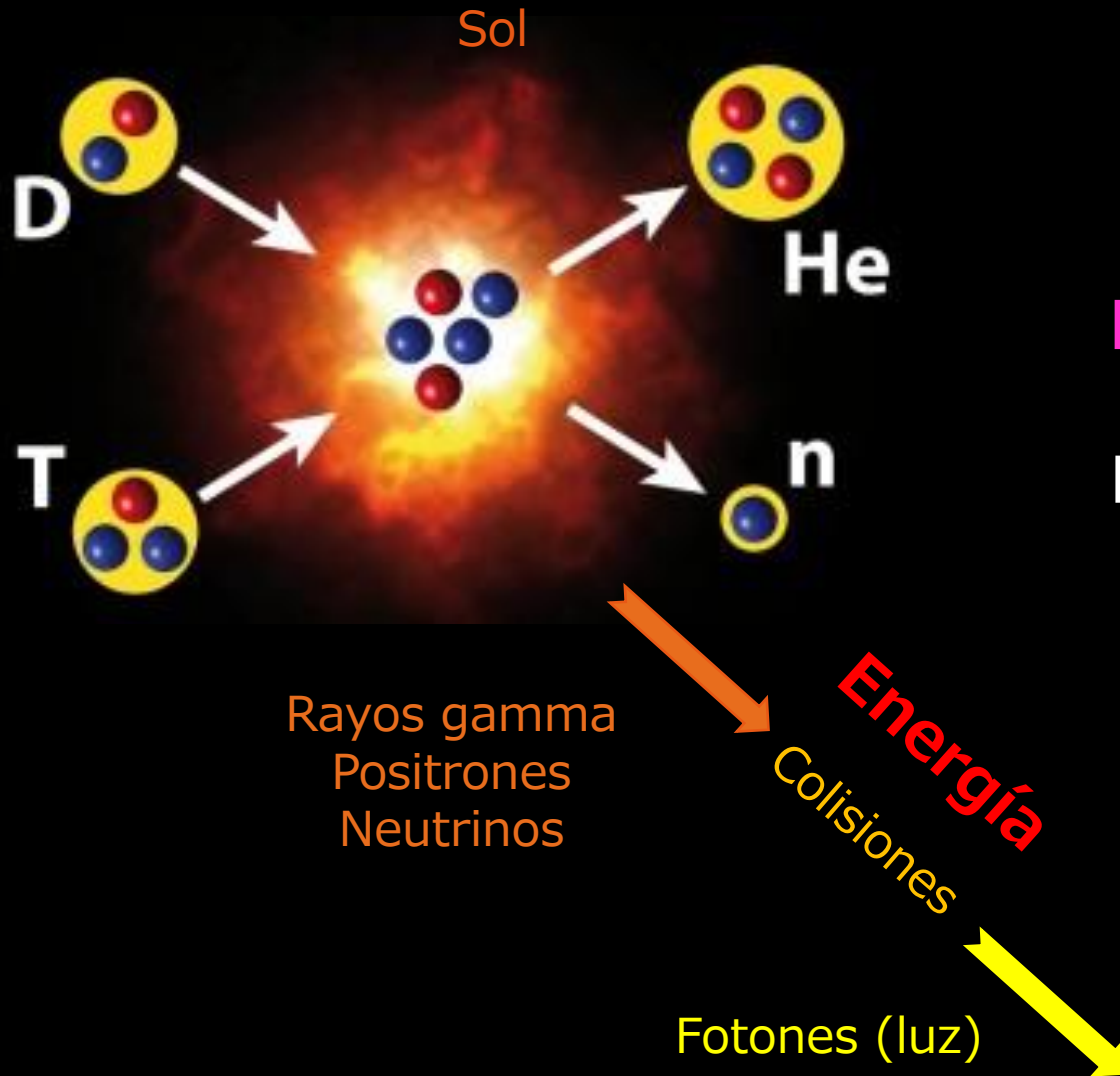


Clasificación de estrellas

Tipo	Color	Temperatura (aprox.)
O	Azul	$> 30,000$ K
B	Azul-blanco	$10,000-30,000$ K
A	Blanco	$7,500-10,000$ K
F	Blanco-amarillo	$6,000-7,500$ K
G	Amarillo	$5,200-6,000$ K
K	Naranja	$3,700-5,200$ K
M	Roja	$< 3,700$ K



Reacciones nucleares



En el núcleo del Sol ocurre principalmente la **fusión de hidrógeno para formar helio**.

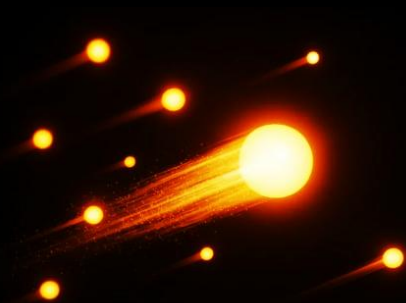
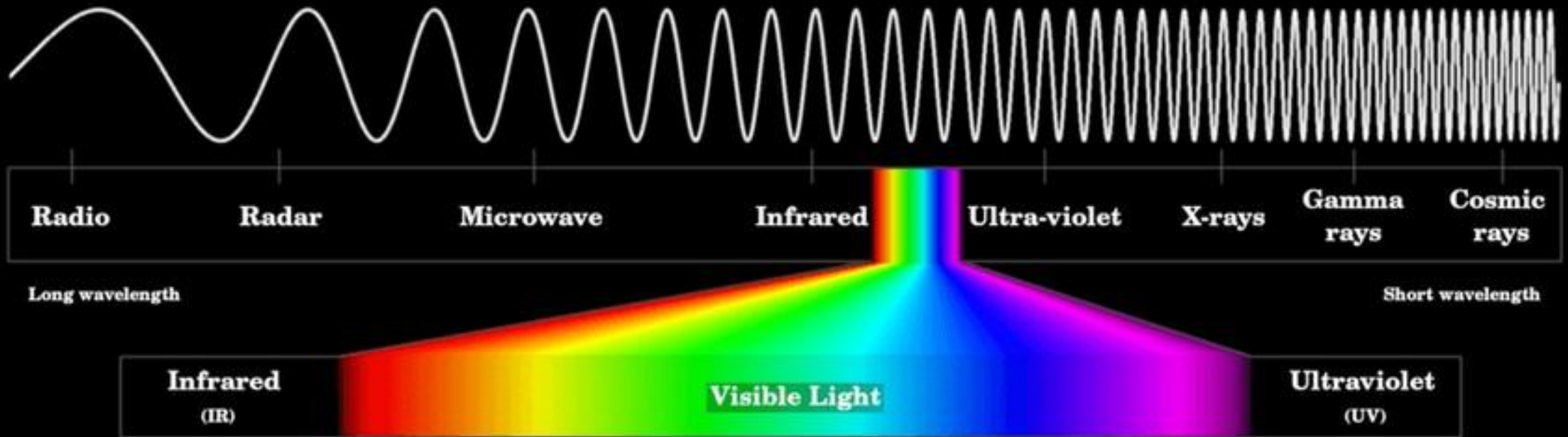
Parte de la masa se transforma en energía.

$$E=mc^2$$



El espectro electromagnético

Componentes de la luz

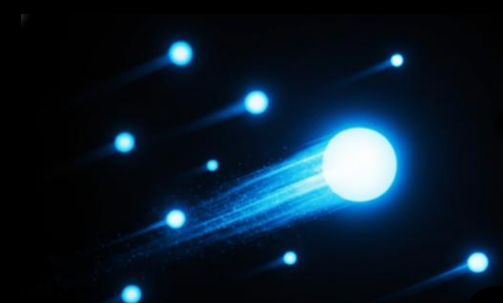


Energía de la luz

$$E = pc = \frac{hc}{\lambda}$$

Constante de Planck h
Longitud de onda λ

energía asociada a su movimiento



Origen del calor interno del planeta tierra

Calor residual

- Impactos de meteoritos y asteroides durante la formación del planeta generaron una gran cantidad de calor.

Este calor aún no se ha disipado completamente.



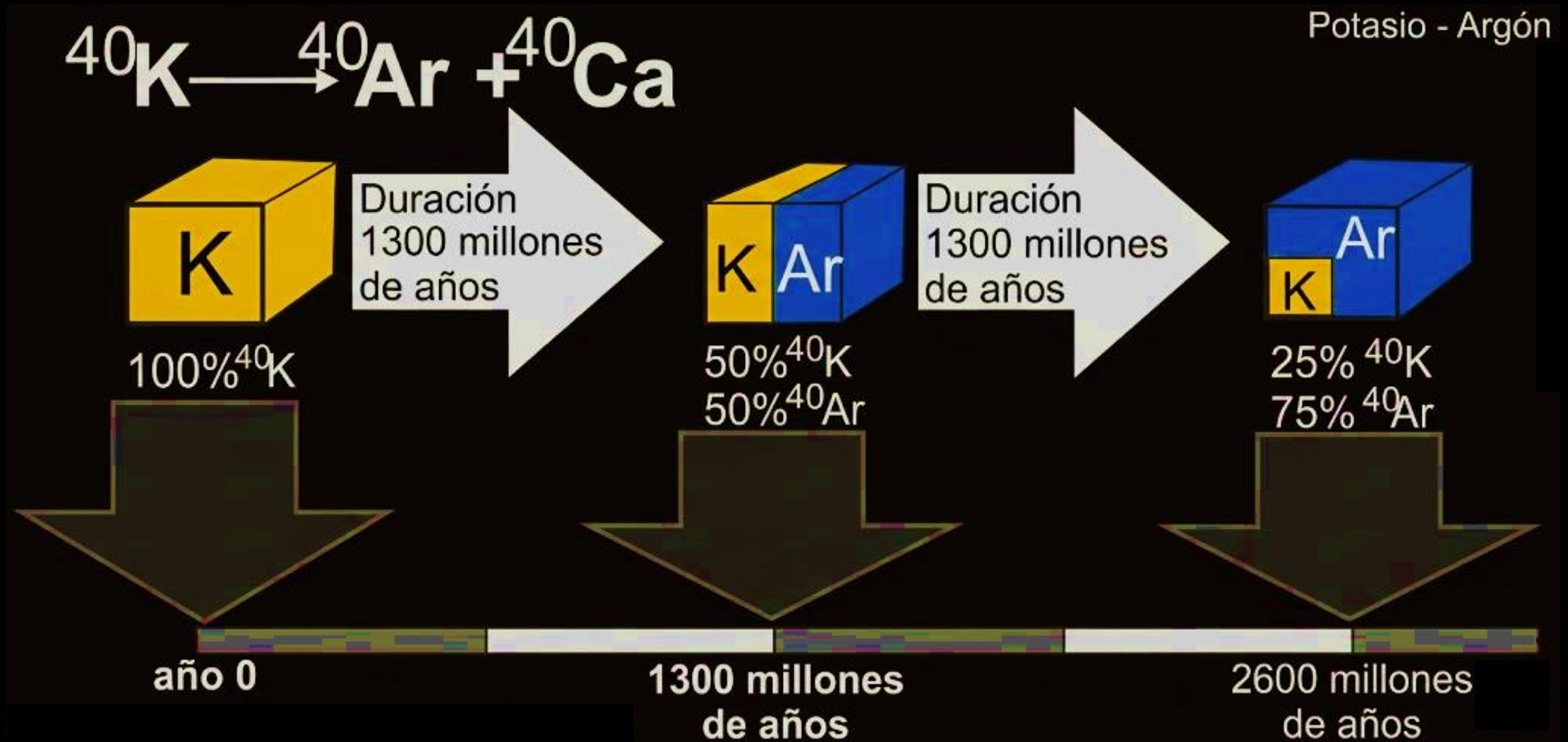
Decaimiento radiactivo

Otra fuente de energía es la **desintegración radiactiva** de elementos en el interior de la Tierra.

- Potasio-40 (^{40}K)
- Uranio (U)
- Torio (Th)



Decaimiento radiactivo



1.1.3. Clasificación y comportamiento de los sistemas terrestres

Clasificación de los sistemas terrestres

Los sistemas terrestres son complejos y están formados por **diversos componentes** que interactúan entre sí.



Geosfera



Hidrosfera



Atmósfera



Biosfera

¿Qué funcionan los sistemas terrestres?

Las **esferas** de la Tierra no funcionan de manera aislada; todas están conectadas a través de diferentes **procesos**.



Ciclo del agua



Ciclo de las rocas

¿Qué son los sistemas terrestres?

Estos sistemas comprenden diversos **subsistemas** naturales que están vinculados por flujos de energía y materia.

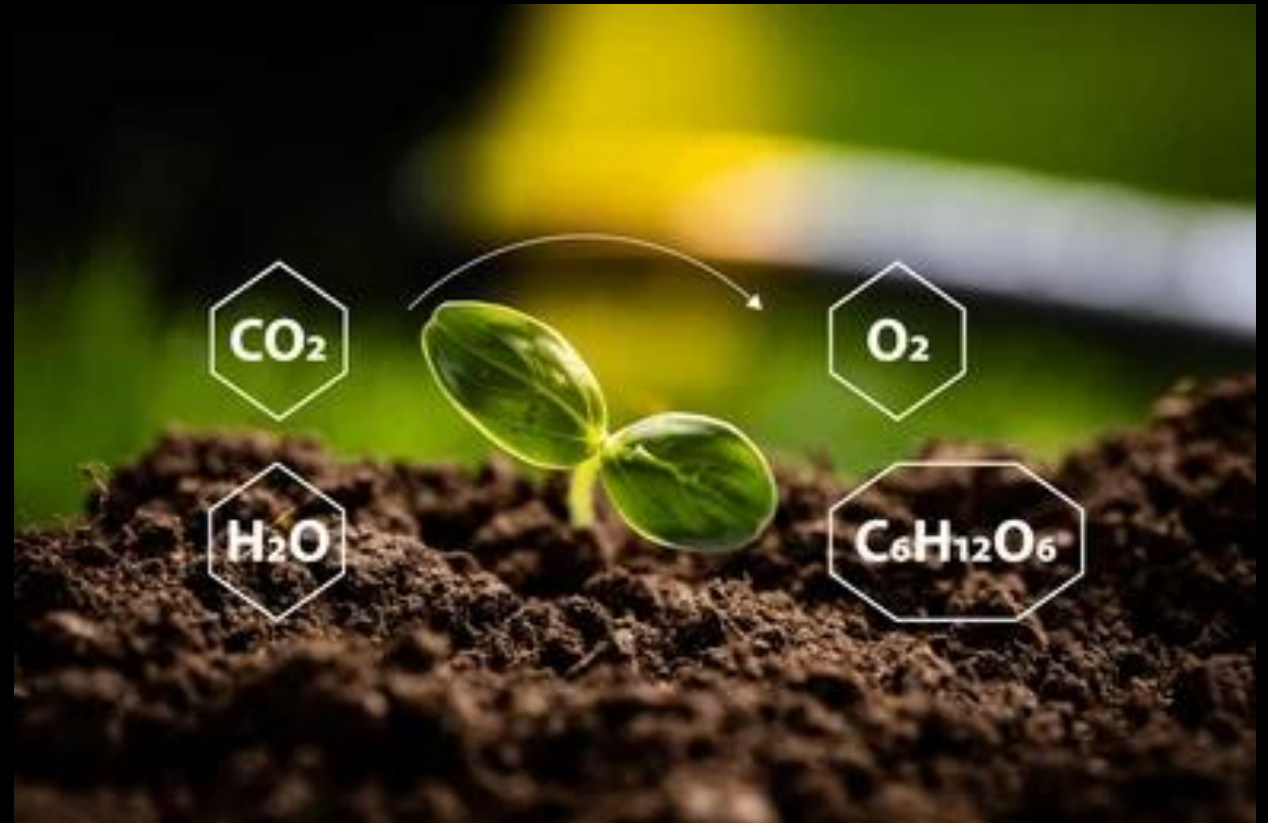


1.1.4. Flujos de materia y energía entre subsistemas

Flujo de energía en la Tierra

La fotosíntesis

La energía ingresa cuando los productores llevan a cabo la siguiente reacción fotoquímica:



Flujo de materia y energía en los ecosistemas

La energía y la materia se mueven hacia arriba a través de la cadena trófica de un ecosistema.

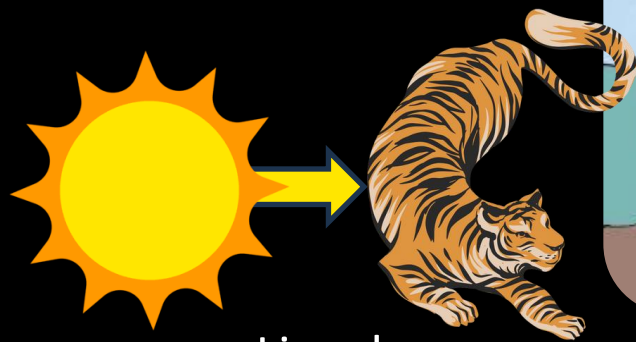
Parte de la materia orgánica ingerida por los consumidores se utiliza para:
Respiración celular, otra se almacena como biomasa y el resto se desecha.



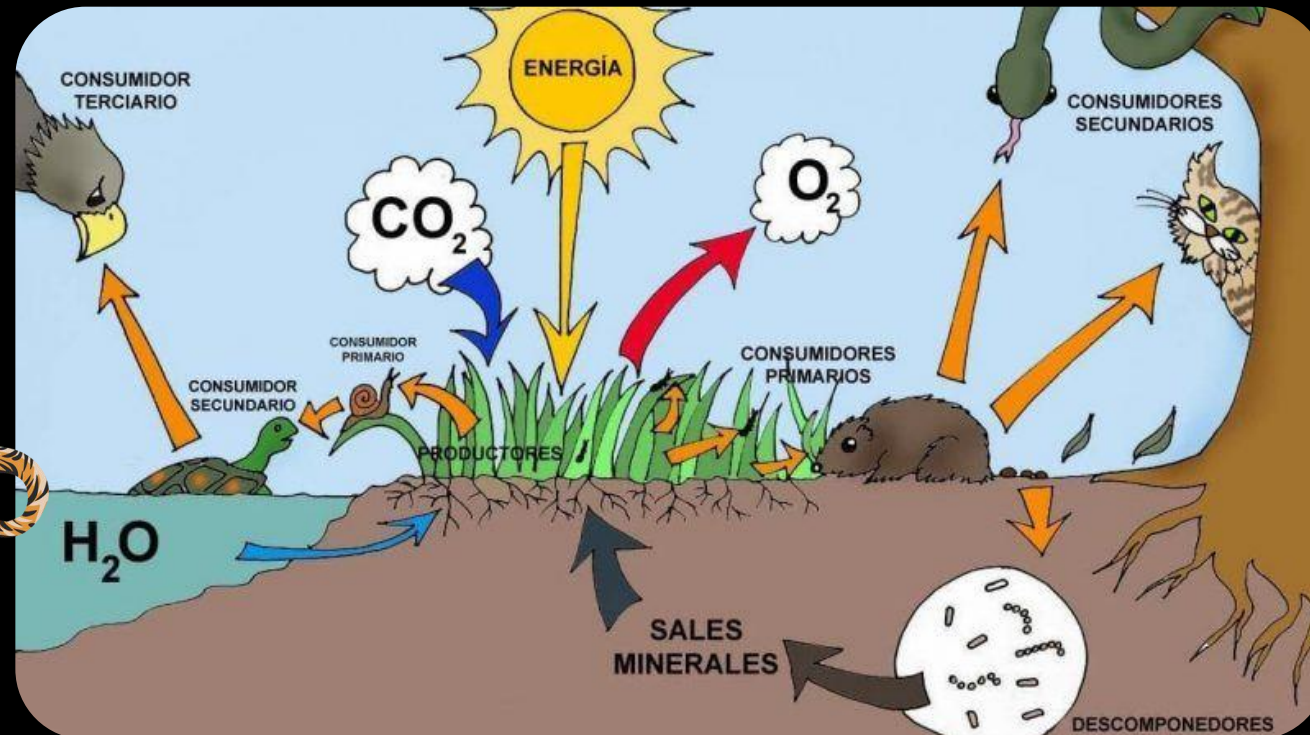
Flujo de materia y energía en la Tierra

La energía y la materia se conservan durante los procesos que tienen lugar en los subsistemas de la Tierra.

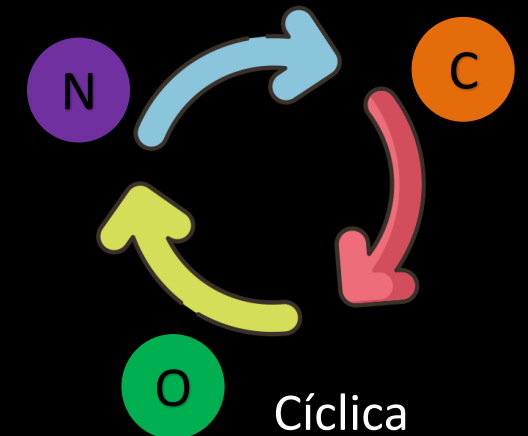
La energía se mueve a través de un los ecosistemas pero **no se crea energía nueva.**



Lineal



La materia circula dentro de un ecosistema pero **no se crea materia nueva:**



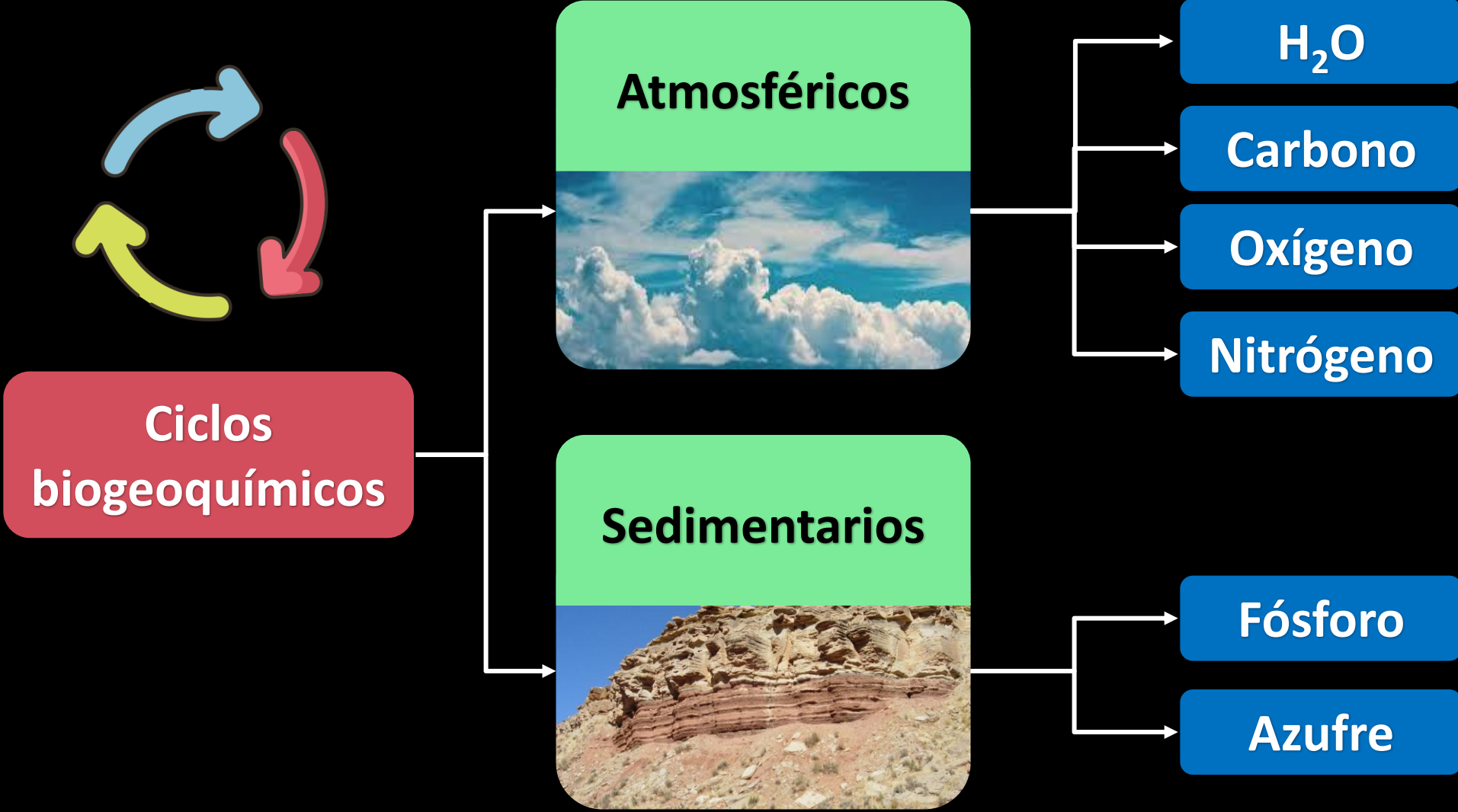
Cíclica

Ciclos biogeoquímicos

A diferencia de la energía, la materia se recicla en los ecosistemas. Los elementos químicos como el carbono, nitrógeno, fósforo **circulan continuamente** entre los seres vivos y el medio físico.



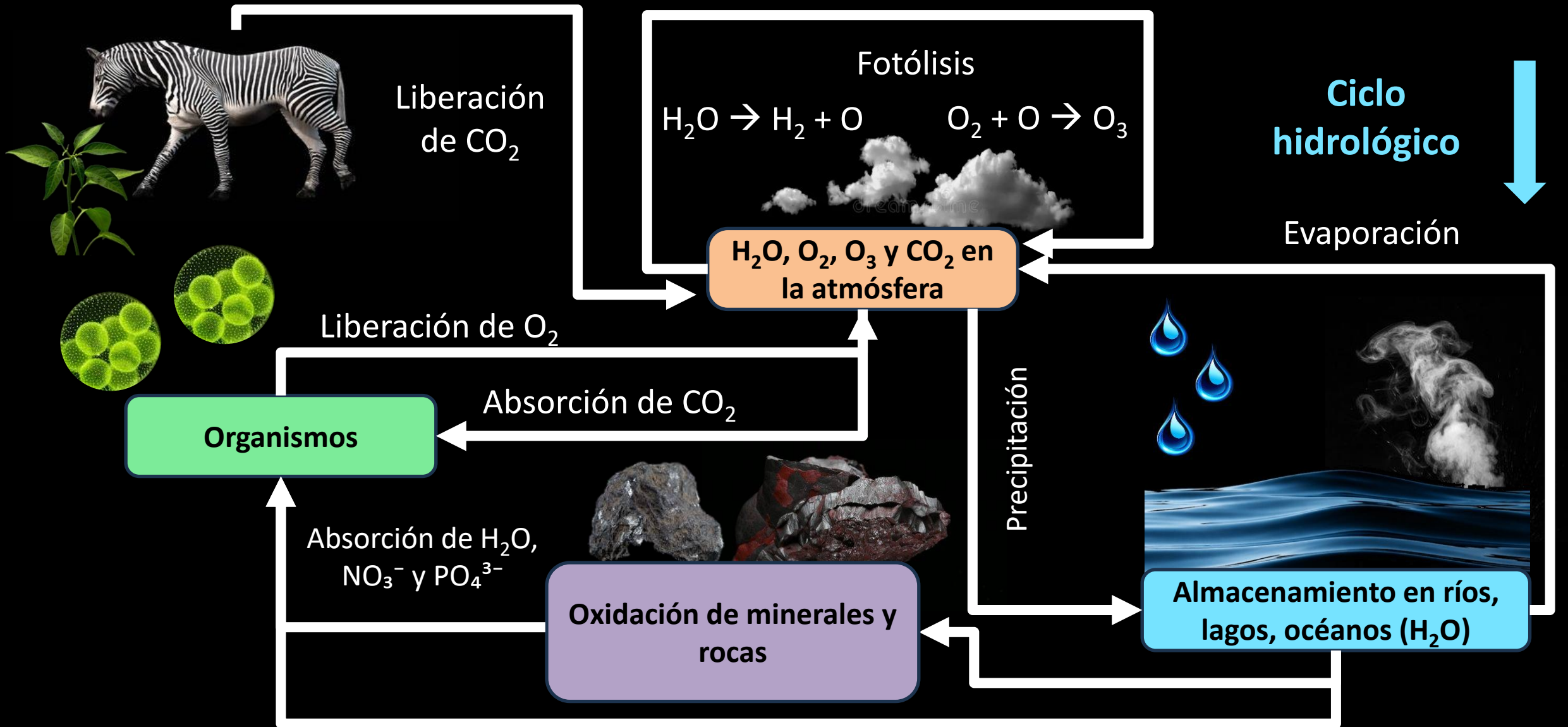
Clasificación



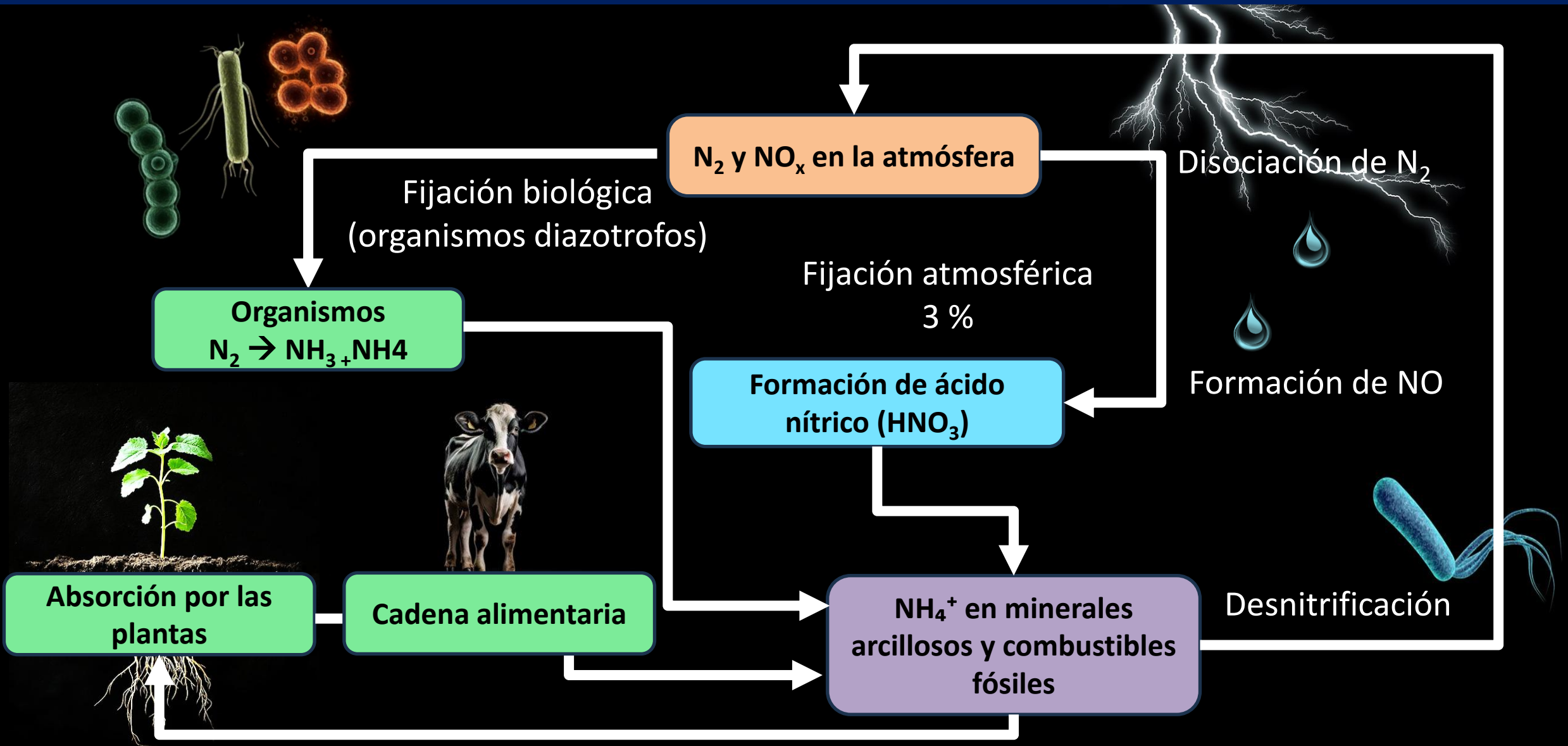
Ciclo del carbono



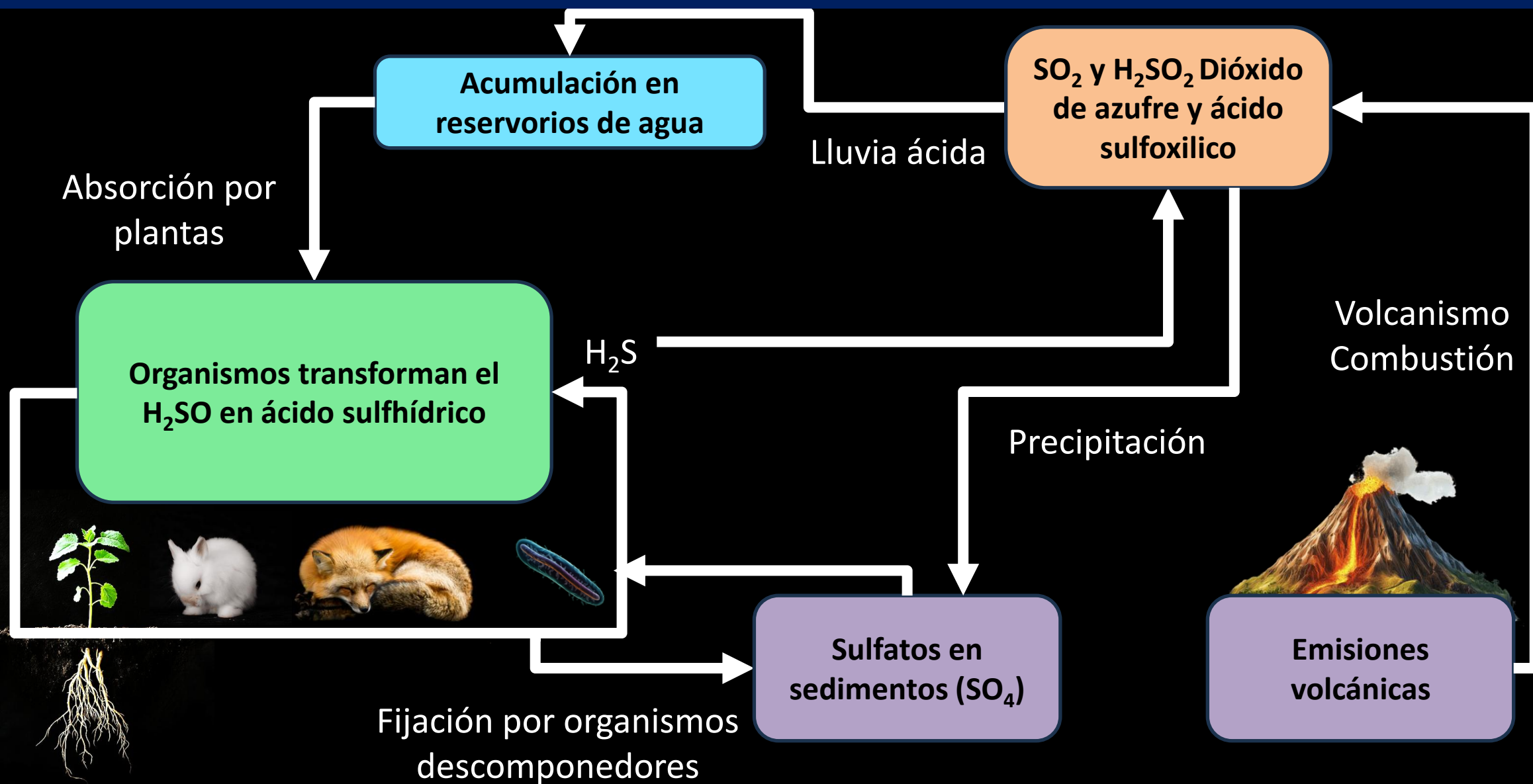
Ciclo del oxígeno



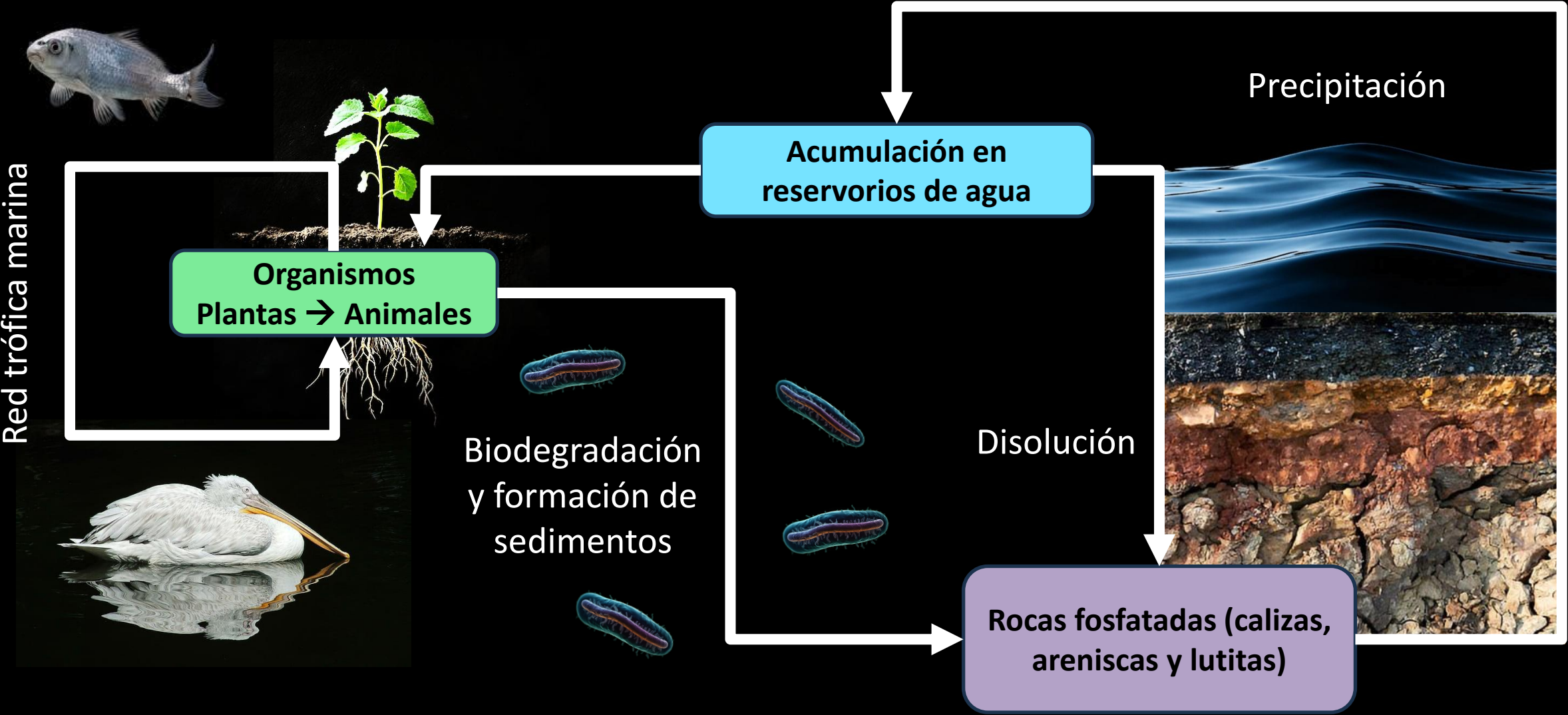
Ciclo del nitrógeno



Ciclo del azufre



Ciclo del fósforo



Bibliografía

- Kump, L. R., Kasting, J. F., & Crane, R. G. (2010). *The Earth system* (3rd ed.). Pearson.
- Jacobson, M. C., Charlson, R. J., Rodhe, H., & Orians, G. H. (2000). *Earth system science: From biogeochemical cycles to global change*. Academic Press.
- Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., & Tasa, D. (2018). *The Earth system* (4th ed.). Pearson.
- Marshak, S. (2019). *Essentials of geology* (6th ed.). W. W. Norton & Company.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., & Jordan, T. H. (2004). *Understanding Earth* (4th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Skinner, B. J., Porter, S. C., & Botkin, D. B. (2004). *The blue planet: An introduction to Earth system science* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347*(6223), 1259855.
<https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2017). *Earth: An introduction to physical geology* (12th ed.). Pearson.
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.