

## QUÍMICA BIOINORGÁNICA

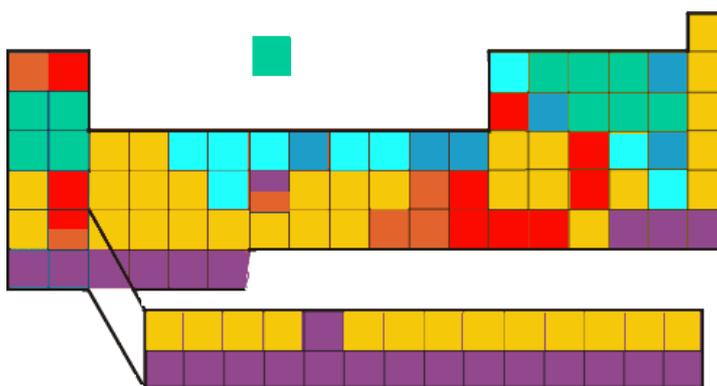
La *química bioinorgánica* es el estudio de los elementos inorgánicos que se utilizan en biología. La materia viviente está basada en estructuras complejas. El rol biológico de los compuestos y de los iones inorgánicos se suele asociar con la creación de la estructura y el manejo del flujo de nutrientes y energía. La naturaleza no emplea los elementos en los sistemas vivientes en el mismo orden de su abundancia en la corteza terrestre. La abundancia de los elementos en masa descendente, por ejemplo el aluminio y el silicio son elementos abundantes en la corteza terrestre, sin embargo no son constituyentes importantes de los mamíferos en general.

<b>Tierra</b>	<b>Corteza</b>	<b>O</b>	<b>Si</b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ti</b>	<b>H</b>	<b>B</b>
	<b>Océanos</b>	<b>O</b>	<b>H</b>	<b>Cl</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>C</b>	<b>Br</b>	<b>B</b>	<b>Sr</b>
<b>Seres humanos</b>		<b>H</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>

En la siguiente tabla se presentan las concentraciones (mM) de algunos iones en el agua de mar y en el plasma sanguíneo:

ion	agua de mar	plasma
Cl <sup>-</sup>	550	100
Na <sup>+</sup>	470	140
Mg <sup>2+</sup>	50	2
K <sup>+</sup>	10	10
Ca <sup>2+</sup>	10	3
MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,2 μM	2-20 μM
elementos de la primera serie de transición	1-10 nM	2-20 μM

Elementos:



Los elementos en la tabla periódica se pueden clasificar en:

<i><b>Esenciales</b></i>	}	<b>Constituyentes mayoritarios:</b> > 95 %
		<b>Elementos traza:</b> ~ g en humanos
		<b>Oligoelementos:</b> ~ mg-μg en humanos
<i><b>Tóxicos</b></i>		<i><b>Radiactivos</b></i>
		<i><b>Con valor clínico</b></i>

Los distintos elementos se pueden diferenciar de acuerdo a las funciones de los mismos en relación con el ambiente biológico, por ejemplo:

- **Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cl, Si, Al** se suelen encontrar en los *fluidos extracelulares* y en la cara externa de las *membranas celulares*.
- **K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Co, Zn, P** se encuentran dentro de las células.
- la célula incorpora **potasio, magnesio** y **hierro**, pero discrimina al **sodio** y **calcio**. Esta distribución de sodio y potasio en la célula se mantiene por la conversión de **ATP** en **ADP**. El transporte selectivo de estos dos iones a través de las membranas se logra por canales hidratados que transportan Na<sup>+</sup> y mayores canales sin agua para el K<sup>+</sup>.
- muchas biomoléculas utilizan **iones metálicos**, por ejemplo *proteínas* (como la *ferritina*), el 30% de las *enzimas* (como la *oxigenasa*) y algunas *vitaminas* (como la *B<sub>12</sub>*) ya que poseen un átomo metálico en el sitio activo.
- las moléculas que contienen iones metálicos cumplen funciones de transporte de electrones (como los *citocromos* que poseen **Fe** y **S**), transporte de O<sub>2</sub> (como la *hemoglobina*) y con sitios de reacción foto-redox (como por ejemplo la *clorofila*). Los iones metálicos ejercen un efecto inductivo por coordinación de los sitios de reacción y sirven como sitios redox para transferencia de átomos o electrones. La selectividad de estos metales se ha logrado por tener el tamaño apropiado, preferencia estereoquímica, carácter duro-blando o por su potencial de reducción.

Algunos problemas causados por deficiencia (**d**) o exceso (**e**) de *elementos esenciales*:

- anemia: **Fe (d), Co (d), Cu (d), Mo (e)**.
- enfermedades pulmonares: **Si (e), Ni (e), Cr (e)**.
- bocio: **I (e y d)**.
- problemas cardíacos: **Co (e)**.
- convulsiones: **Mg (d)**.
- problemas de crecimiento: **Si, V, Zn, As, Mo y Mn (d)**.

Algunos elementos **tóxicos**:

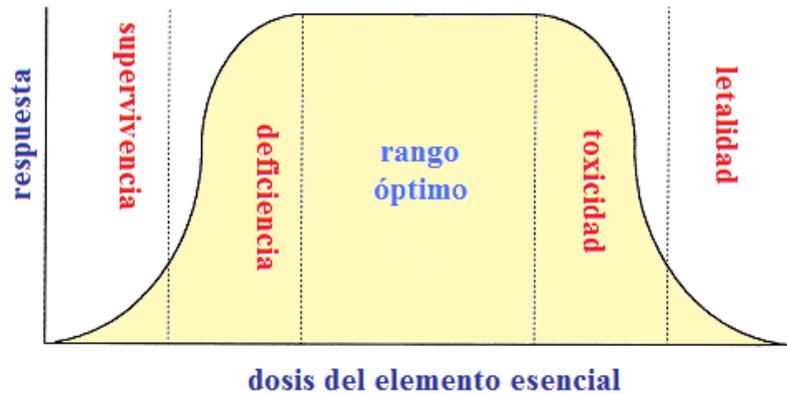
- **Al**: produce anemia, demencia por reemplazo del Fe(III) y del Mg(II) por Al(III).
- **As**: veneno poderoso, su deficiencia causa desórdenes de crecimiento y reproductivos. As(V) por similitud con P(V) y As(III) afecta las enzimas.
- **Be**: enfermedades pulmonares por interferir en las funciones del Mg (II).
- **Cd**: problemas renales serios, Cd(II) reemplaza al Zn(II) en enzimas y al Ca(II) en los huesos.
- **Hg**: daño en hígado, riñón y cerebro (demencia), Hg(II) y Hg(I) son solubles y se transportan por las membranas.
- **Pb**: anemia por Pb(II), compuestos organometálicos de Pb atacan al sistema nervioso central.
- **Se**: caída de cabello y uñas, pero componente esencial de la enzima peroxidasa.
- **<sup>90</sup>Sr**: afecta la función ósea, Sr(II) reemplaza al Ca(II).
- **Tl**: neurotoxina, el Tl(I) reemplaza al K(I).

Algunos elementos de **uso clínico**:

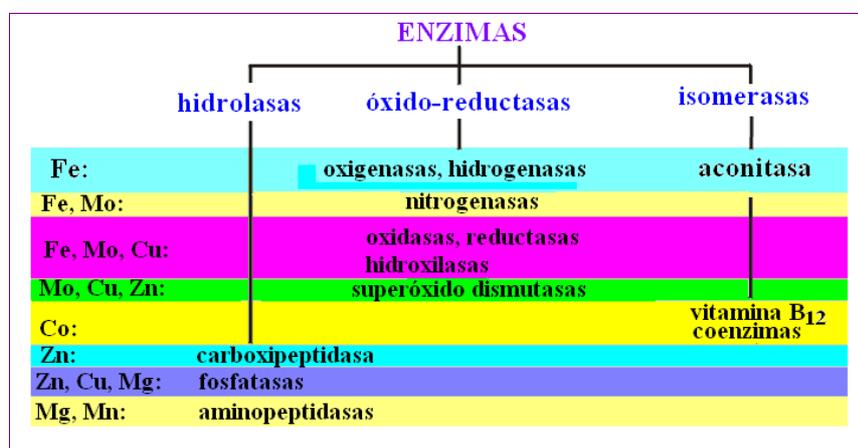
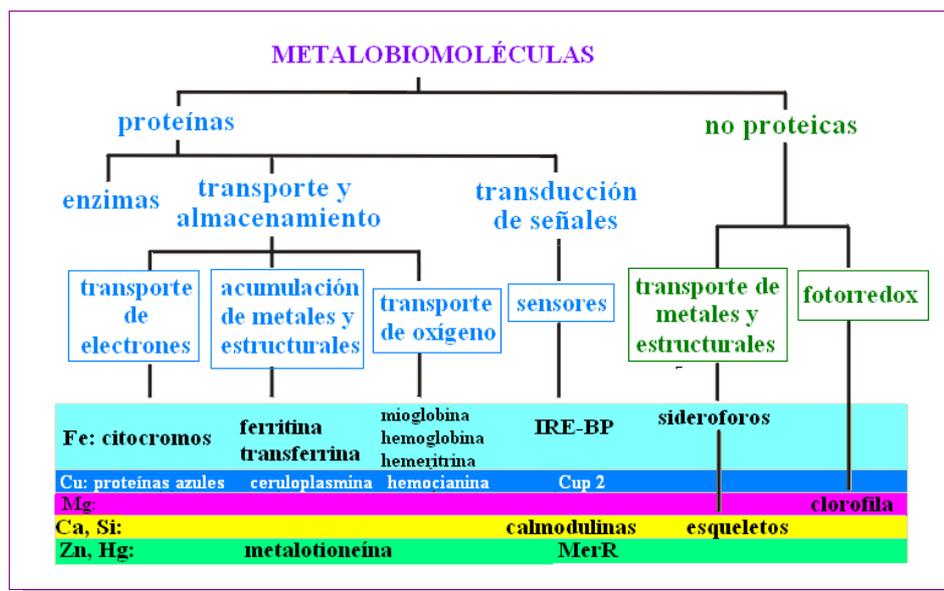
- **Li**: tratamiento de enfermedades maniaco-depresivas.
- **<sup>99m</sup>Tc**: diagnóstico por imágenes
- **Pt**: droga citotóxica.
- **Au**: droga antiartrítica.
- **Ba**: diagnóstico

### Diagrama de Bertrand

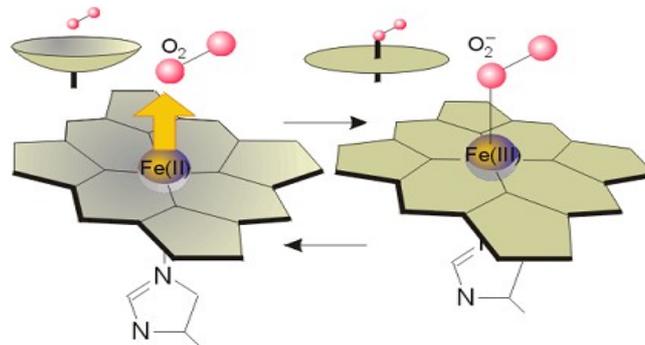
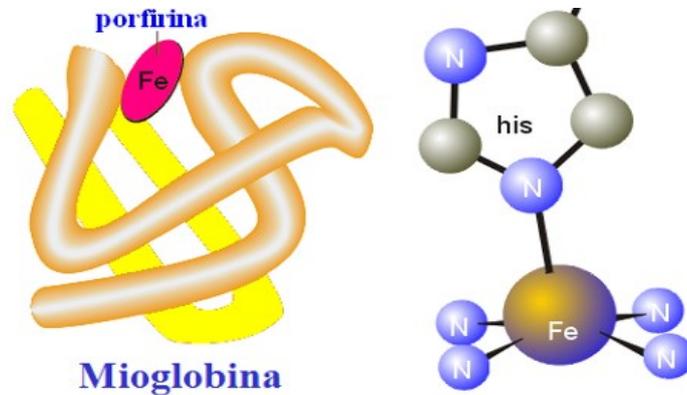
Representa el efecto de la dosis de un elemento esencial sobre la respuesta fisiológica.



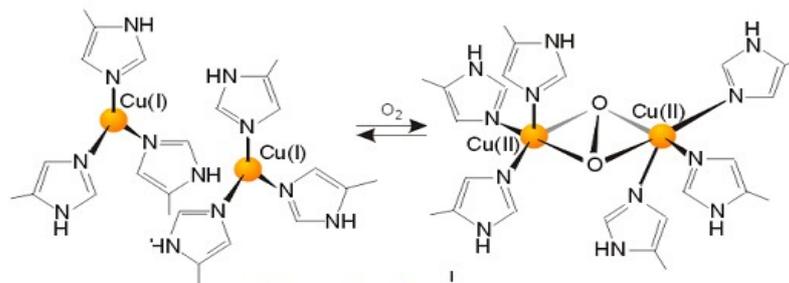
### Funciones biológicas de moléculas que contienen iones metálicos



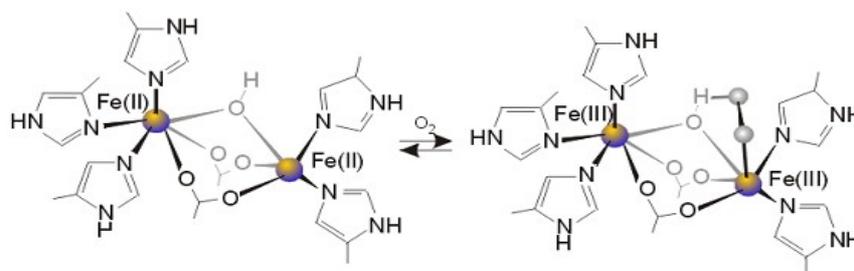
Los iones metálicos pueden unirse a proteínas por medio de ligandos orgánicos especiales como las porfirinas. Por ejemplo, la absorción de hierro en los organismos involucra ligandos especiales conocidos como *sideróforos*. El transporte en fluidos circulatorios de organismos superiores requiere una proteína denominada *transferrina* y el Fe se almacena como *ferritina*.



Hemoglobina



Hemocianina

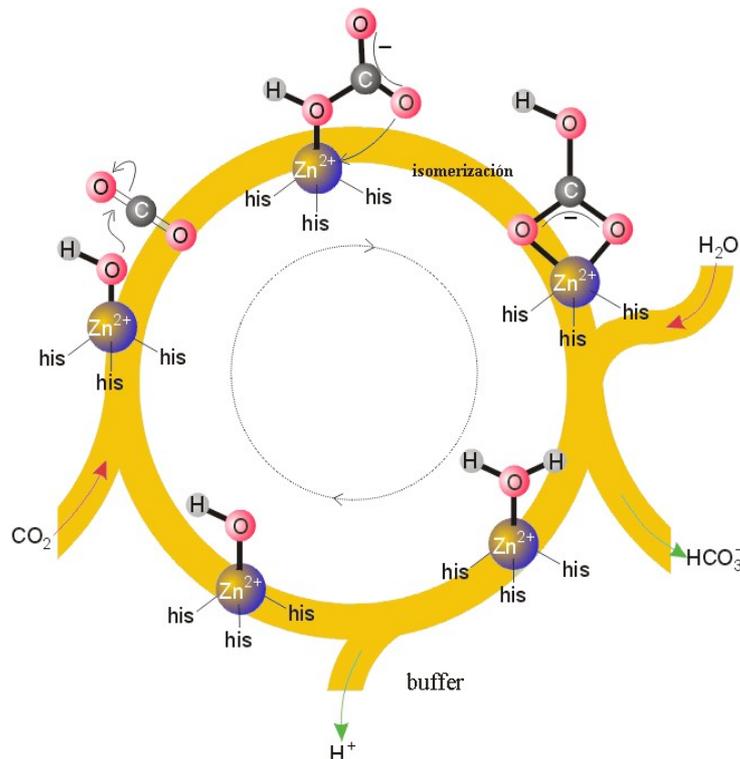


Hemeritina

### Transporte y acumulación de oxígeno

El requerimiento de oxígeno es tan importante que se necesitan sistemas especiales para su transporte y almacenaje. En mamíferos y en otros animales y plantas estas proteínas especiales (mioglobina y hemoglobina) contienen un cofactor de *porfirina* de **Fe**. Los moluscos y los artrópodos utilizan una enzima de **Cu** denominada *hemocianina* y algunos invertebrados inferiores usan el complejo de **Fe** llamado *hemeritrina*.

### Ciclo de la Anhidrasa carbónica



### Ciclo catalítico Citocromo P-450

