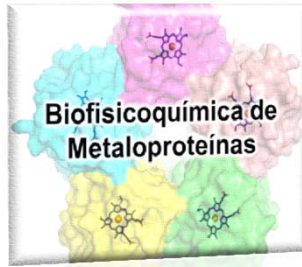


FBCB

UNL

Biofísicoquímica de Metaloproteínas

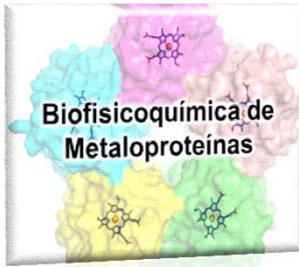
Departamento de Física
Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas
Universidad Nacional del Litoral
- Santa Fe -
ARGENTINA



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

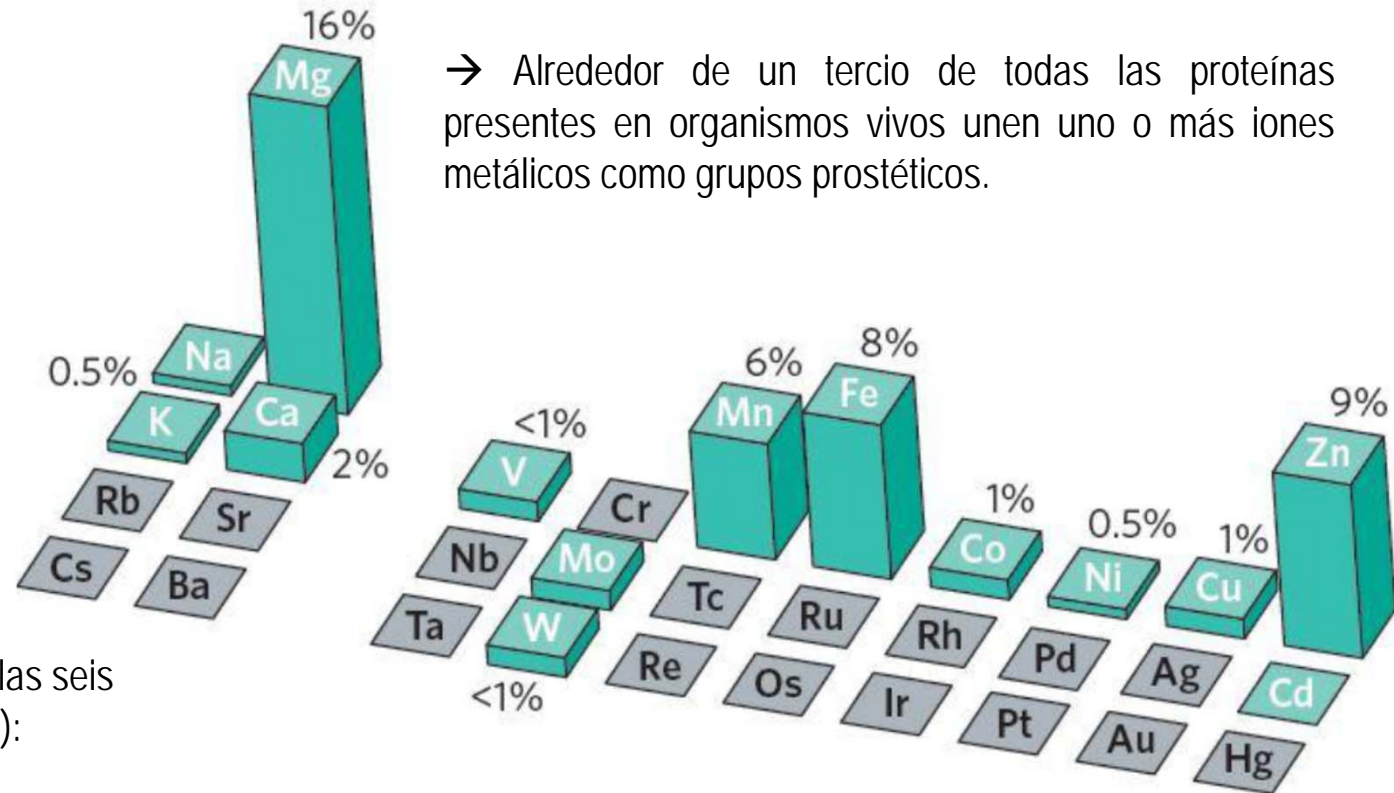
- **Los elementos de la tabla periódica**
 - **Presencia en metaloproteínas**
 - **Presencia en la corteza terrestre**
 - **Abundancia e importancia en los seres vivos.**

- **Proteínas**
 - **Aminoácidos**
 - **Enlace peptídico**
 - **Polipeptidos y proteínas**
 - **Apoproteínas versus Holoproteínas**
 - **Cofactores (coenzimas, grupos prostéticos)**
 - **Tipos de cofactores.**



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: presencia en metaloproteínas



→ Alrededor de un tercio de todas las proteínas presentes en organismos vivos unen uno o más iones metálicos como grupos prostéticos.

→ Metaloenzimas existen en las seis clases de Enzimas (E.C.C.):

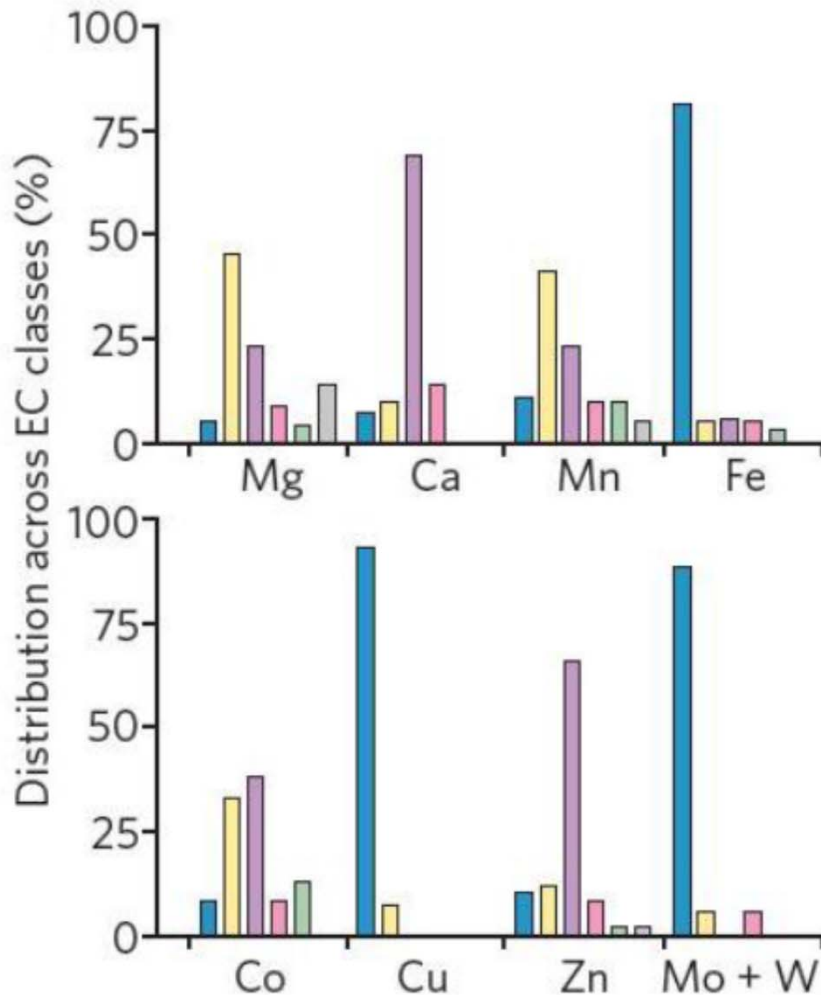
- 44% de oxidorreductasas
- 40% de transferasas
- 39% de hidrolasas
- 36% de liasas
- 36% de isomerasas
- 59% de ligasas.

- Los elementos encontrados en enzimas como cofactores están indicados en verde. La altura de cada columna representa la frecuencia con la que cada metal es encontrado en la estructura de enzimas con estructura reportada. Solo se ha encontrado una enzima que usa Cd (carbonic anhydrase de *T. weissflogii*). Waldron et al. Nature 2009, 460, 823-830.



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: presencia en metaloproteínas.



- The proportion of proteins using the indicated metals that occur in each of the six enzyme classes:

oxidoreductases (EC 1)

transferases (EC 2)

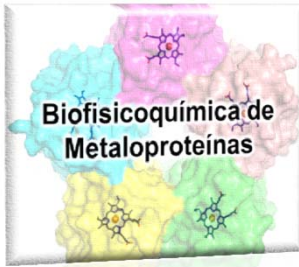
hydrolases (EC 3)

lyases (EC 4)

isomerases (EC 5)

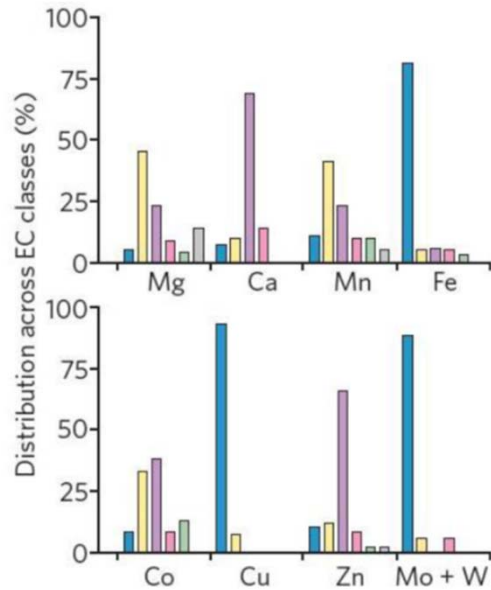
ligases (EC 6)

Figure taken from Waldron et al. Nature 2009, 460, 823-830



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: presencia en metaloproteínas.



- The proportion of proteins using the indicated metals that occur in each of the six enzyme classes:

oxidoreductases (EC 1)

transferases (EC 2)

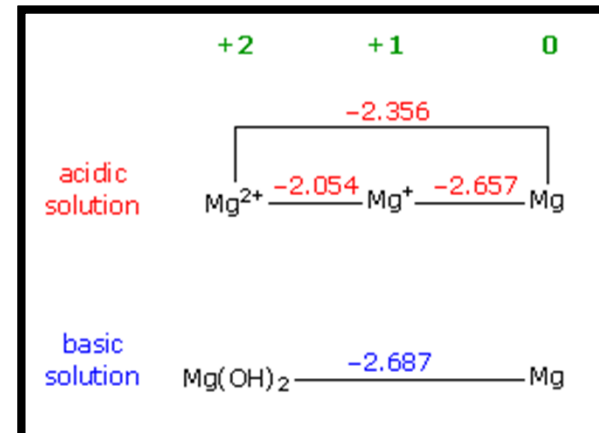
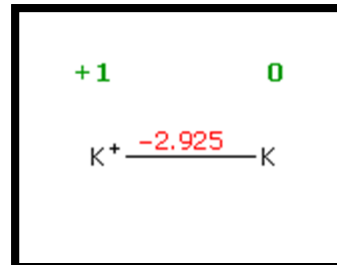
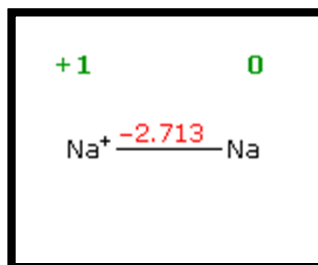
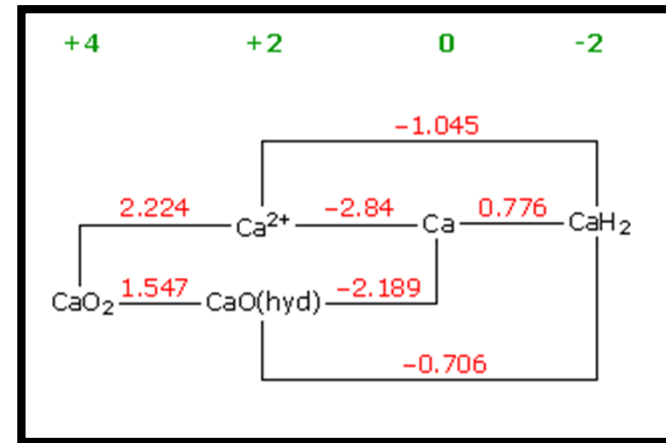
hydrolases (EC 3)

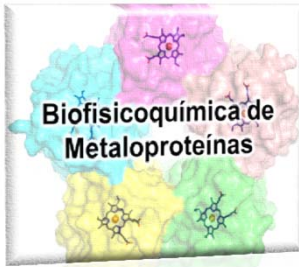
lyases (EC 4)

isomerases (EC 5)

ligases (EC 6)

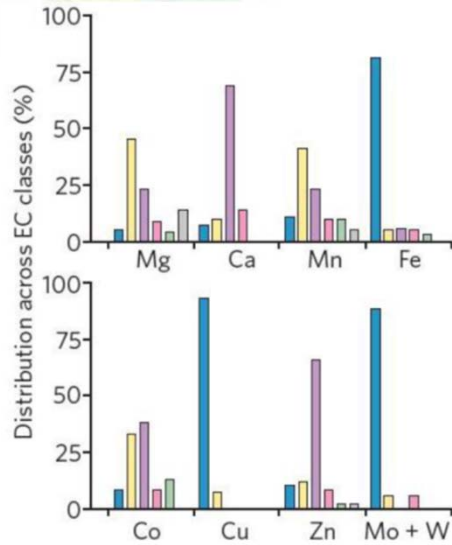
Figure taken from Waldron et al. Nature 2009, 460, 823-830





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: presencia en metaloproteínas.



- The proportion of proteins using the indicated metals that occur in each of the six enzyme classes:

oxidoreductases (EC 1)

transferases (EC 2)

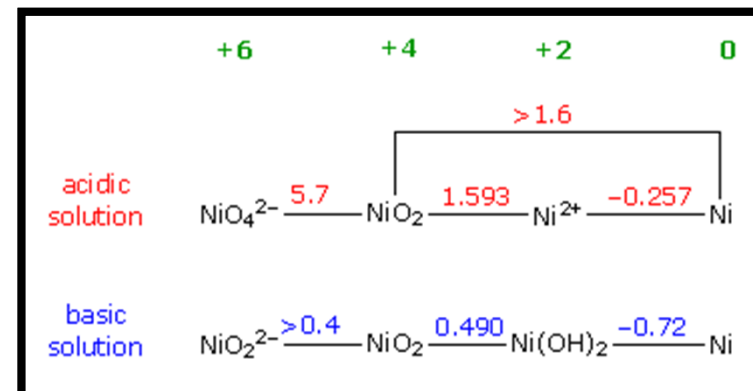
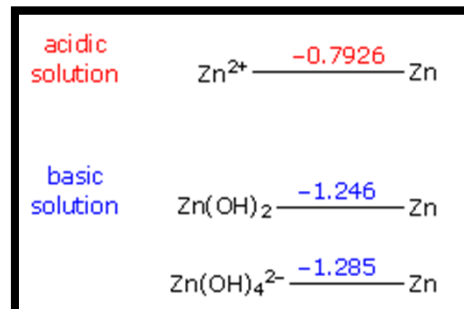
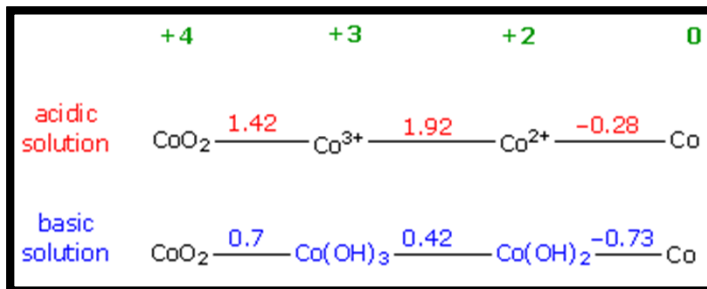
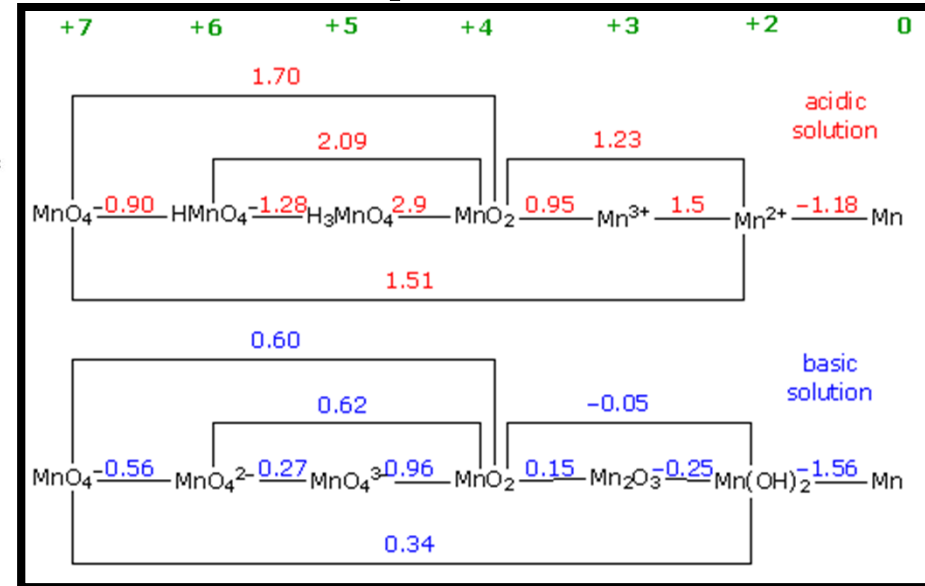
hydrolases (EC 3)

lyases (EC 4)

isomerases (EC 5)

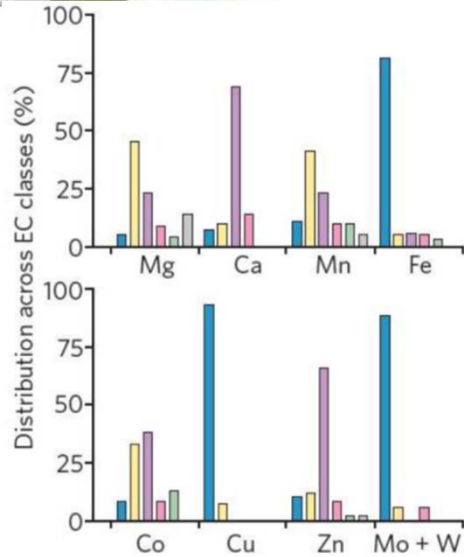
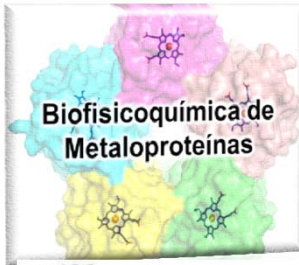
ligases (EC 6)

Figure taken from Waldron et al. Nature 2009, 460, 823-830



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: presencia en metaloproteínas.



- The proportion of proteins using the indicated metals that occur in each of the six enzyme classes:

oxidoreductases (EC 1)

transferases (EC 2)

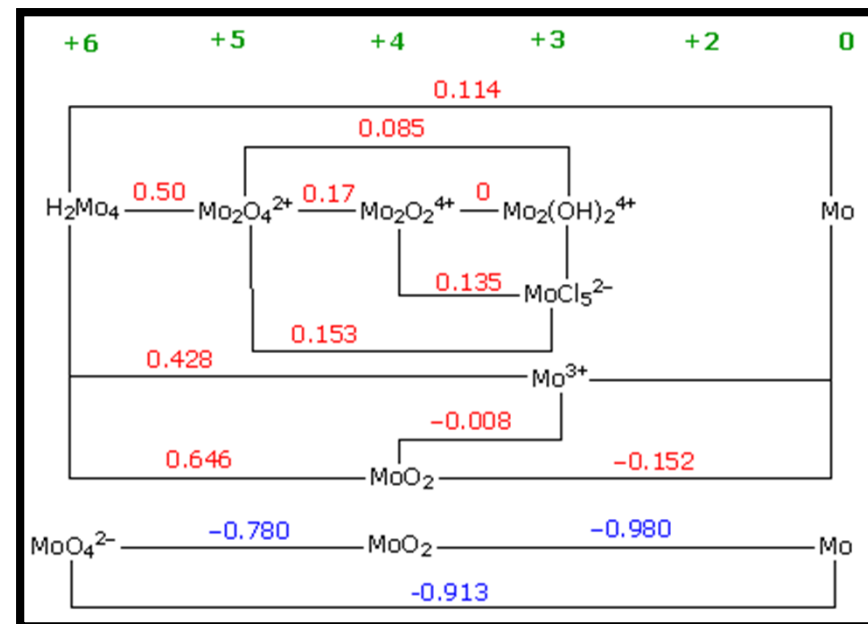
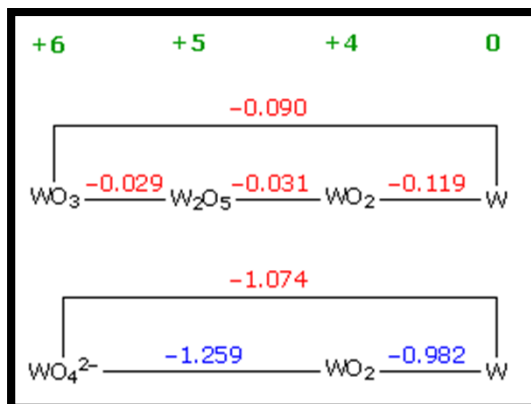
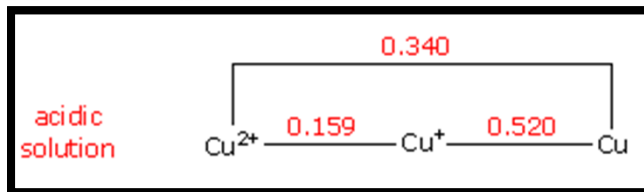
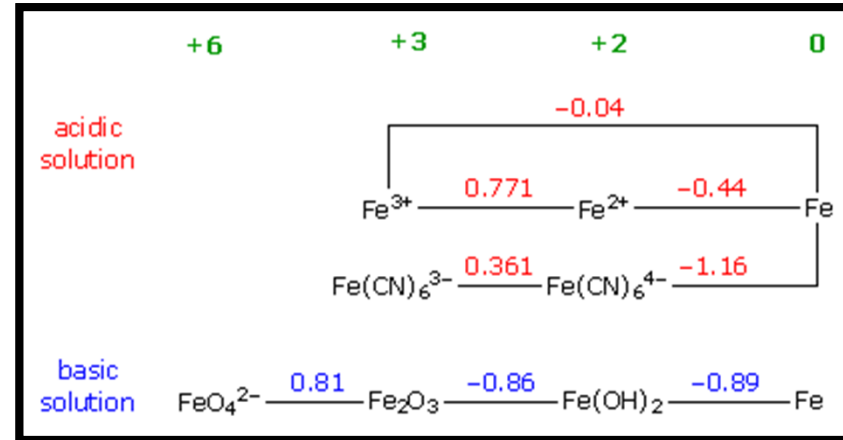
hydrolases (EC 3)

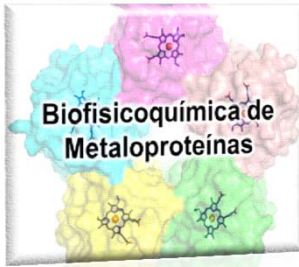
lyases (EC 4)

isomerases (EC 5)

ligases (EC 6)

Figure taken from Waldron et al. Nature 2009, 460, 823-830

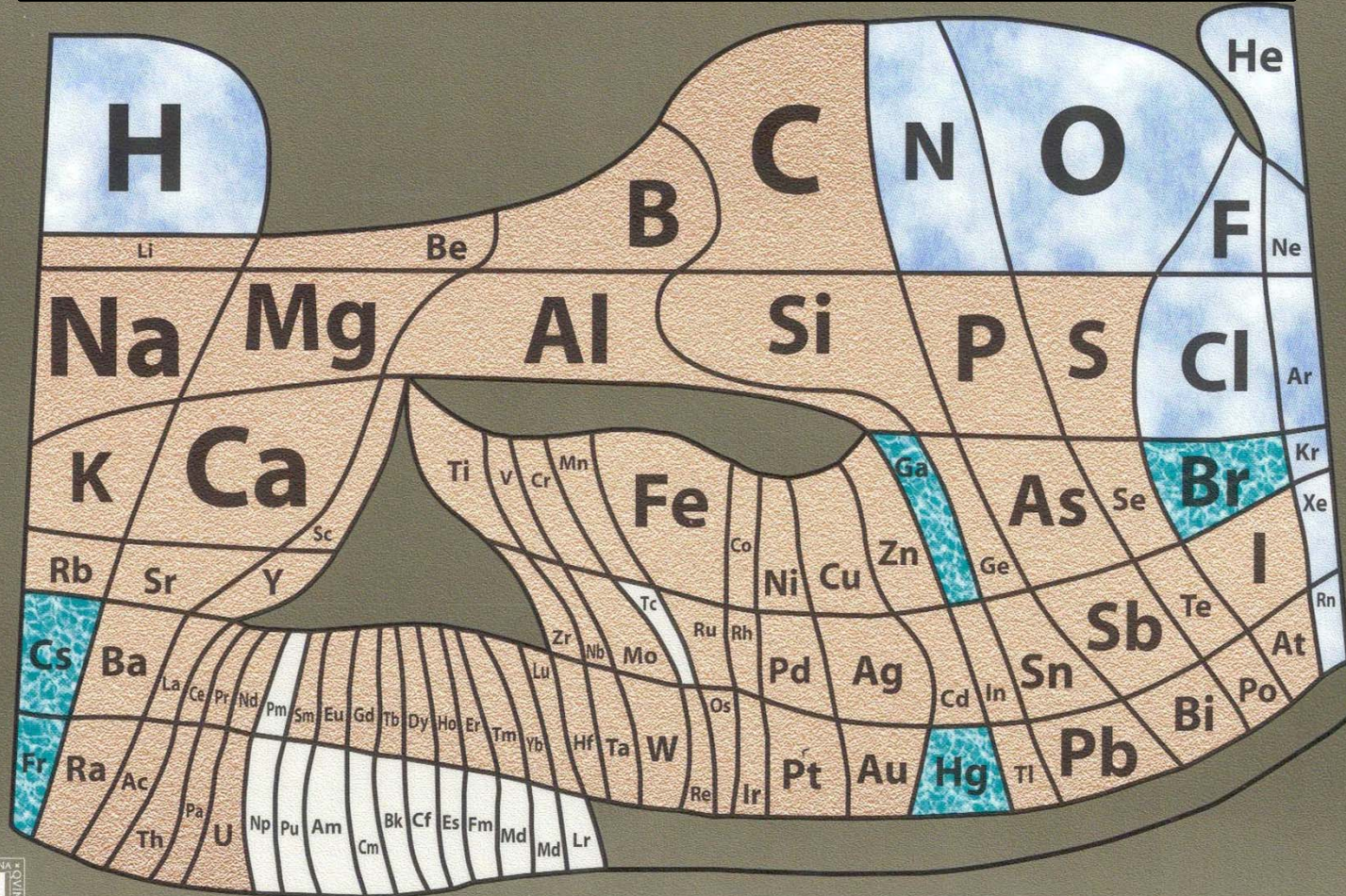




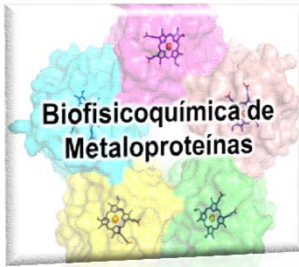
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Presencia en la corteza terrestre.

Los elementos de acuerdo a su abundancia en la corteza terrestre



Gas Líquid Sòlid Sintètic

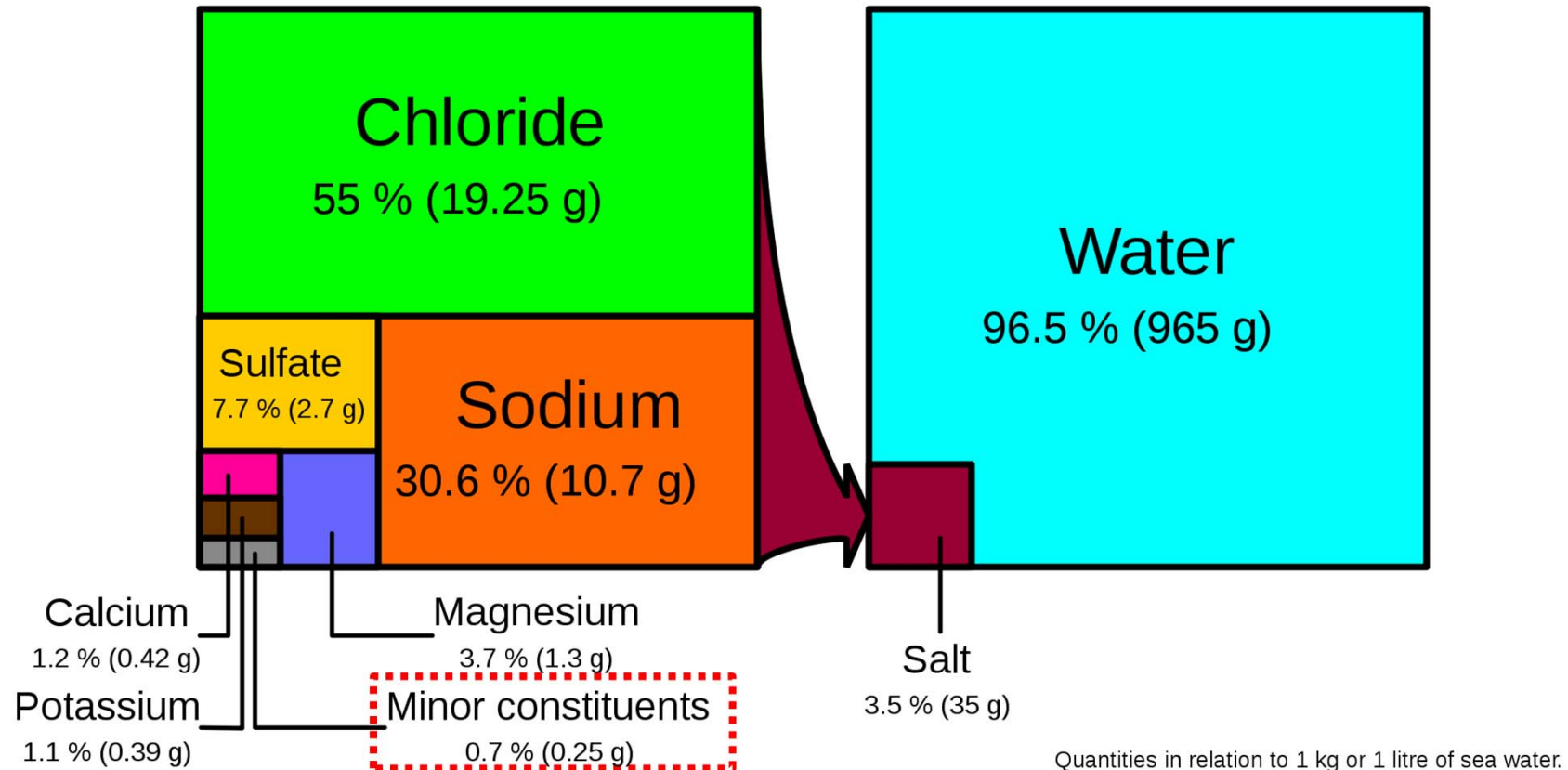


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Presencia en la corteza terrestre.

Sea salts

Sea water

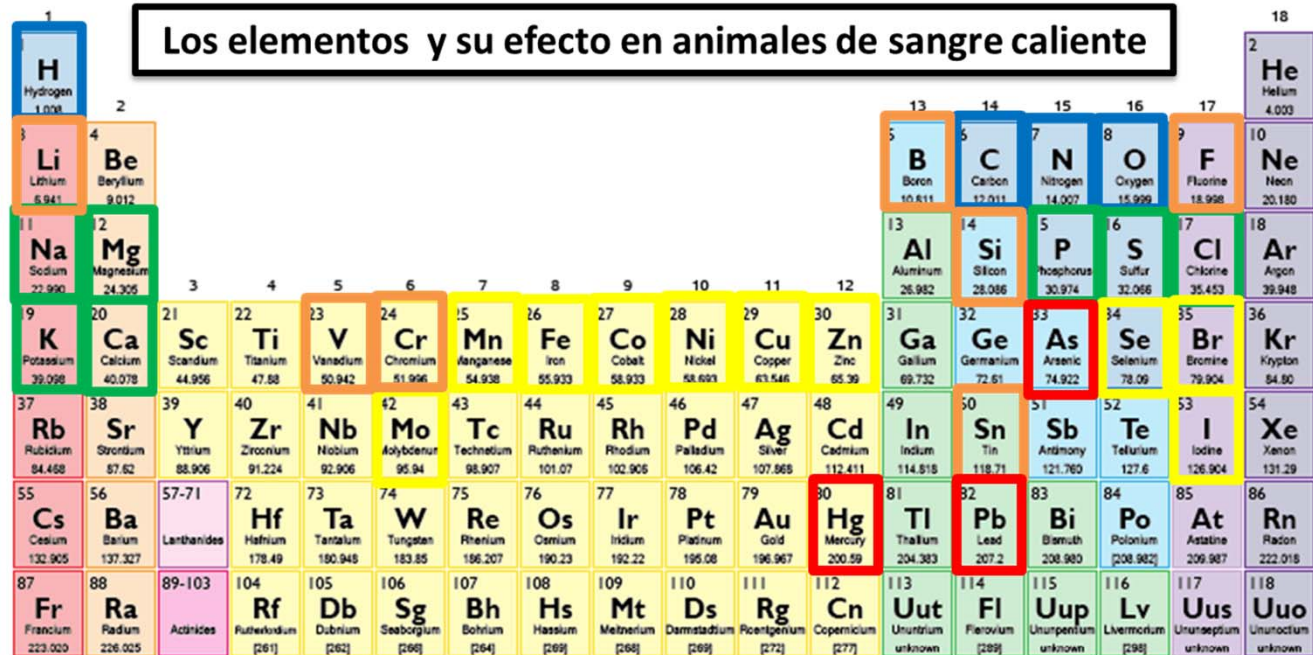




TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

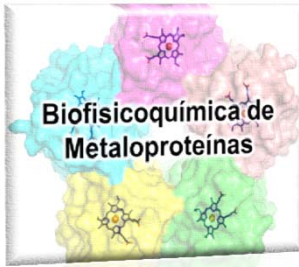
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

Element	Percentage in Body
Oxygen	65.0
Carbon	18.5
Hydrogen	9.5
Nitrogen	3.2
Calcium	1.5
Phosphorus	1.0
Potassium	0.4
Sulfur	0.3
Sodium	0.2
Chlorine	0.2
Magnesium	0.1
Trace elements include boron (B), chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), fluorine (F), iodine (I), iron (Fe), manganese (Mn), molybdenum (Mo), selenium (Se), silicon (Si), tin (Sn), vanadium (V), and zinc (Zn).	less than 1.0



57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.965	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.905	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.065	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-------------	-----------	----------	---------	-----------	------------	----------



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

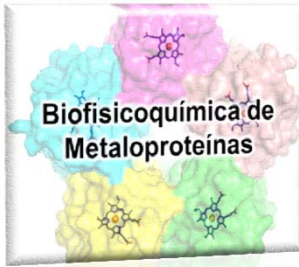
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

Los elementos esenciales en seres vivos

1 H Hydrogen 1.008	2 He Helium 4.003											13 B Boron 10.811	14 C Carbon 12.011	15 N Nitrogen 14.007	16 O Oxygen 15.999	17 F Fluorine 18.998	18 Ne Neon 20.180
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.09	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.90
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 208.987	86 Rn Radon 222.018
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [288]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown

57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.965	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.045	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.085	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-------------	-----------	----------	---------	-----------	------------	----------



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

Los elementos esenciales en seres vivos

1 H Hydrogen 1.008	2 He Helium 4.003											13 B Boron 10.811	14 C Carbon 12.011	15 N Nitrogen 14.007	16 O Oxygen 15.999	17 F Fluorine 18.998	18 Ne Neon 20.180		
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948		
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.09	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.80		
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 208.987	86 Rn Radon 222.018		
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [289]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown		



57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.965	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

- Alkali Metal
- Alkaline Earth
- Transition Metal
- Basic Metal
- Semimetal
- Nonmetal
- Halogen
- Noble Gas
- Lanthanide
- Actinide

Rare earth metals are essential for methanotrophic life in volcanic mudpots

Arjan Pol,¹ Thomas R. M. Barends,³ Andreas Dieltz,³Ahmad F. Khadem,¹ Jelle Eygensteyn,²Mike S. M. Jetten^{1*} and Huub J. M. Op den Camp¹Department of ¹Microbiology and ²General Instruments, Radboud University Nijmegen, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ, Nijmegen, The Netherlands.³Department of Biomolecular Mechanisms, Max-Planck Institute for Medical Research, Jahnstrasse 29, D-69120 Heidelberg, Germany.

Summary

Growth of *Methylophilum fumarolicum* SoIV, an extremely acidophilic methanotrophic microbe isolated from an Italian volcanic mudpot, is shown to be strictly dependent on the presence of lanthanides, a group of rare earth elements (REEs) such as lanthanum (Ln), cerium (Ce), praseodymium (Pr) and neodymium (Nd). After fractionation of the bacterial cells and crystallization of the methanol dehydrogenase (MDH), it was shown that lanthanides were essential as cofactor in a homodimeric MDH comparable with one of the MDHs of *Methylobacterium extorquens* AM1. We hypothesize that the lanthanides provide superior catalytic properties to pyrroloquinoline quinone (PQQ)-dependent MDH, which is a key enzyme for both methanotrophs and methylotrophs. Thus far, all isolated MxaF-type MDHs contain calcium as a catalytic cofactor. The gene encoding the MDH of strain SoIV was identified to be a xoxF-ortholog, phylogenetically closely related to mxaF. Analysis of the protein structure and alignment of amino acids showed potential REE-binding motifs in XoxF enzymes of many methylotrophs, suggesting that these may also be lanthanide-dependent MDHs. Our findings will have major environmental implications as metagenome studies showed (lanthanide-containing) XoxF-type MDH is much more prominent in nature than MxaF-type enzymes.

Received 10 June, 2013; revised 6 August, 2013; accepted 9 August, 2013. *For correspondence. E-mail: m.jetten@science.ru.nl; Tel: (+31) (0) 24 365 2940; Fax: (+31) (0) 24 365 2830.

Introduction

Members of the bacterial phylum Verrucomicrobia can be found in high numbers in a wide range of habitats including soils, insect guts, aquatic systems, marine sediments and hot springs (Wagner and Horn, 2006). Their physiology is largely unknown, and until recently, the (few) cultivated strains were described as anaerobic or aerobic heterotrophs. This changed with the discovery of methanotrophic Verrucomicrobia in geothermal regions (Dunfield et al., 2007; Pol et al., 2007; Islam et al., 2008) for which the novel genus 'Methylophilum' was proposed (Op den Camp et al., 2009). They all are likely autotrophs (Khadem et al., 2011; Sharp et al., 2012) that use methane as an energy source and grow optimal between pH 2 and 5 at temperatures of 50–60°C. Besides representatives of the NC10 phylum, which have an intra-aerobic pathway (Ettwig et al., 2010), the verrucomicrobial methanotrophs are the only known groups of aerobic methanotrophs outside of the Proteobacteria phylum. The representatives of the genus *Methylophilum* are by far the most acidophilic (< pH 1) bacteria capable of methane oxidation.

When cultivating the verrucomicrobial methanotrophs, unknown factors seemed to limit growth under laboratory conditions in defined media, and this may have prevented their more frequent manifestation during enrichment and isolation studies of methanotrophs and methylotrophs from freshwater, marine and soil ecosystems (Chistoserdova et al., 2009).

Rare earth elements (REEs) are essential for many high-tech devices like solar cells, mobile phones and computers. Although an exact role for them in biology is not known, some lanthanides, a group of REE such as lanthanum (Ln), cerium (Ce), praseodymium (Pr) and neodymium (Nd), were shown to affect various metabolic processes. Lanthanides are used as fertilizers in agriculture, and their positive effects have been attributed to interactions with ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Liu et al., 2011) and with the photosynthetic system, but the underlying mechanisms are poorly understood (Tyler, 2004). REEs are abundantly present in the earth's crust, but because of their low solubility, their concentration in most ecosystems does not exceed the nanomolar range. It has been suggested that the low



Functional Role of Lanthanides in Enzymatic Activity and Transcriptional Regulation of Pyrroloquinoline Quinone-Dependent Alcohol Dehydrogenases in *Pseudomonas putida* KT2440

Matthias Wehrmann,^a Patrick Billard,^{b,c} Audrey Martin-Meriadec,^{b,c}
Asfaw Zegeye,^{b,c} Janosch Klebensberger^a^aUniversity of Stuttgart, Institute of Technical Biochemistry, Stuttgart, Germany; ^bUniversité de Lorraine, LEC UMR7360, Faculté des Sciences et Technologies, Vandœuvre-lès-Nancy, France; ^cCNRS, LEC UMR7360, Faculté des Sciences et Technologies, Vandœuvre-lès-Nancy, France

ABSTRACT The oxidation of alcohols and aldehydes is crucial for detoxification and efficient catabolism of various volatile organic compounds (VOCs). Thus, many Gram-negative bacteria have evolved periplasmic oxidation systems based on pyrroloquinoline quinone-dependent alcohol dehydrogenases (PQQ-ADHs) that are often functionally redundant. Here we report the first description and characterization of a lanthanide-dependent PQQ-ADH (PedH) in a nonmethylotrophic bacterium based on the use of purified enzymes from the soil-dwelling model organism *Pseudomonas putida* KT2440. PedH (PP_2679) exhibits enzyme activity on a range of substrates similar to that of its Ca²⁺-dependent counterpart PedE (PP_2674), including linear and aromatic primary and secondary alcohols, as well as aldehydes, but only in the presence of lanthanide ions, including La³⁺, Ce³⁺, Pr³⁺, Sm³⁺, or Nd³⁺. Reporter assays revealed that PedH not only has a catalytic function but is also involved in the transcriptional regulation of *pedE* and *pedH*, most likely acting as a sensory module. Notably, the underlying regulatory network is responsive to as little as 1 to 10 nM lanthanum, a concentration assumed to be of ecological relevance. The present study further demonstrates that the PQQ-dependent oxidation system is crucial for efficient growth with a variety of volatile alcohols. From these results, we conclude that functional redundancy and inverse regulation of PedE and PedH represent an adaptive strategy of *P. putida* KT2440 to optimize growth with volatile alcohols in response to the availability of different lanthanides.

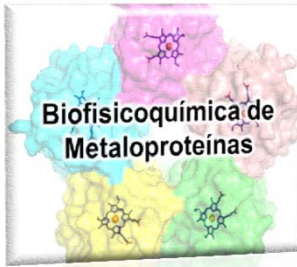
IMPORTANCE Because of their low bioavailability, lanthanides have long been considered biologically inert. In recent years, however, the identification of lanthanides as a cofactor in methylotrophic bacteria has attracted tremendous interest among various biological fields. The present study reveals that one of the two PQQ-ADHs produced by the model organism *P. putida* KT2440 also utilizes lanthanides as a cofactor, thus expanding the scope of lanthanide-employing bacteria beyond the methylotrophs. Similar to the system described in methylotrophic bacteria, a complex regulatory network is involved in lanthanide-responsive switching between the two PQQ-ADHs encoded by *P. putida* KT2440. We further show that the functional production of at least one of the enzymes is crucial for efficient growth with several volatile alcohols. Overall, our study provides a novel understanding of the redundancy of PQQ-ADHs observed in many organisms and further highlights the importance of lanthanides for bacterial metabolism, particularly in soil environments.

KEYWORDS pyrroloquinoline quinone, *Pseudomonas putida*, alcohol dehydrogenase, functional redundancy, gene regulation, lanthanides, protein function, volatiles

May/June 2017 Volume 8 Issue 3 e00570-17

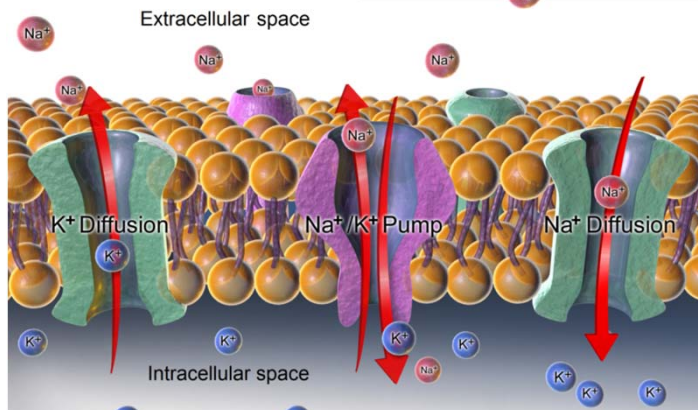
mbio.asm.org 1

TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos



Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

11	1
22,99	Na
sodio	



En animales de sangre caliente → metal más abundante en fluidos extracelulares

Dosis mínima diaria en humanos: 0.5g

DDR de Na: 2.3 g
(Sal de mesa → ca. 40% Na)
DDR de sal: ca. 7 g

Fuente principal NaCl

Regulación de: volumen y presión sanguínea

Sistema renina/angiotensina-aldosterona

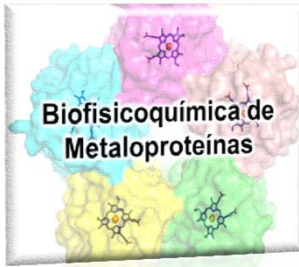
Regulación del equilibrio osmótico y pH

Intercambio de sustancias entre interior y exterior de la célula

En plantas participa en la síntesis de fosfoenolpiruvato y clorofila.

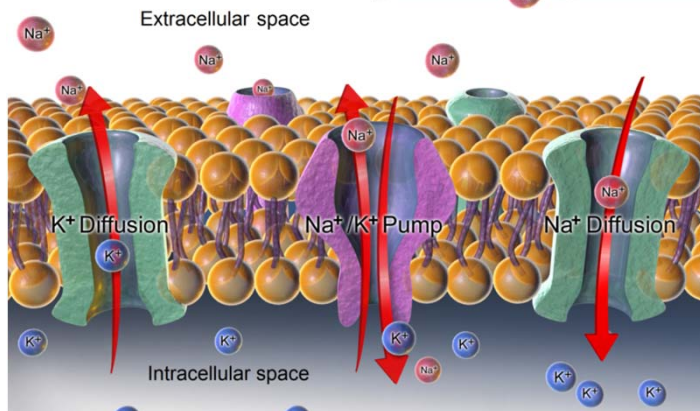
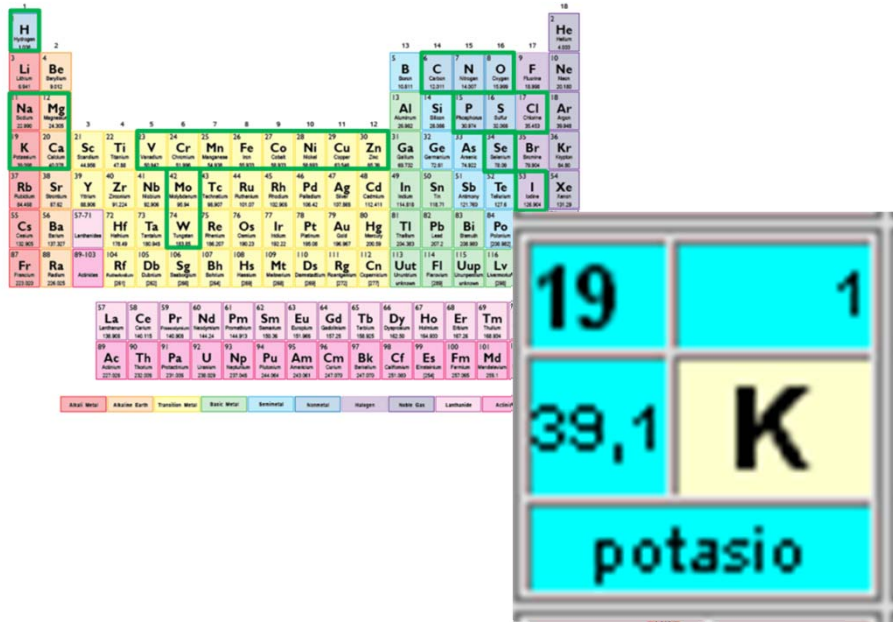
Presión de turgor

Distribución controlada por canales de iones y bombas de Na⁺/K⁺-ATPase



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



En animales de sangre caliente → segundo metal mas abundante despues de Ca^{2+}
Principal metal dentro de la célula

Alimentación típica es baja en K
DDR: 4.7 g
Aumentar K en dieta disminuye riesgo de enfermedades cardiovasculares

Distribución controlada por canales de iones y bombas de Na^+/K^+ -ATPasa

Regula el potencial a través de la membrana citoplasmática, control de potenciales en tejidos neuronales, musculares y cardiaco.

- Regulación**
- Presión sanguínea
 - Secreción de hormonas
 - Metabolismo de glucosa/insulina
 - Balance electrolítico y pH
 - Movilidad gastrointestinal
 - Tonificación muscular
 - Funciones renales

TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos



Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

H	He																
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mn	Uu	Uu	Uu

20	2
40,08	Ca
calcio	

En animales de sangre caliente es el metal mas abundante

99% del Ca se encuentra en los huesos y dientes. Es intercambiado con el medio de acuerdo a necesidades fisiológicas.

Restante 1% del Ca es usado en...

Señalización celular

Exocitosis regulada en neuronas. Ej: Sinapsis química

Contracción muscular

Movilidad celular
Ej: cilios, flagelos.

Crecimiento y proliferación celular

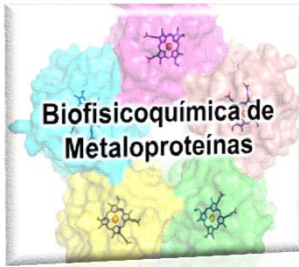
Producción de saliva

Fuentes de Calcio

Productos lácteos

Algas marinas. Frutos secos/semillas: almendras, avellanas, sésamo y pistacho
Higos; Quinoa; okra; brócoli. Naranja, leche de soja, queso de soja.

Exceso (con suplementos):
Hipercalcemia, piedras renales, falla renal, riesgo cardiovascular?



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

Metales funcionales o estructurales asociados a proteínas

1 H Hydrogen 1.008																	18 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305											13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.09	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.80
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [208.982]	85 At Astatine 208.987	86 Rn Radon 222.018
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [269]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium unknown	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium unknown	116 Lv Livermorium [288]	117 Uus Ununseptium unknown	118 Uuo Ununoctium unknown

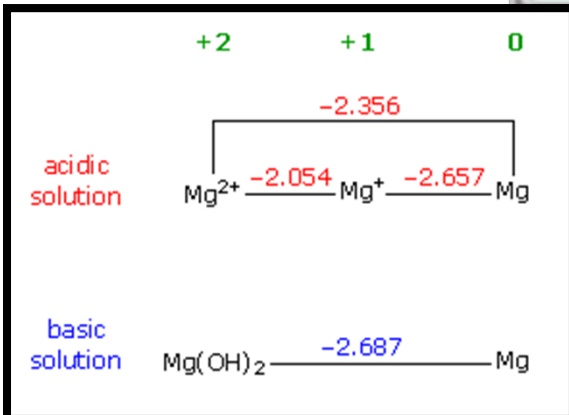
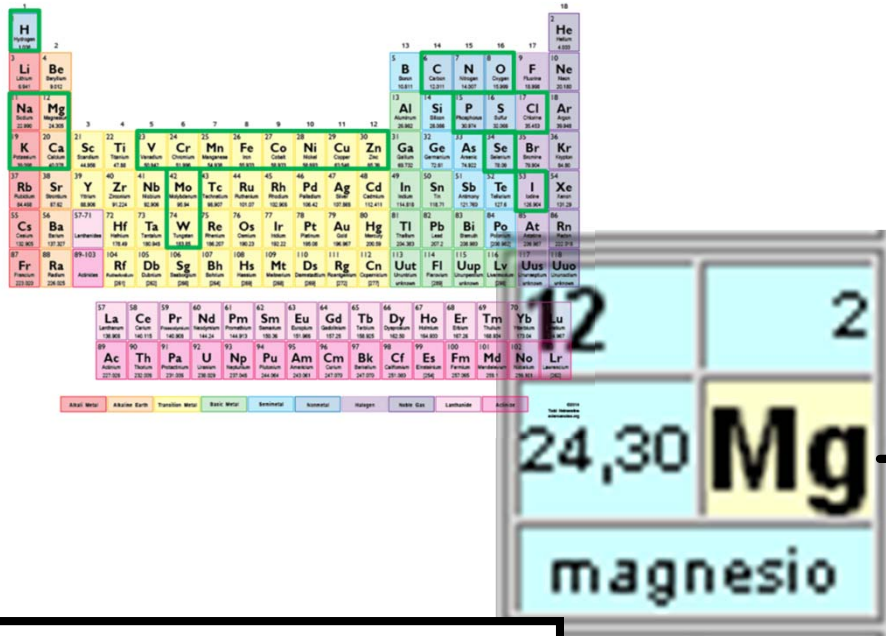
57 La Lanthanum 138.905	58 Ce Cerium 140.115	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.965	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.045	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkelium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Mendelevium 258.1	102 No Nobelium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]

Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide
--------------	----------------	------------------	-------------	-----------	----------	---------	-----------	------------	----------



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



En seres vivos se encuentra como Mg²⁺

Es un cation esencial para todos los organismos vivos de todos los reinos de la vida.

Mg²⁺ es el cuarto catión metálico más abundante en las células (por moles) y el catión divalente libre más abundante.

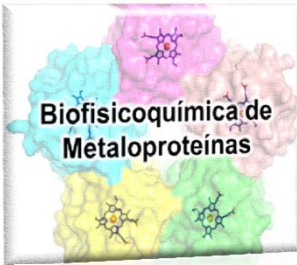
Está profunda e intrínsecamente implicado en el metabolismo celular.

Las enzimas dependientes de Mg²⁺ participan en prácticamente todas las vías metabólicas. Mg²⁺ también se utiliza como molécula de señalización.

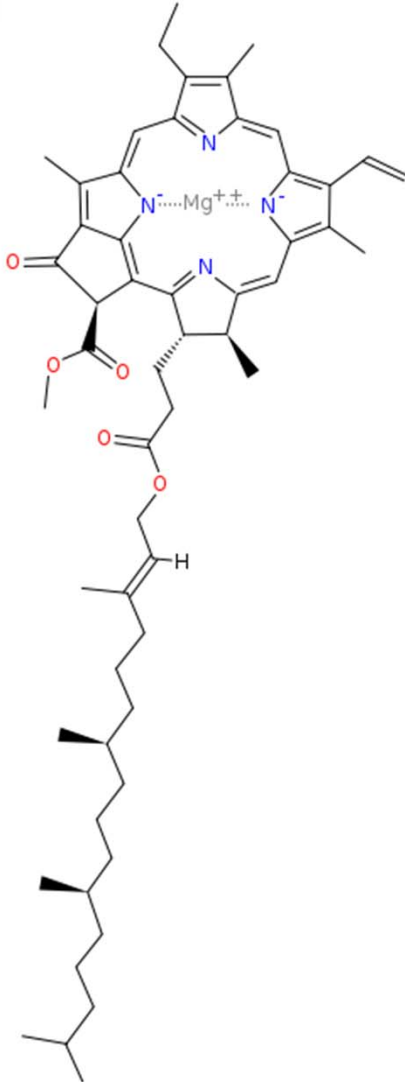
La bioquímica de ácidos nucleicos requiere Mg²⁺, incluyendo todas las reacciones que requieren liberación de energía de ATP.

En los nucleótidos, triple-fosfato es estabilizado por asociación con Mg²⁺ en todos los procesos enzimáticos.

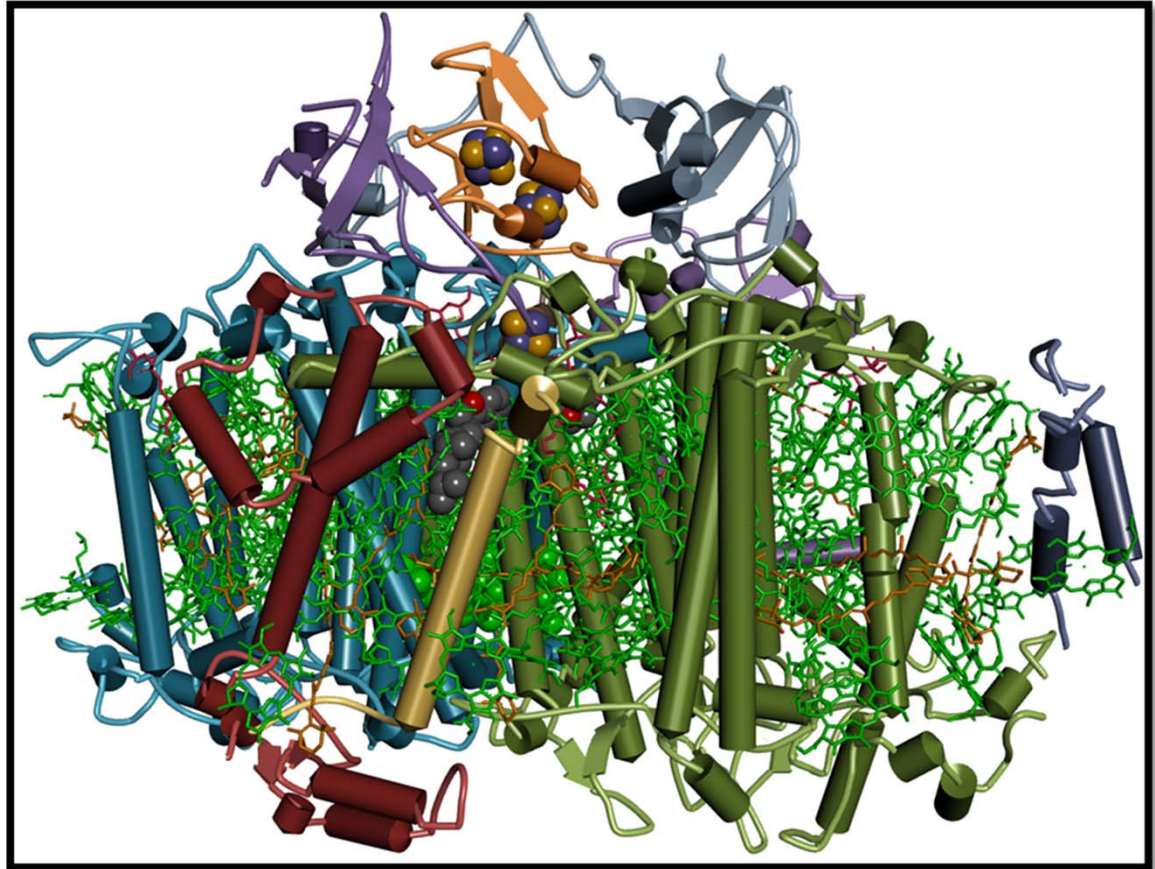
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



12	2
24,30	Mg
magnesio	

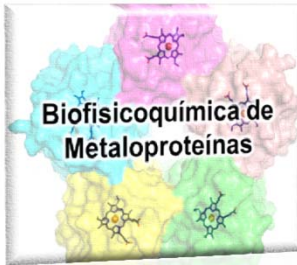


Clorofila *a* → Fotosistema 1



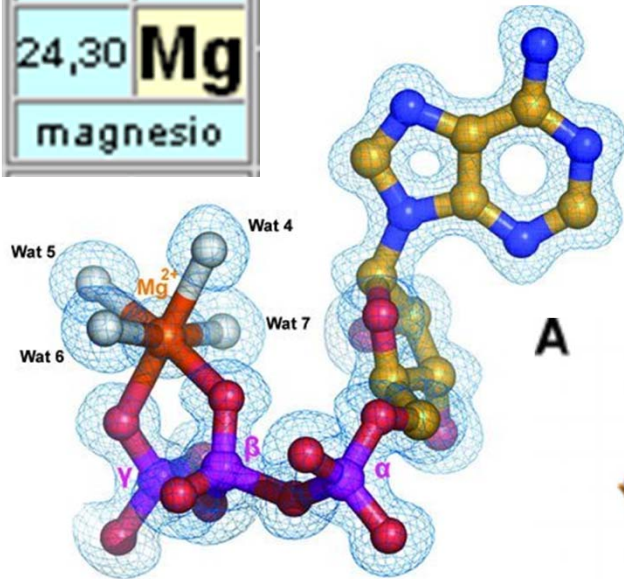
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

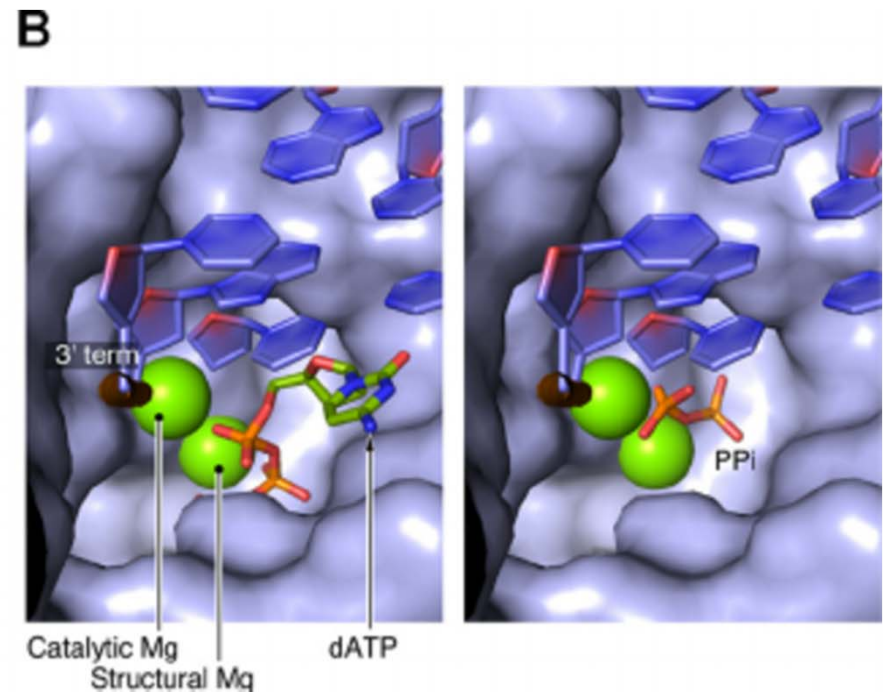
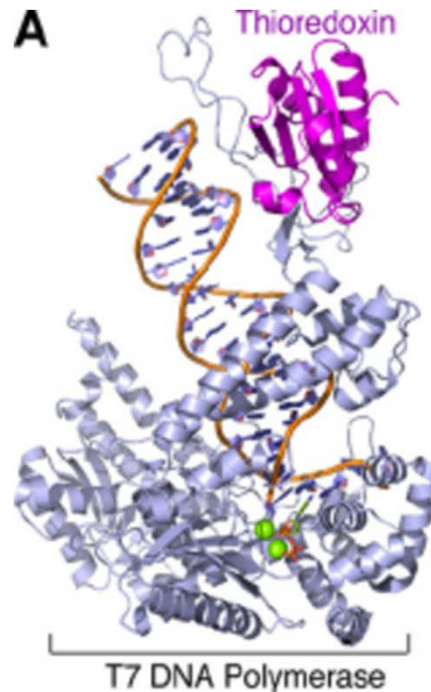


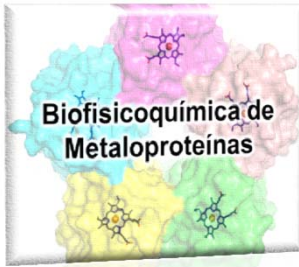
12	2
24,30	Mg
magnesio	

Mg(II)-ATP → Polimerasa



Crystal structure of the active site of phage T7 DNA polymerase (PDB entry 1T8E)





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

1	2											10	11	12	13	14	15	16	17	18								
H	He											Ne	Ar	Kr	Xe	Rn												
3	4											12	13	14	15	16	17	18										
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne											
9	10											19	20											36	37	38	39	40
Na	Mg											K	Ca											Br	Kr	Rb	Sr	Zr
11	12											19	20											35	36	37	38	40
13	14											21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
Al	Si											Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo						
13	14											29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40						
21	22											29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40						
37	38											49	50	51	52	53	54	55	56	58	59	60						
Rb	Sr											In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	Hf	Ta							
37	38											49	50	51	52	53	54	55	56	58	59	60						
55	56											81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92						
Cs	Ba											Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Rf	Db							
55	56											81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92						
87	88											113	114	115	116	117	118	119	120	122	123	124						
Fr	Ra											Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo	Uuh	Uuq	Uur	Uus	Uuo						
87	88											113	114	115	116	117	118	119	120	122	123	124						
																		26	3,2									
																		55,84	Fe									
																		hierro										

En seres vivos se encuentra como Fe^{2+} y Fe^{3+}

Es un cation esencial para todos los organismos vivos de todos los reinos de la vida.

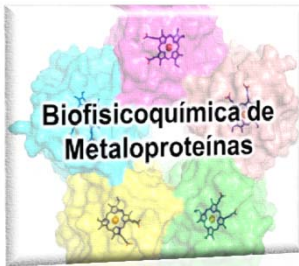
Fe en organismos vivos comúnmente se encuentra ligado a cofactores (e.g. hemo), los cuales determinan sus propiedades químicas/redox.

En el contexto fisiológico, el Fe puede cambiar de estado de oxidación \rightarrow Clave en catálisis de reacciones redox (Oxidoreductasas)

Además de cofactor redox, el Fe puede funcionar en proteínas de transporte de pequeñas moléculas \rightarrow hemoglobina transporta O_2 en sangre

En animales de sangre caliente una ligera deficiencia de Fe causa anemia (fatiga, debilidad). La deficiencia crónica puede conducir a insuficiencia de diferentes órganos.

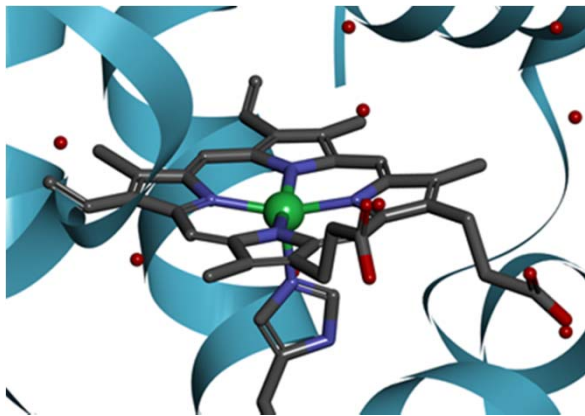
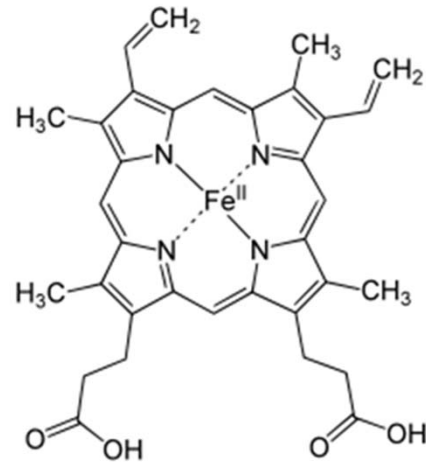
El exceso de Fe conduce a la producción de radicales libres e interfiere con el metabolismo \rightarrow daño a órganos como el corazón y/o hígado.



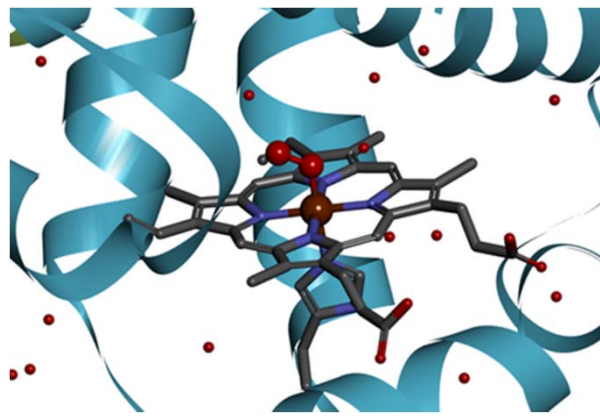
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

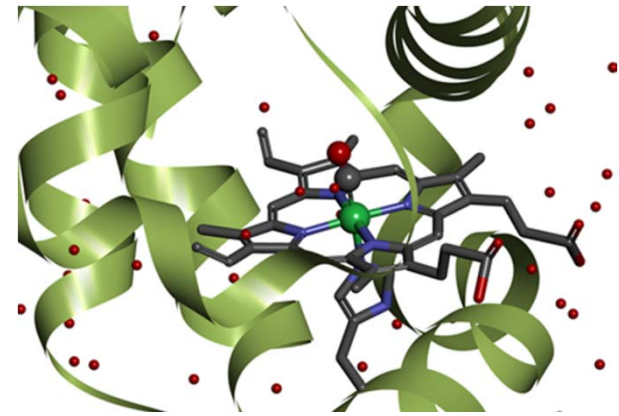
26	3,2
55,84	Fe
hierro	



Deoxy-Hb



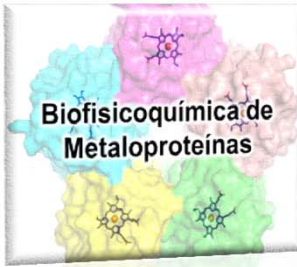
Oxy-Hb



Carboxy-Hb

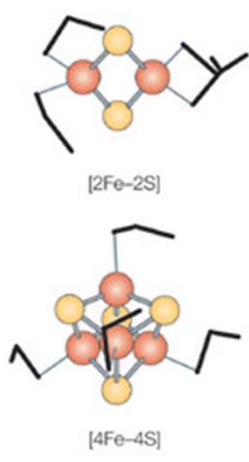
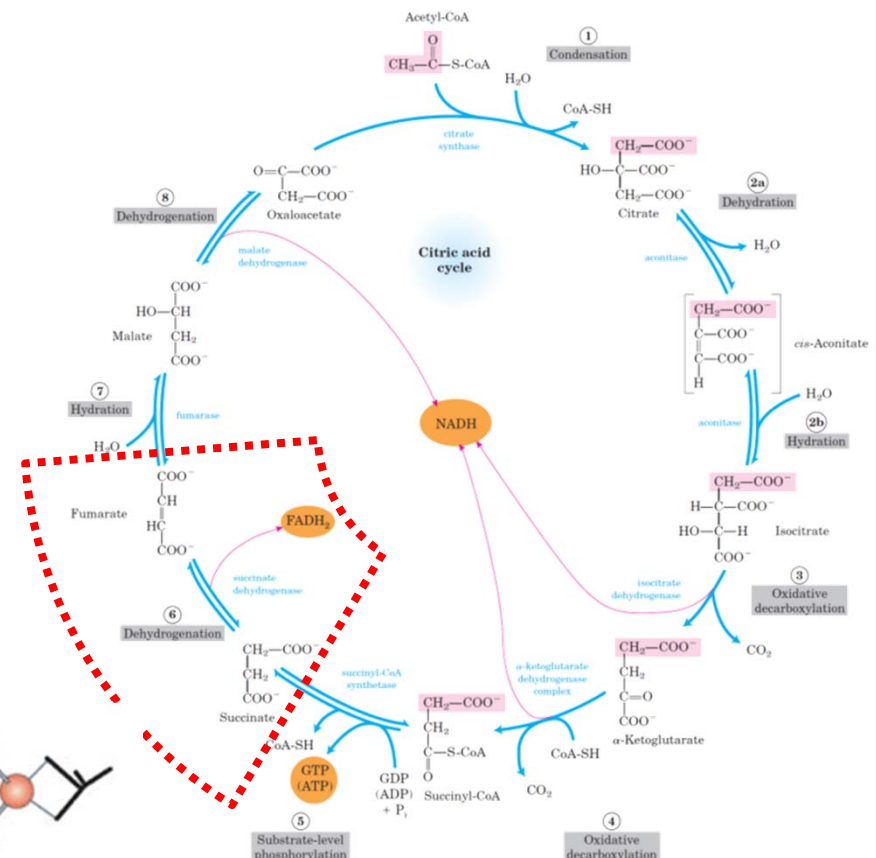
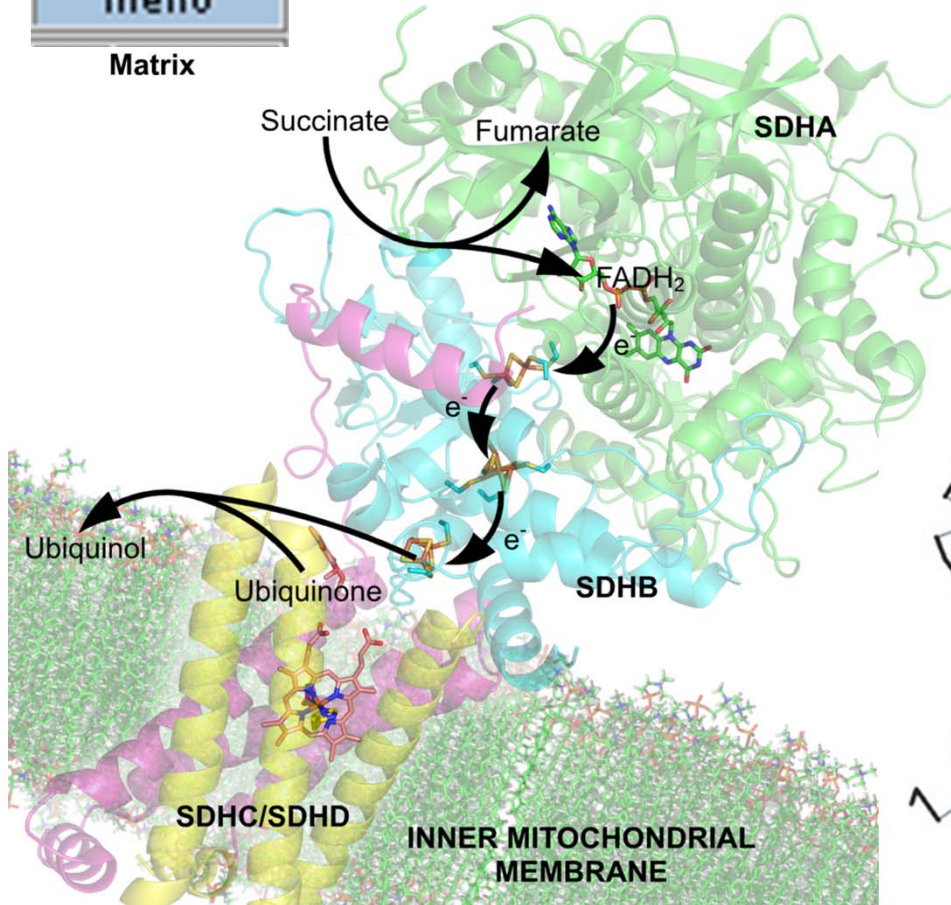
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



26	3,2
55,84	Fe
hierro	

Matrix





Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

El Ni y el Co se encuentran comúnmente como M^{2+}

Las enzimas de Ni y Co son casi exclusivas de microbios.

El uso limitado de estos metales indicaría que las enzimas que contienen Ni o Co son "restos de la vida primordial". El uso limitado pero necesario del Ni y Co reflejaría que a través de la evolución (2.400 millones de años) los organismos se adaptaron a su uso a pesar de los cambios geoquímicos.

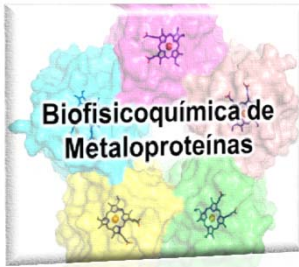
El Co está profunda e intrínsecamente implicado en el metabolismo celular (Vit B12).

Las enzimas dependientes de Ni están restringidas casi exclusivamente a Bacteria y Archaea. Excepción: ureasa (plantas y eucariotas unicelulares).

Las enzimas que requieren cobalto se limitan a nitrilo hidratasa y la acetonitrilo hidratasa.

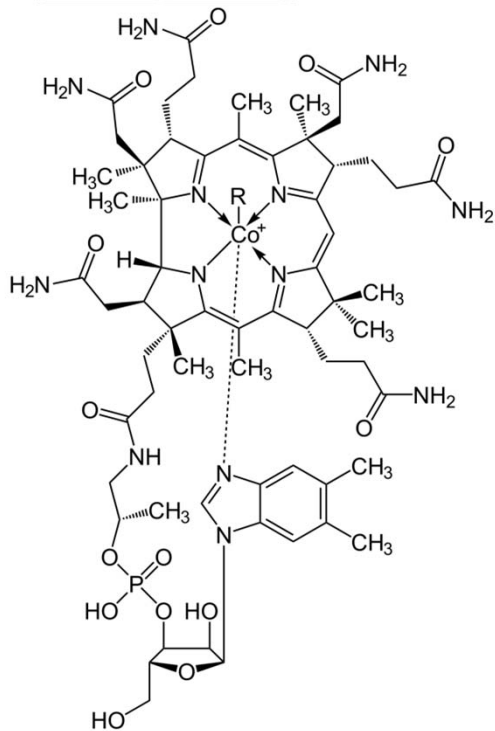
Análisis bioinformáticos de genomas secuenciados sugieren que las funciones del Ni y Co fueron reemplazadas por Cu y Zn en especies más recientemente evolucionadas → este cambio se debió a la disponibilidad de metales en la biosfera terrestre.

27	2.3	28	2.3
58,93	Co	58,69	Ni
cobalto		níquel	

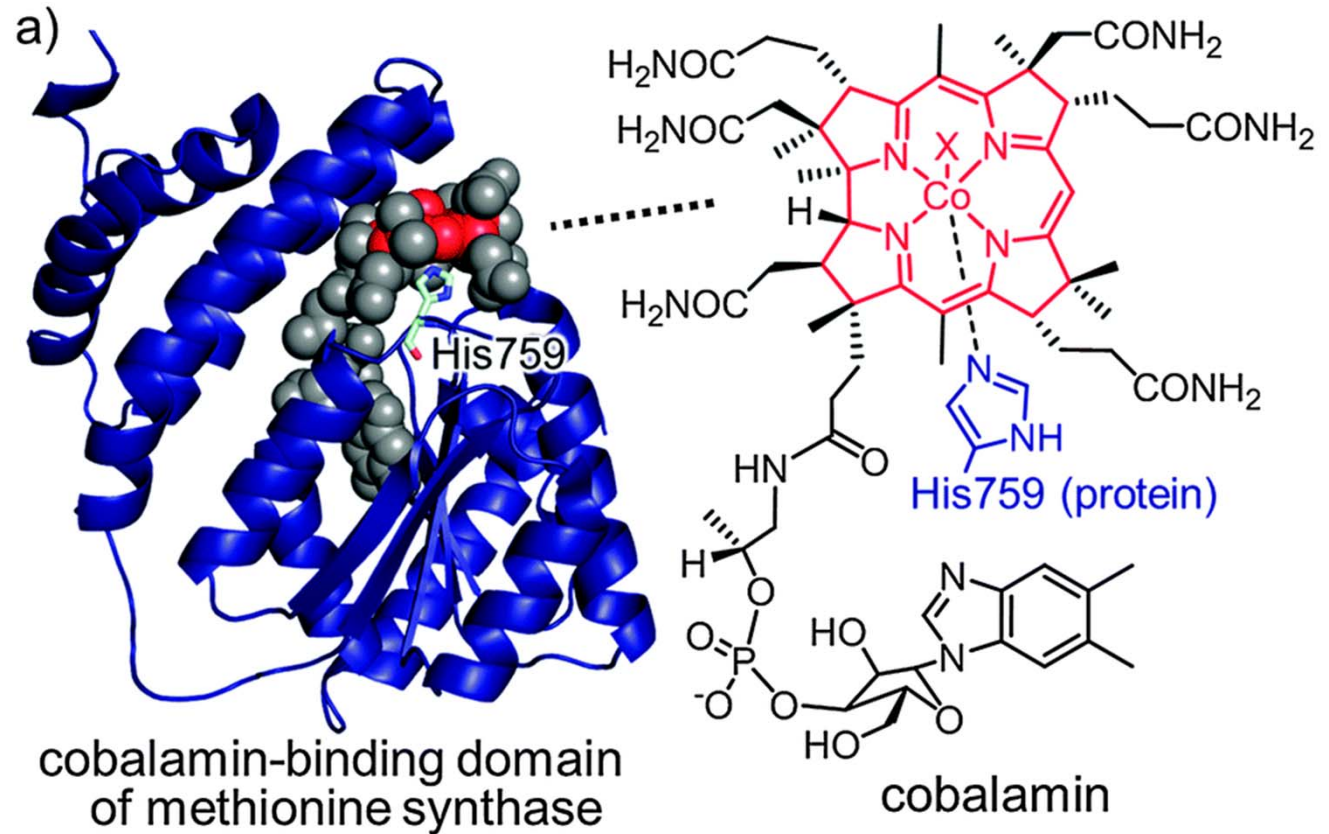


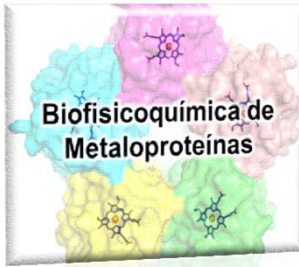
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

27	2,3
58,93	Co
cobalto	



Cobalamin
Vit B12





Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

The image shows a periodic table of elements. A callout box highlights the element Copper (Cu) with the following information:

29	2.1
63,54	Cu
	cobre

En seres vivos se encuentra como Cu^{1+} o Cu^{2+}

Es esencial para todos los organismos vivos que realizan procesos oxidativos (respiración de O_2) y es cofactor de enzimas importantes.

La química del Cu está dominada por su capacidad para formar complejos de coordinación con una gama de bases de Lewis.

Cumple roles clave en el metabolismo celular, está involucrado en angiogénesis, modulación neuronal, detoxificación de ROS.

En concentraciones elevadas el Cu es citotóxico → fungicida, bactericida, enfermedad de Wilson, etc.

Las enzimas procariontas dependientes de Cu participan en vías del ciclo del N → clave debido a los gases de efecto invernadero (NO y N_2O).

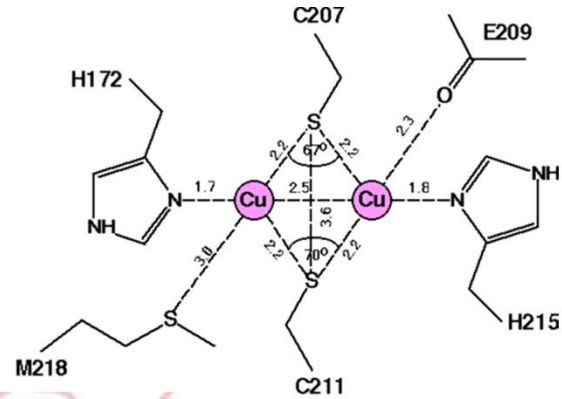
Es un componente imprescindible en enzimas de la mitocondria (CcO) y en cloroplastos (plastocianina).



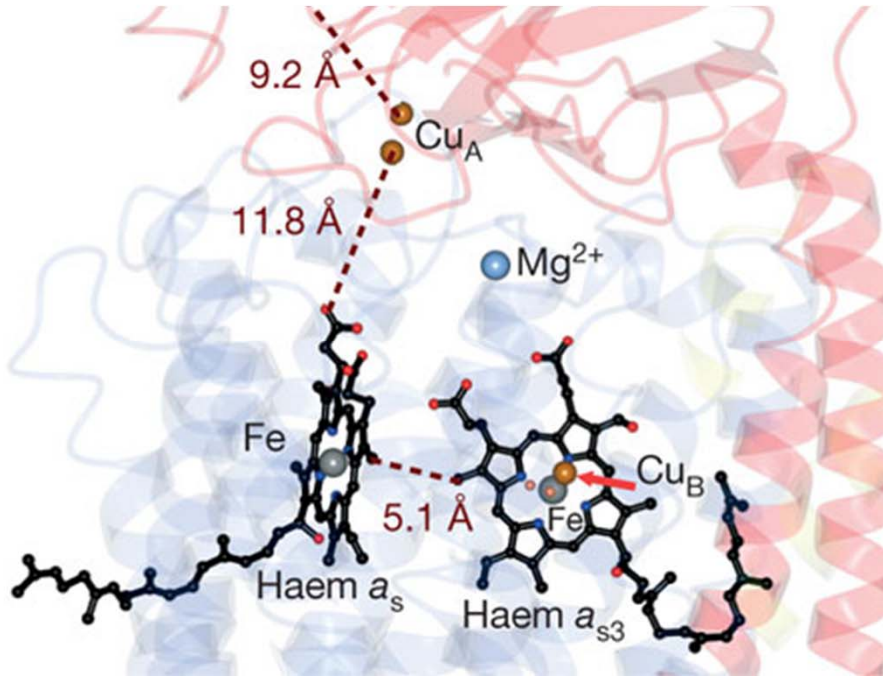
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

**Los elementos de la tabla periódica:
Abundancia en los seres vivos.**

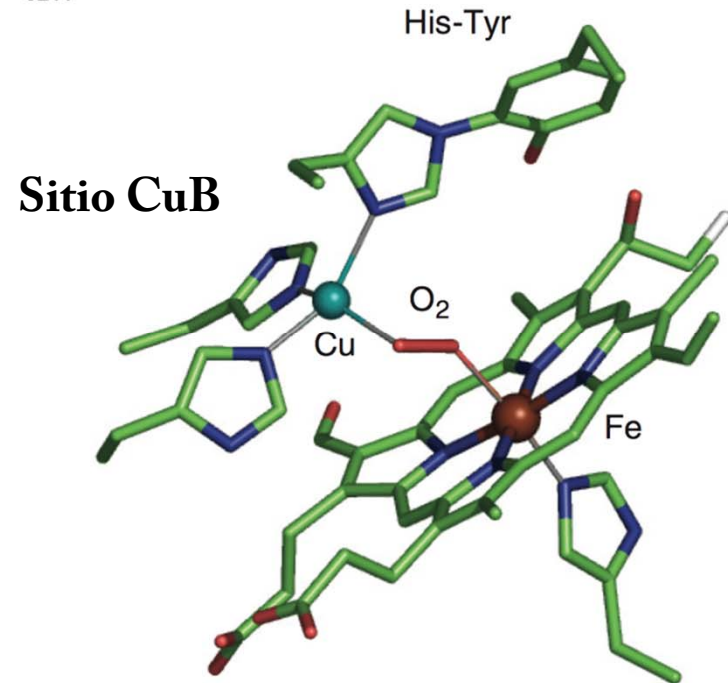
29°	2,1
63,54	Cu
cobre	



Sitio CuA



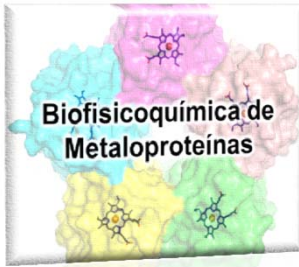
Citocromo c Oxidasa (tipo aa3)



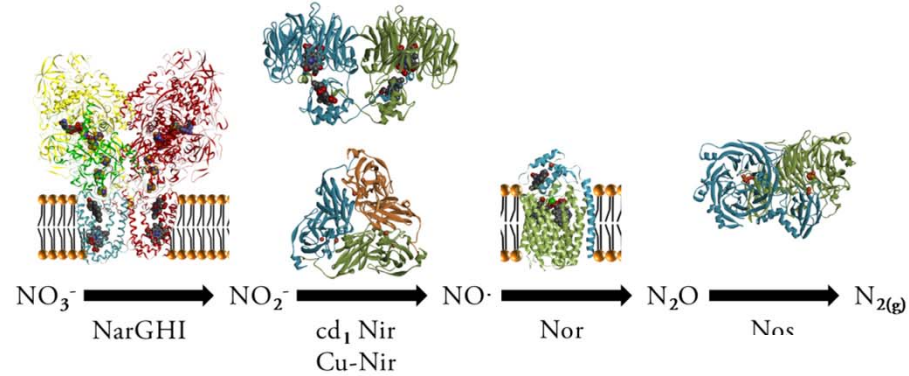
Sitio CuB

TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

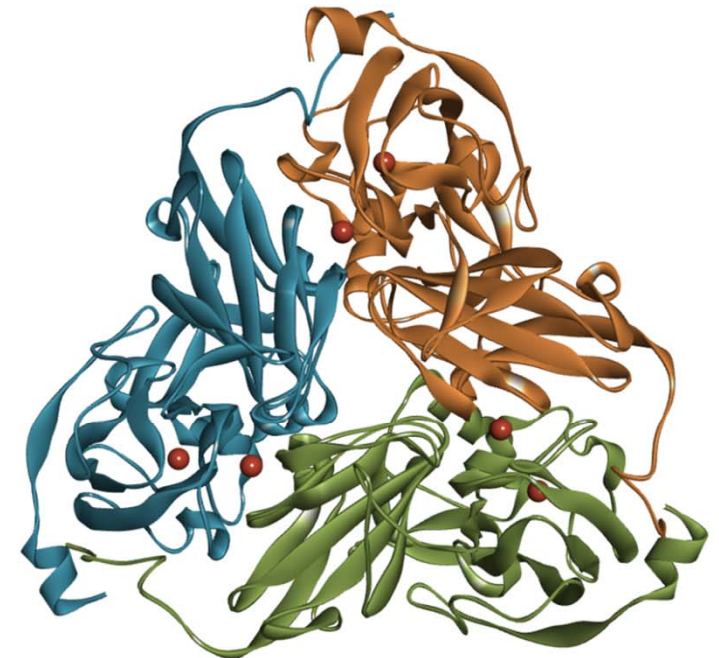
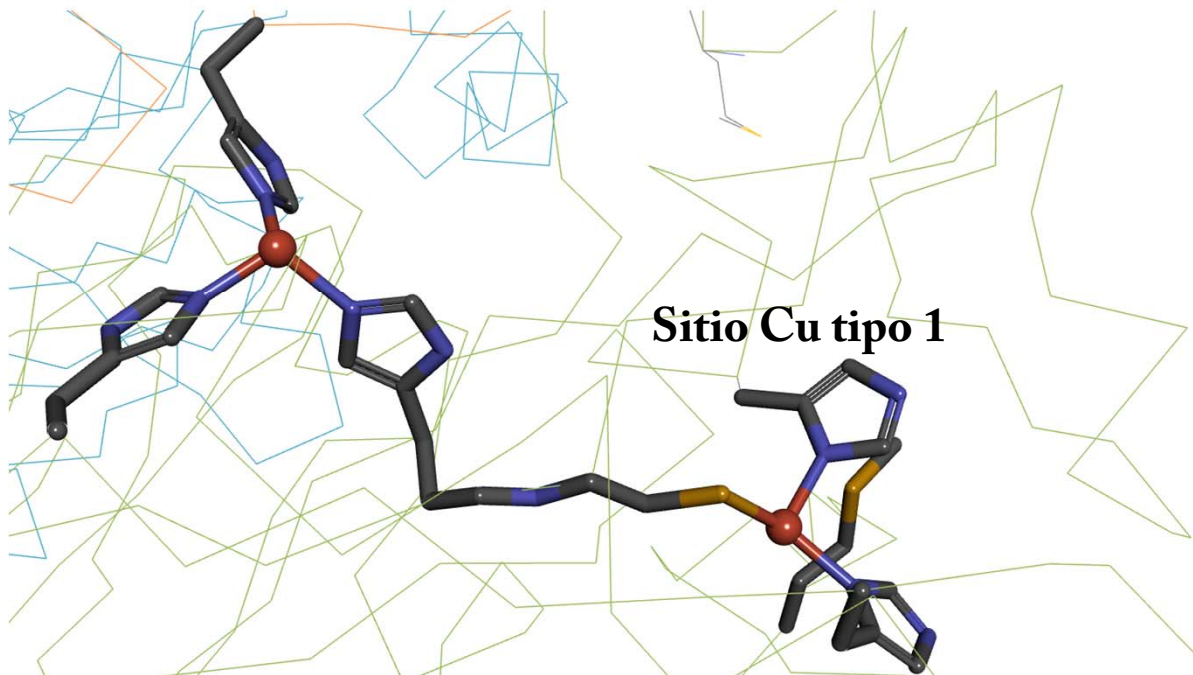
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



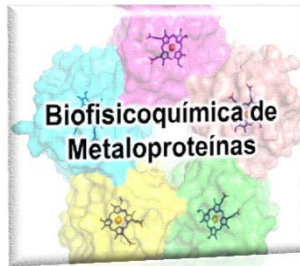
29°	2,1
63,54	Cu
cobre	



Sitio Cu tipo 2



**Nitrito reductasa
dependiente de Cu**



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

1	2											3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
H	He											B	C	N	O	F	Ne											
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar											
Na	Mg											Ga	Ge	As	Se	Br	Kr											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr											
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe											
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo												
																	30	2										
																	65,40	Zn										
																	cinc											

El Zn se encuentra como Zn^{2+}

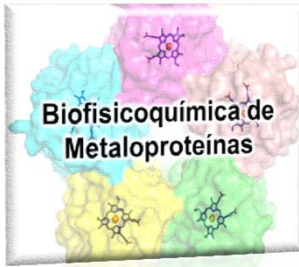
Es esencial para todas las células en todos los organismos conocidos

Es el segundo oligoelemento más abundante, después del Fe, en la mayoría de los vertebrados.

El Zn se requiere para una variedad de procesos biológicos básicos incluyendo metabolismo de proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos

También está implicado en funciones más avanzadas, tales como el sistema inmune, la neurotransmisión, la secreción de hormonas y la señalización celular.

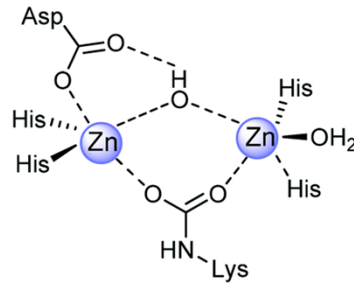
Alrededor del 10% de todas las proteínas de las células eucariotas se unen al zinc y que hay aproximadamente 3000 proteínas de zinc en los seres humanos.



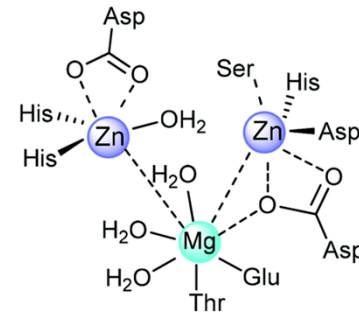
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

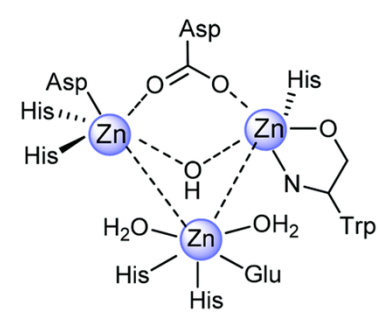
30	2
65,40	Zn
cinc	



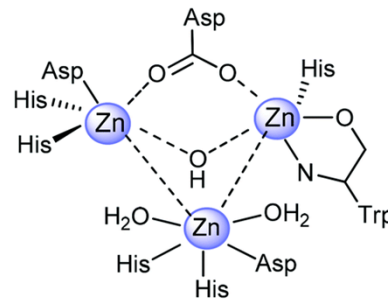
PTE, OpdA



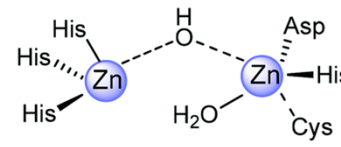
alkaline phosphatase



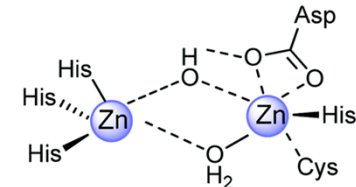
phospholipase C



P1 nuclease

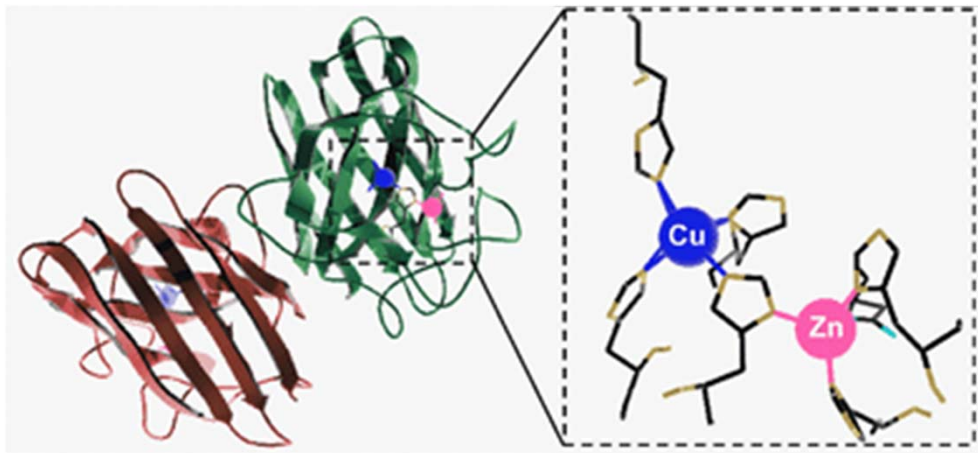


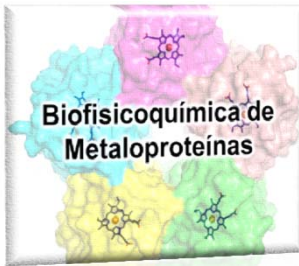
MβL (CcrA from *B. fragilis*)



binuclear MβL
(BclI from *B. cereus*)

**superoxido dismutasa
dependiente de Cu y Zn**





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

42	65432
95,9	Mo
molibdeno	
74	65432
183,8	W
volframio	

Mo es el único metal de transición de la quinta fila de la tabla periódica esencial para organismos superiores.

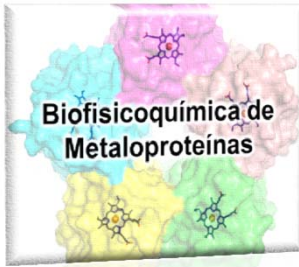
Se encuentra en la naturaleza en diferentes estados de oxidación, que van de cero a seis. Forma complejos con números de coordinación de cuatro a ocho.

El oxoanión simple $[\text{MoO}_4]^{2-}$ es la única especie que las células pueden incorporarlo.

Mo y W comparten muchas propiedades químicas debido a configuraciones electrónicas de valencia equivalentes y radios atómicos esencialmente idénticos. Sin embargo, poseen diferentes reactividades \rightarrow potencialidades de ionización y reducción diferentes.

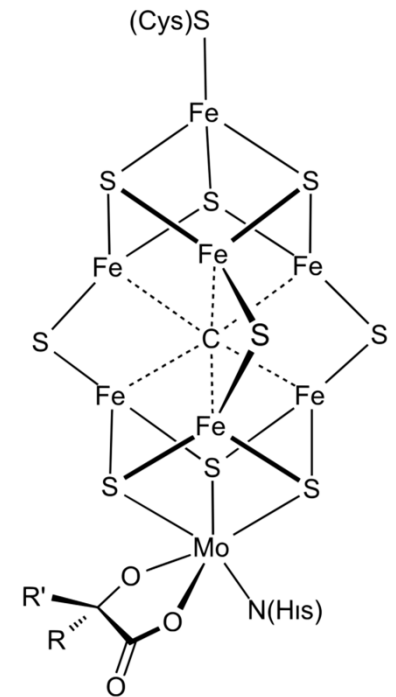
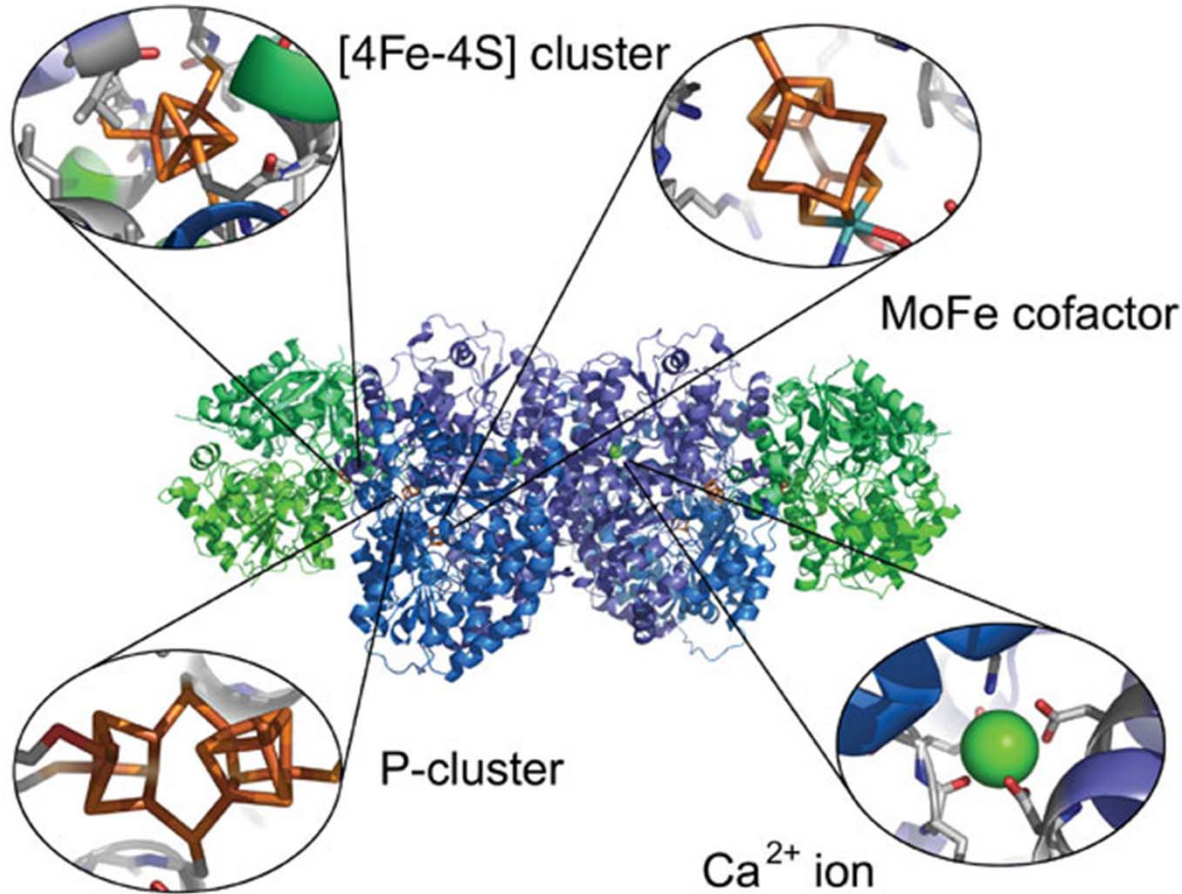
Existen más de 50 enzimas diferentes dependientes de Mo (o W) en todos los reinos de la vida.

W puede reemplazar al Mo debido a sus propiedades químicas similares. El cofactor de W ha sido identificado como el grupo prostético en enzimas de Archaea hipertermófilas \rightarrow antepasado evolutivo de Mo-enzimas.

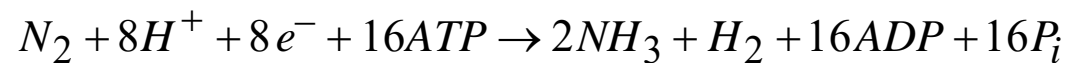


Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.

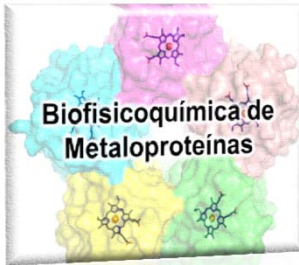
42°	65432
95,9	Mo
molibdeno	
74	65432
183,8	W
volframio	



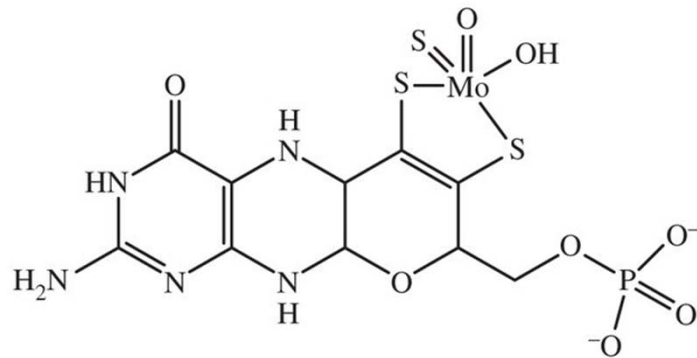
Nitrogenase



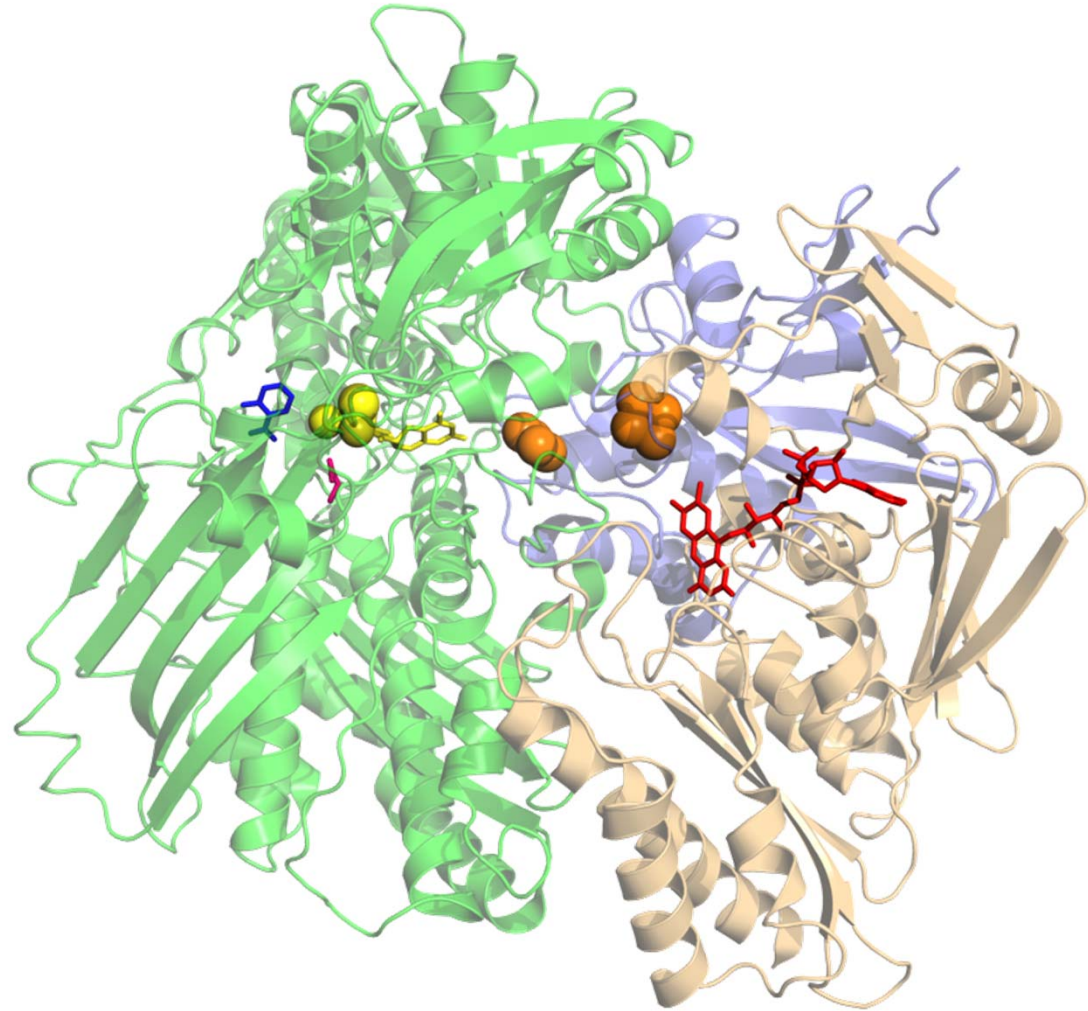
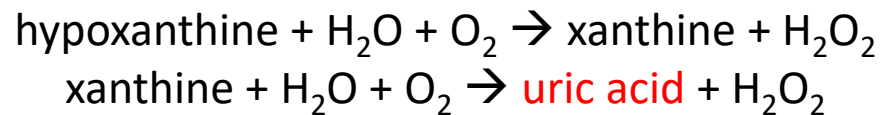
Los elementos de la tabla periódica: Abundancia en los seres vivos.



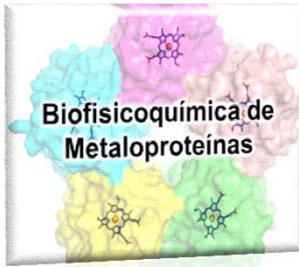
42°	65432
95,9	Mo
molibdeno	
74	65432
183,8	W
volframio	



MoCo (xanthine oxidase)

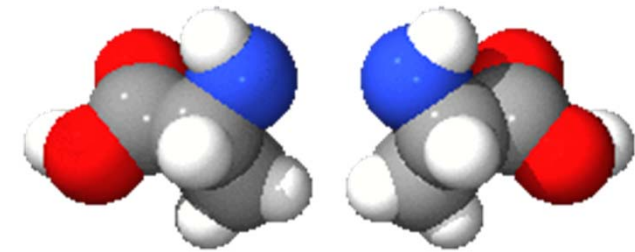
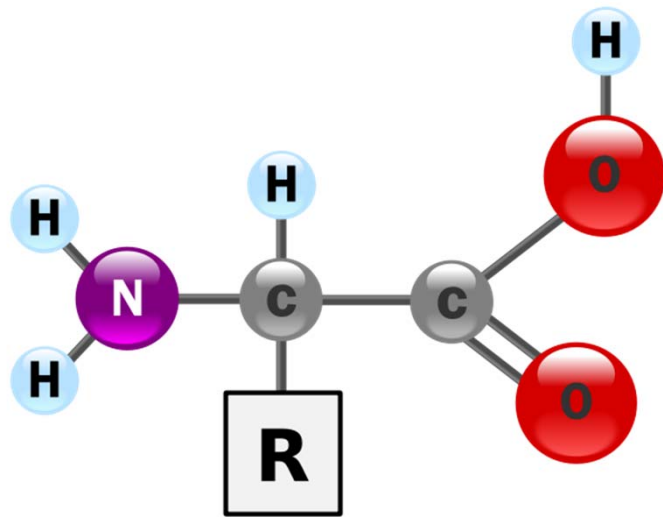


Xanthine Oxidase

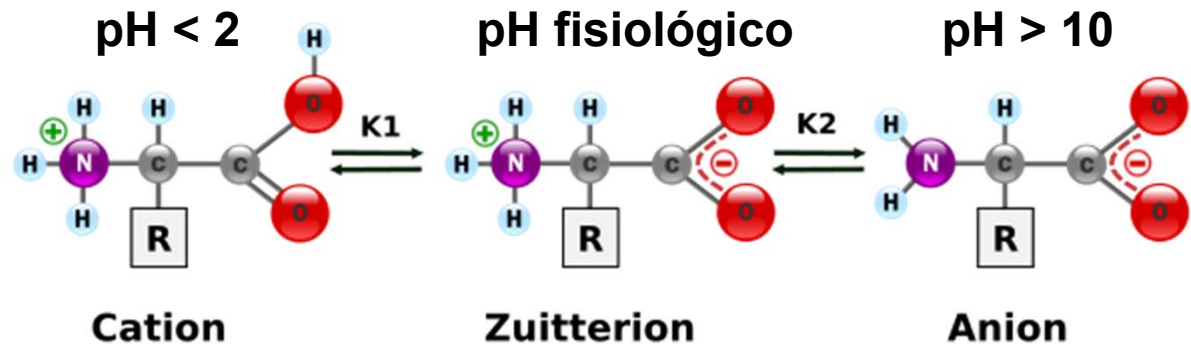


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Aminoácidos



Moléculas quirales





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Aminoácidos

Amino ácidos que componen proteínas

+ Positive - Negative
 * Side chain charge at physiological pH 7.4

A. Amino Acids with Electrically Charged Side Chains

Positive			Negative	
Arginine (Arg) R	Histidine (His) H	Lysine (Lys) K	Aspartic Acid (Asp) D	Glutamic Acid (Glu) E
<chem>NC(CCCNC(=[NH2+])N)C(=O)O</chem> pKa 2.03, pKa 9.00, pKa 12.10	<chem>NC(CCN1C=CN=C1)C(=O)O</chem> pKa 1.70, pKa 6.09, pKa 6.04	<chem>NC(CCCCN)C(=O)O</chem> pKa 2.15, pKa 9.16, pKa 10.67	<chem>NC(CC(=O)[O-])C(=O)O</chem> pKa 1.95, pKa 9.09, pKa 3.71	<chem>NC(CCC(=O)[O-])C(=O)O</chem> pKa 2.16, pKa 9.55, pKa 4.15

B. Amino Acids with Polar Uncharged Side Chains

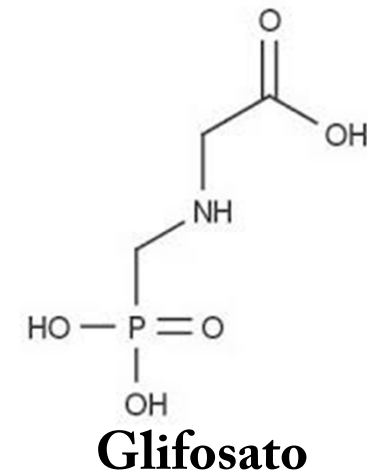
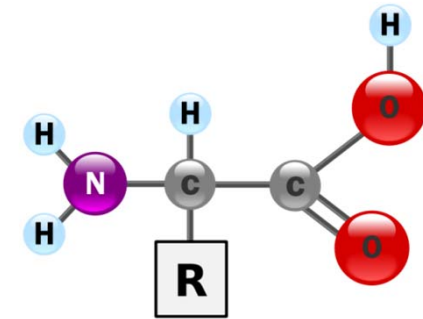
Serine (Ser) S	Threonine (Thr) T	Asparagine (Asn) N	Glutamine (Gln) Q
<chem>NC(CO)C(=O)O</chem> pKa 2.13, pKa 9.05	<chem>NC(C(C)O)C(=O)O</chem> pKa 2.20, pKa 8.96	<chem>NC(CCC(=O)N)C(=O)O</chem> pKa 2.16, pKa 8.76	<chem>NC(CCC(=O)N)C(=O)O</chem> pKa 2.18, pKa 9.02

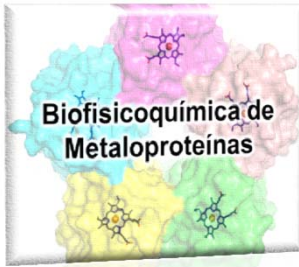
C. Special Cases

Cysteine (Cys) C	Selenocysteine (Sec) U	Glycine (Gly) G	Proline (Pro) P
<chem>NC(CS)C(=O)O</chem> pKa 1.91, pKa 10.25, pKa 8.14	<chem>NC(CSe)C(=O)O</chem> pKa 1.9, pKa 10	<chem>NC(C)C(=O)O</chem> pKa 2.34, pKa 9.58	<chem>C1CCNC1C(=O)O</chem> pKa 1.55, pKa 10.47

D. Amino Acids with Hydrophobic Side Chain

Alanine (Ala) A	Valine (Val) V	Isoleucine (Ile) I	Leucine (Leu) L	Methionine (Met) M	Phenylalanine (Phe) F	Tyrosine (Tyr) Y	Tryptophan (Trp) W
<chem>NC(C)C(=O)O</chem> pKa 2.33, pKa 9.71	<chem>NC(C(C)C)C(=O)O</chem> pKa 2.27, pKa 9.52	<chem>NC(C(C)C)C(=O)O</chem> pKa 2.36, pKa 9.40	<chem>NC(C(C)C)C(=O)O</chem> pKa 2.32, pKa 9.58	<chem>NC(CSC)C(=O)O</chem> pKa 2.16, pKa 9.06	<chem>NC(Cc1ccccc1)C(=O)O</chem> pKa 2.18, pKa 9.09	<chem>NC(Cc1ccc(O)cc1)C(=O)O</chem> pKa 2.24, pKa 9.04, pKa 10.10	<chem>NC(Cc1c[nH]c2ccccc12)C(=O)O</chem> pKa 2.38, pKa 9.34

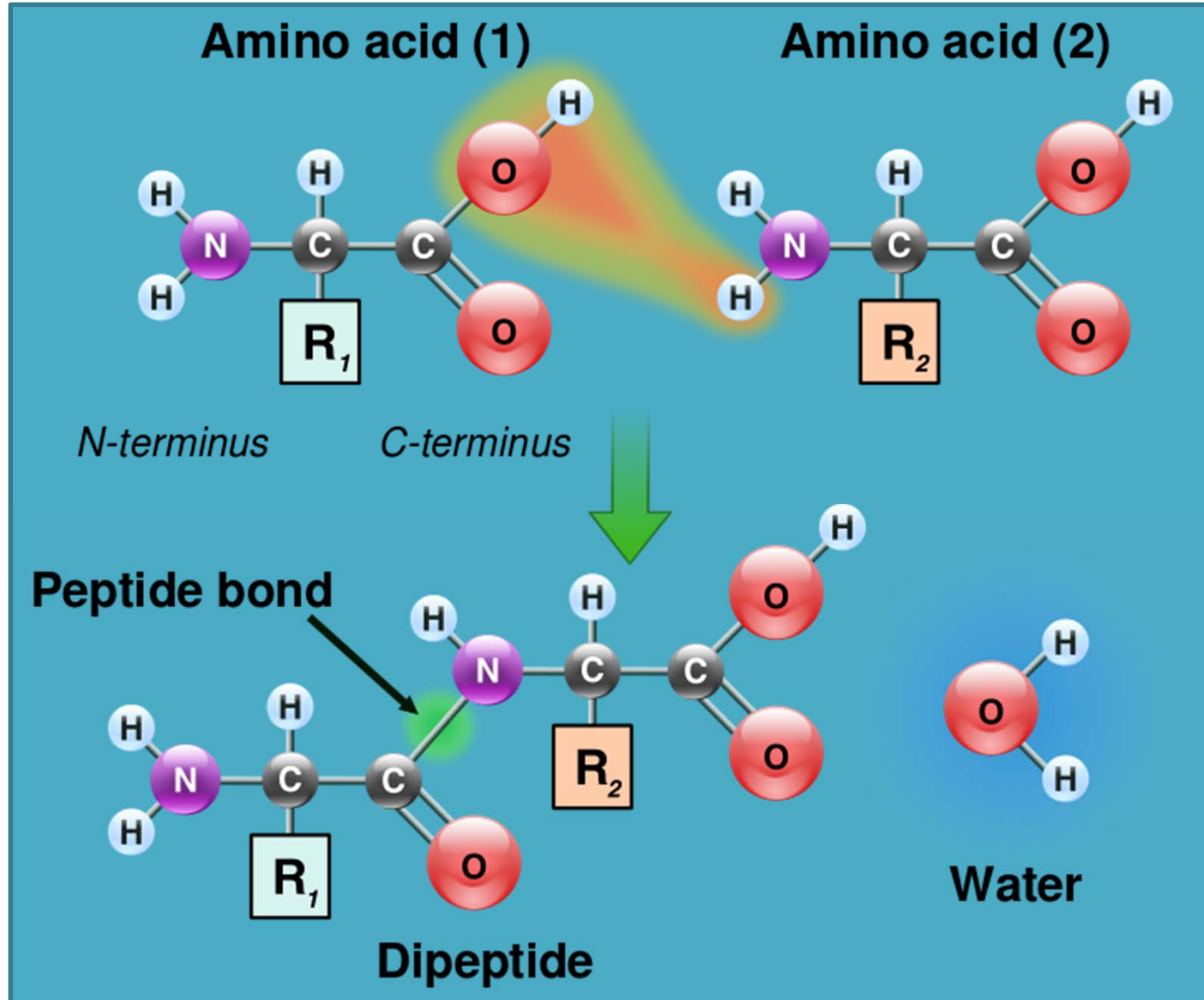


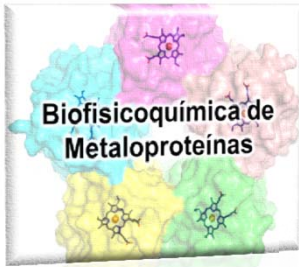


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

Aminoácidos: enlace peptídico

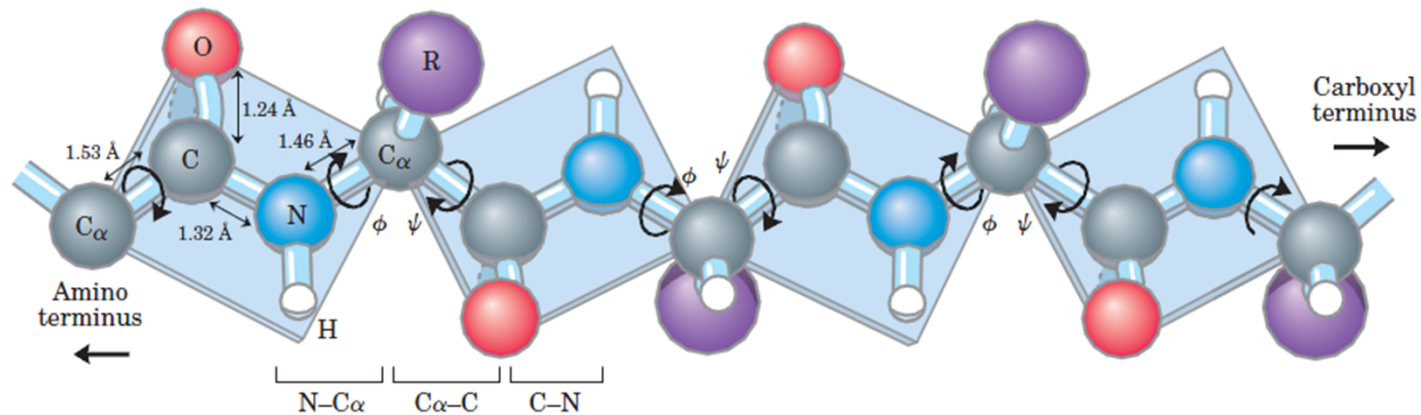
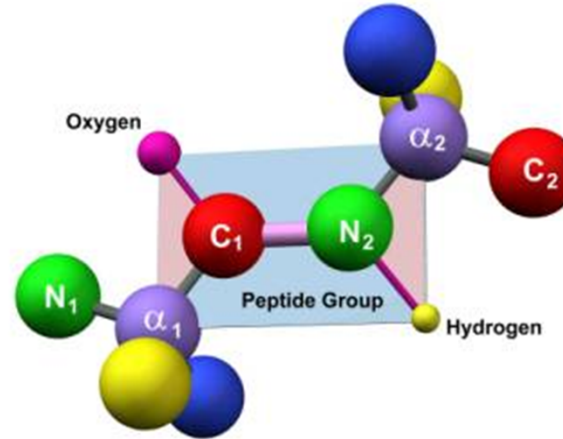




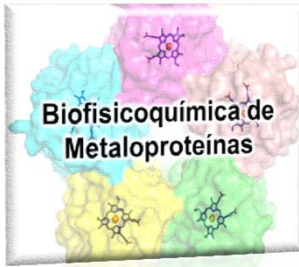
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

Aminoácidos: enlace peptídico



- Enlaces **N-C α** y **C α -C** pueden rotar (definen ángulos Φ y Ψ , respectivamente)
- Enlace **C-N** no puede rotar (rígida)
- El enlace peptídico define un plano



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

Aminoácidos: enlace peptídico

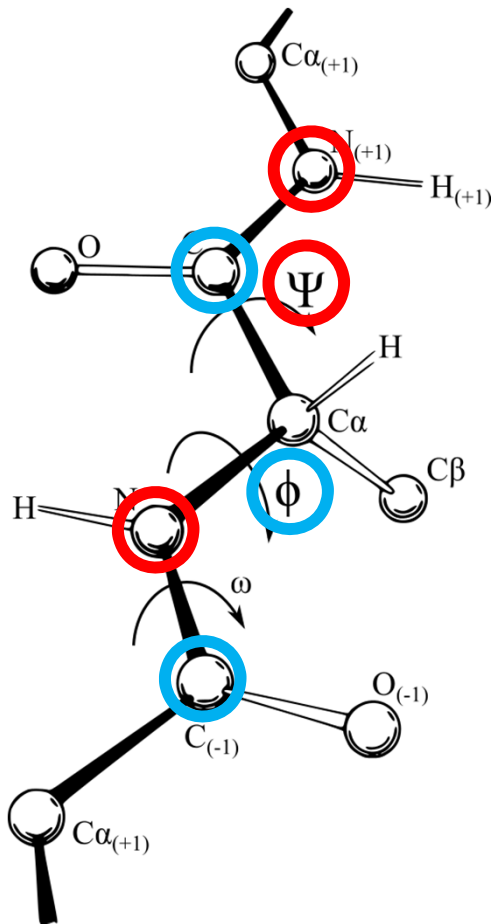
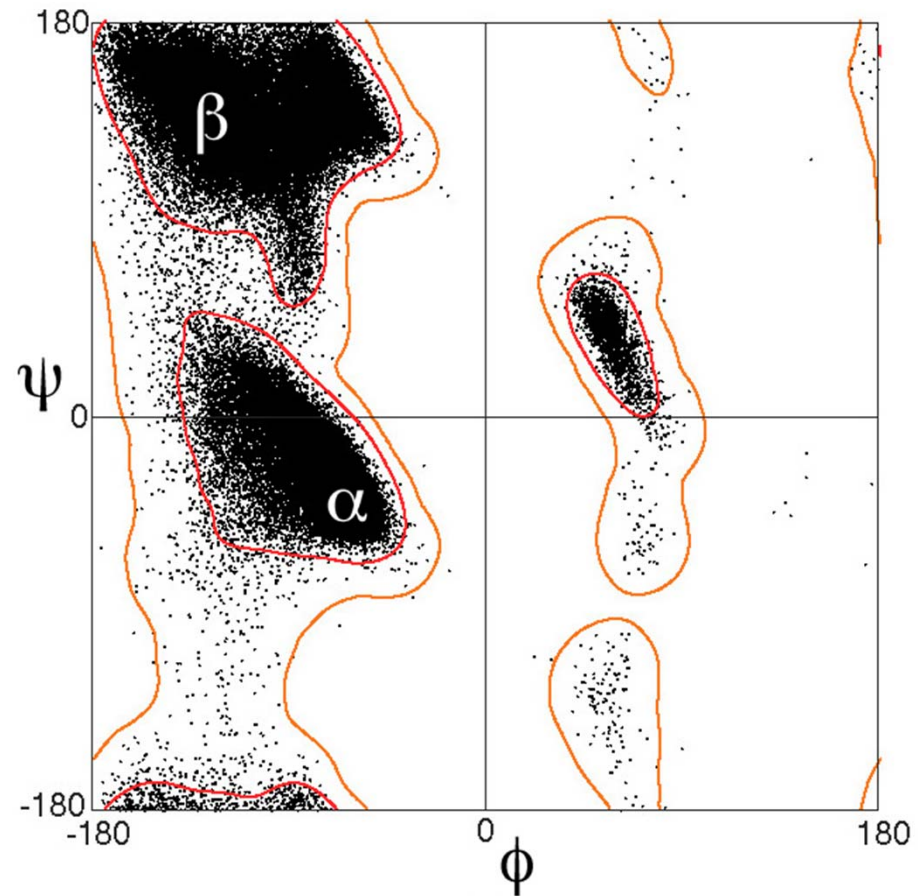
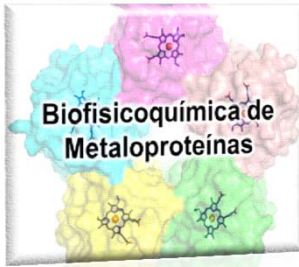


Gráfico de Ramachandran



https://www.youtube.com/watch?v=1usemtIYe_s



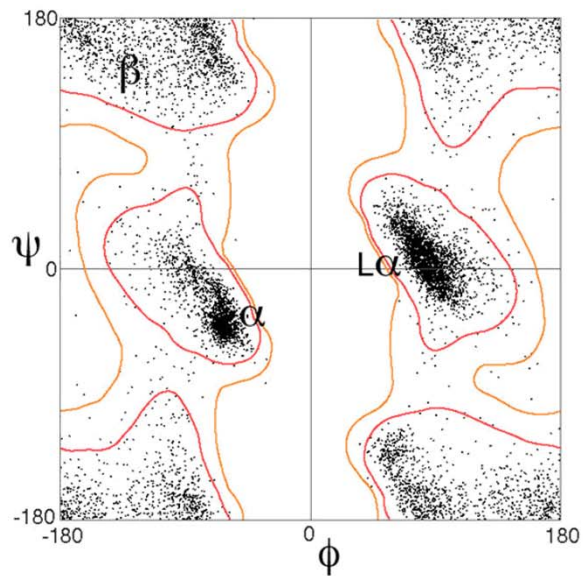
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

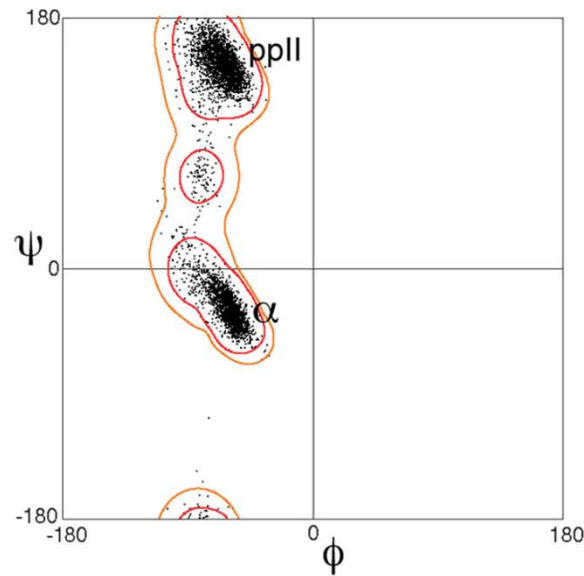
Aminoácidos: enlace peptídico

Gráficos de Ramachandran

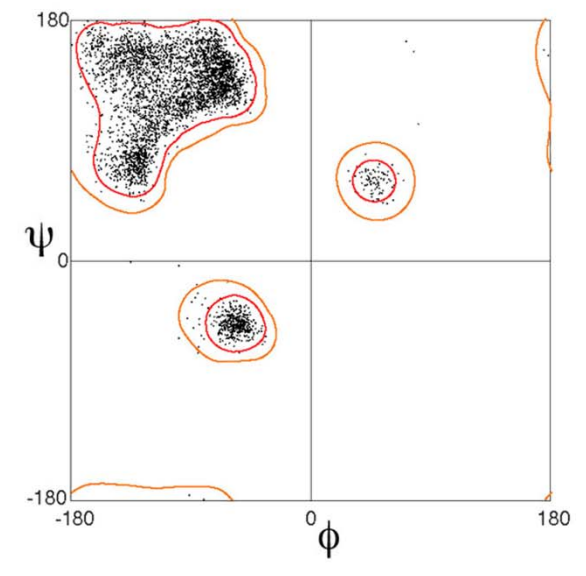
Glicina

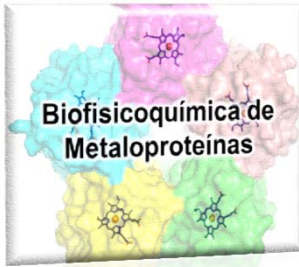


Prolina



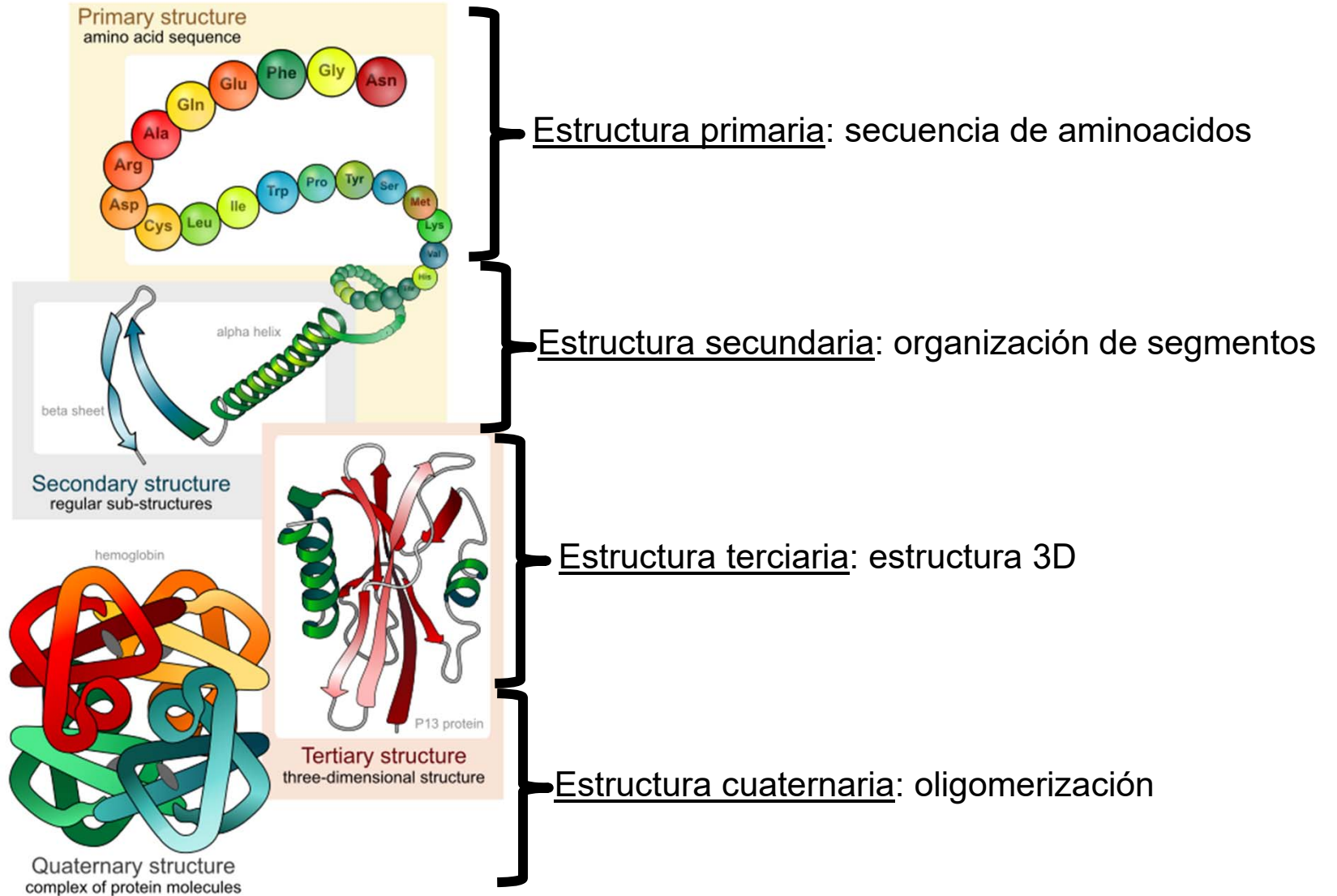
Pre-Prolina





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Polipéptidos y proteínas

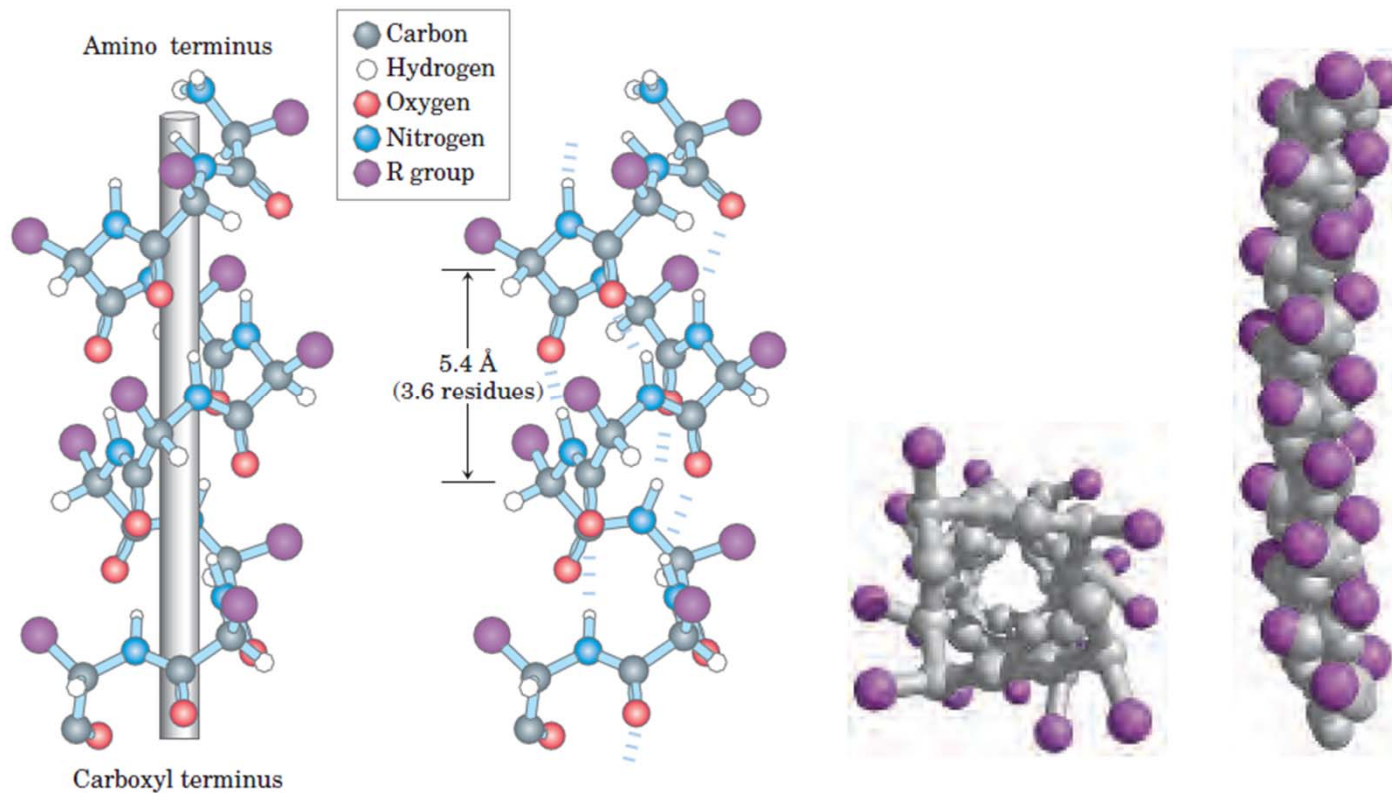


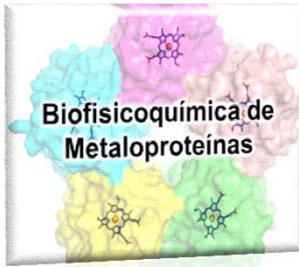


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Polipéptidos y proteínas

Helices alfa: puentes de H dentro de un segmento

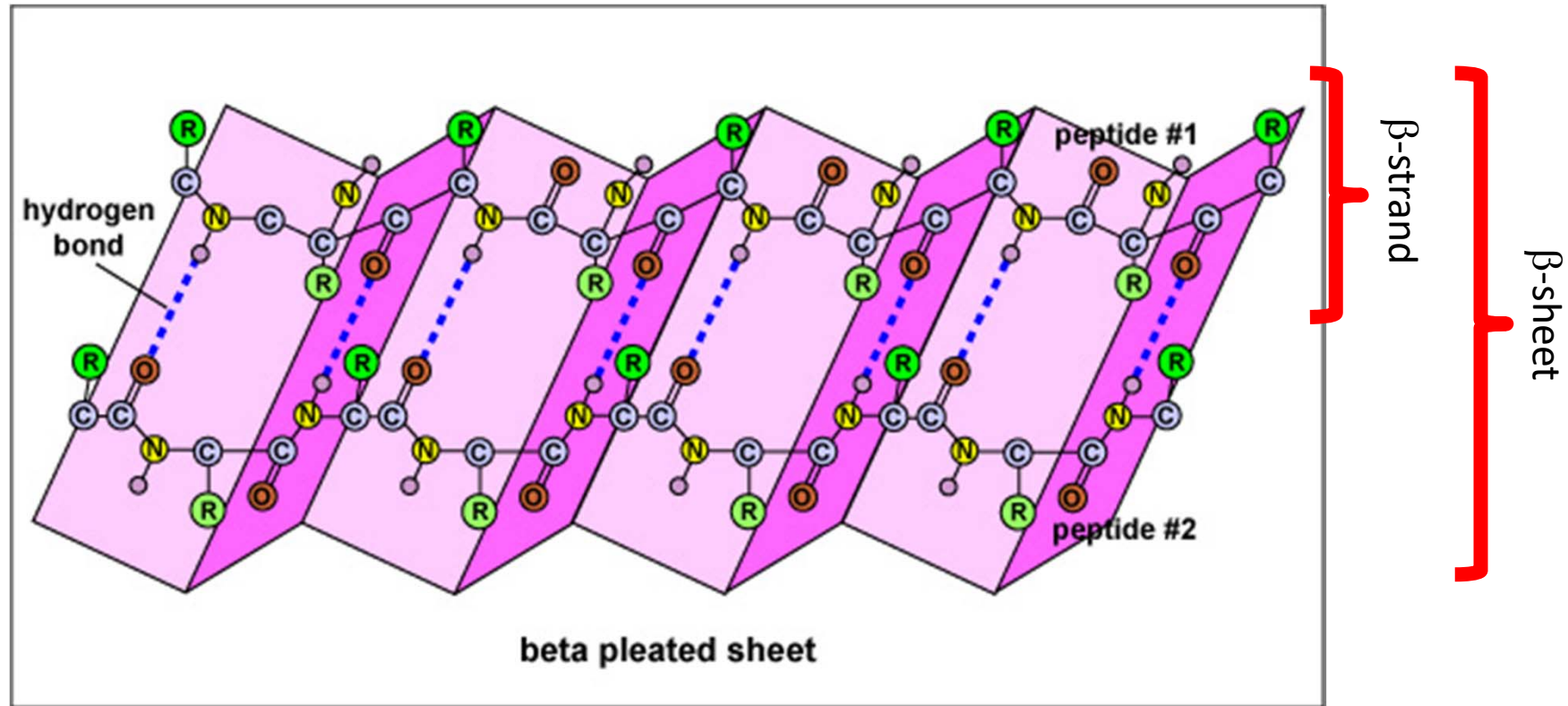




TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Polipéptidos y proteínas

Laminas beta: puentes de H entre segmentos adyacentes





TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

Polipéptidos y proteínas

Ejemplos

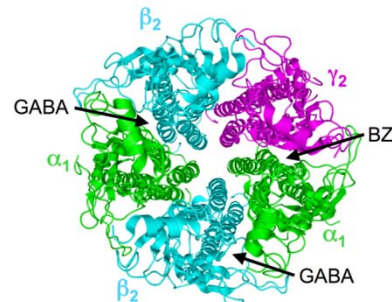
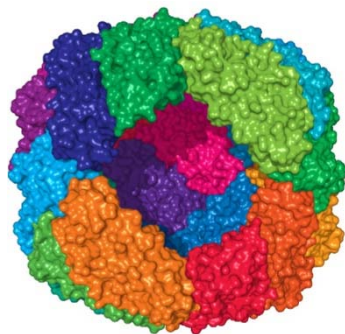
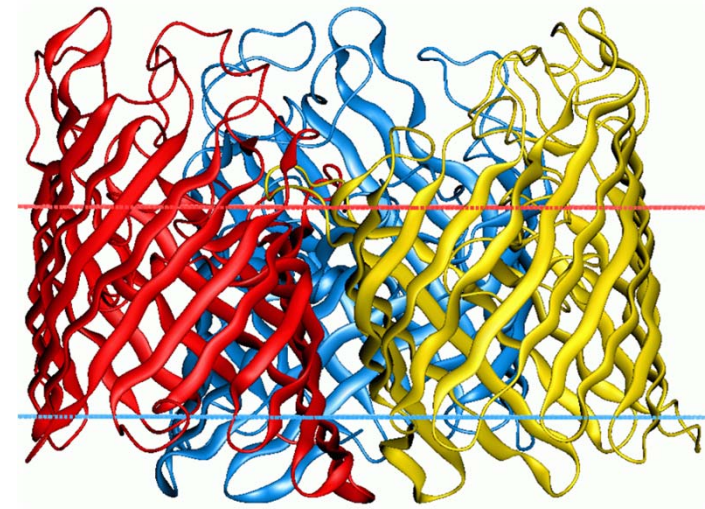
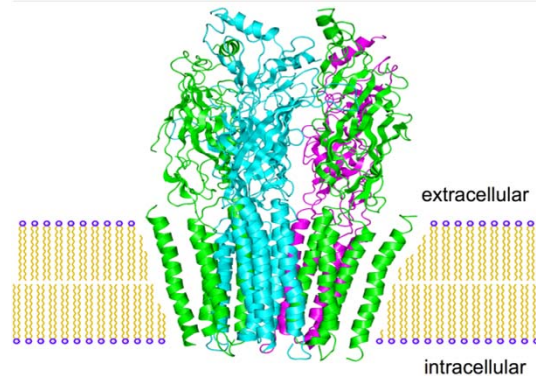
α -helix

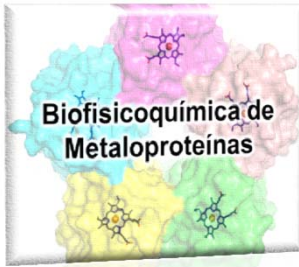
β -barrel

Ferritin

GABAA receptor

Porinas



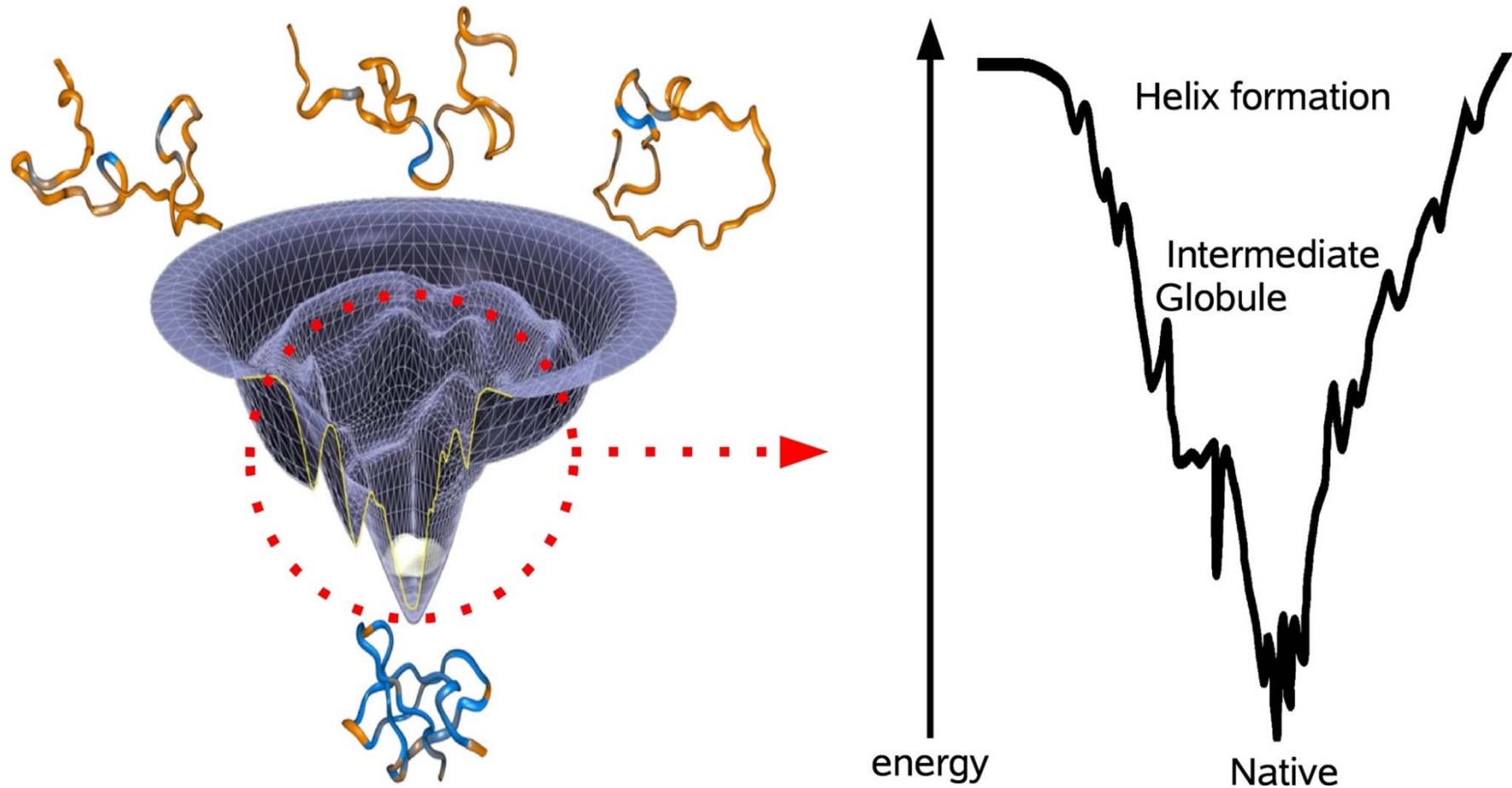


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

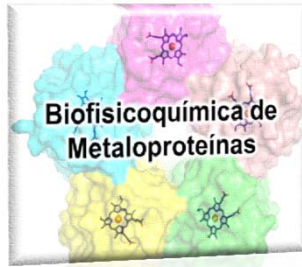
Polipéptidos y proteínas

Protein Folding: The Levinthal Paradox



https://www.youtube.com/watch?v=erOP76_qLWA (traducida en presencia de chaperoninas)

<https://www.youtube.com/watch?v=8dsTvBaUMvw> (plegada luego de traducción)



TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas.

Apoproteínas vs. Holoproteínas

Apoproteína

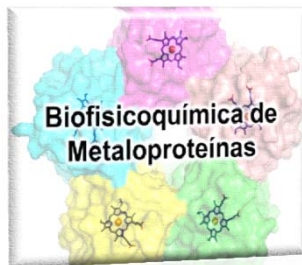
Polipéptido

- Proteínas
- Enzimas

Holoproteína

Polipéptido + Grupo prostético

- Metaloproteínas: iones metálicos.
- Nucleoproteínas: ácidos nucleicos.
- Lipoproteínas: lípidos.
- Glicoproteínas: hidratos de carbono.
- Mucoproteínas: polisacáridos.
- Fosfoproteínas: fosfato.
- Flavoproteínas: flavinas.



Proteínas.

Apoproteínas vs. Holoproteínas

Cofactores

Orgánicos (Coenzimas)

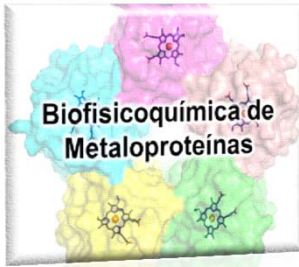
NADH, NAD(P)H $\rightarrow e^- + H^+$
UQH₂ (CoQ), MQH₂ $\rightarrow e^- + H^+$
CoA \rightarrow Acyl
Piridoxal fosfato (vit B6 activa) \rightarrow Aminos

Thiamine-PPi (VitaB1-PPi) \rightarrow aldeídos
Vitamina B12 \rightarrow Acyl + H
Biotin (vit H o B7 o CoR)
FMN, FADH₂ $\rightarrow e^-$
Hemos a, b, c, d \rightarrow citocromos/globinas

Inorgánicos

Mg \rightarrow DNAPol, Telomerasa, Hexokin.
Mn \rightarrow RC1, SOD, RNR, Arginasa
Cu \rightarrow SOD, CCOx, Nir, N2OR,
Zn \rightarrow Carbonic anhidrase, Carboxip.
Co \rightarrow Metionina aminopeptidasa
Ni \rightarrow Ureasa, Hidrogenasa
Fe \rightarrow Ferredoxinas, Catalasa, Peroxid.
Mo \rightarrow Nitrogenasa, XO, SO, AOX, Nar
W \rightarrow AOR, Fdh, DMSOr

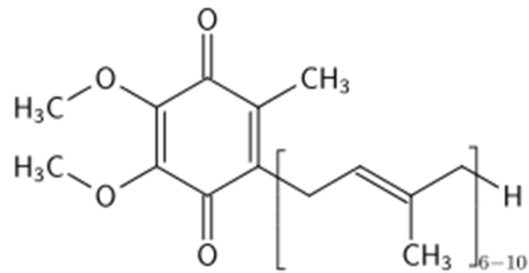
Grupo prostético
Cofactor unido firmemente.



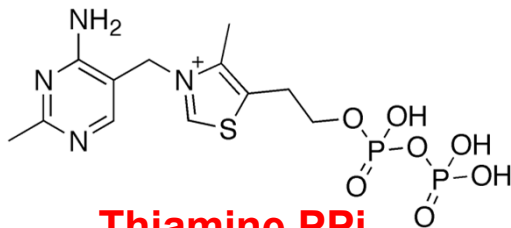
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Holoproteínas

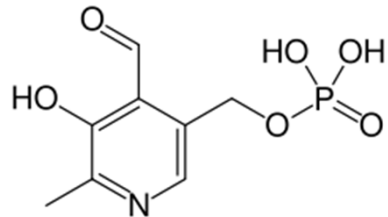
Ejemplos cofactores orgánicos



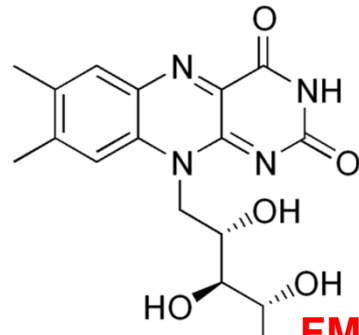
Coenzima Q₁₀
Ubiquinona



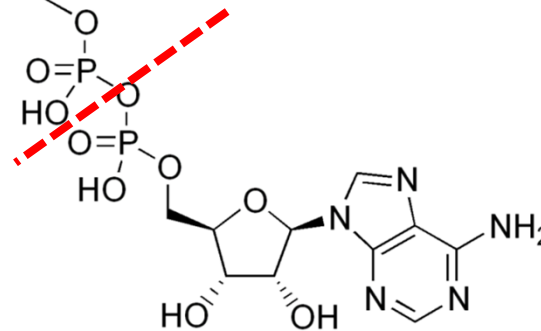
Thiamine PPI



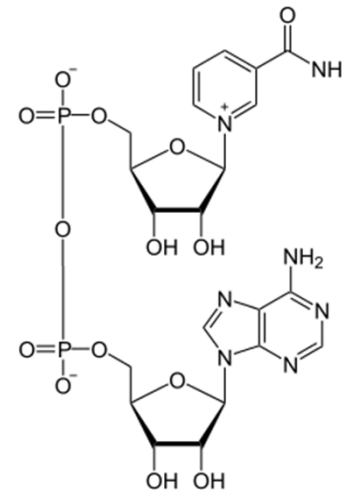
Piridoxal Fosfato



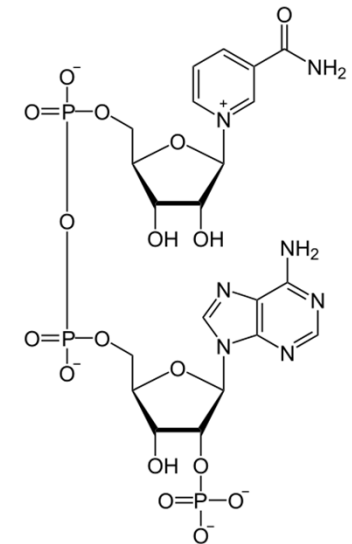
FMN



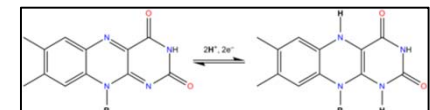
FAD

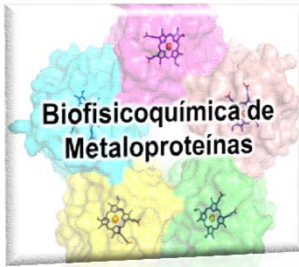


NAD⁺



NAD(P)⁺

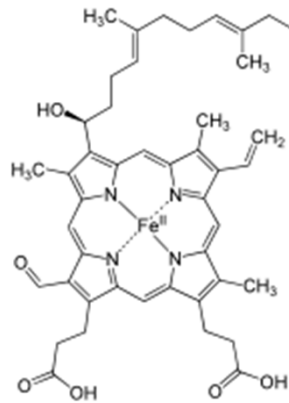




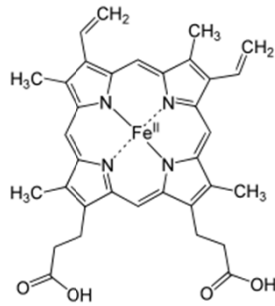
TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Proteínas. Holoproteínas:

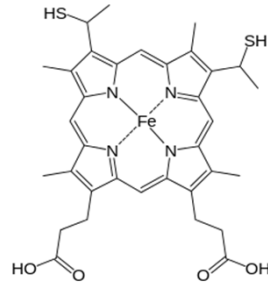
Ejemplos cofactores orgáno-metálicos



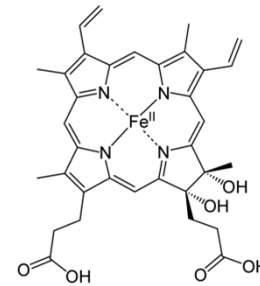
Hemo A



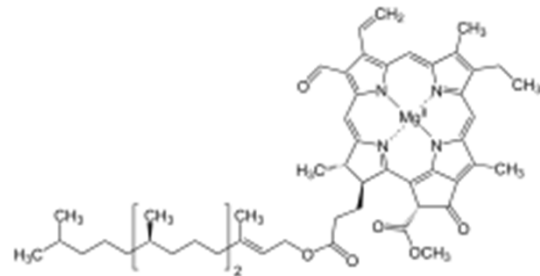
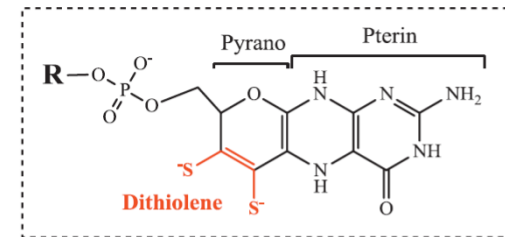
Hemo B



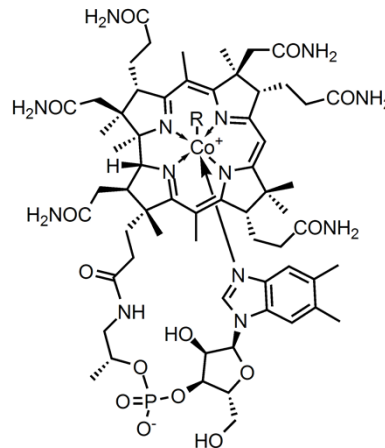
Hemo C



Hemo D

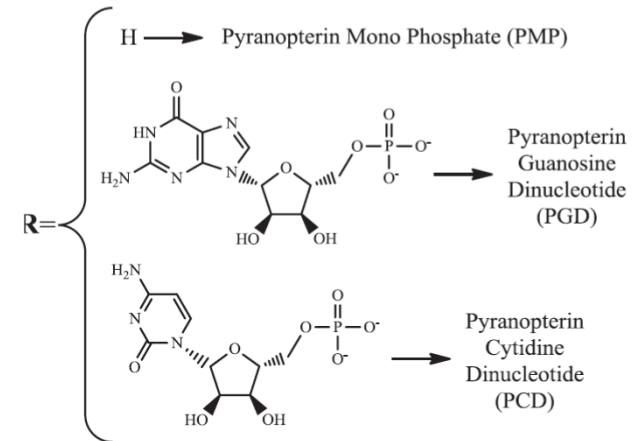


Clorofila F



R = 5'-deoxyadenosyl, Me, OH, CN

Vitamina B12



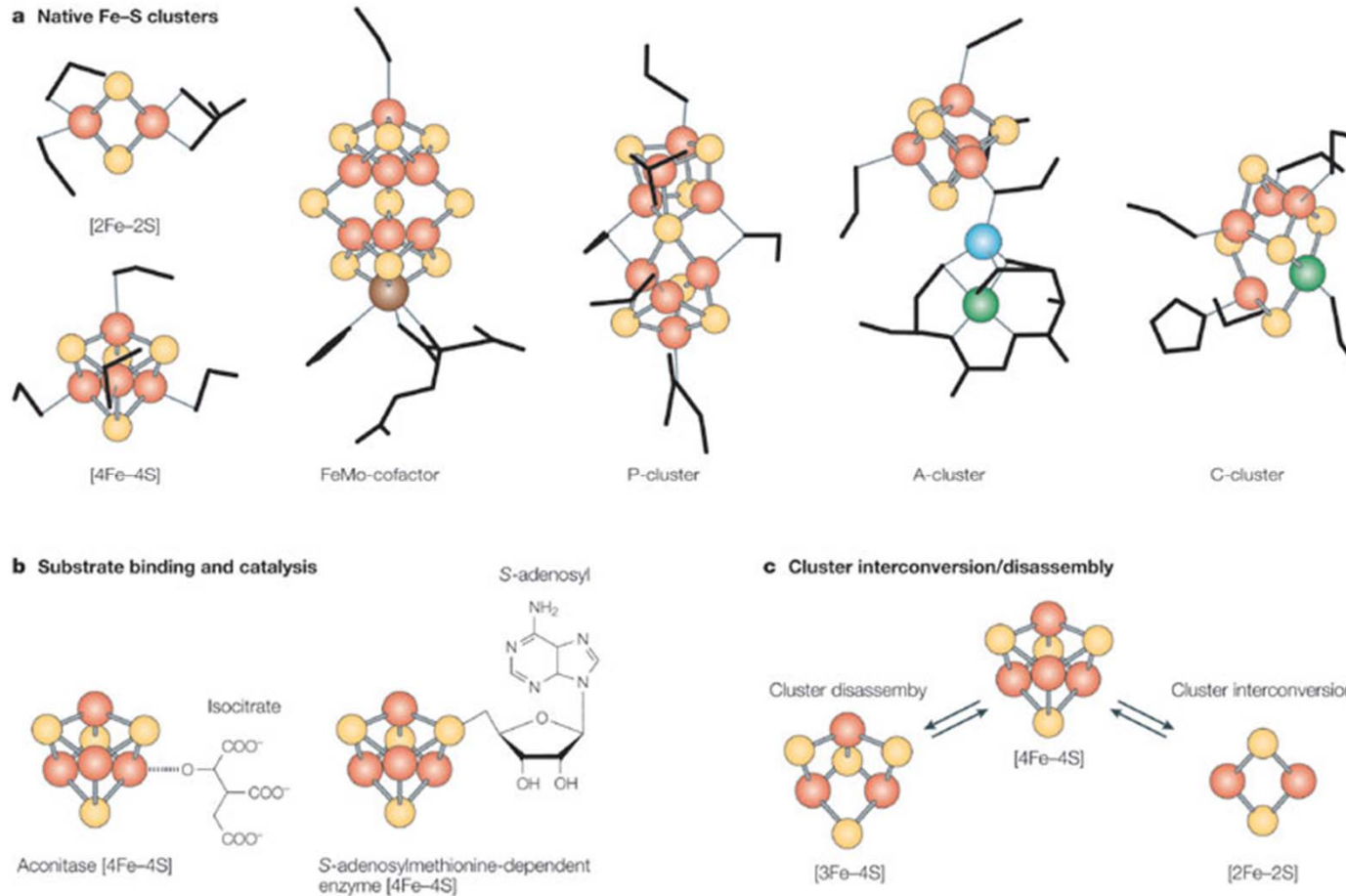
Piranopterina

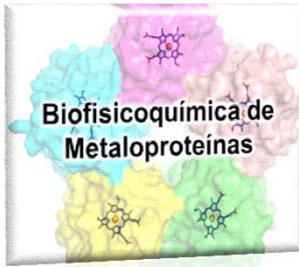


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

Ácidos nucleicos y proteínas. Holoproteínas: metales como cofactores

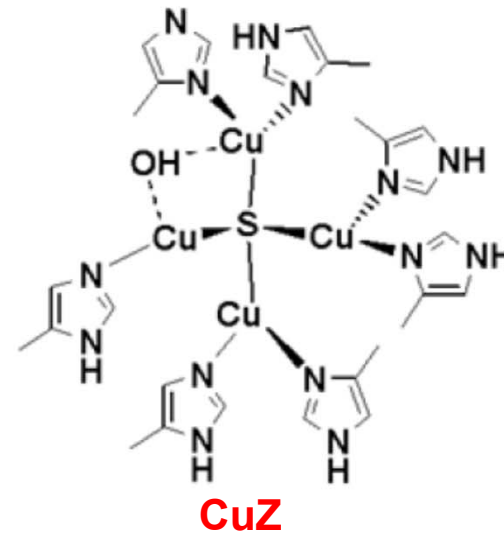
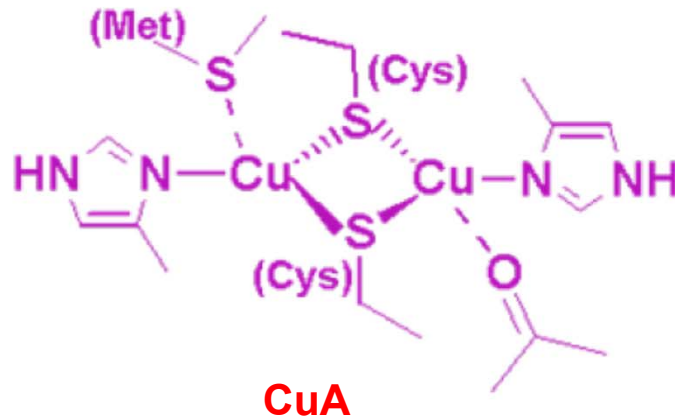
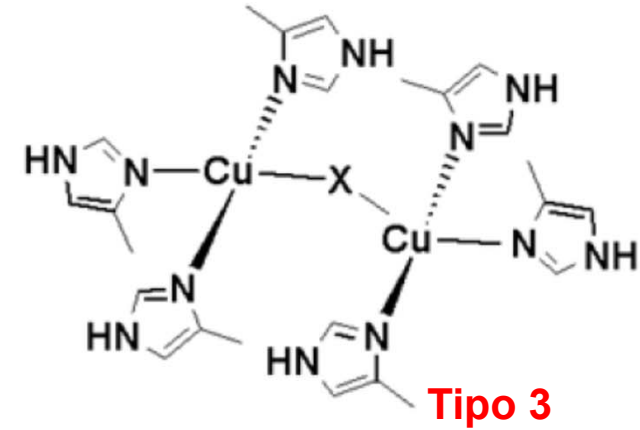
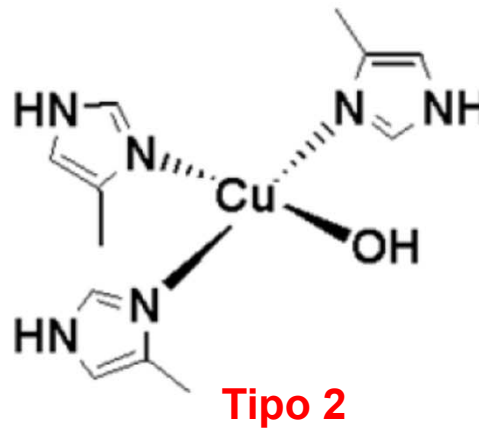
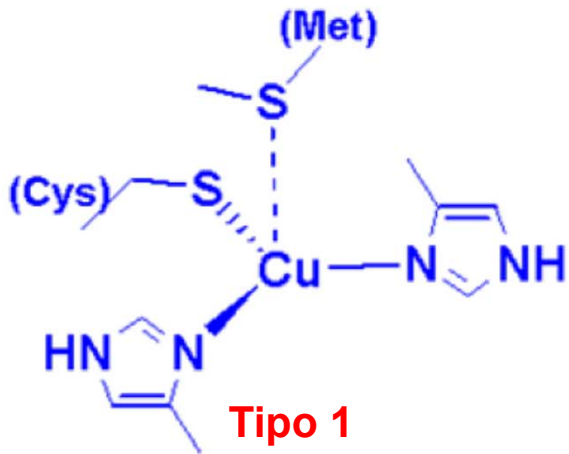
Ejemplos cofactores puramente metálicos





Ácidos nucleicos y proteínas. Holoproteínas: metales como cofactores

Ejemplos cofactores puramente metálicos



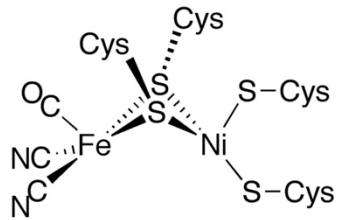


TEMA 1: Generalidades y conceptos básicos

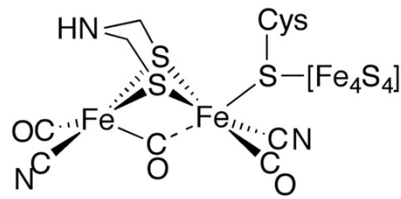
Ácidos nucleicos y proteínas.

Holoproteínas: metales como cofactores

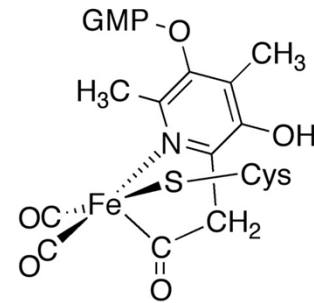
Ejemplos cofactores puramente metálicos



[NiFe]H₂ase

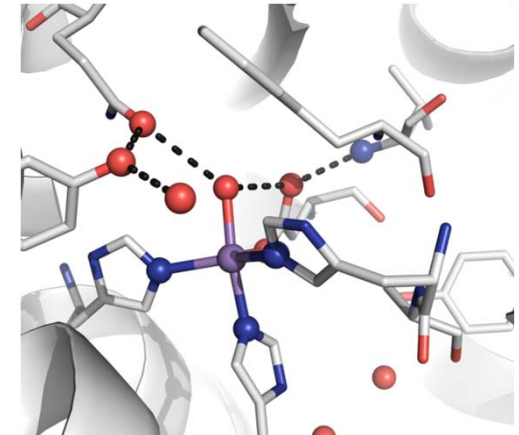


[FeFe]H₂ase

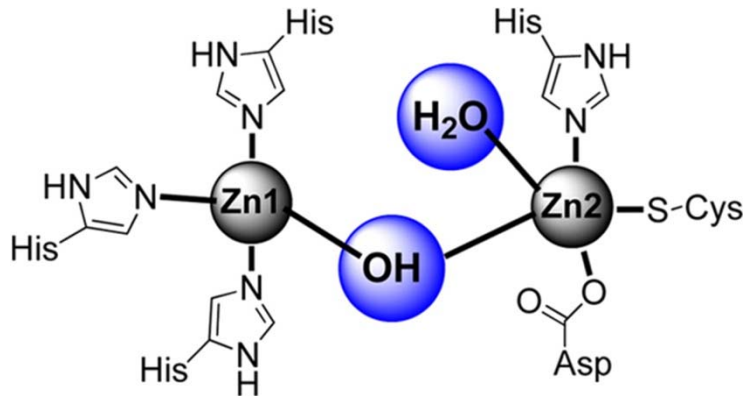


[Fe]H₂ase

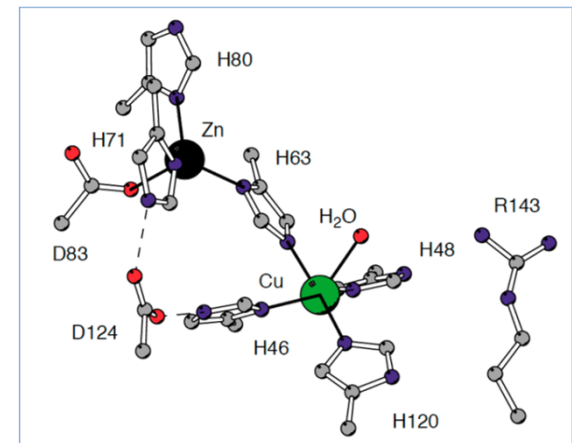
Hidrogenasas



Mn-Superoxido dismutasa



Metallo-beta-lactamasa



Cu/Zn-Superoxido dismutasa