



“Eutrofización y biogeoquímica ambiental del fósforo”

Curso de posgrado

Responsables:
Dr. Guillermo Goyenola
Dra. Mariana Meerhoff
(CURE-UDELAR)

Invitados:
Dr. Luis Aubriot
Dra. Sylvia Bonilla
Dra. Verónica Ciganda
Ing. Florencia Hastings

Comienzo 8 de abril 2024. (intensivo/ presencial - distancia)
Info: aguadulceuy@gmail.com



¿Qué es el fósforo?



Protocolo práctico (tomen apuntes)

- Deje reposar la orina durante días hasta que desprenda un olor acre.
- Hervir la orina para reducirla a un almíbar espeso.
- Calentar hasta que destile un aceite rojo y extraerlo.
- Dejar enfriar el resto, que está formado por una parte superior esponjosa de color negro y una parte inferior salada.
- Deseche la sal, mezcle el aceite rojo nuevamente con el material negro.
- Calentar fuertemente esa mezcla durante 16 horas.
- Primero se desprenden vapores blancos, luego aceite y finalmente fósforo.
- El fósforo se puede pasar a agua fría para que se solidifique.





Hennig Brand reza por la exitosa conclusión de su operación luego de descubrir el Fósforo (1669).

El Alquimista, en busca de la Piedra Filosofal (Joseph Wright, 1771)



“miraculous bearer of light”



“Fósforo” en la antigua Grecia era el nombre del planeta Venus.
Deriva de las palabras griegas (φῶς = luz, φέρω = portador).

A pesar de su origen etimológico,

la emisión de luz por el fósforo no ocurre por fosforescencia

(RAE: luminiscencia que permanece algún tiempo al cesar la causa que la produce.)

sino quimioluminiscencia

(resplandor debido a una reacción química en frío)



200 años después del descubrimiento de Hennig Brand...

NO METALES



1 H hidrógeno 1,0080 ± 0,0002																	18 He helio 4,0026 ± 0,0001						
3 Li litio 6,94 ± 0,06	4 Be berilio 9,0122 ± 0,0001																	13 B boro 10,81 ± 0,02	14 C carbono 12,011 ± 0,002	15 N nitrógeno 14,007 ± 0,001	16 O oxígeno 15,999 ± 0,001	17 F flúor 18,998 ± 0,001	10 Ne neón 20,180 ± 0,001
11 Na sodio 22,990 ± 0,001	12 Mg magnesio 24,305 ± 0,002																	13 Al aluminio 26,982 ± 0,001	14 Si silicio 28,085 ± 0,001	15 P fósforo 30,974 ± 0,001	16 S azufre 32,06 ± 0,02	17 Cl cloro 35,45 ± 0,01	18 Ar argón 39,95 ± 0,16
19 K potasio 39,098 ± 0,001	20 Ca calcio 40,078 ± 0,004	21 Sc escandio 44,956 ± 0,001	22 Ti titanio 47,867 ± 0,001	23 V vanadio 50,942 ± 0,001	24 Cr cromo 51,996 ± 0,001	25 Mn manganeso 54,938 ± 0,001	26 Fe hierro 55,845 ± 0,002	27 Co cobalto 58,933 ± 0,001	28 Ni níquel 58,693 ± 0,001	29 Cu cobre 63,546 ± 0,003	30 Zn zinc 65,38 ± 0,02	31 Ga galio 69,723 ± 0,001	32 Ge germanio 72,630 ± 0,008	33 As arsénico 74,922 ± 0,001	34 Se selenio 78,971 ± 0,008	35 Br bromo 79,904 ± 0,003	36 Kr kriptón 83,798 ± 0,002						
37 Rb rubidio 85,468 ± 0,001	38 Sr estroncio 87,62 ± 0,01	39 Y itrio 88,906 ± 0,001	40 Zr circonio 91,224 ± 0,002	41 Nb niobio 92,906 ± 0,001	42 Mo molibdeno 95,95 ± 0,01	43 Tc tecnecio [97]	44 Ru rutenio 101,07 ± 0,02	45 Rh rodio 102,91 ± 0,01	46 Pd paladio 106,42 ± 0,01	47 Ag plata 107,87 ± 0,01	48 Cd cadmio 112,41 ± 0,01	49 In indio 114,82 ± 0,01	50 Sn estaño 118,71 ± 0,01	51 Sb antimonio 121,76 ± 0,01	52 Te telurio 127,60 ± 0,03	53 I yodo 126,90 ± 0,01	54 Xe xenón 131,29 ± 0,01						
55 Cs cesio 132,91 ± 0,01	56 Ba bario 137,33 ± 0,01	57-71 lantanoideos	72 Hf hafnio 178,49 ± 0,01	73 Ta tántalo 180,95 ± 0,01	74 W wolframio 183,84 ± 0,01	75 Re renio 186,21 ± 0,01	76 Os osmio 190,23 ± 0,03	77 Ir iridio 192,22 ± 0,01	78 Pt platino 195,08 ± 0,02	79 Au oro 196,97 ± 0,01	80 Hg mercurio 200,59 ± 0,01	81 Tl talio 204,38 ± 0,01	82 Pb plomo 207,2 ± 1,1	83 Bi bismuto 208,98 ± 0,01	84 Po polonio [209]	85 At astato [210]	86 Rn radón [222]						
87 Fr francio [223]	88 Ra radio [226]	89-103 actinoides	104 Rf rutherfordio [267]	105 Db dubnio [268]	106 Sg seaborgio [269]	107 Bh bohrio [270]	108 Hs hasio [269]	109 Mt meitnerio [277]	110 Ds darmstatio [281]	111 Rg roentgenio [282]	112 Cn copernicio [285]	113 Nh nihonio [286]	114 Fl flerovio [290]	115 Mc moscovio [290]	116 Lv livermorio [293]	117 Ts teneso [294]	118 Og oganesón [294]						

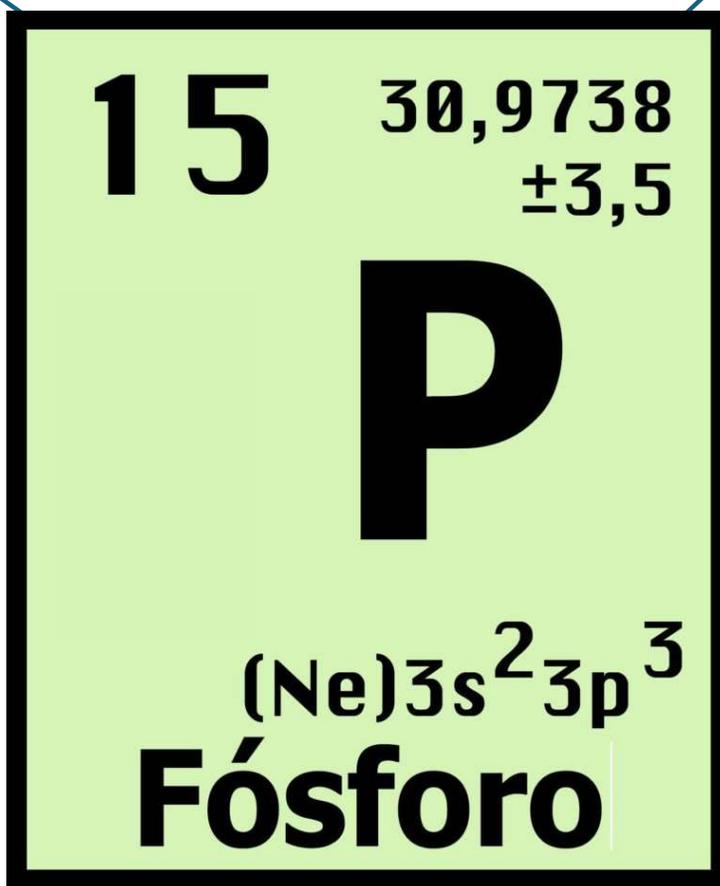
57 La lantano 138,91 ± 0,01	58 Ce cerio 140,12 ± 0,01	59 Pr praseodimio 140,91 ± 0,01	60 Nd neodimio 144,24 ± 0,01	61 Pm prometio [145]	62 Sm samario 150,36 ± 0,02	63 Eu europio 151,96 ± 0,01	64 Gd gadolinio 157,25 ± 0,03	65 Tb terbio 158,93 ± 0,01	66 Dy disprosio 162,50 ± 0,01	67 Ho holmio 164,93 ± 0,01	68 Er erbio 167,26 ± 0,01	69 Tm tulio 168,93 ± 0,01	70 Yb iterbio 173,05 ± 0,02	71 Lu lutecio 174,97 ± 0,01
89 Ac actinio [227]	90 Th torio 232,04 ± 0,01	91 Pa protactinio 231,04 ± 0,01	92 U uranio 238,03 ± 0,01	93 Np neptunio [237]	94 Pu plutonio [244]	95 Am americio [243]	96 Cm curio [247]	97 Bk berkelio [247]	98 Cf californio [251]	99 Es einsteinio [252]	100 Fm femio [257]	101 Md mendelevio [258]	102 No nobelio [259]	103 Lr lawrencio [262]



UNIÓN INTERNACIONAL
DE QUÍMICA PURA Y APLICADA

15 protones en su núcleo

masa 31
15 p+ y 16 neutrones



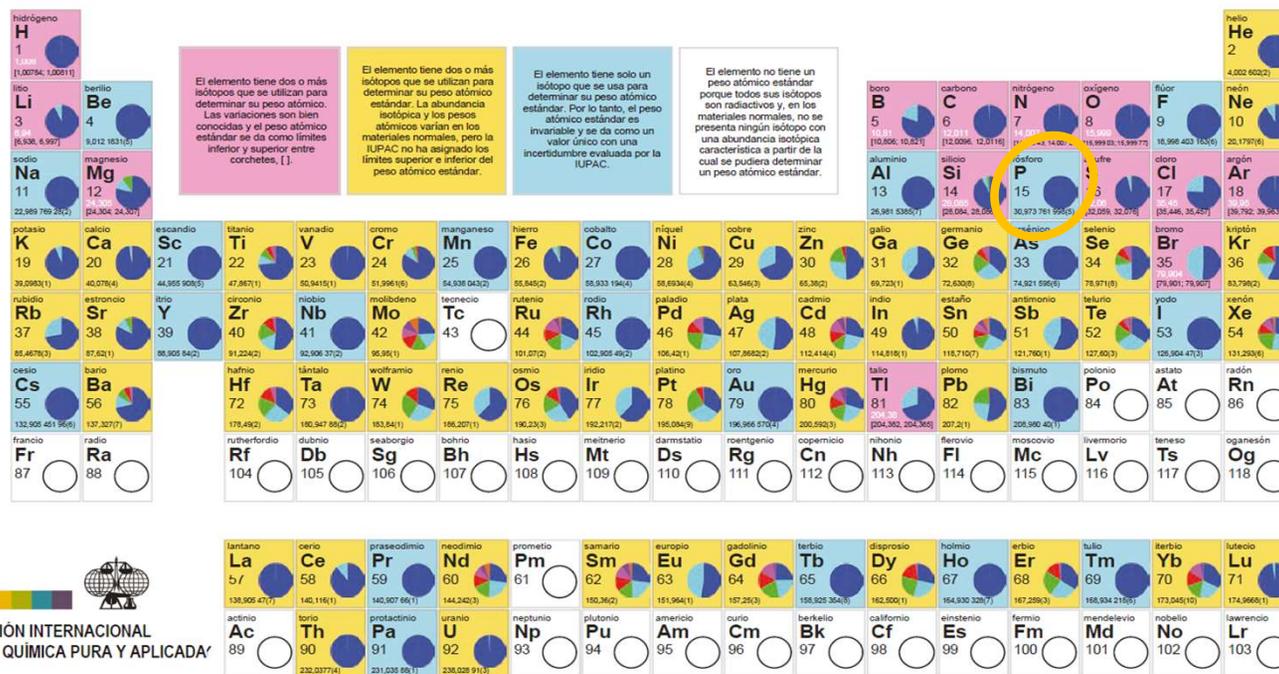
estados de oxidación

15 e-
5 de valencia

Sólo el ^{31}P es estable y, por lo tanto, está presente en una abundancia del 100%.

Hay 23 isótopos conocidos de P: desde ^{25}P al ^{47}P . Todos tienen períodos de semidesintegración muy breves.

El elemento tiene solo un isótopo que se usa para determinar su peso atómico estándar. Por lo tanto, el peso atómico estándar es invariable y se da como un valor único con una incertidumbre evaluada por la IUPAC.



Los pesos atómicos estándar provienen de las mejores estimaciones de la IUPAC de los pesos atómicos que se encuentran en materiales normales, que son materiales terrestres, los cuales son fuentes razonablemente posibles de elementos y sus compuestos en el comercio, la industria o la ciencia. Se determinan utilizando todos los isótopos estables e isótopos radiactivos seleccionados (que tienen vidas medias relativamente largas y composiciones isotópicas terrestres características). Los isótopos se consideran estables (no radiactivos) si no se han detectado pruebas experimentales de desintegración radiactiva.

Radio atómico

H 0,25																	He
Li 1,45	Be 1,05											B 0,85	C 0,7	N 0,65111	O 0,6	F 0,50111	Ne
Na 1,80111	Mg 1,50111											Al 1,257111	Si 1,12	P 1	S 1	Cl 1	Ar
K 2,2	Ca 1,8	Sc 1,6	Ti 1,407	V 1,35	Cr 1,407	Mn 1,45	Fe 1,407	Co 1,35	Ni 1,35	Cu 1,35	Zn 1,35	Ga 1,3	Ge 1,25	As 1,15	Se 1,15	Br 1,15	Kr
Rb 2,35	Sr 2	Y 1,8	Zr 1,55	Nb 1,45	Mo 1,45	Tc 1,35	Ru 1,3	Rh 1,35	Pd 1,4	Ag 1,6	Cd 1,55	In 1,55	Sn 1,45	Sb 1,45	Te 1,4	I 1,4	Xe
Cs 2,6	Ba 2,15	*	Hf 1,55	Ta 1,45	W 1,35	Re 1,35	Os 1,3	Ir 1,35	Pt 1,35	Au 1,35	Hg 1,5	Tl 1,9	Pb 1,8	Bi 1,6	Po 1,9	At	Rn
Fr	Ra 2,15	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
*	La 1,95	Ce 1,85	Pr 1,85	Nd 1,85	Pm 1,85	Sm 1,85	Eu 1,85	Gd 1,8	Tb 1,75	Dy 1,75	Ho 1,75	Er 1,75	Tm 1,75	Yb 1,75	Lu 1,75		
**	Ac 1,95	Th 1,8	Pa 1,8	U 1,75	Np 1,75	Pu 1,75	Am 1,75	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

(1 ángstrom = 10^{-10} m = 0,1 nm)

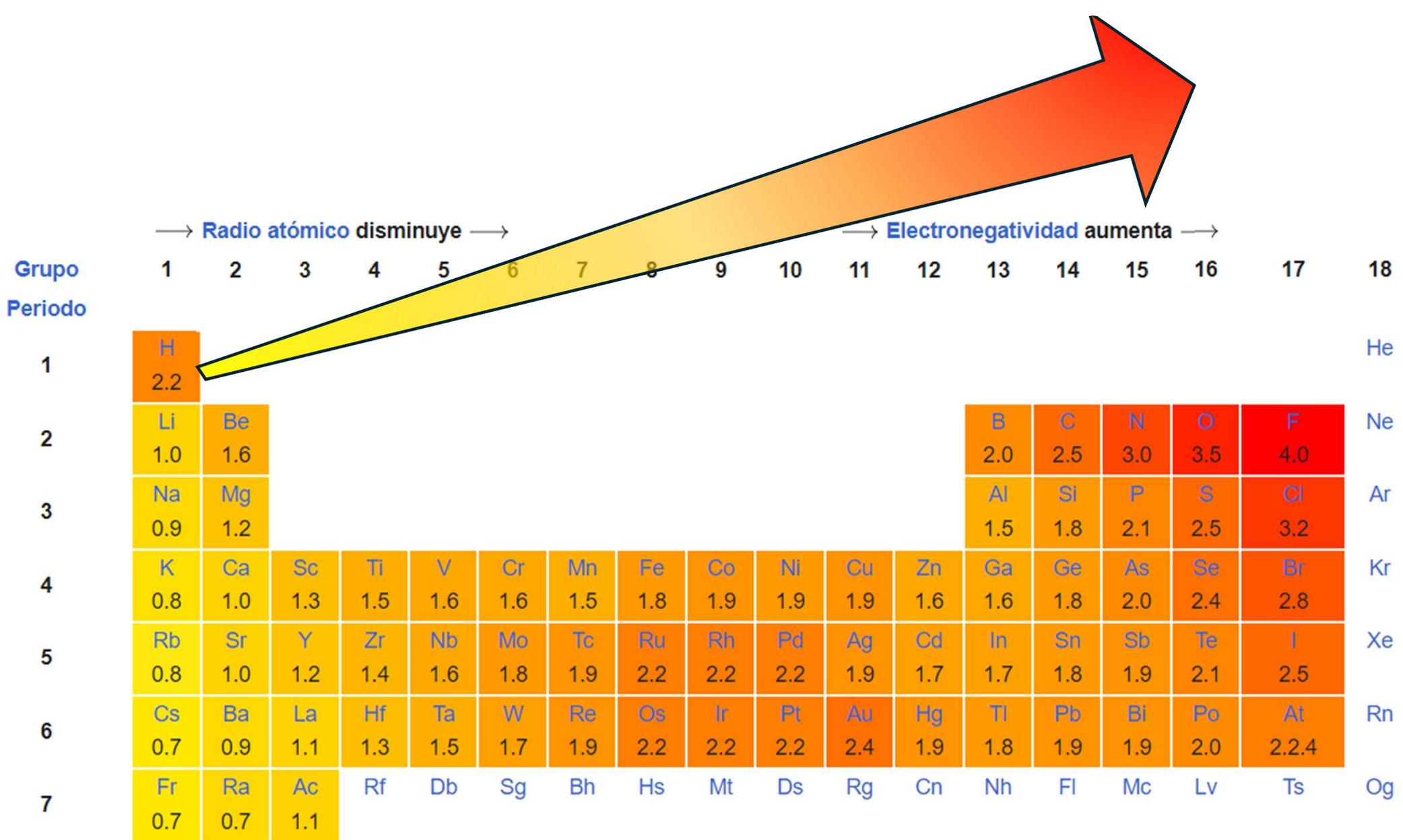


Tabla Periódica según la electronegatividad usando la escala de Pauling.

Nº de electrones de valencia



C	N	O
0,7	0,65111	0,6
Si	P	S
1,12	1	1
Ge	As	Se
1,25	1,15	1,15

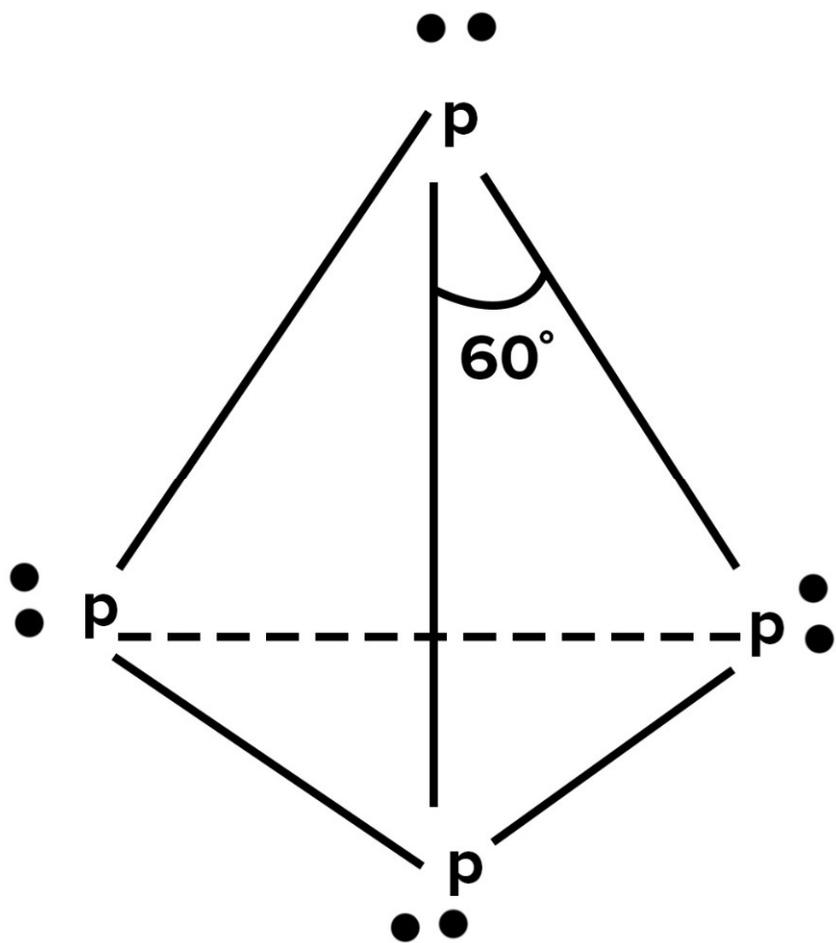
Radio atómico

C	N	O
2.5	3.0	3.5
Si	P	S
1.8	2.1	2.5
Ge	As	Se
1.8	2.0	2.4

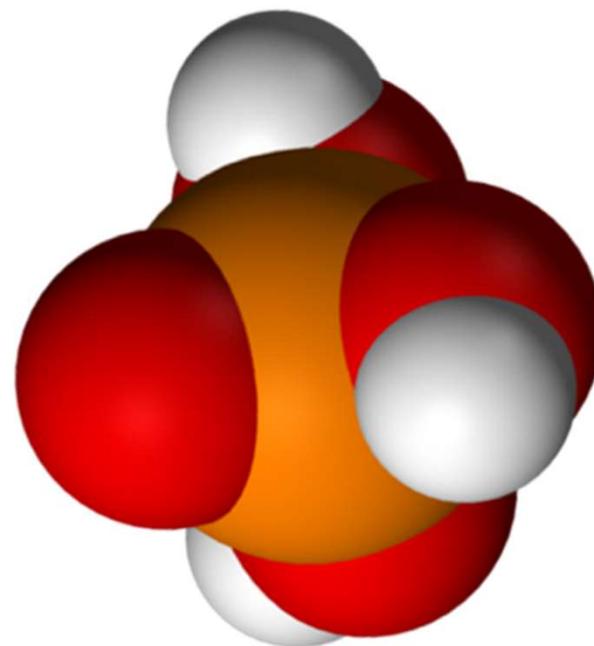
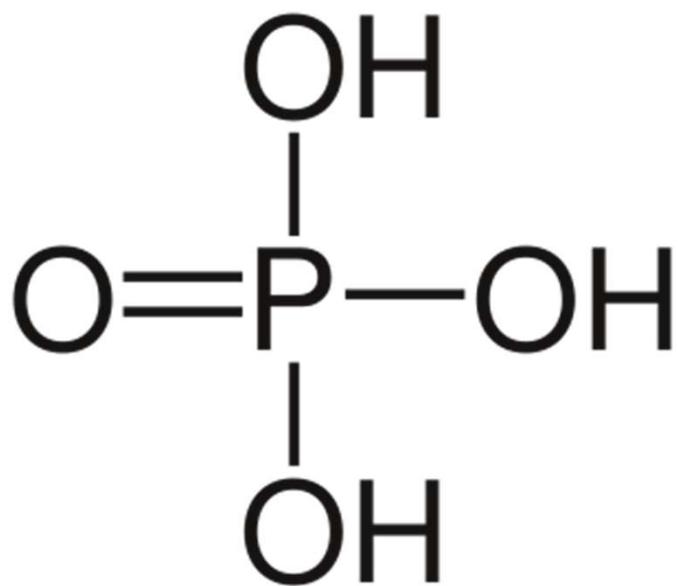
Electronegatividad

...tipo y cantidad de enlaces...

Fósforo blanco

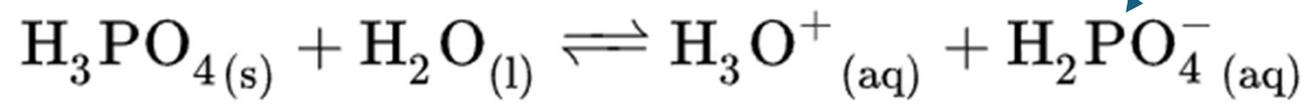


Ácido fosfórico



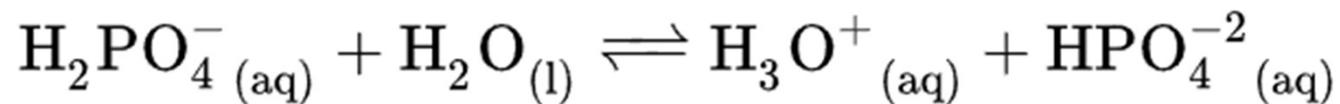
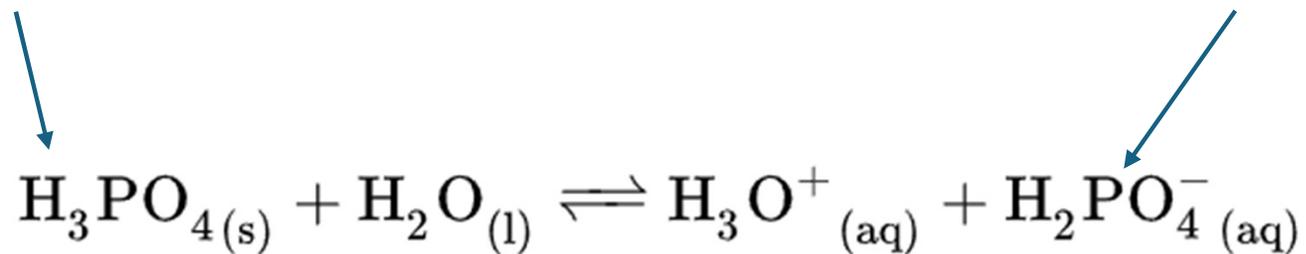
Ácido fosfórico

Fosfato de dihidrógeno



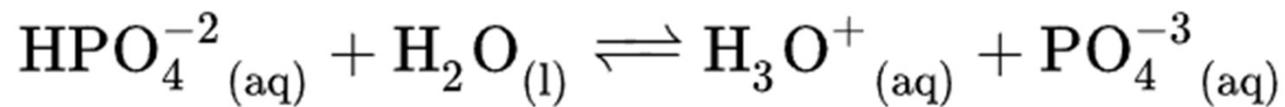
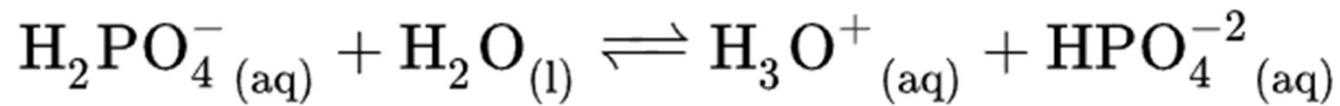
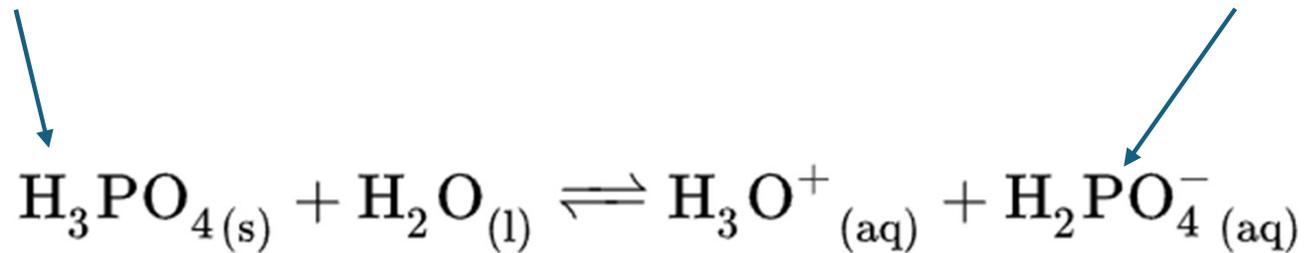
Ácido fosfórico

Fosfato de dihidrógeno



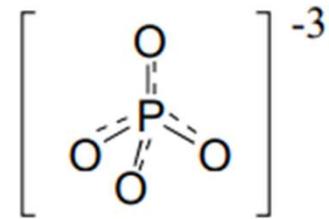
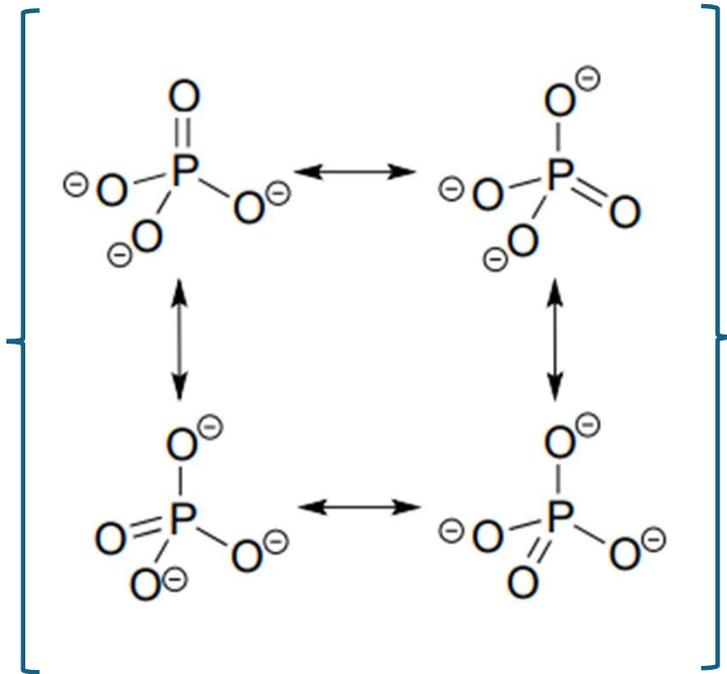
Ácido fosfórico

Fosfato de dihidrógeno



Fosfato

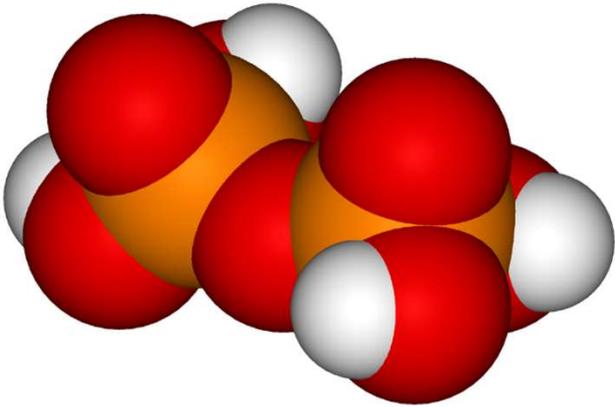
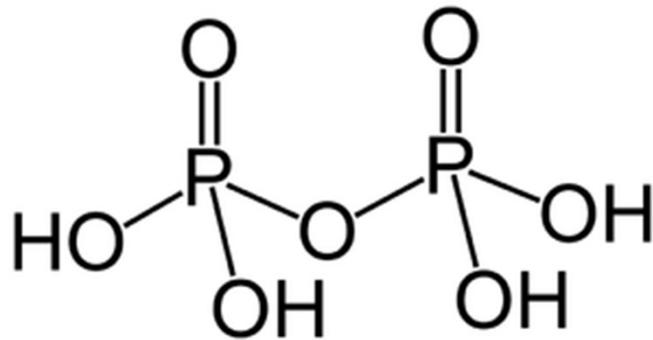
Fosfato (inorgánico) o Pi



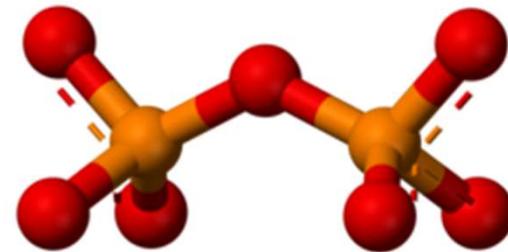
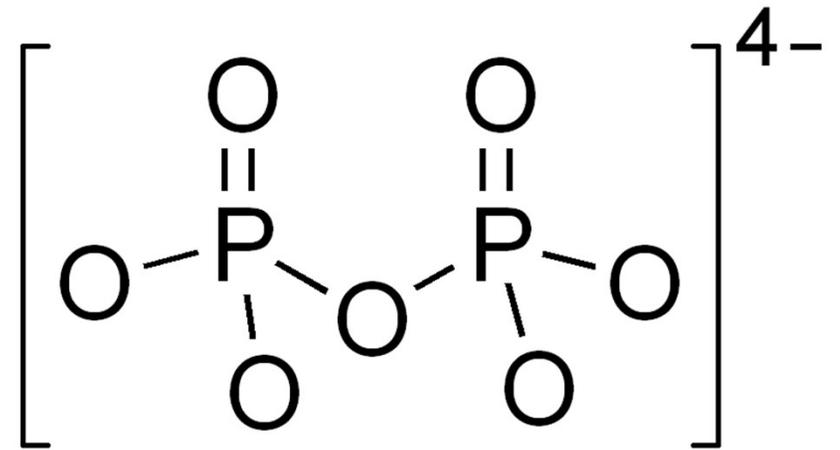
ácido difosfórico

o

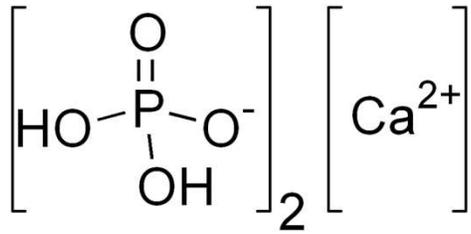
pirofosfórico



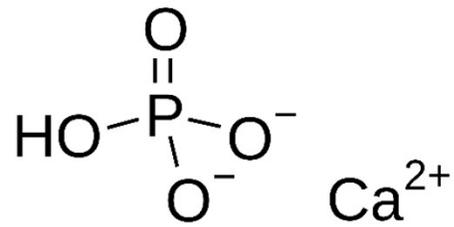
Pirofosfato (PPi)



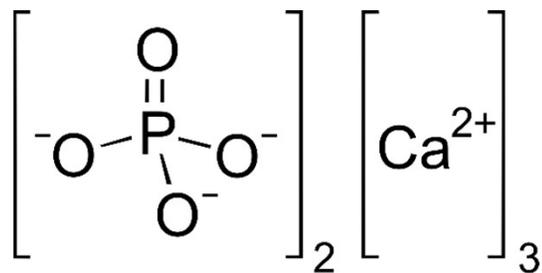
Fosfato de calcio



Fosfato diácido de calcio.



Fosfato ácido de calcio



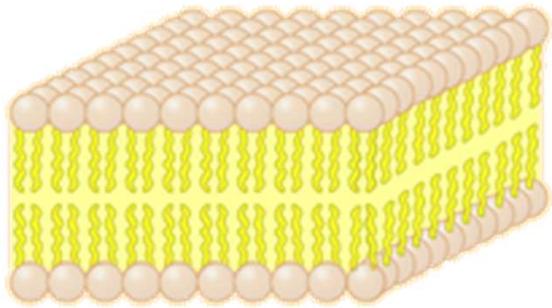
Fosfato de tricalcio
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$



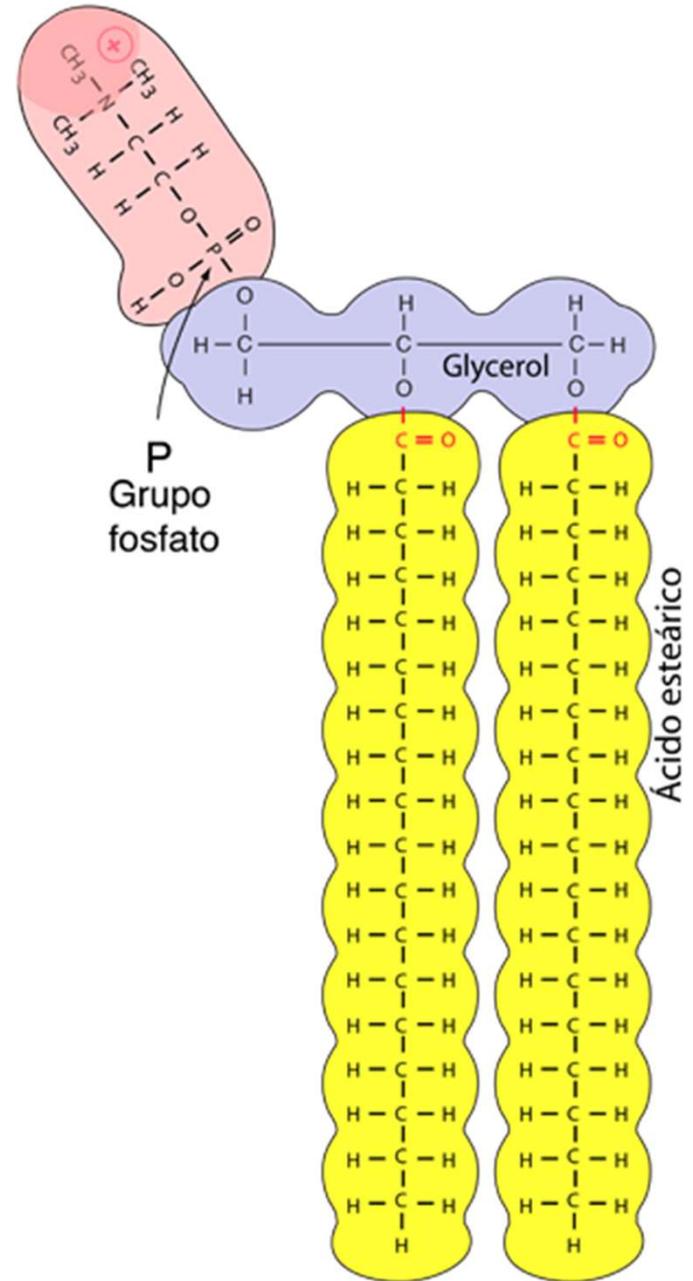
hidroxiapatita



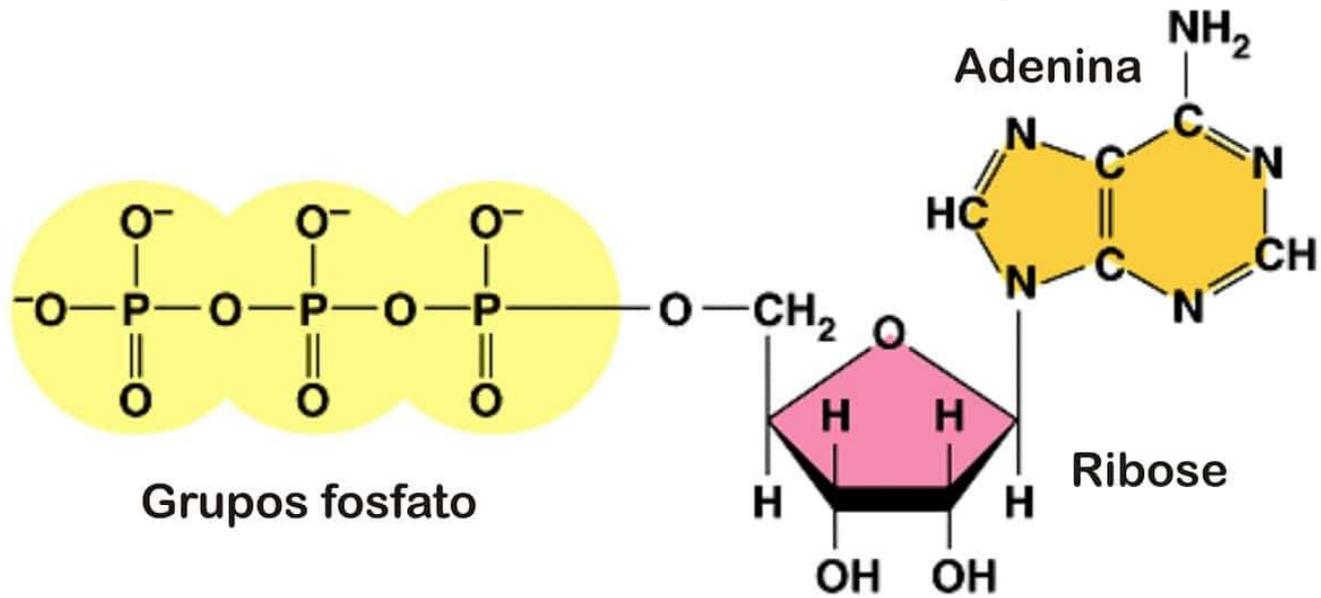
Fosfolípidos



Bicapas lipídicas
Membranas

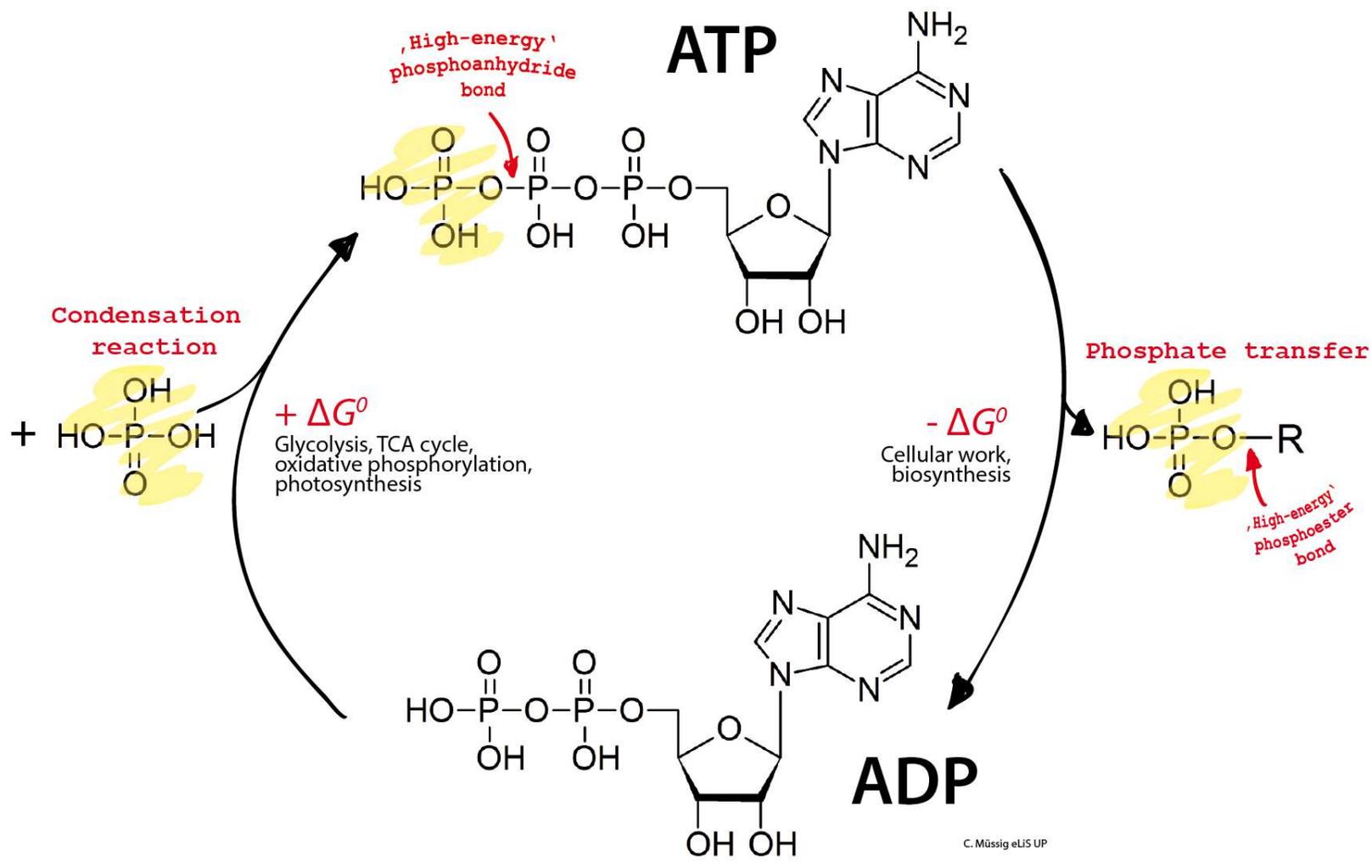


Nucleótido trifosfato

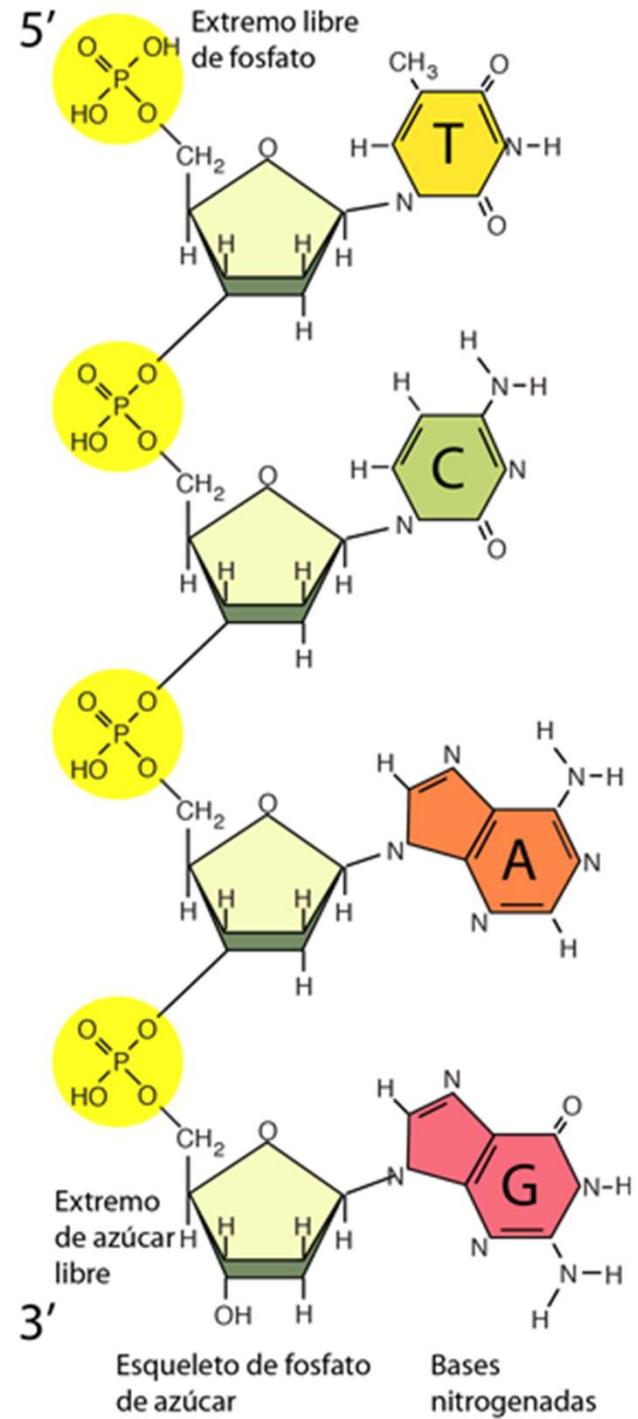
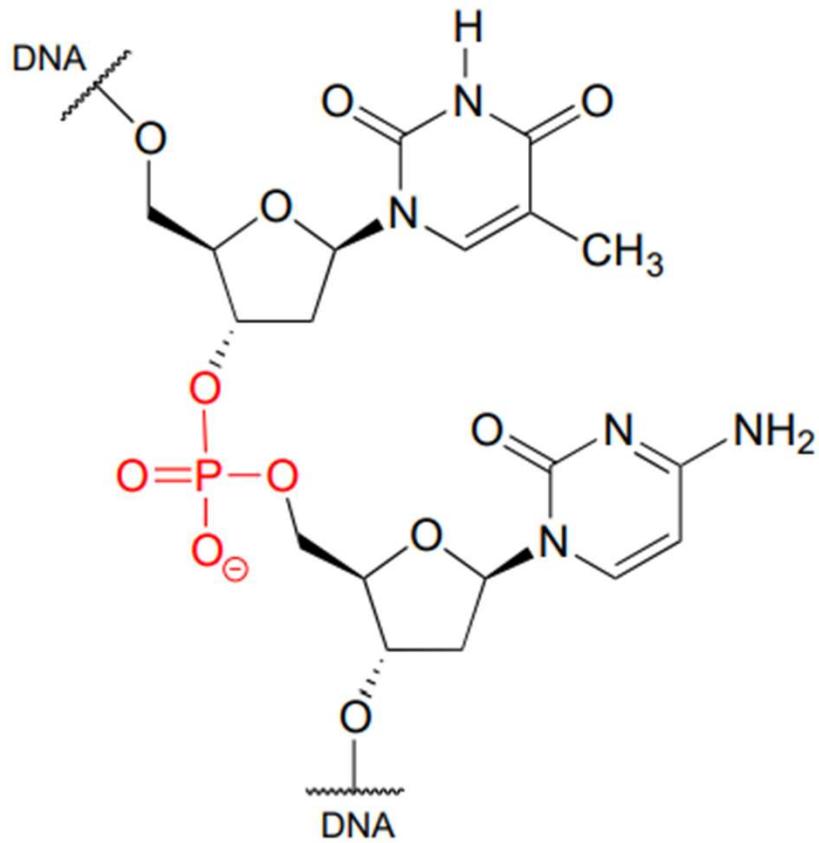


Estrutura da adenosina trifosfato

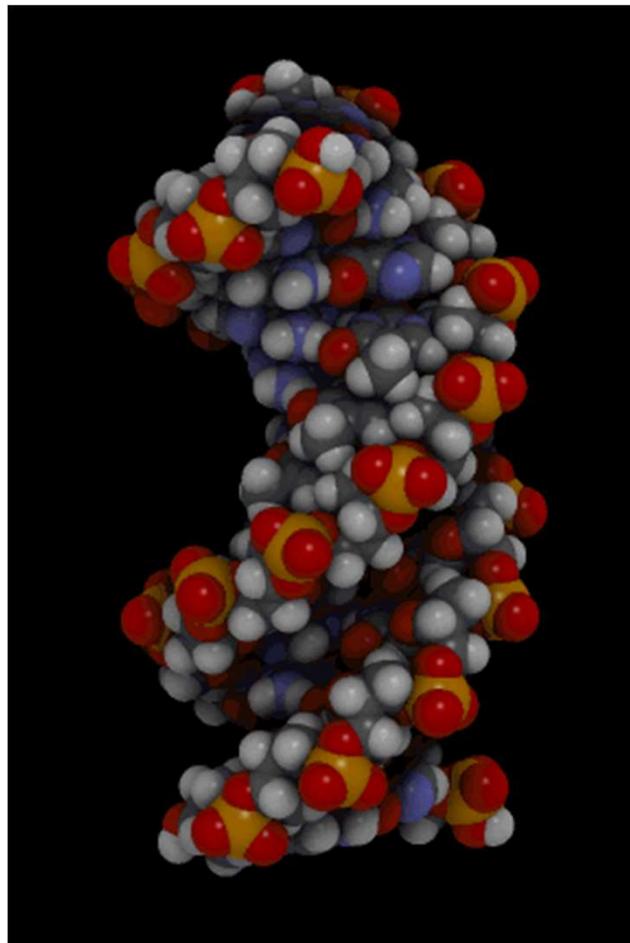




ADN



ADN





https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&ab_channel=yourgenome

¿Qué es el fósforo?



Dr. Guillermo Goyenola goyenola@gmail.com 04/2024



“Eutrofización y biogeoquímica ambiental del fósforo”

Curso de posgrado

Responsables:
Dr. Guillermo Goyenola
Dra. Mariana Meerhoff
(CURE-UDELAR)

Invitados:
Dr. Luis Aubriot
Dra. Sylvia Bonilla
Dra. Verónica Ciganda
Ing. Florencia Hastings

Comienzo 8 de abril 2024. (intensivo/ presencial - distancia)
Info: aguadulceuy@gmail.com

