



## **“Eutrofización y biogeoquímica ambiental del fósforo”**

### Curso de posgrado

Responsables:

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

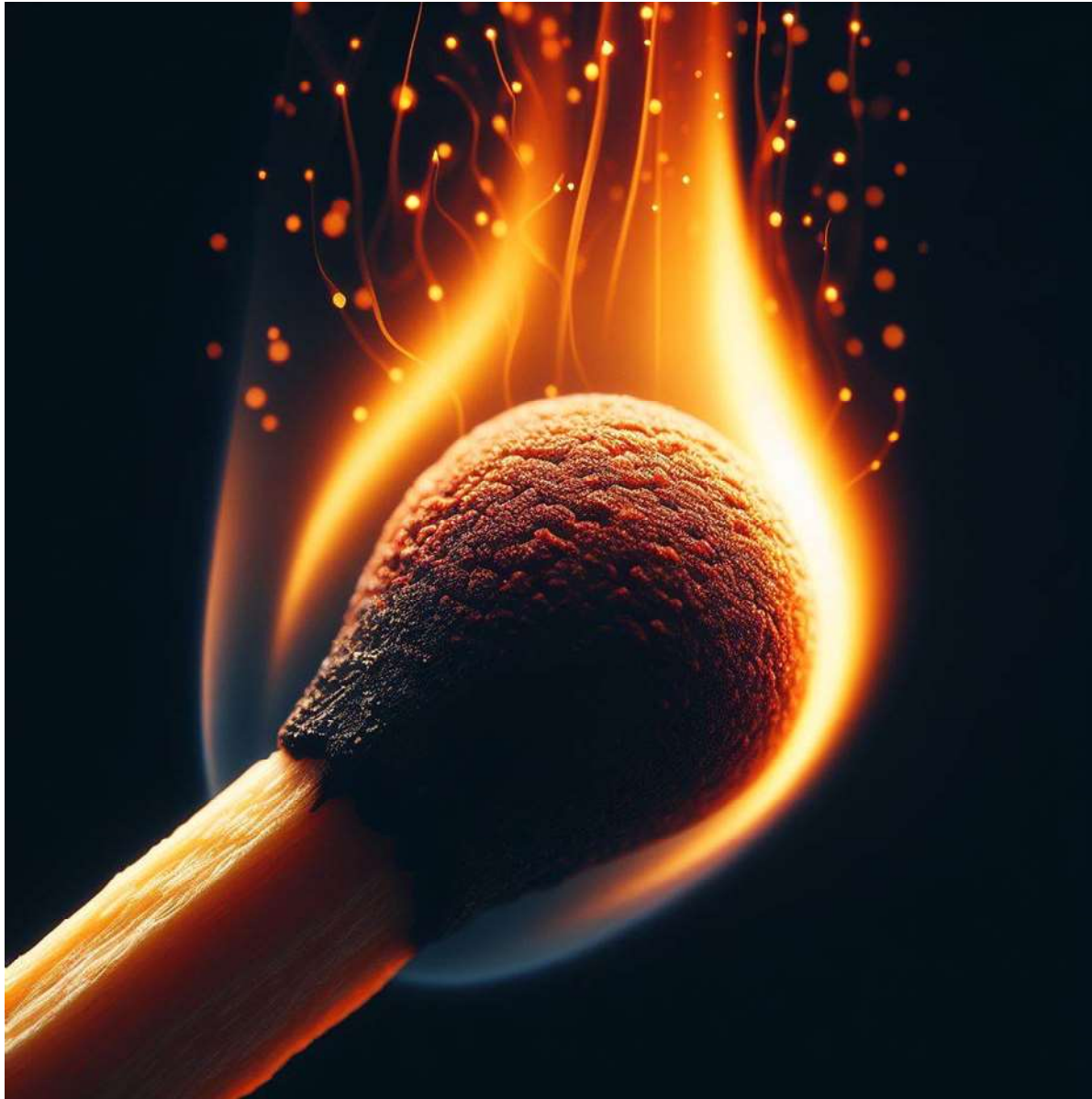
Invitados:

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

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



# ¿Qué es el fósforo?



Protocolo práctico (tomen apuntes)

# Protocolo práctico (tomen apuntes)

- Deje reposar la orina durante días hasta que desprenda un olor acre.

# 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.

# 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.

# 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.

# 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.



# 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.

# 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.

# 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.





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



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,



A pesar de su origen etimológico,  
**la emisión de luz por el fósforo no ocurre por fosforescencia**



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.)



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**



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...

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

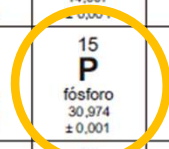


57 <b>La</b> lantano 138,91 ± 0,01	58 <b>Ce</b> cerio 140,12 ± 0,01	59 <b>Pr</b> praseodimio 140,91 ± 0,01	60 <b>Nd</b> neodimio 144,24 ± 0,01	61 <b>Pm</b> prometio [145]	62 <b>Sm</b> samario 150,36 ± 0,02	63 <b>Eu</b> europio 151,96 ± 0,01	64 <b>Gd</b> gadolinio 157,25 ± 0,03	65 <b>Tb</b> terbio 158,93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



# 200 años después del descubrimiento de Hennig Brand...

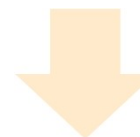
1 <b>H</b> hidrógeno 1,0080 ± 0,0002																	18 <b>He</b> helio 4,0026 ± 0,0001						
3 <b>Li</b> litio 6,94 ± 0,06	4 <b>Be</b> berilio 9,0122 ± 0,0001	Clave: número atómico <b>Símbolo</b> nombre peso atómico estándar abreviado																13 <b>B</b> boro 10,81 ± 0,02	14 <b>C</b> carbono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



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

# 200 años después del descubrimiento de Hennig Brand...

NO METALES



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

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



UNIÓN INTERNACIONAL DE QUÍMICA PURA Y APLICADA

**15**

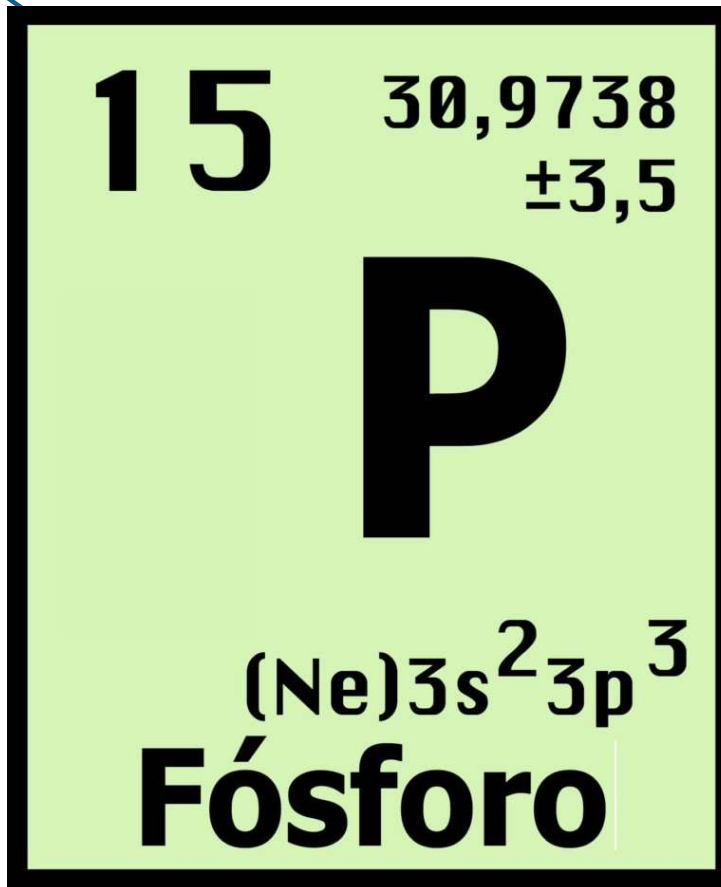
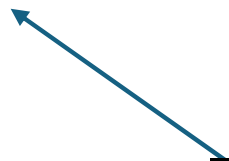
**30,9738**  
**±3,5**

**P**

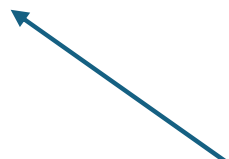
**(Ne)3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup>**

**Fósforo**

15 protones en su núcleo



15 protones en su núcleo



15

30,9738  
±3,5

P

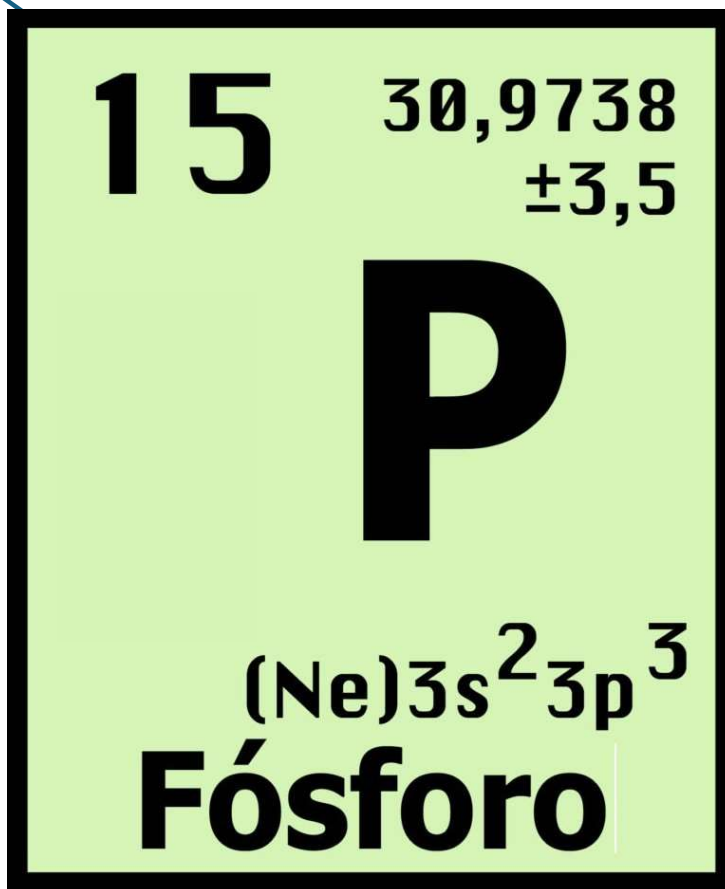
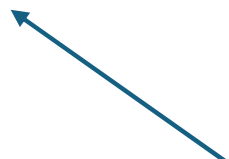
(Ne)3s<sup>2</sup>3p<sup>3</sup>

Fósforo



15 e-

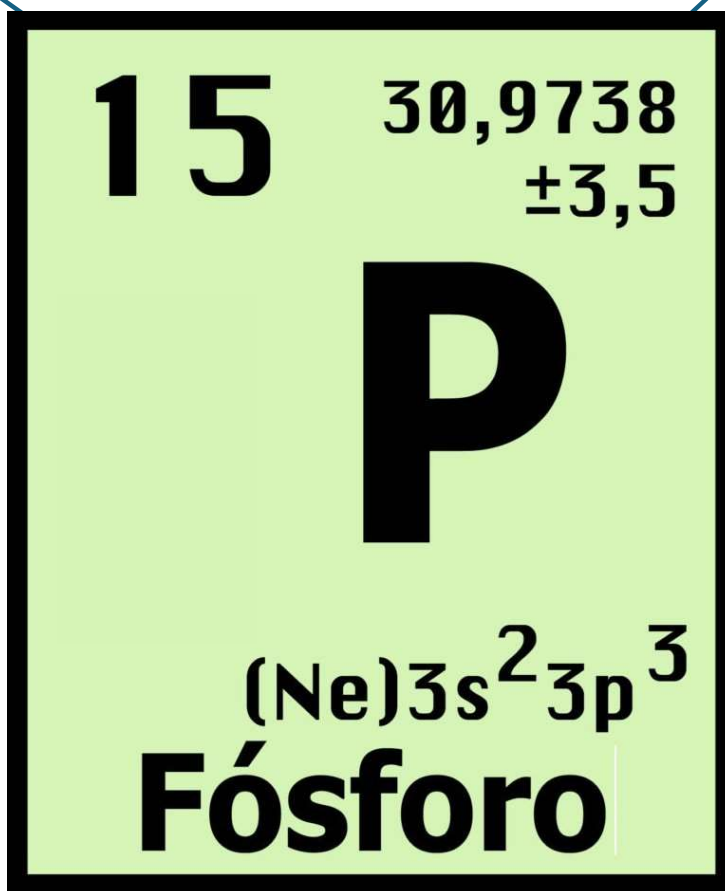
15 protones en su núcleo



15 e-  
5 de valencia

15 protones en su núcleo

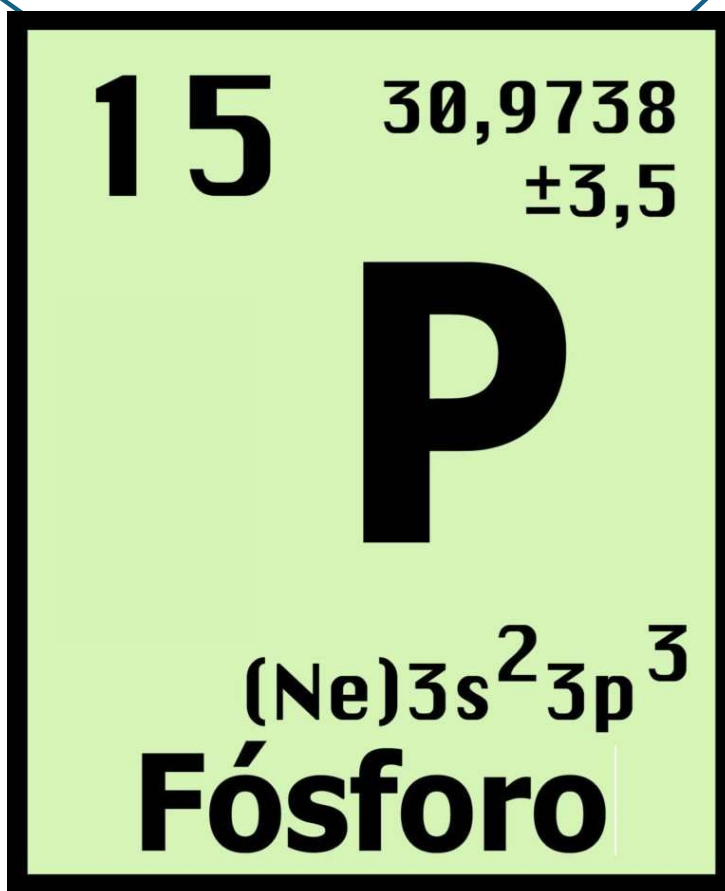
masa 31  
15 p+ y 16 neutrones



15 e-  
5 de valencia

15 protones en su núcleo

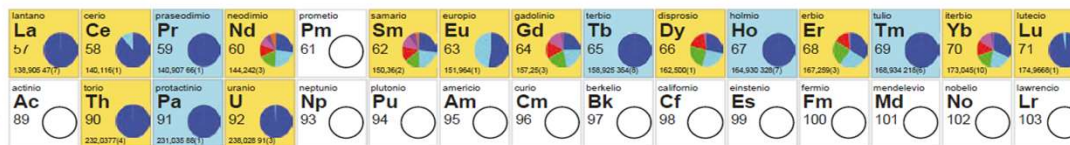
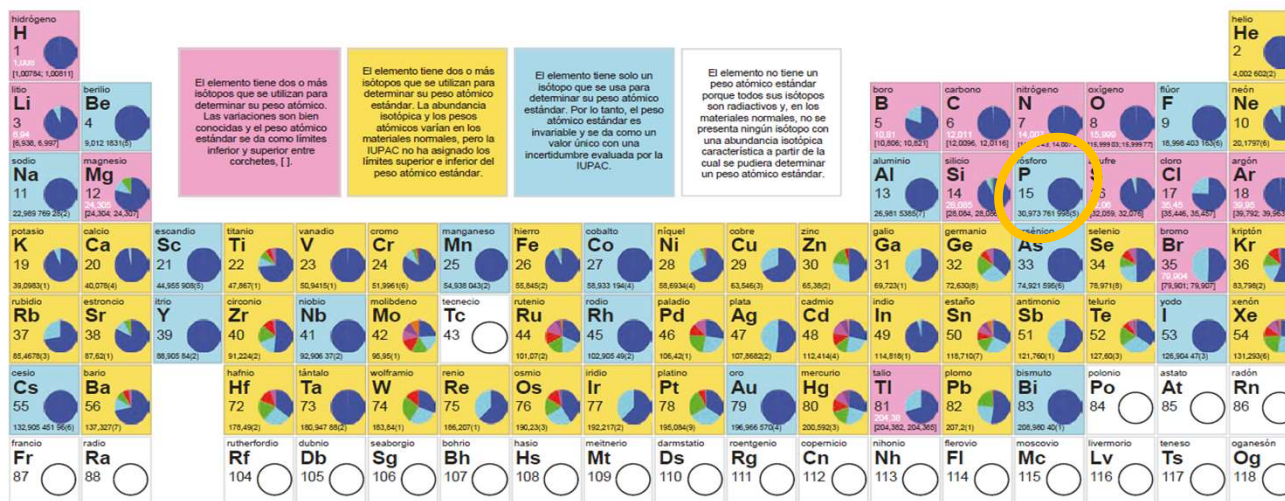
masa 31  
15 p+ y 16 neutrones



estados de oxidación

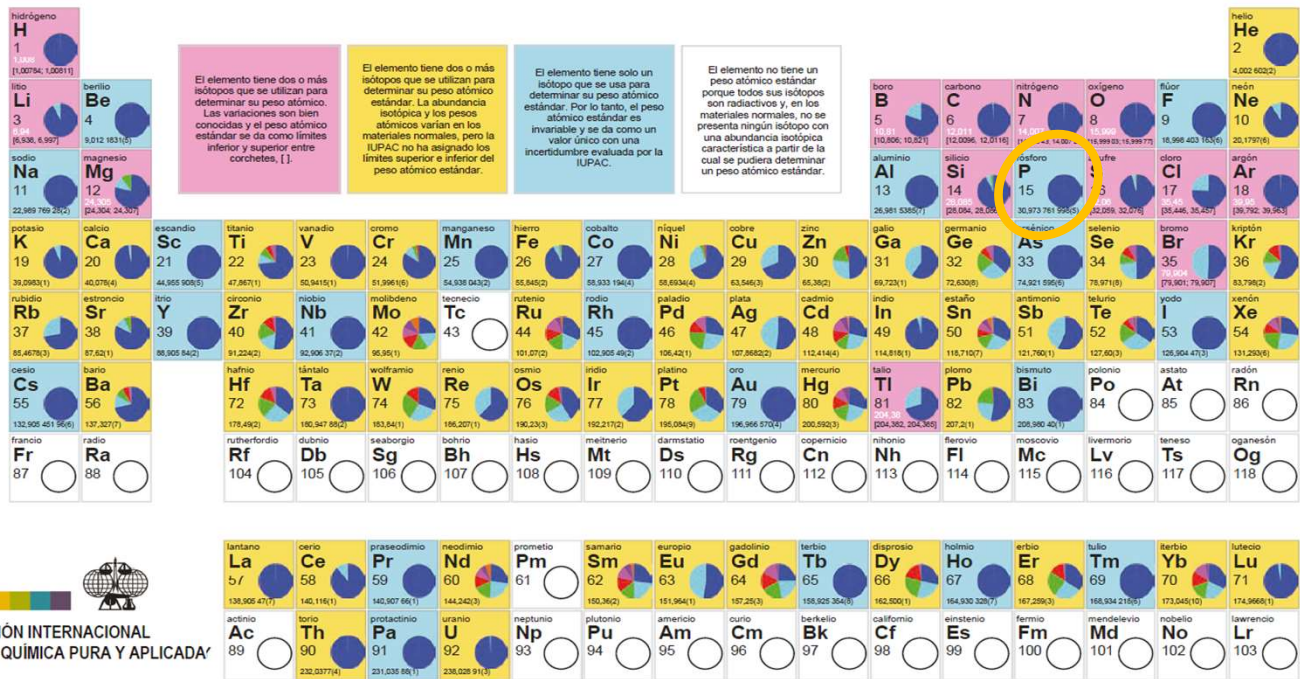
15 e-  
5 de valencia





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.

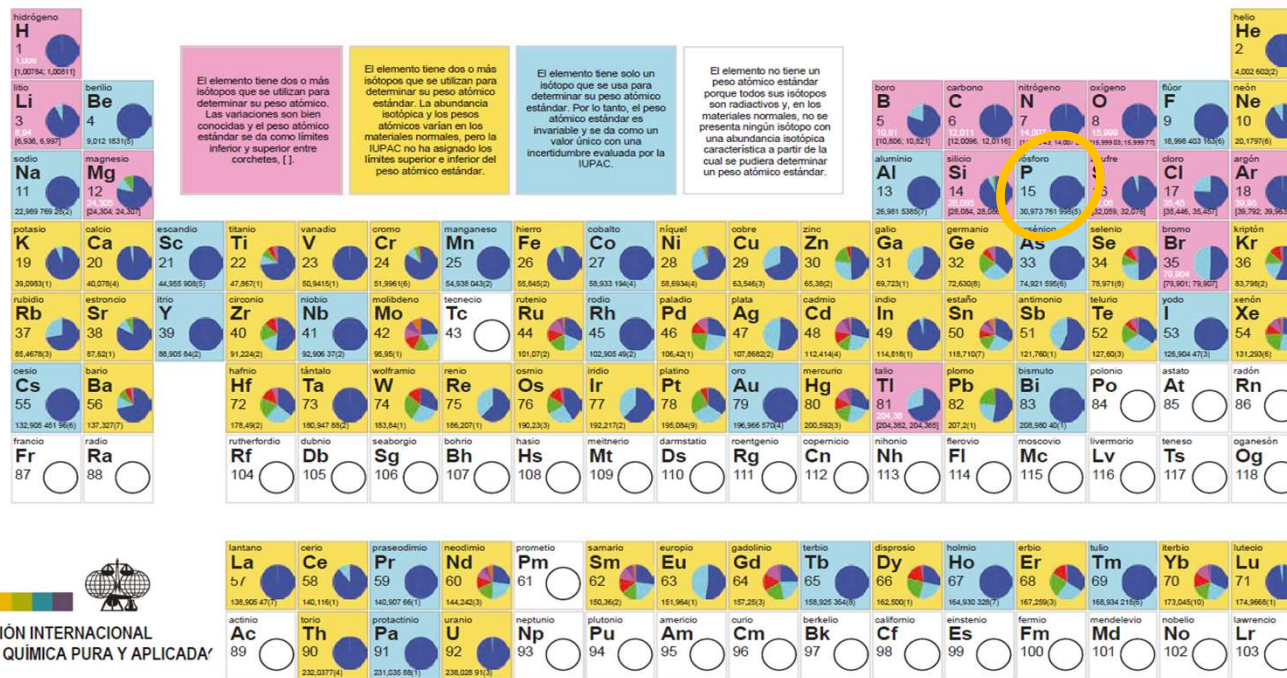
El elemento tiene solo un isótopo que se usa para determinar su peso atómico estándar. Por lo tanto, el peso atómico estándar es invariable y se da como un valor único con una incertidumbre evaluada por la IUPAC.



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.

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

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.

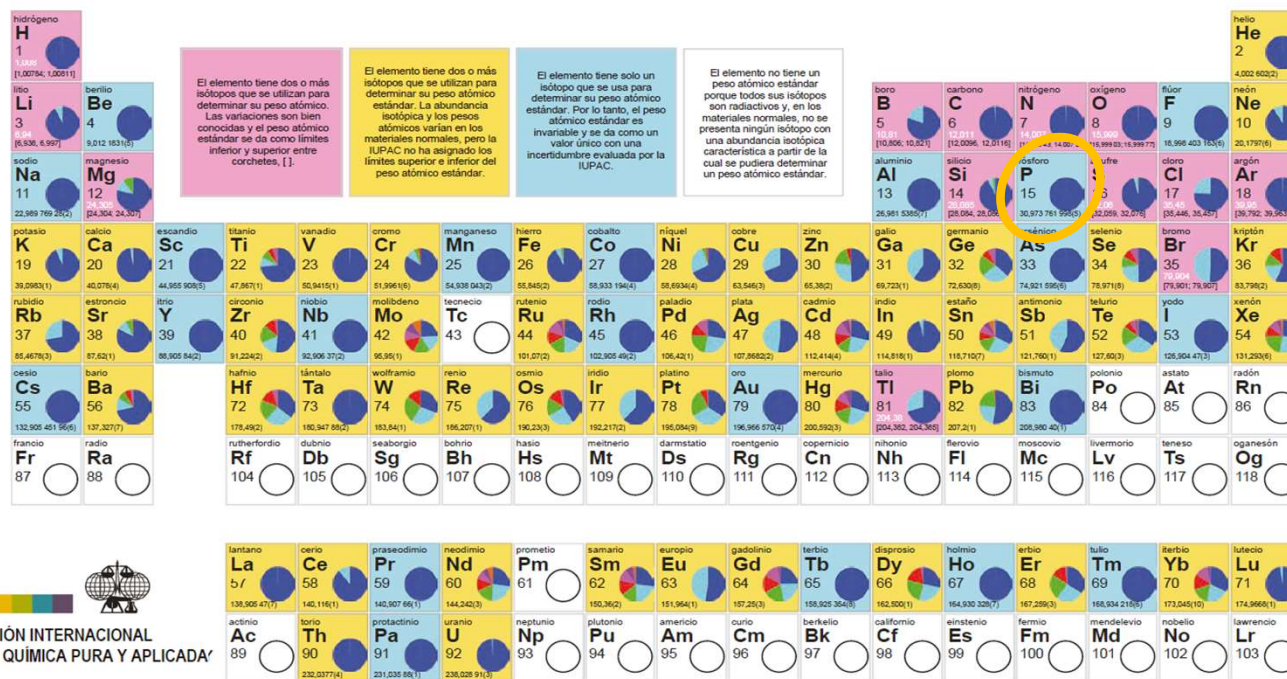


Los pesos atómicos estándar provienen de las mejores estimaciones de la IUPAC de los pesos atómicos que se encuentran en materiales normales, que son materiales terrestres, los cuales son fuentes razonablemente posibles de elementos y sus compuestos en el comercio, la industria o la ciencia. Se determinan 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.

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

Hay 23 isótopos conocidos de P: desde  $^{25}\text{P}$  al  $^{47}\text{P}$ .

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.

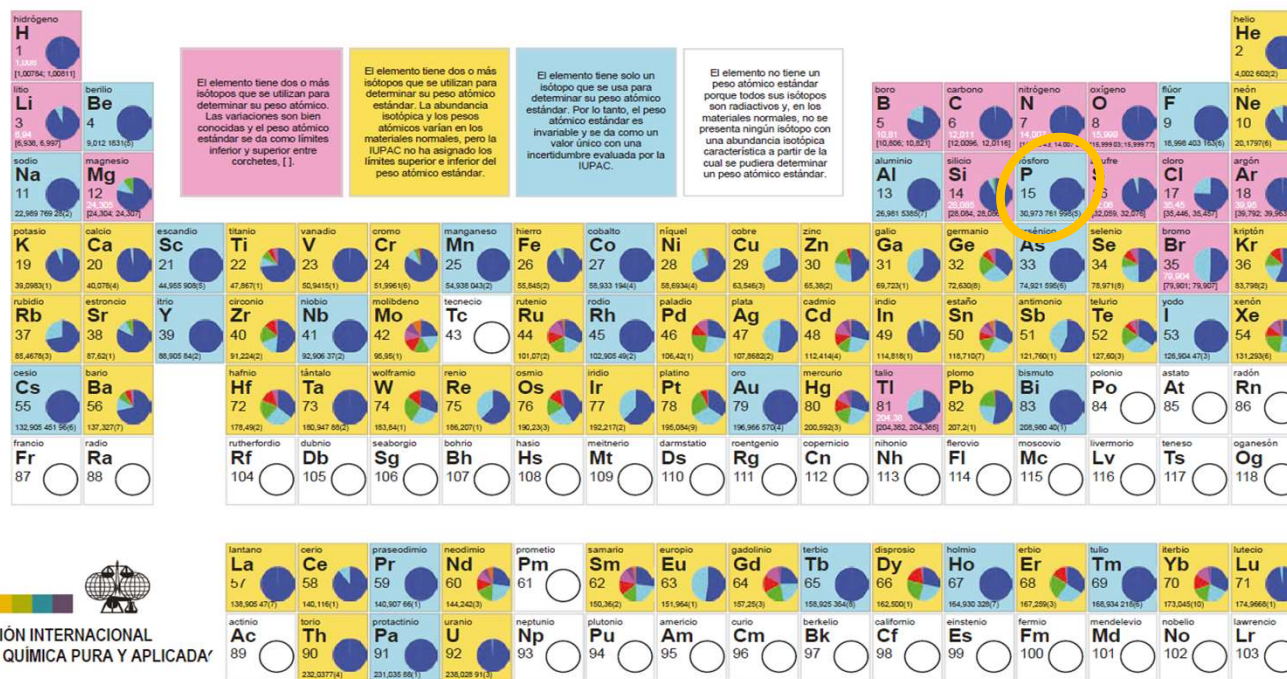


Los pesos atómicos estándar provienen de las mejores estimaciones de la IUPAC de los pesos atómicos que se encuentran en materiales normales, que son materiales terrestres, los cuales son fuentes razonablemente posibles de elementos y sus compuestos en el comercio, la industria o la ciencia. Se determinan 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.

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

Hay 23 isótopos conocidos de P: desde  $^{25}\text{P}$  al  $^{47}\text{P}$ . 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.

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		

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		

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)

J. C. Slater (1964). «Atomic Radii in Crystals». Journal of Chemical Physics. 41: 3199. doi:10.1063/1.1725697.



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)

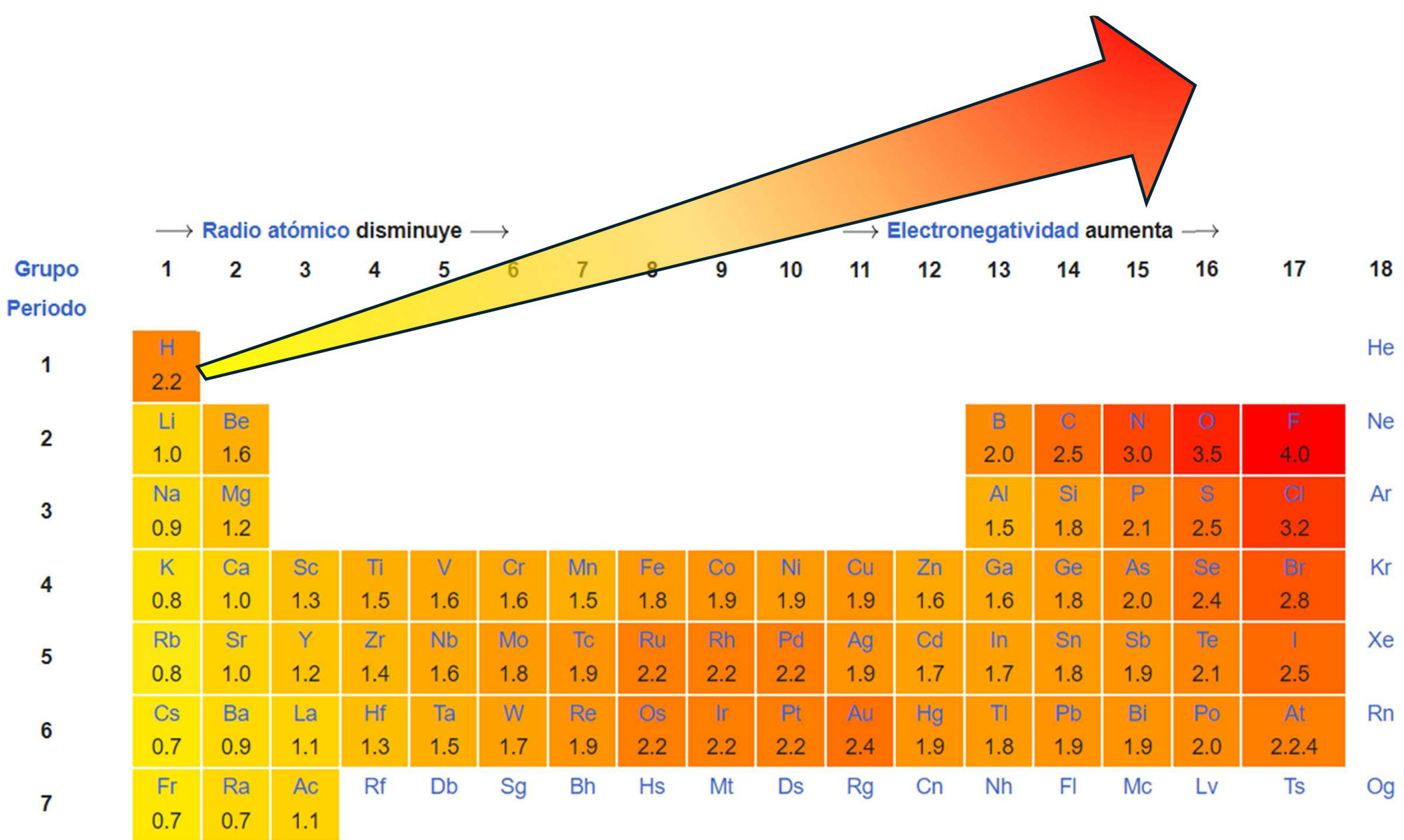


Tabla Periódica según la electronegatividad usando la escala de Pauling.

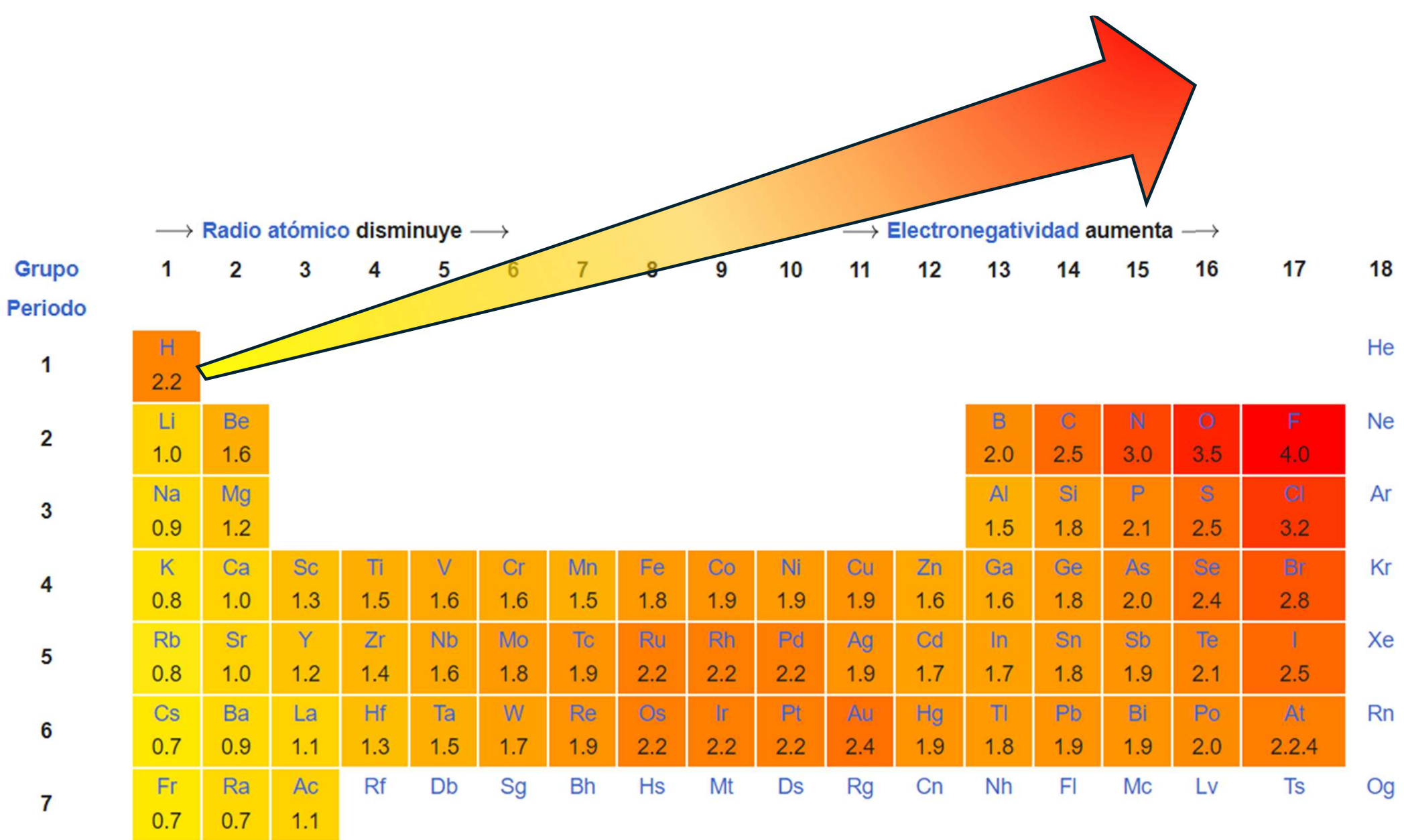


Tabla Periódica según la electronegatividad usando la escala de Pauling.



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
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

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

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

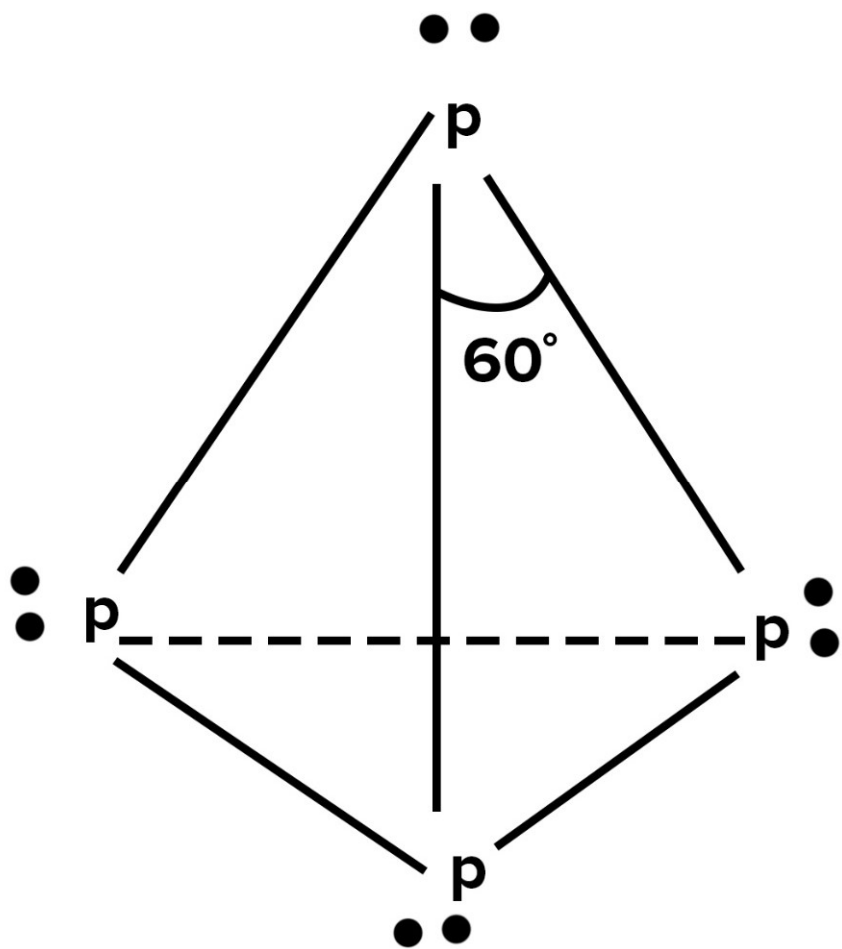
C	N	O
2.5	3.0	3.5
Si	P	S
1.8	2.1	2.5
Ge	As	Se
1.8	2.0	2.4

Electronegatividad

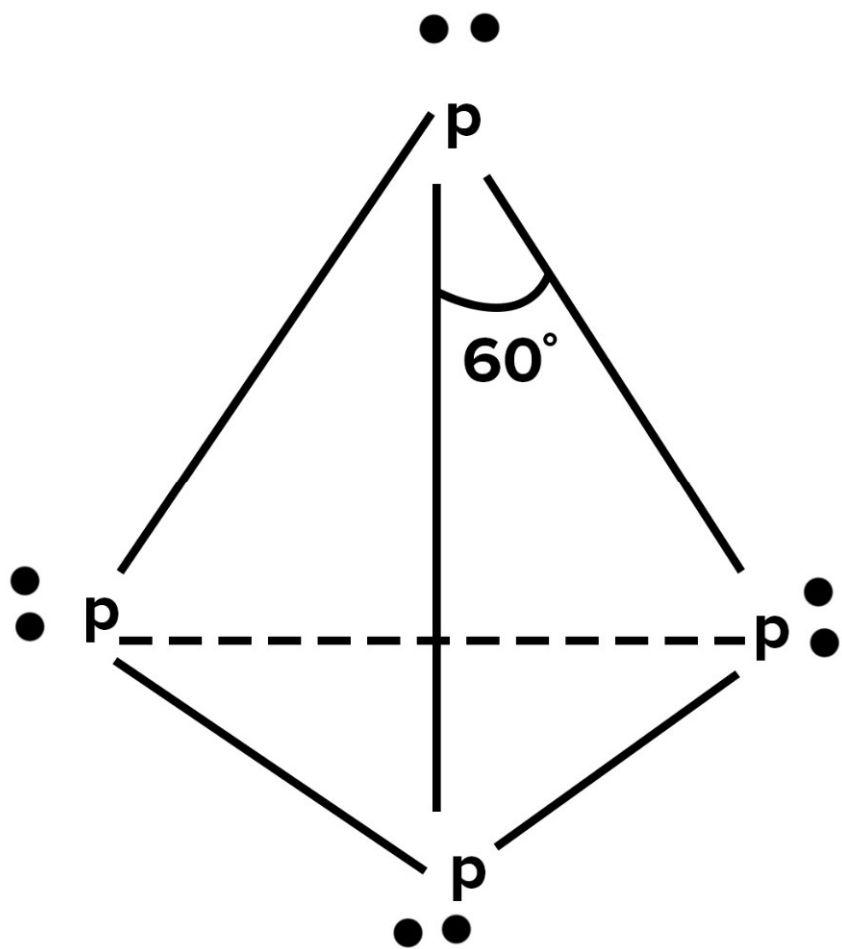
...tipo y cantidad de enlaces...



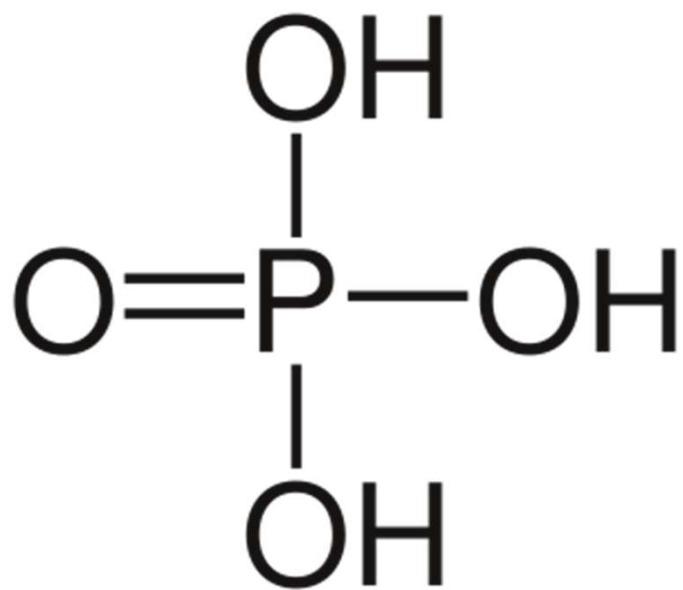
# Fósforo blanco



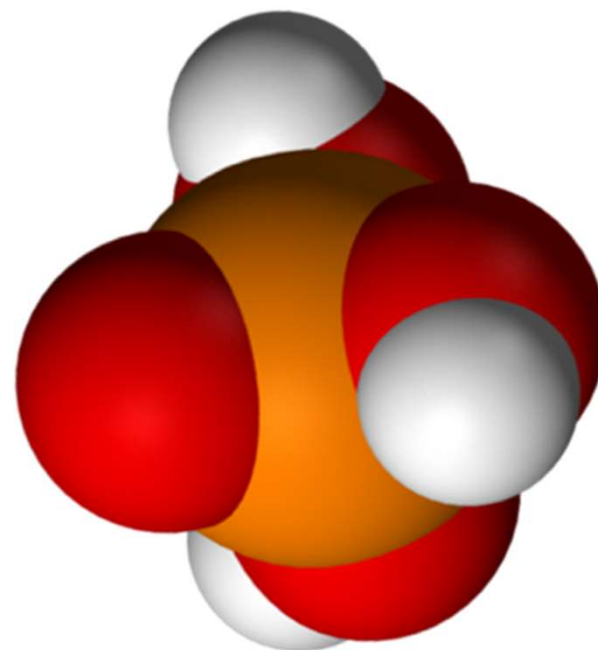
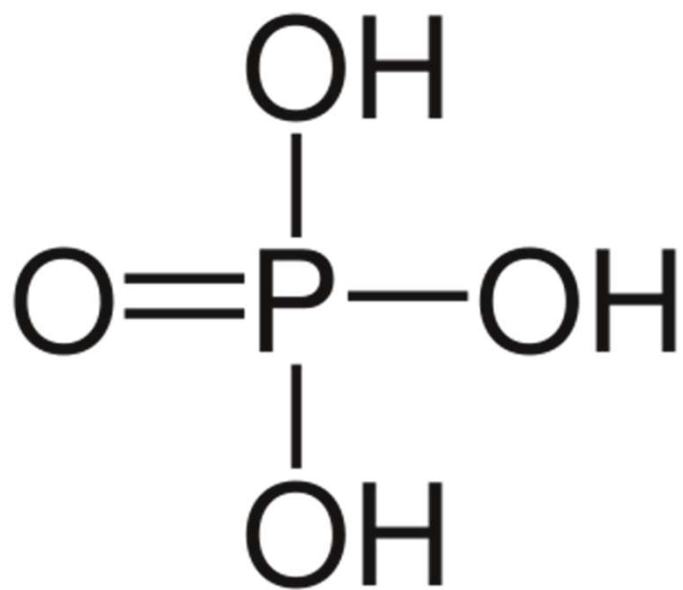
# Fósforo blanco



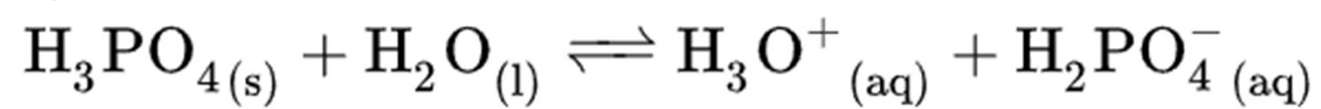
## Ácido fosfórico



# Ácido fosfórico

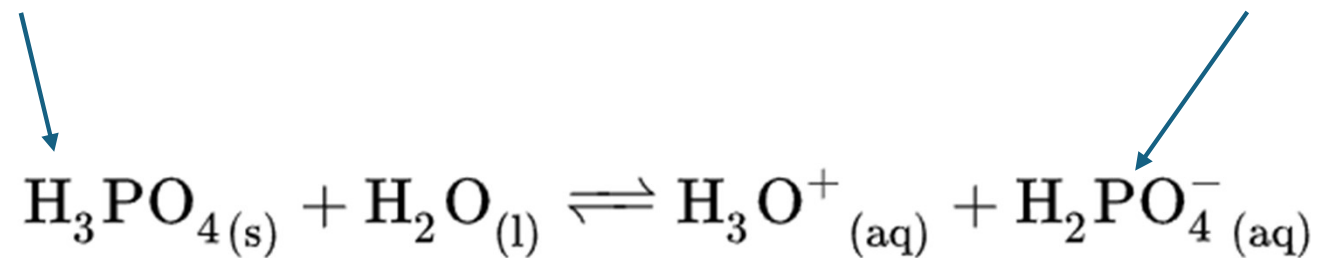


Ácido fosfórico



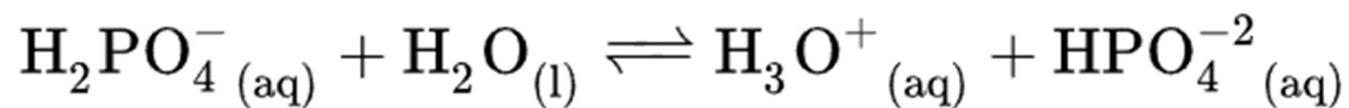
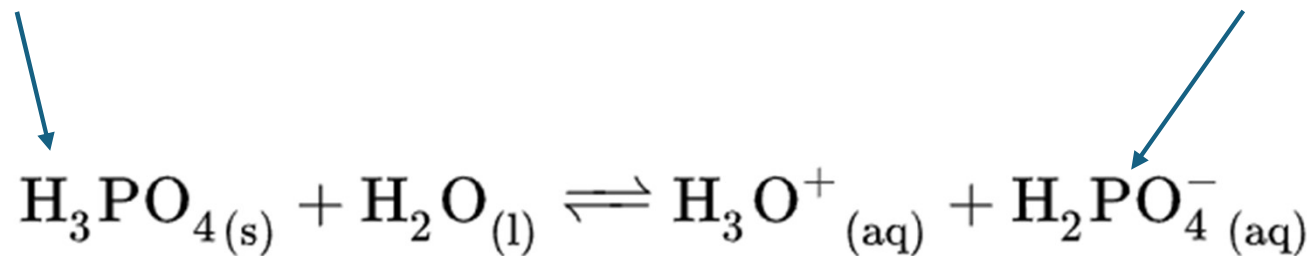
Ácido fosfórico

Fosfato de  
dihidrógeno



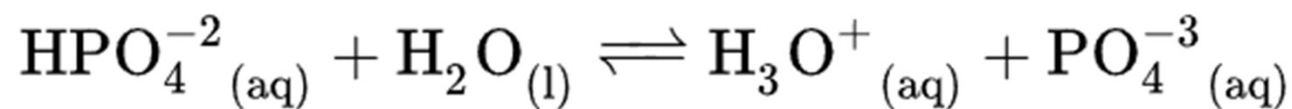
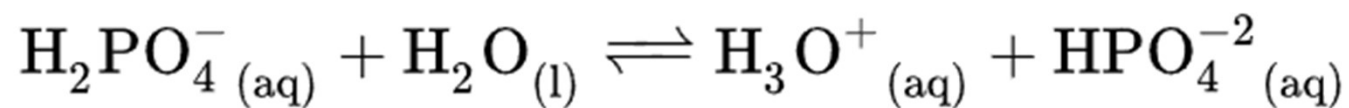
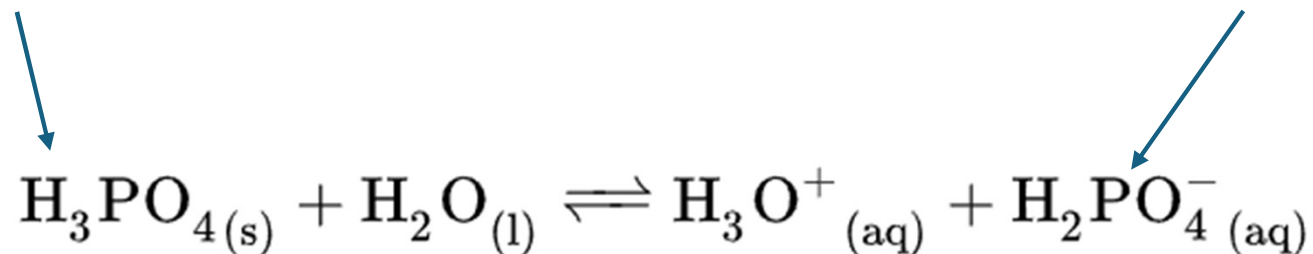
Ácido fosfórico

Fosfato de dihidrógeno



Ácido fosfórico

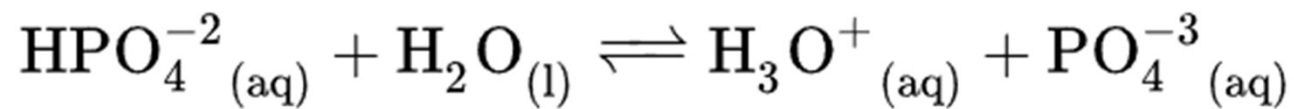
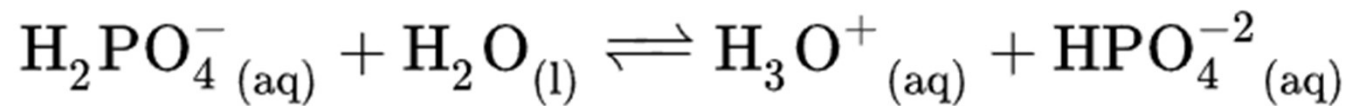
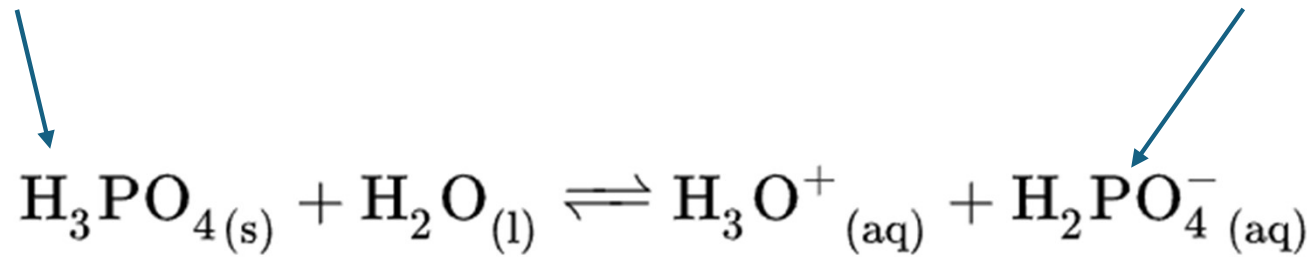
Fosfato de dihidrógeno





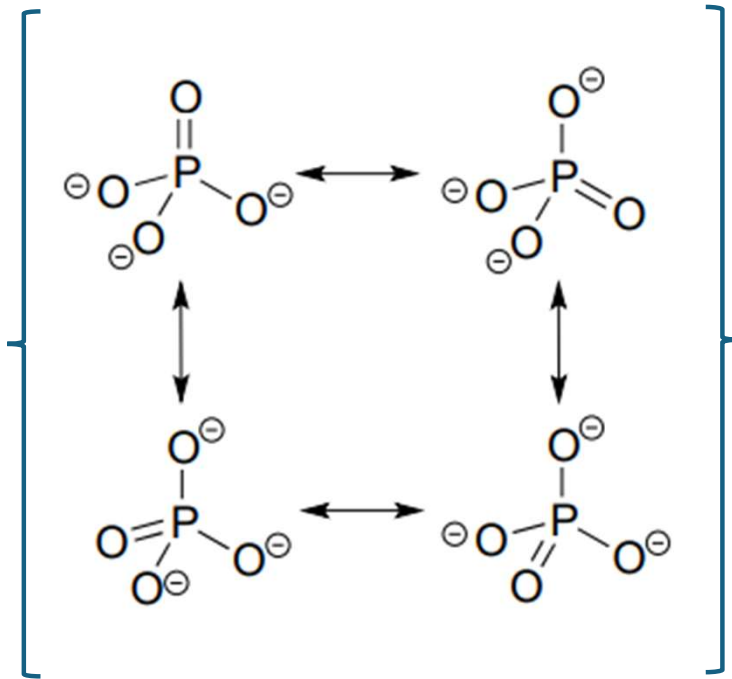
Ácido fosfórico

Fosfato de dihidrógeno

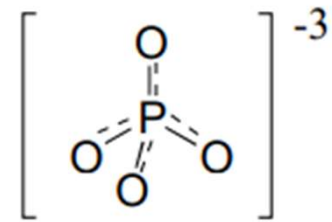
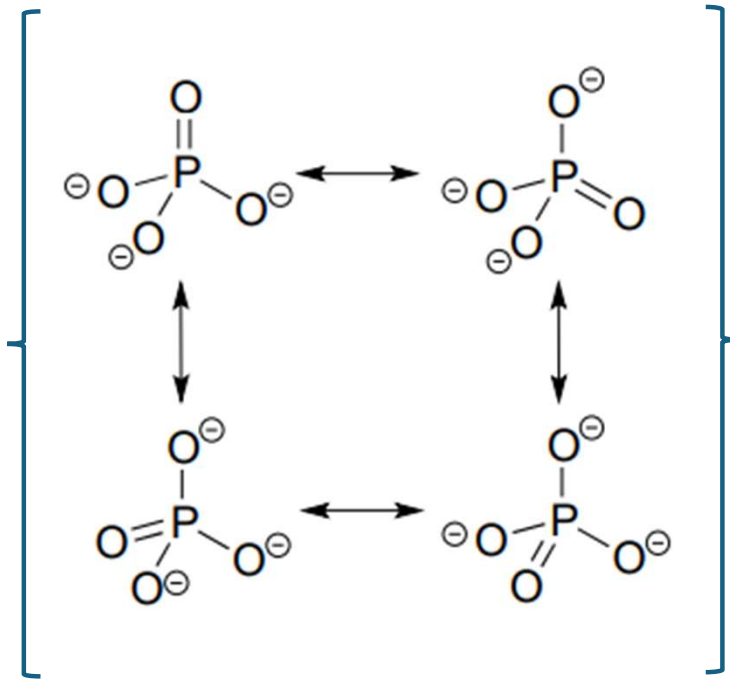


Fosfato

# Fosfato (inorgánico) o Pi



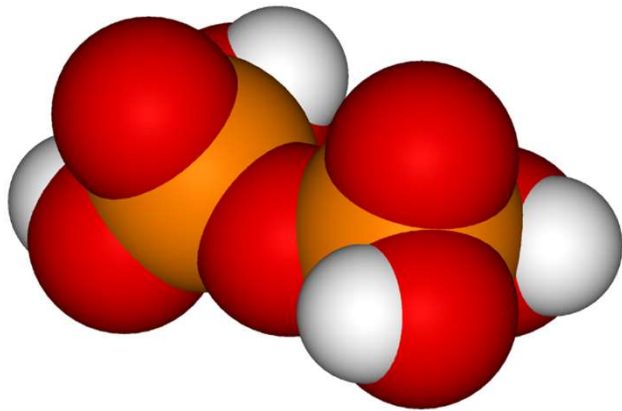
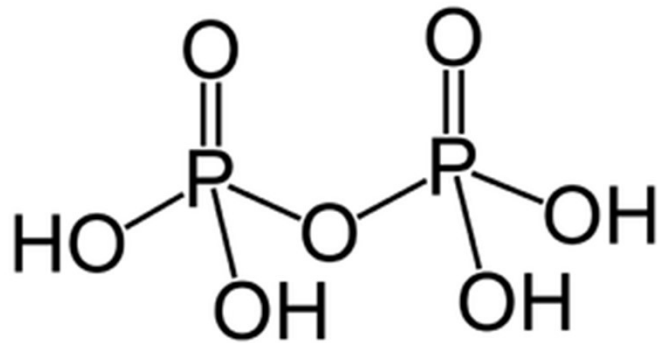
# Fosfato (inorgánico) o Pi



ácido difosfórico

o

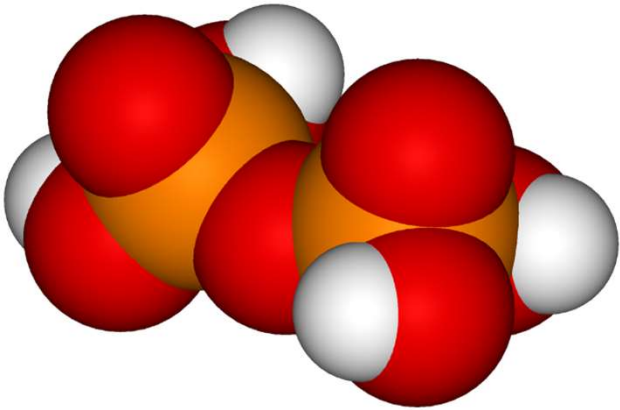
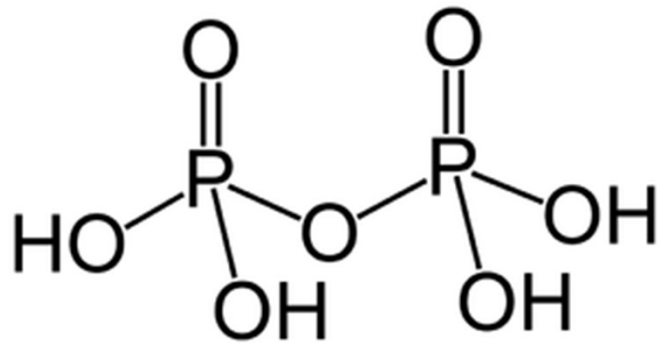
pirofosfórico



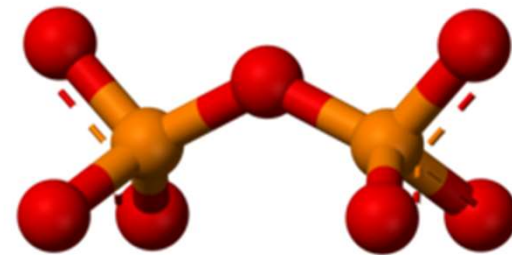
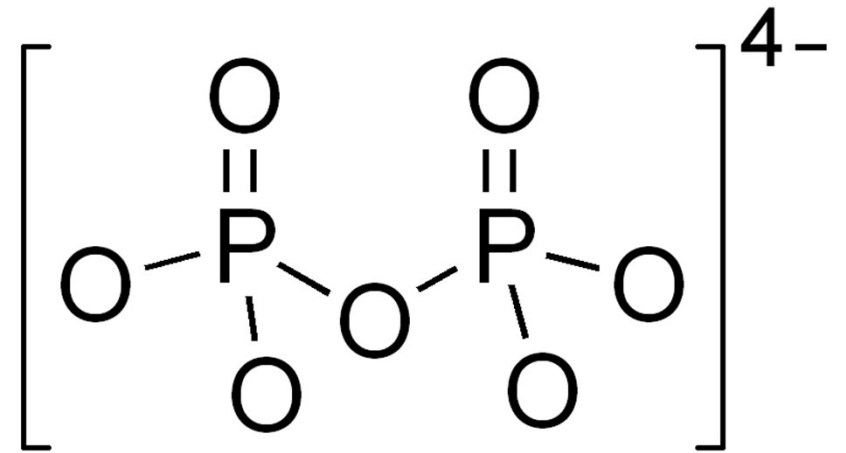
ácido difosfórico

o

pirofosfórico

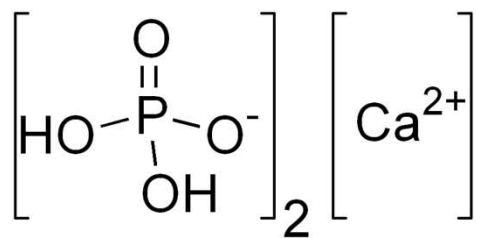


Pirofosfato (PPi)



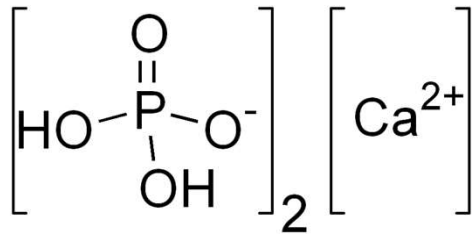
Fosfato de calcio

## Fosfato de calcio

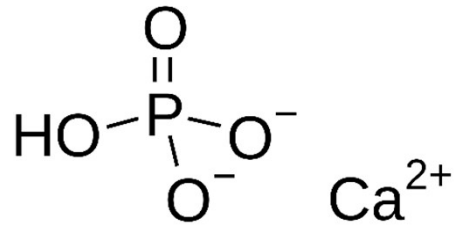


Fosfato diácido de calcio.

# Fosfato de calcio



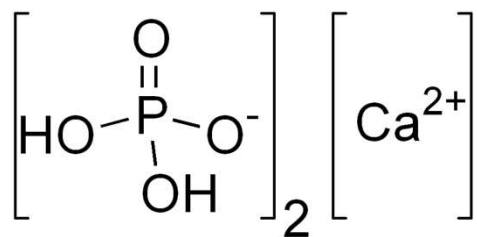
Fosfato diácido de calcio.



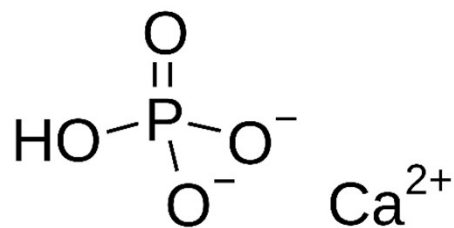
Fosfato ácido de calcio



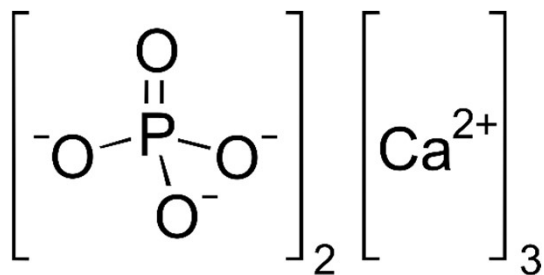
## Fosfato de calcio



Fosfato diácido de calcio.

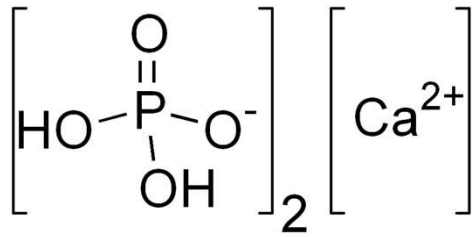


Fosfato ácido de calcio

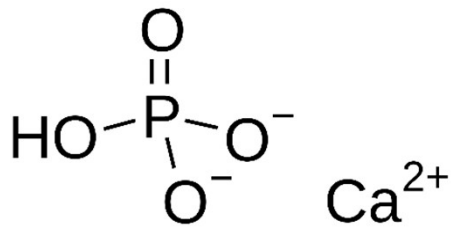


Fosfato de tricalcio  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

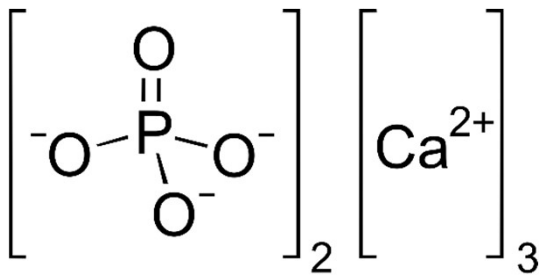
# Fosfato de calcio



Fosfato diácido de calcio.



Fosfato ácido de calcio



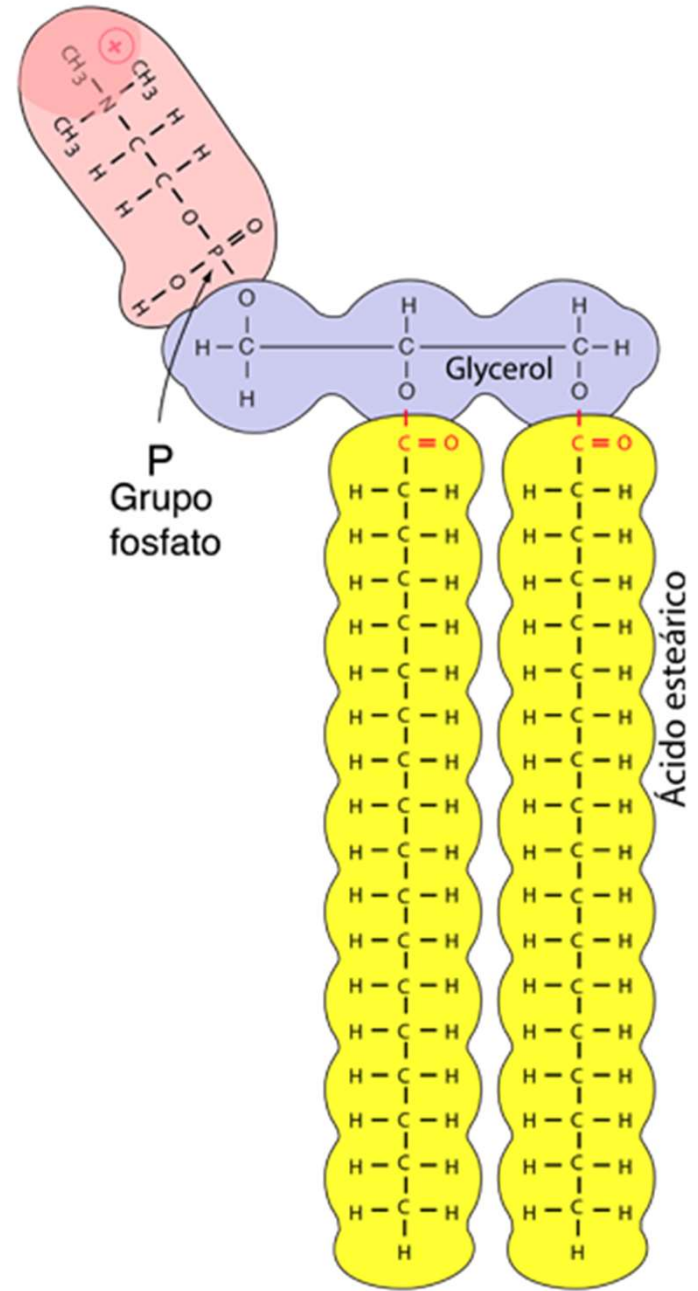
Fosfato de tricalcio  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$



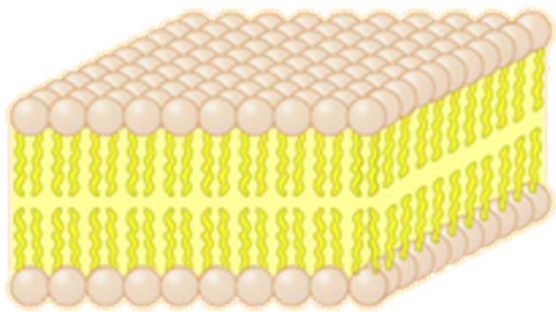
hidroxiapatita



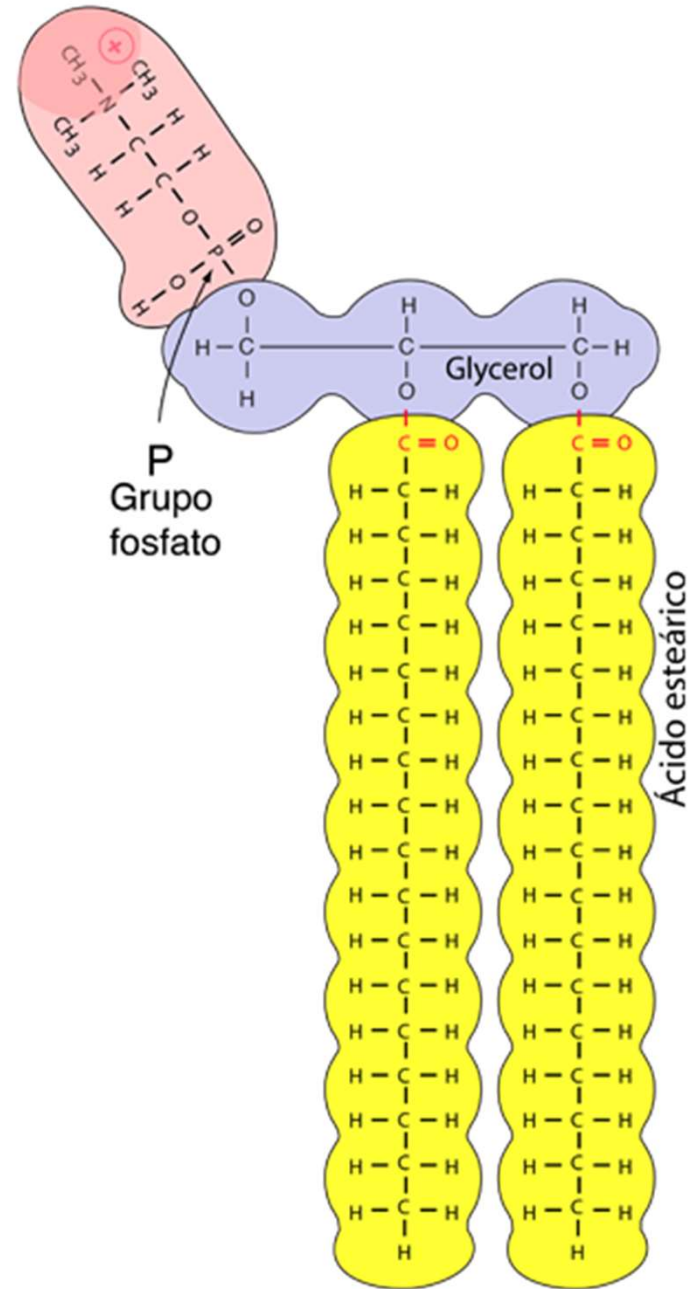
# Fosfolípidos



# Fosfolípidos

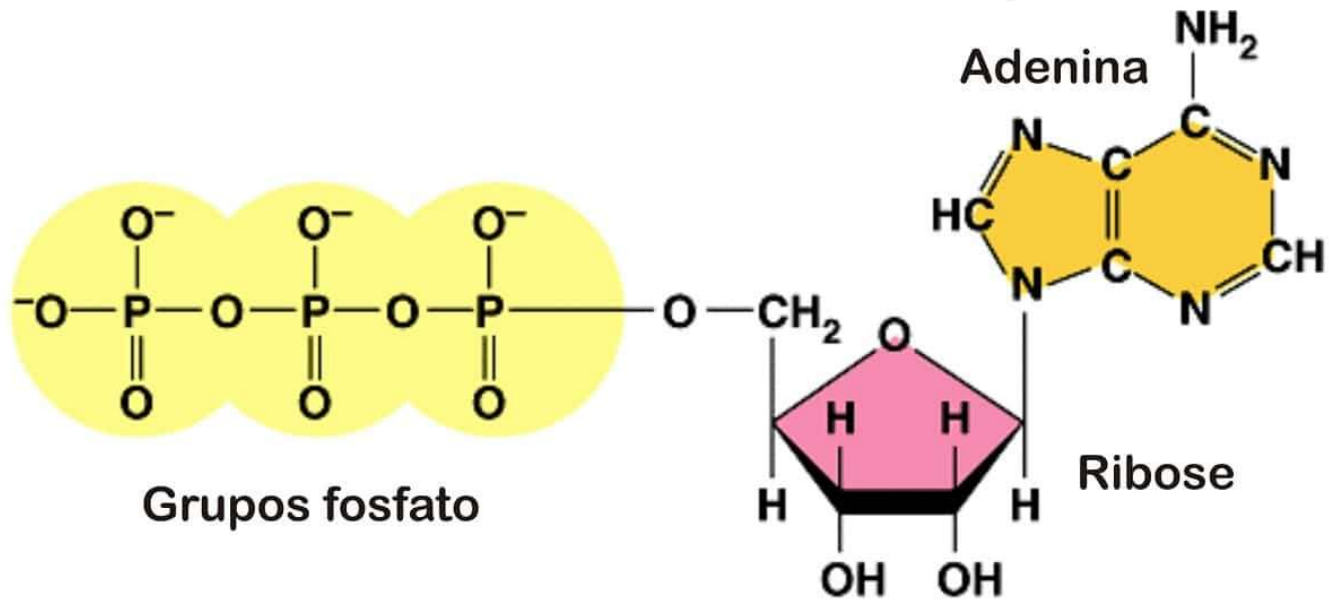


Bicapas lipídicas  
Membranas



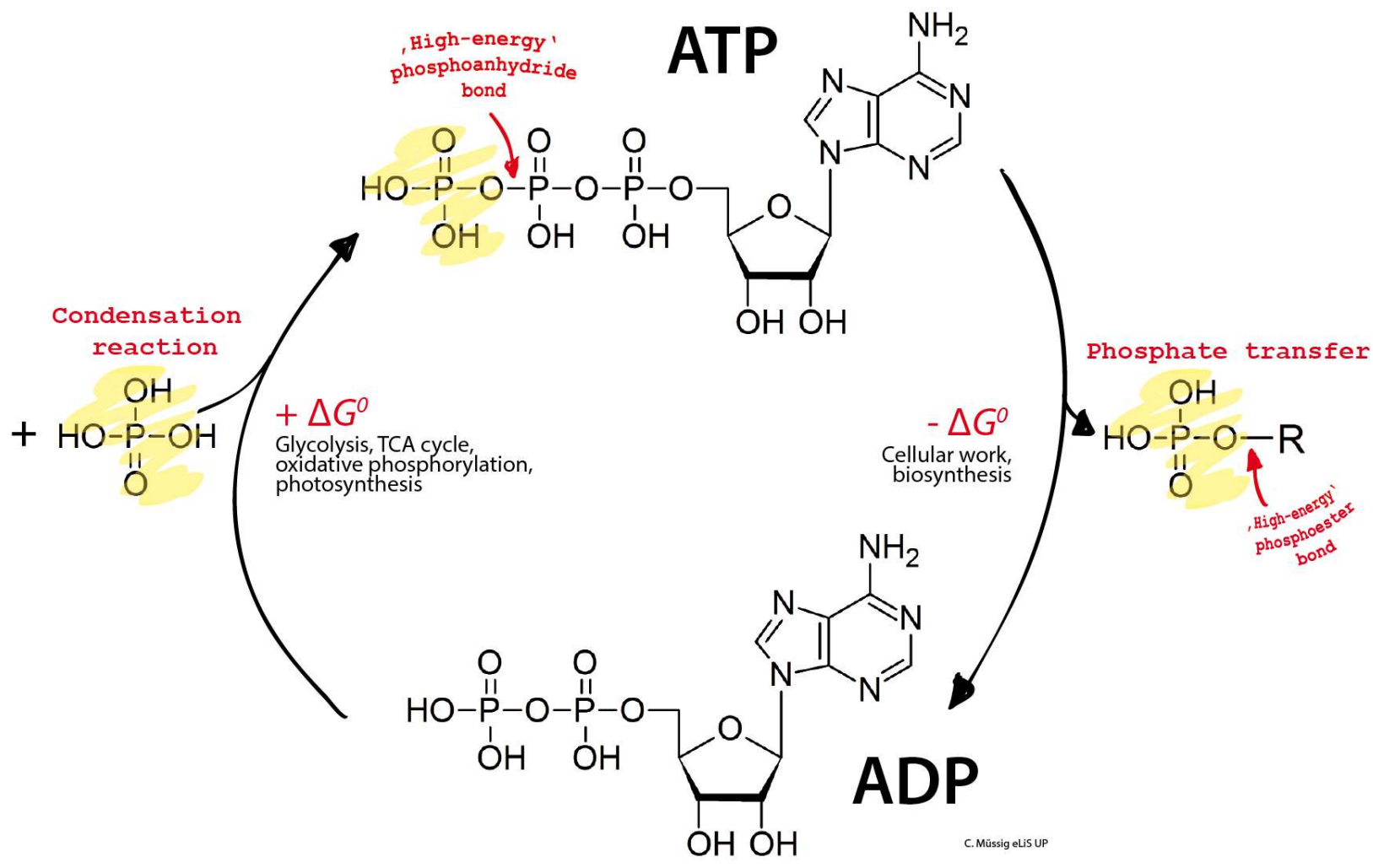
Nucleótido trifosfato

# Nucleótido trifosfato

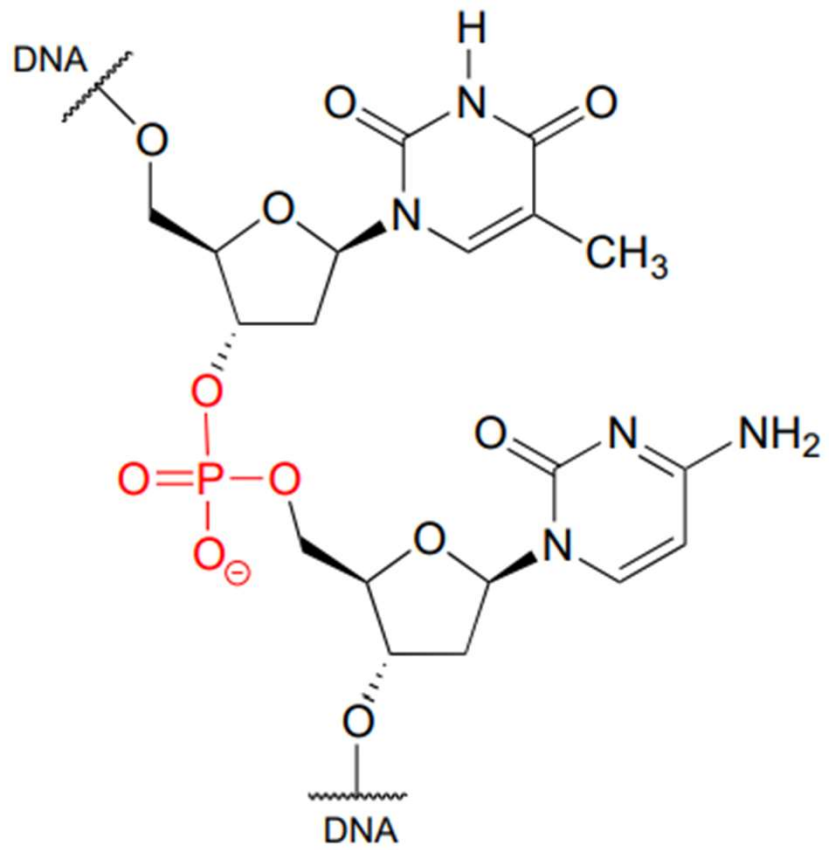


Estrutura da adenosina trifosfato



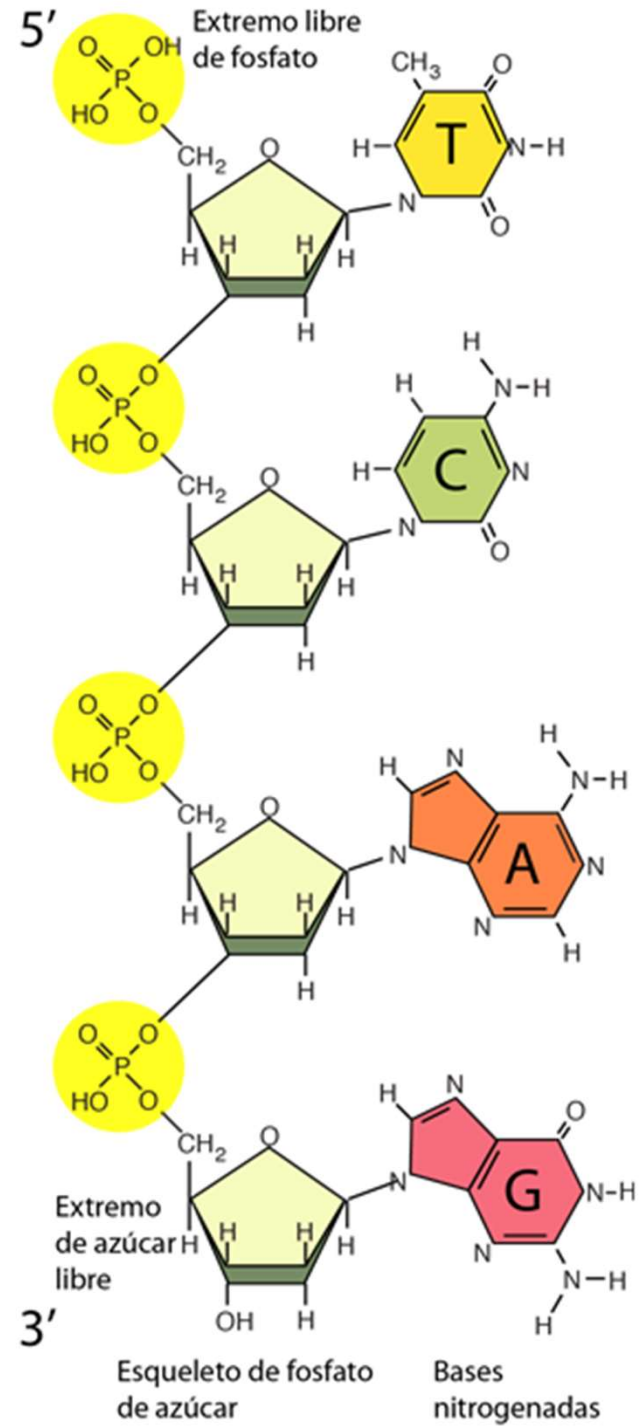
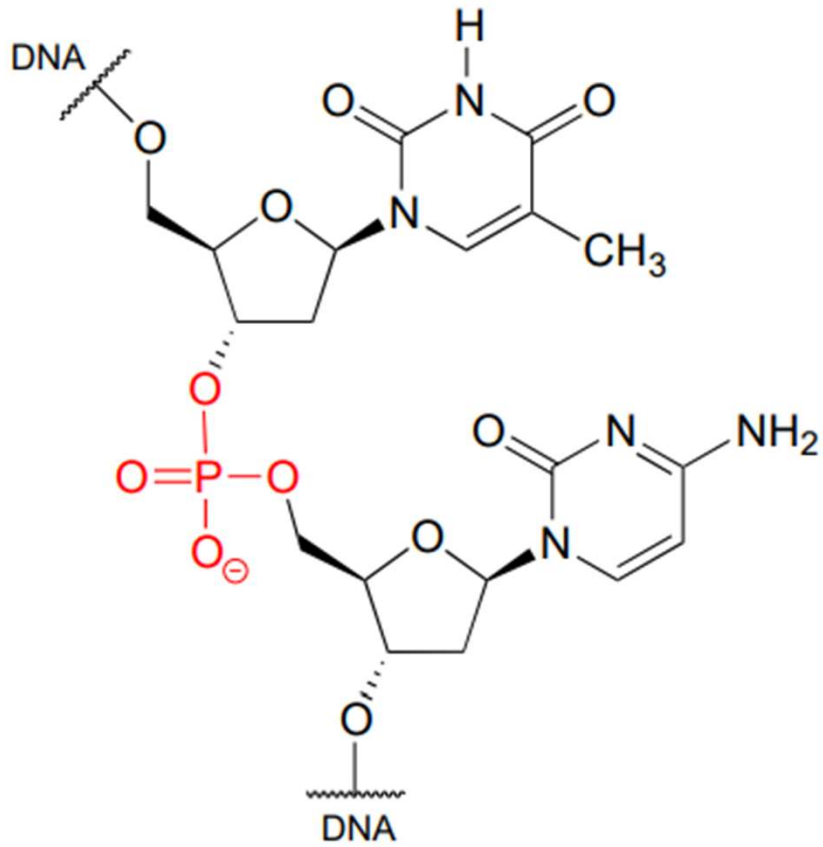


# ADN

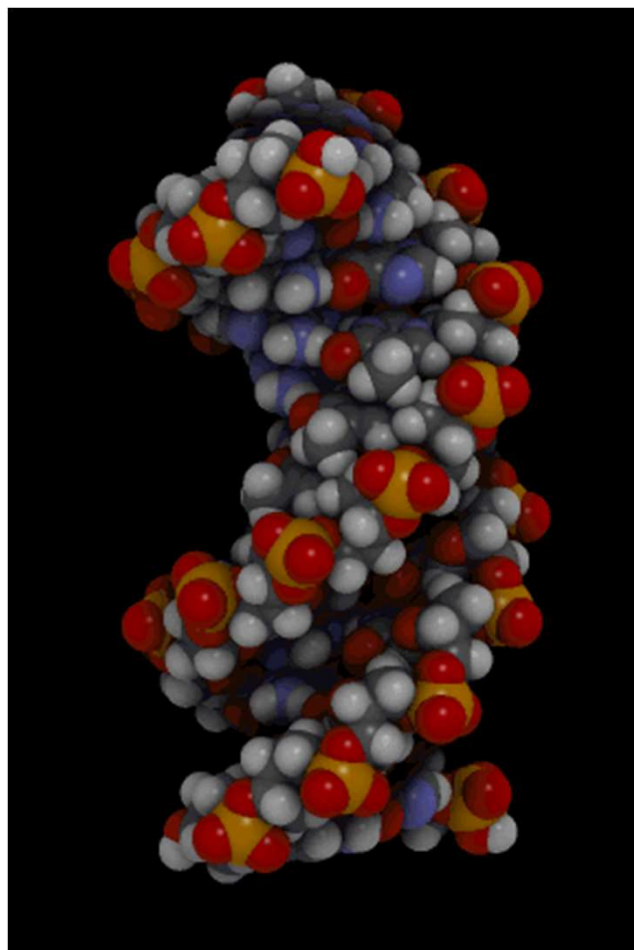




# ADN



ADN



[https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&ab\\_channel=yourgenome](https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&ab_channel=yourgenome)



[https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&ab\\_channel=yourgenome](https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&ab_channel=yourgenome)

# ¿Qué es el fósforo?



# ¿Qué es el fósforo?



Dr. Guillermo Goyenola [goyenola@gmail.com](mailto: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](mailto:aguadulceuy@gmail.com)

