

# TEMA 5.

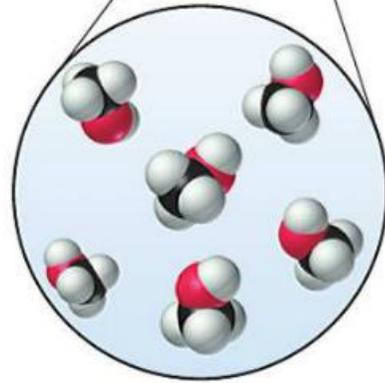
## Equilibrio Químico en disolución. Reacciones Ácido - Base. Reacciones de Oxidación - Reducción

R. Petrucci, "Química General", 10ª edición

Cartagena99

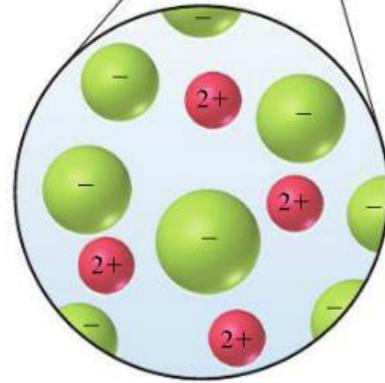
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



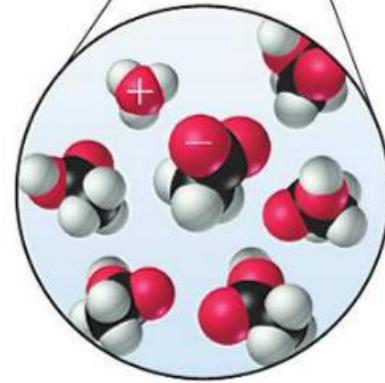
(a)

*No electrolito*



(b)

*Electrolito fuerte*



(c)

*Electrolito débil*



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Expresión de la concentración

- Concentración de una disolución: cantidad de soluto disuelta en una cantidad unidad de disolvente o disolución.

Es necesaria conocer la densidad de la disolución para convertir una en otra.

## Dependiente de la temperatura

### Porcentaje en volumen

$$\% V/V = \frac{\text{mL soluto}}{\text{mL disolución}} \cdot 100$$

### Porcentaje en masa/volumen

$$\% m/V = \frac{\text{g soluto}}{\text{mL disolución}} \cdot 100$$

## Independiente de la temperatura

### Porcentaje en masa

$$\% m/m = \frac{\text{g soluto}}{\text{g disolución}} \cdot 100$$

### Molalidad

$$m = \frac{\text{n soluto}}{\text{kg disolvente}}$$

### Fracción molar

$$\chi = \frac{\text{n soluto}}{\text{n totales}}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

- Disoluciones muy diluidas acuosas: densidad  $\rho = 1 \text{ g/mL}$
- Las concentraciones muy bajas se expresan como:

**ppm:** partes por millón ( $\mu\text{g/g}$ ,  $\mu\text{g/mL}$ ,  $\text{mg/L}$ )  $c_{ppm} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolvente}}} \cdot 10^6$

**ppb:** partes por billón ( $\text{ng/g}$ ,  $\text{ng/mL}$ ,  $\mu\text{g/L}$ )  $c_{ppb} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolvente}}} \cdot 10^9$

**ppt:** partes por trillón ( $\text{pg/g}$ ,  $\text{pg/mL}$ ,  $\text{ng/L}$ )  $c_{ppt} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolvente}}} \cdot 10^{12}$



Cartagena99

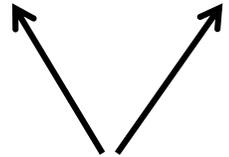
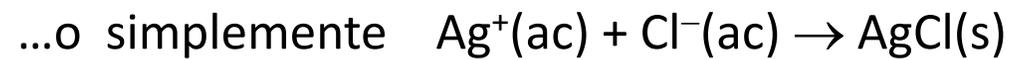
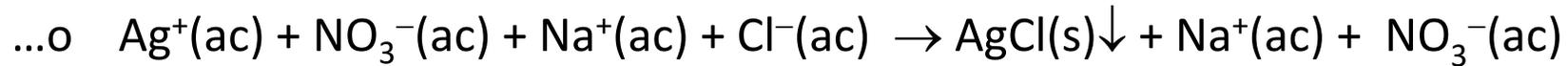
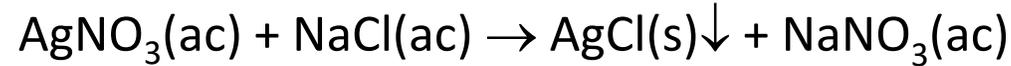
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

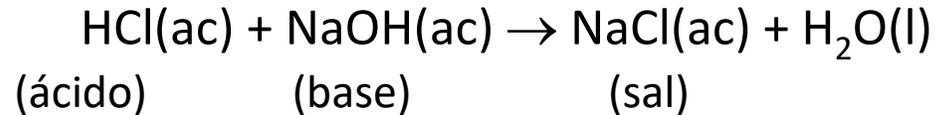
## Tipos de reacciones químicas en disolución

### 1.) Reacciones de precipitación

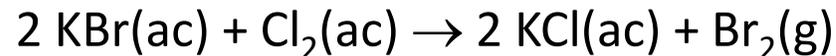


iones espectadores

### 2.) Reacciones ácido-base



### 3.) Reacciones de oxidación-reducción



Cartagena99

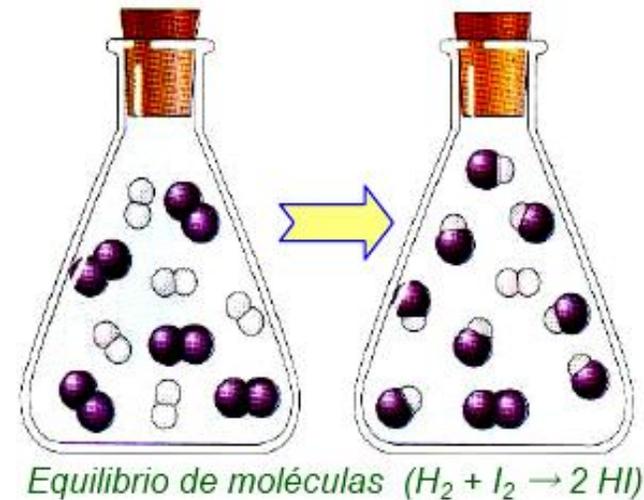
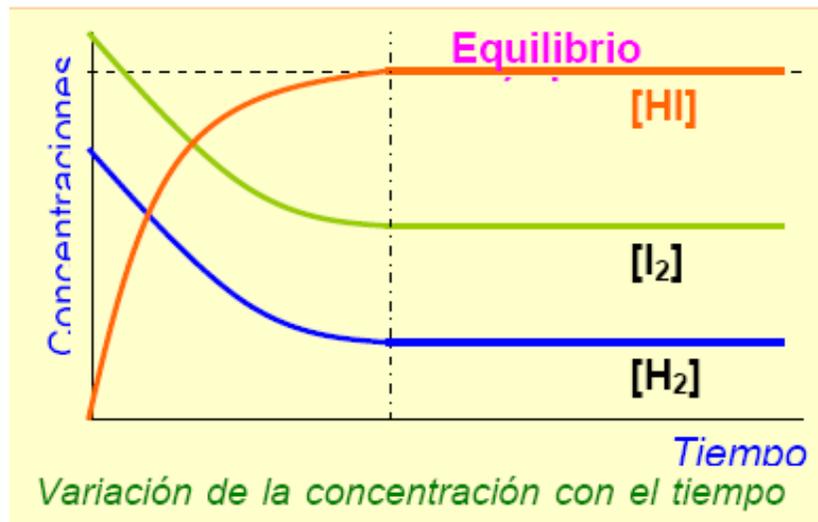
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## El equilibrio químico dinámico

Se alcanza cuando **dos procesos opuestos** tienen lugar a **velocidades iguales**. La **reacción** se produce en **ambos sentidos**, llegando a un **estado de equilibrio** en el que la **composición del sistema** permanece **constante en el tiempo**.

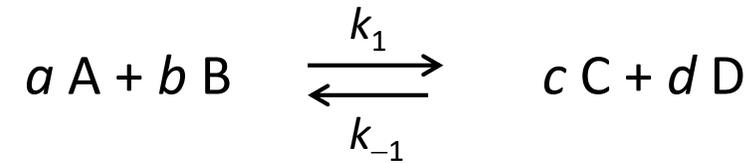


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Constante de equilibrio y constantes de velocidad



Reacción directa:  $v = k_1[A]^a[B]^b$

Reacción inversa:  $v = k_{-1}[C]^c[D]^d$

En equilibrio:  $v$  directa =  $v$  inversa

$$k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_{-1} \cdot [C]^c \cdot [D]^d$$

Reacciones directa e inversa son pasos elementales.

$$\frac{k_1}{k_{-1}} = \frac{[C]^c [D]^d \dots}{[A]^a [B]^b \dots} \quad \frac{k_1}{k_{-1}} = K$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Expresión general de la constante de equilibrio



Constante de equilibrio estequiométrica  $K_c = \frac{[C]^c [D]^d \cdots}{[A]^a [B]^b \cdots}$

**Ley de acción de masas:** explica y predice el comportamiento de disoluciones en equilibrio dinámico

Constante de equilibrio termodinámica  $K_{eq} = \frac{(a_C)^c (a_D)^d \cdots}{(a_A)^a (a_B)^b \cdots}$  adimensional

**Actividad  $a$ :** medida de la concentración efectiva de una especie en disolución.

$a_B = \gamma_B \frac{[B]}{c_0}$   $\gamma$ : coeficiente de actividad

Cartagena99

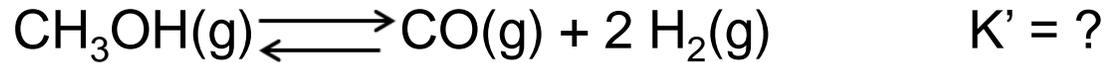
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Uso de K en ecuaciones químicas

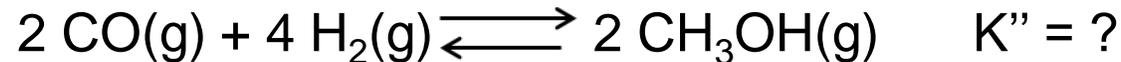


1) Cuando se invierte una ecuación, se invierte el valor de K.



$$K' = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}{[\text{CH}_3\text{OH}]} = \frac{1}{\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}} = \frac{1}{K} = \frac{1}{9.23 \times 10^{-3}} = 1.08 \times 10^2$$

2) Cuando se multiplica los coeficientes por un factor común, K se eleva a la correspondiente potencia.



$$K'' = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]^2}{[\text{CO}]^2[\text{H}_2]^4} = \left( \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2} \right)^2 = K^2 = (9.23 \times 10^{-3})^2 = 8.52 \times 10^{-5}$$

3.) Cuando se dividen los coeficientes por un factor común, se extrae la

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 5.) Equilibrios entre gases:

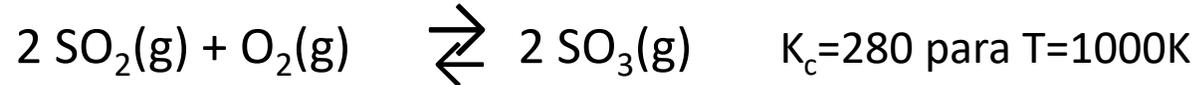
Gas ideal:  $PV = nRT$

$$[\ ] = \frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n}$$

$\Delta n = \Sigma n \text{ productos} - \Sigma n \text{ reactivos}$



$$\Delta n = 2 - (2 + 1) = -1$$

$$R = 0.082057 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$K_c = K_p \cdot RT$$

$$K_p = \frac{K_c}{RT} = \frac{280}{0.082057 \cdot 1000} = 3.4$$

## 6.) Equilibrios con intervención de sólidos y líquidos puros:



$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{P_{\text{CO}}P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} (RT)^{-1} = K_p (RT)^{-1} \quad (\Delta n = 1)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

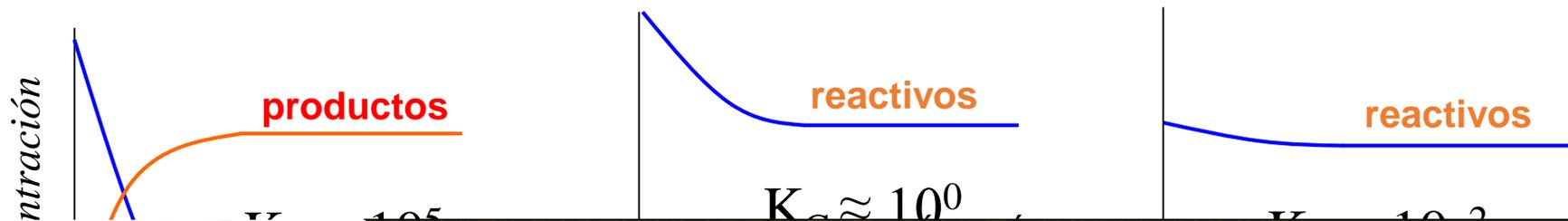
## Significado del valor numérico de la $K_{eq}$

TABLA 16.3 Constantes de equilibrio de algunas reacciones

| Reacción  | Constante de equilibrio, $K_p$ |
|---|--------------------------------|
| $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$                 | $1,4 \times 10^{83}$ a 298 K   |
| $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$                         | $1,9 \times 10^{-23}$ a 298 K  |
| $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$                       | 1,0 a aproximadamente 1200 K   |
| $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ | 3,4 a 1000 K                   |
|   | $1,6 \times 10^{-21}$ a 298 K  |
|   | 10,0 a aproximadamente 1100 K  |

$K_{eq} \gg 1$ : La reacción transcurre hacia la formación de productos.

$K_{eq} \ll 1$ : La reacción transcurre hacia la formación de reactivos.

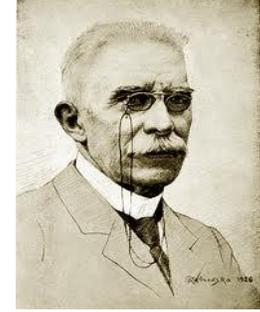


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Modificaciones del equilibrio: Principio de Le Châtelier



Cuando se somete un sistema en equilibrio a una modificación de la temperatura, la presión o la concentración de una de las especies reaccionantes, el sistema responde alcanzando un nuevo equilibrio que contrarresta *parcialmente* el efecto de la modificación.

### Factores que afectan al estado de equilibrio:

- **Concentración**
- **Presión y volumen**

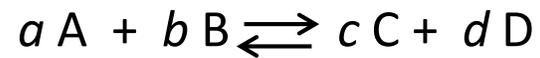
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

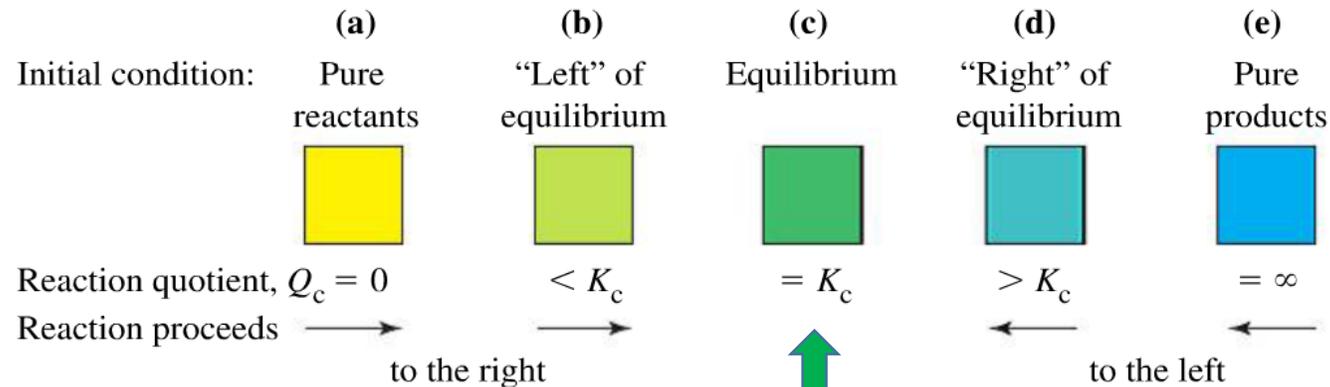
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 1.) Cambios en la concentración: No modifica la K



Cociente de reacción: 
$$Q_c = \frac{[C]_{ini}^c [D]_{ini}^d}{[A]_{ini}^a [B]_{ini}^b}$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

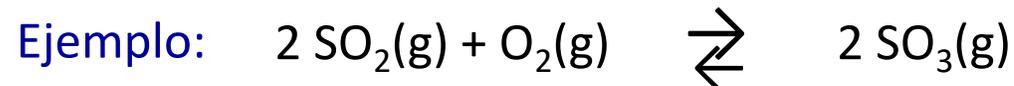
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$[C]^c [D]^d$

## 2.) Efecto de la presión o volumen: No modifica la K

- Cuando *disminuye* el volumen (= la presión aumenta) de una mezcla de gases en equilibrio, el cambio neto tiene lugar en el sentido en que se produce un *número menor de moles de gases*.

- Cuando el volumen *aumenta* (= la presión disminuye), el cambio neto tiene lugar en el sentido en que se produce un *número mayor de moles*.



Disminución de V (aumento de p): reacción →

Aumento de V (disminución de p): reacción ←

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{\left(\frac{n_{\text{SO}_2}}{V}\right)^2 \left(\frac{n_{\text{O}_2}}{V}\right)}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

De forma general:

$$[ ] = n/V$$

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \frac{n_C^c n_D^d}{n_A^a n_B^b} V^{(a+b)-(c+d)} = \frac{n_C^c n_D^d}{n_A^a n_B^b} V^{-\Delta n}$$

- Cuando **disminuye** el volumen de una mezcla de gases en equilibrio, éste se desplaza en el sentido del **número menor de moles** :

$$V \downarrow \Rightarrow n \downarrow$$

- Cuando el volumen **aumenta**, el equilibrio se desplaza en el sentido

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

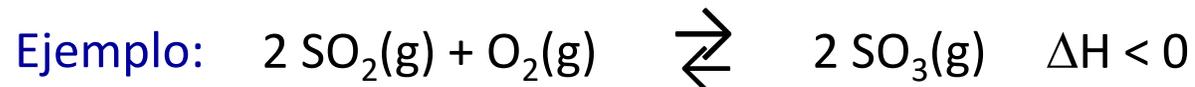
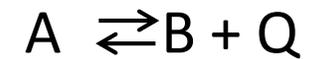
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

### 3.) Efecto de la temperatura: SÍ modifica la K

- El aumento de la temperatura (absorción de calor) de una mezcla en equilibrio desplaza la situación de equilibrio en el sentido de la reacción endotérmica ( $\Delta H > 0$ ):



- El descenso de la temperatura (salida de calor) ocasiona un desplazamiento en el sentido de la reacción exotérmica ( $\Delta H < 0$ ):



Disminución de T : reacción  $\rightarrow$

Aumento de T : reacción  $\leftarrow$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

temperatura: reacción endotérmica  $\leftarrow$  y reacción exotérmica  $\rightarrow$

## Explicación *termodinámica* del efecto de la temperatura

$$\Delta G^0 = -RT \cdot \ln K \quad ; \quad \Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

En equilibrio:  $-RT \cdot \ln K = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

**Ecuación de Van't Hoff:**

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^0}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$K_1 \dots a T_1$$

$$K_2 \dots a T_2$$

$$R = 8.3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

**a) Proceso endotérmico**  $\Delta H^0 > 0$ :  $\rightarrow -\frac{\Delta H^0}{R} < 0$

Si calentamos:  $T_2 > T_1$ :  $\left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) < 0 \rightarrow \ln \frac{K_2}{K_1} > 0 \rightarrow K_2 > K_1$   
Eq. desplaza dcha.

**b) Proceso exotérmico**  $\Delta H^0 < 0$ :  $\rightarrow -\frac{\Delta H^0}{R} > 0$

Si enfriamos:  $T_2 < T_1$ :  $\left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) > 0 \rightarrow \ln \frac{K_2}{K_1} > 0 \rightarrow K_2 > K_1$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 4.) Efecto de un catalizador sobre el equilibrio

- Un **catalizador** sustituye el mecanismo de una reacción por otro con una **energía de activación menor**.
- Un **catalizador no modifica la situación de equilibrio** en una **reacción reversible**, pero afecta a la **velocidad** a la que se alcanza el equilibrio.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

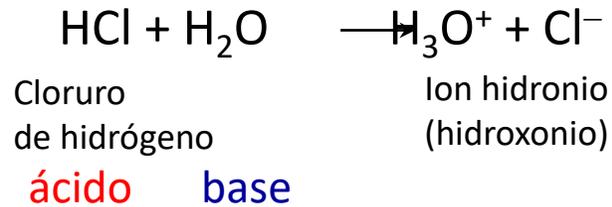
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

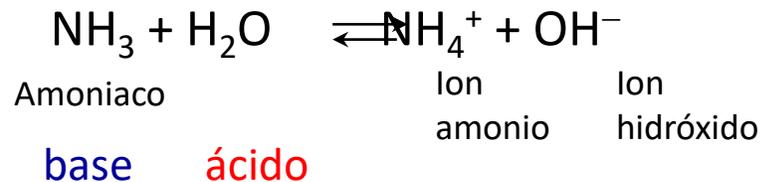
# Ácidos y Bases

Ácido de Brønsted-Lowry: donador de protón (H<sup>+</sup>)

Base de Brønsted-Lowry: aceptor de protón (H<sup>+</sup>)



HCl: ácido fuerte, disociación completa



NH<sub>3</sub>: base débil, disociación parcial

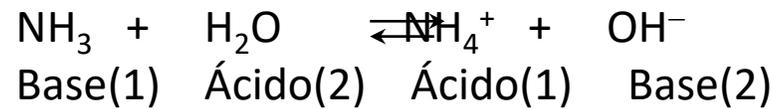
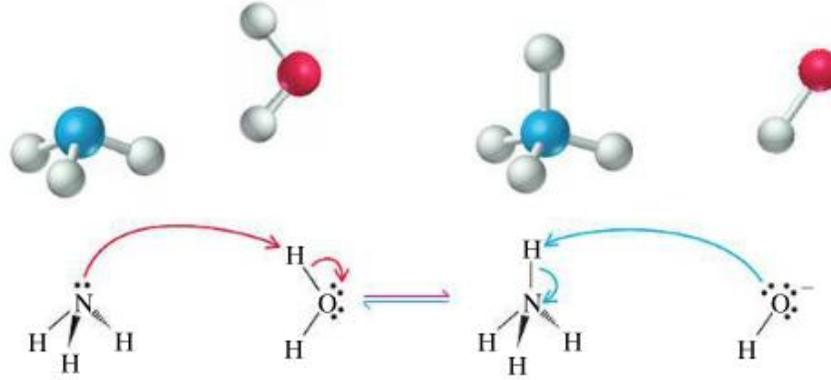


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

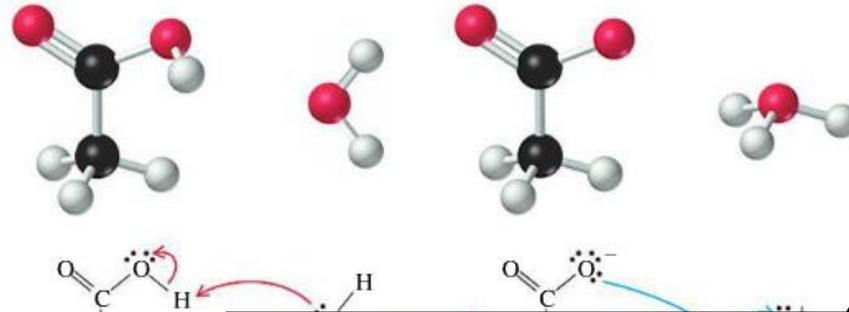
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Pares conjugados ácido-base



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1.8 \cdot 10^{-5}$$



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

ÁCIDO (1)

Base(2)    Base(1)    ÁCIDO(2)

# Fuerza de ácidos y bases

**TABLE 16.2**  
**The Common Strong Acids and Strong Bases**

| Acids                                       | Bases               |
|---|---------------------|
| HCl   | LiOH                |
| HBr   | NaOH                |
| HI  | KOH                 |
| HClO <sub>4</sub>                           | RbOH                |
| HNO <sub>3</sub>                            | CsOH                |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>a</sup> | Mg(OH) <sub>2</sub> |
|   | Ca(OH) <sub>2</sub> |
|   | Sr(OH) <sub>2</sub> |

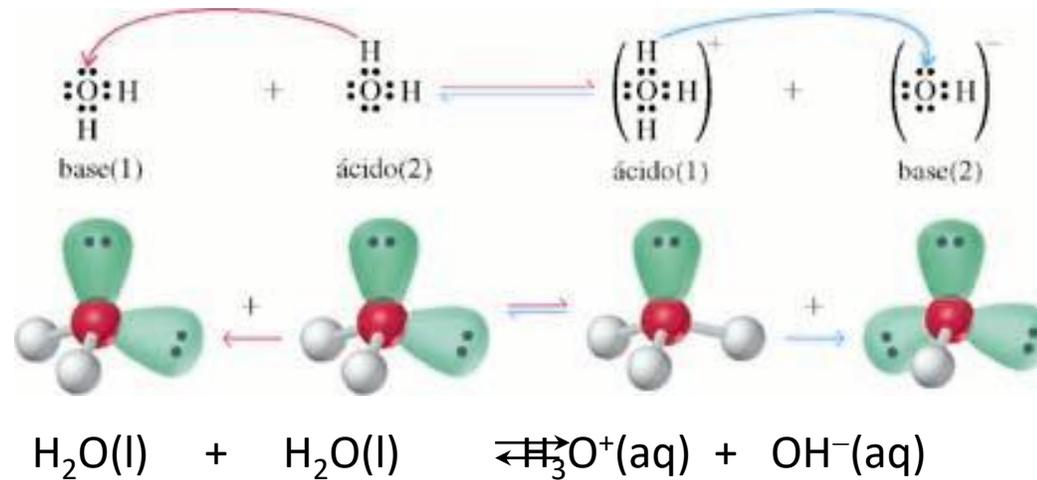
|   | ÁCIDO                         | BASE  |  |                       |              |
|---|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------|
| 100 por ciento ionizado en H <sub>2</sub> O | <b>Fuerte</b>                 | HCl   | Cl <sup>-</sup>                              | <b>Insignificante</b> |              |
|   |                               | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                |                       |              |
|   |                               | HNO <sub>3</sub>                              | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 |                       |              |
|   | H <sup>+</sup> (ac)           | H <sub>2</sub> O                              |  |                       |              |
| ↑ a la fuerza del ácido                     | <b>Débil</b>                  | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                 | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                |                       | <b>Débil</b> |
|   |                               | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>               |                       |              |
|   |                               | HF  | F <sup>-</sup>                               |                       |              |
|   |                               | HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> |                       |              |
|   |                               | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                |                       |              |
|   |                               | H <sub>2</sub> S                              | HS <sup>-</sup>                              |                       |              |
|   |                               | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>   | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               |                       |              |
|   |                               | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                  | NH <sub>3</sub>                              |                       |              |
|   |                               | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                 | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                |                       |              |
| HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>              | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |   |  |                       |              |
|   |                               |   | ↓ Aumenta la fuerza de la base               |                       |              |

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## La autoionización del agua y la escala pH



Carácter anfótero  
del agua

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \quad K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad \text{Producto iónico del agua a } 25^\circ\text{C}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{agua pura: pH} = 7$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \quad \text{agua pura: pOH} = 7$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## Cálculo del pH de ácidos y bases fuertes

1.) Calcular  $[H_3O^+]$ ,  $[Cl^-]$ ,  $[OH^-]$  y pH de 0.015M HCl:

$$[H_3O^+] = [Cl^-] = 0.015 \text{ M}$$

$$pH = -\log(0.015) = 1.82$$

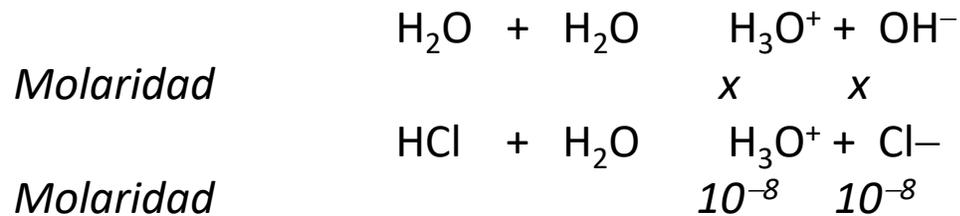
$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{1.5 \cdot 10^{-2}} = 6.7 \cdot 10^{-13}$$

2.) Hallar el pH de  $10^{-4}$  M KOH:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(10^{-4}) = 4$$

$$pH = 14 - pOH = 10$$

3.) pH de un ácido fuerte muy diluido: pH de  $10^{-8}$  M HCl ... ¿¿pH = 8??




CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Ácidos y bases débiles



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.8 \cdot 10^{-5} \quad \text{p}K_a = -\log K_a = -\log(1.8 \cdot 10^{-5}) = \mathbf{4.74}$$

Par ácido-base conjugado:  $K_w = K_a \cdot K_b$        $\text{p}K_a + \text{p}K_b = 14$

Si un ácido tiene gran tendencia a ceder protones su base conjugada no tendrá tendencia a aceptarlos.

Ácido fuerte: totalmente disociado

Base conjugada de ácido fuerte: **base inerte**

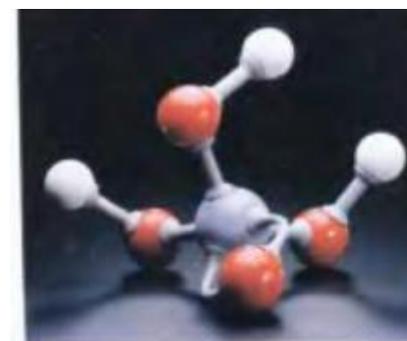
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

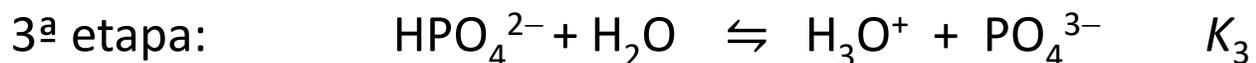
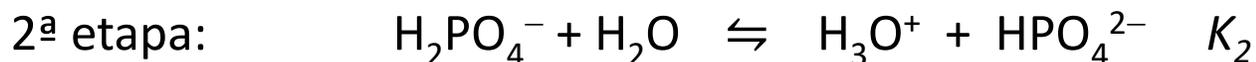
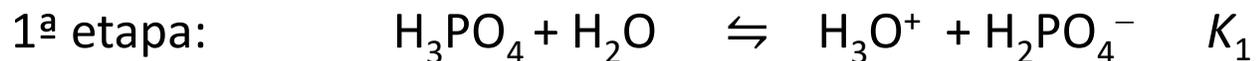
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Ácidos polipróticos

Pueden donar dos o más protones. Estos protones se separan de uno a uno de la molécula, de modo que hay una serie de etapas de disociación. Las tres etapas de disociación del ácido fosfórico son:



▲ Ácido fosfórico, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.



$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = 7.52 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 6.23 \cdot 10^{-8}$$

Ks para las tres etapas a 25°C:

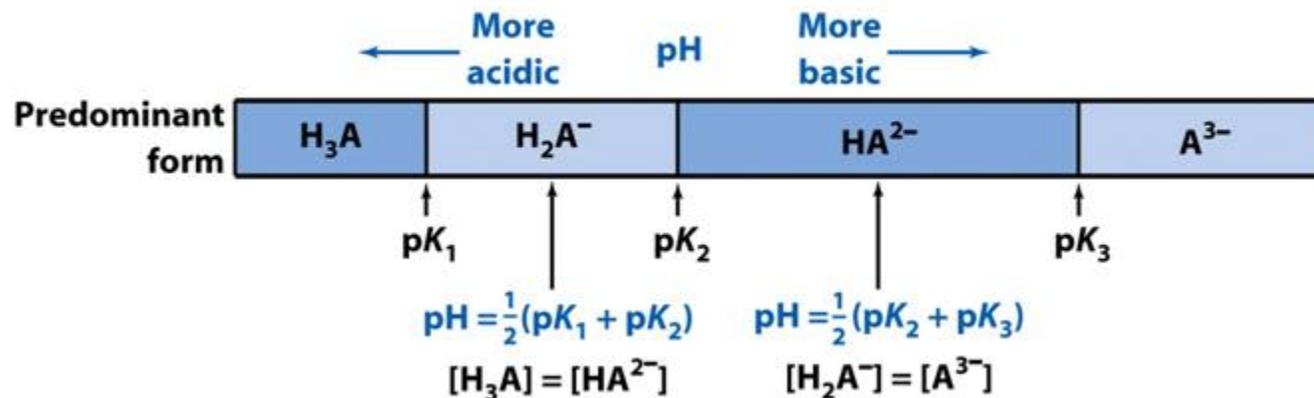
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

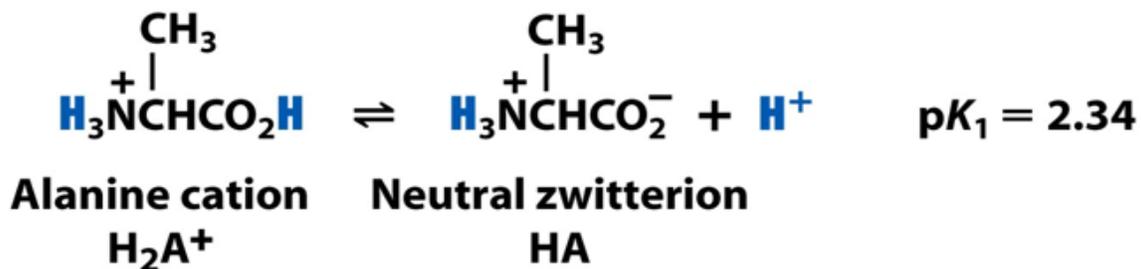
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Especies químicas predominantes en disolución y a diferentes pH para ácidos polipróticos



**Ejemplo: aminoácido alanina**



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

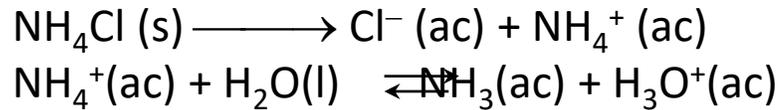
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

**Alanine anion**

$A^-$

## Propiedades ácido-base de las sales: hidrólisis

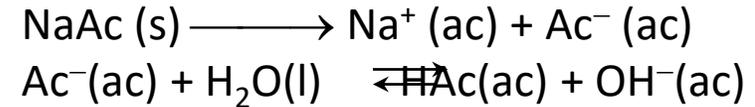
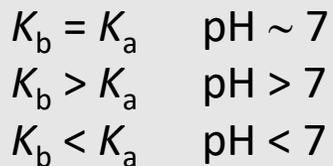


### Sal de ácido fuerte y base débil

El catión amonio se comporta como ácido:  
Exceso de  $\text{H}_3\text{O}^+$ : la disolución se hace **ácida**.

### ... y sal de ácido y base débil?

El pH depende las respectivas  $K_a$  del ácido y  $K_b$  de la base:



### Sal de ácido débil y base fuerte

El anión acetato se comporta como base.  
Exceso de  $\text{OH}^-$ : la disolución se hace **básica**.



NH<sub>4</sub>Cl      NaCl      NaCH<sub>3</sub>COO

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

## Disoluciones tampón o amortiguadoras

Una disolución tampón (buffer) es capaz de limitar los cambios de pH cuando se añaden cantidades moderadas de ácidos, bases, o cuando se produce una dilución.

### Composición de las disoluciones tampón

Ácido débil y su base conjugada: Ej: HAc/NaAc (buffer acetato)

Base débil y su ácido conjugado: Ej: NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl (buffer amonio)

### Capacidad amortiguadora

Número de moles de ácido o base fuerte que hay que añadir a 1 L de disolución amortiguadora para producir un cambio de su pH en una magnitud:  $\text{pH} = \text{p}K_a \pm 1$ .

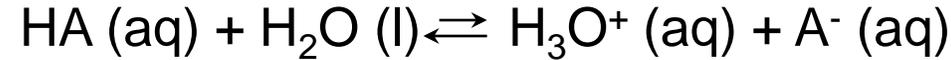
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## ¿Cómo funciona el tampón?



$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} ; [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} ; \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Al añadir pequeñas cantidades de ácido fuerte el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

La razón  $[\text{A}^-]/[\text{HA}]$  disminuye ligeramente, el pH se mantiene inalterado.

### Ejemplo:

Añadimos 0.001 moles HCl a 1 L agua: pH cae de **7** a **3**

Añadimos 0.001 moles HCl a 1 L tampón ácido



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## ¿Cómo se calcula el pH de tampones?

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{base}]_{\text{eq}}}{[\text{ácido}]_{\text{eq}}}$$

**Exacto**

Aproximación: concentraciones iniciales de ácido y base conjugado son grandes: cantidades que aparecen o desaparecen mientras se alcanza equilibrio son pequeñas comparado con las cantidades iniciales.

$[\text{base}]_{\text{eq}} = [\text{base}]_{\text{ini}}$  ;  $[\text{ácido}]_{\text{ini}} = [\text{ácido}]_{\text{eq}}$  etc.

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{base}]_{\text{ini}}}{[\text{ácido}]_{\text{ini}}}$$

**Aproximado**

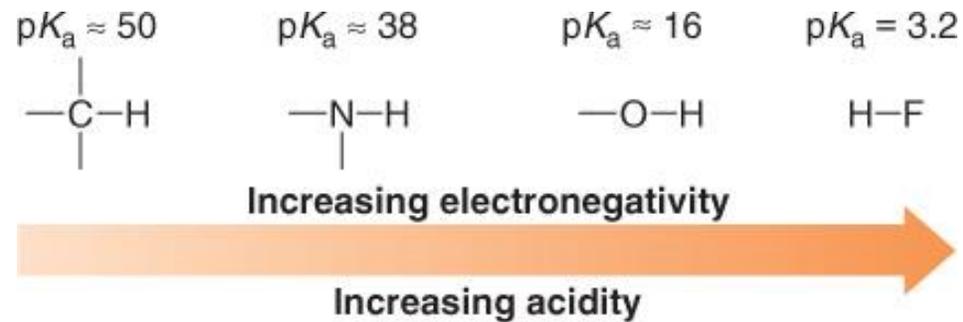
**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Estructura molecular y carácter ácido-base

Acidez H—A en un periodo aumenta de izquierda a derecha (aumenta electronegatividad).



En un grupo la carga negativa se estabiliza mejor con tamaño creciente del anión de arriba a abajo (menor basicidad, mayor acidez).



# Cartagena99

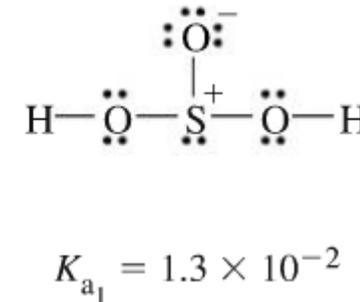
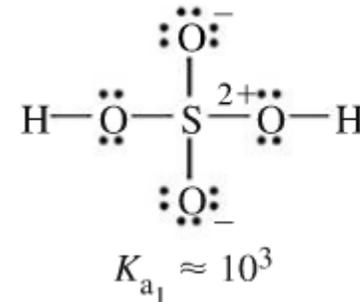
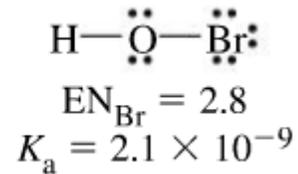
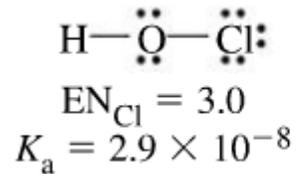
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

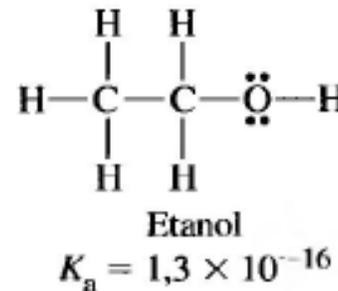
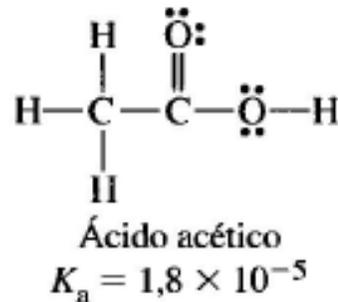
# Fuerza de los oxoácidos

Polarización del enlace OH hacia el átomo de oxígeno:



Alta electronegatividad del átomo central

Número elevado de átomos O terminales



## Ácidos orgánicos

Dispersión de la carga negativa

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Ion acetato

Ion etóxido

# Reacciones Redox

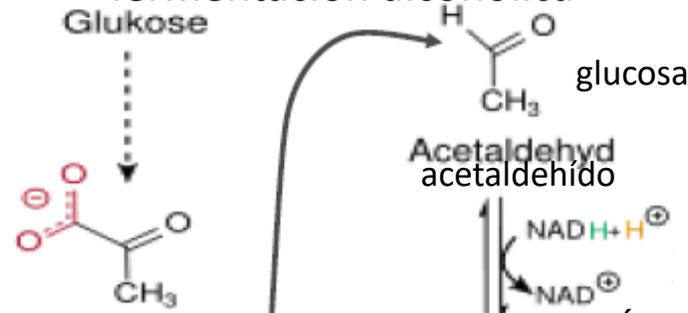
Las reacciones redox son la base del almacenamiento y de la conversión de energía química



fotosíntesis



fermentación alcohólica

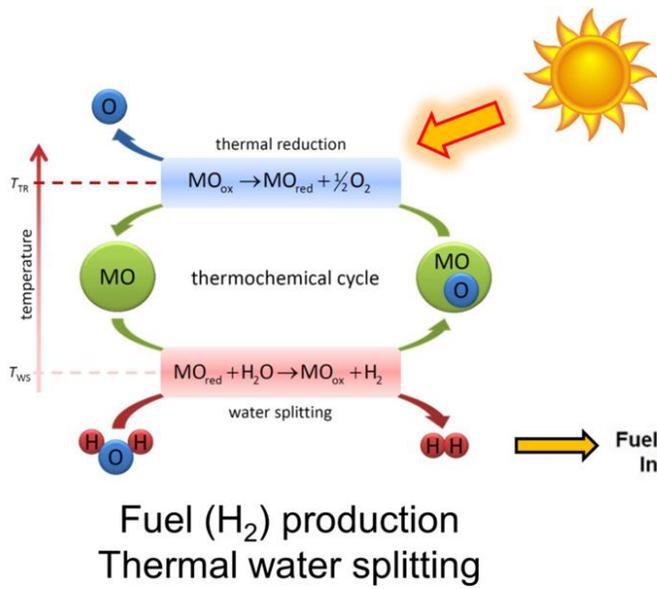


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

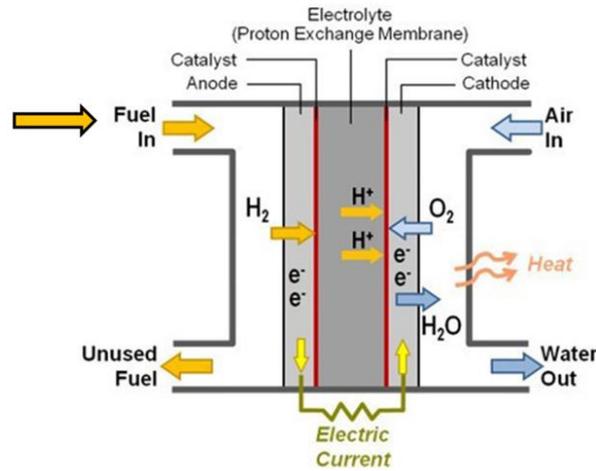
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Etanol

etanol

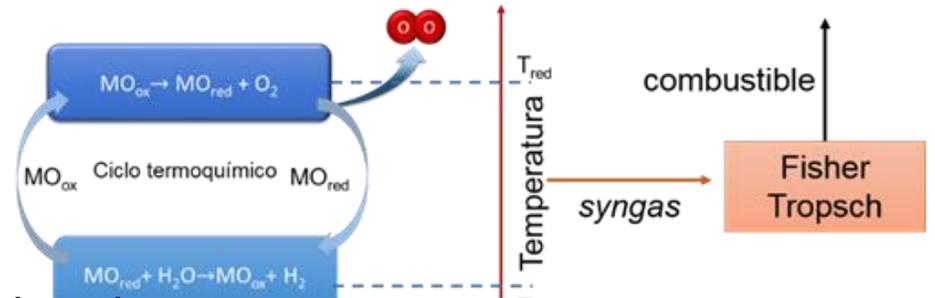


### Energy production Fuel Cell



Central térmica convencional

Instalación termosolar



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Reacciones Redox – Términos y conceptos

- Son reacciones de transferencia de  $e^-$  entre dos especies que cambian su número (o estado) de oxidación.
- Pueden producirse en estado sólido, líquido (fundido), gaseoso o en disolución.
- Oxidación = pérdida de  $e^-$ :  $A \rightarrow A^+ + e^-$
- Reducción = ganancia de  $e^-$ :  $B + e^- \rightarrow B^-$
- La oxidación y la reducción siempre se producen de forma conjunta (pares redox conjugados):  $A + B \rightarrow A^+ + B^-$
- Agente oxidante = aceptor de  $e^-$  ; se reduce
- Agente reductor = donador de  $e^-$  ; se oxida

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Reglas para la asignación de números de oxidación

1. Elementos: n.o. = 0.  $\text{Cl}_2, \text{H}_2, \text{Na}$
2. Iones atómicos: n.o. = carga iónica  $\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{S}^{2-}$
3. Moléculas:  $e^-$  de enlace se asignan al átomo con mayor EN.
4. Molécula neutra: = 0.  $\overset{+1}{\text{H}}\overset{+7}{\text{Cl}}\overset{-2}{\text{O}}_4$   $\overset{+4}{\text{C}}\overset{-2}{\text{O}}_2$
5. Ion-molécula:  $\Sigma$  n.o. = carga del ion poliatómico  $\overset{+5}{\text{P}}\overset{-2}{\text{O}}_4^{3-}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Números de oxidación comunes de elementos

|           |        |
|-----------|--------|
| Hidrógeno | -1, +1 |
|-----------|--------|

| IA - Alcalinos |    |
|----------------|----|
| Litio          | +1 |
| Sodio          |    |
| Potasio        |    |
| Rubidio        |    |
| Cesio          |    |
| Francio        |    |

| IIA - Alcalinotérreos |    |
|-----------------------|----|
| Berilio               | +2 |
| Magnesio              |    |
| Calcio                |    |
| Estroncio             |    |
| Bario                 |    |
| Radio                 |    |

| IIIA - Térreos |        |
|----------------|--------|
| Boro           | -3, +3 |
| Aluminio       | +3     |
| Galio          | +1, +3 |
| Indio          |        |
| Talio          |        |

| VA - Nitrogenoideos |            |
|---------------------|------------|
| Nitrógeno           | -3 al +5   |
| Fósforo             | -3, +3, +5 |
| Arsénico            |            |
| Antimonio           |            |
| Bismuto             | +3, +5     |

| VI - Anfígenos |                |
|----------------|----------------|
| Oxígeno        | -2 (-1, +2)    |
| Azufre         | -2, +2, +4, +6 |
| Selenio        | -2, +4, +6     |
| Teluro         |                |
| Polonio        | +2, +4         |

| VII - Halógenos |                    |
|-----------------|--------------------|
| Flúor           | -1                 |
| Cloro           | -1, +1, +3, +5, +7 |
| Bromo           |                    |
| Yodo            |                    |
| Astato          |                    |

| Gr. B - Elementos de transición |        |
|---------------------------------|--------|
| Hierro                          | +2, +3 |
| cobalto                         |        |
| Níquel                          | +2     |
| Zinc                            |        |
| Cadmio                          |        |

| Species                | O.S. |
|------------------------|------|
| $\text{NO}_3^-$        | +5   |
| $\text{N}_2\text{O}_4$ | +4   |
| $\text{NO}_2^-$        | +3   |
| NO                     | +2   |
| $\text{N}_2\text{O}$   | +1   |
| $\text{N}_2$           | 0    |
| $\text{NH}_2\text{OH}$ | -1   |
| $\text{N}_2\text{H}_4$ | -2   |

This species cannot be oxidized further.

This species cannot be reduced further.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

|       |  |
|-------|--|
| Plomo |  |
|-------|--|

|         |  |
|---------|--|
| Platino |  |
|---------|--|

## Ajuste de ecuaciones oxidación-reducción (sin participación de H<sup>+</sup> o OH<sup>-</sup>)

### Método del cambio del número de oxidación:

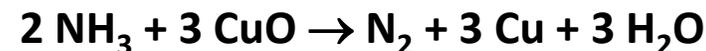
Ej.: Amoníaco y óxido de cobre(II) reaccionan formando cobre, nitrógeno y agua

1.- Escribir las semirreacciones de oxidación y reducción con los electrones de intercambio

3.- Sumar las semirreacciones:

2.- Igualar el número de electrones ganados y cedidos:

4.- Completar el balanceo ajustando el número de átomos en ambos lados de la reacción



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

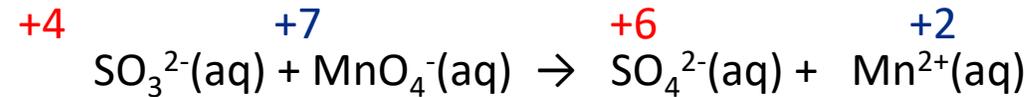
## Ajuste de ecuaciones oxidación-reducción (con participación de H<sup>+</sup> o OH<sup>-</sup>)

### Método del ion-electrón:



(Se usa para determinar sulfito residual en aguas residuales de fábricas de papel)

#### 1.- Determine números de oxidación:



SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> : reductor (se oxida, n.o. aumenta)

MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> : oxidante (se reduce, n.o. disminuye)

#### 2.- Escriba las semiecuaciones:



Cartagena99

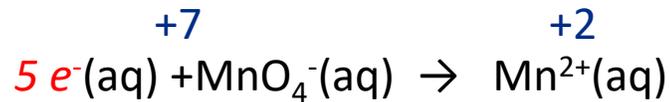
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

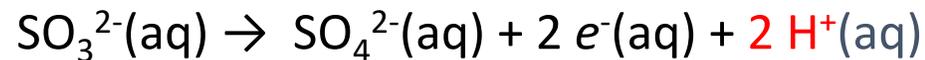
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

**Ajuste la estequiometría de las especies presentes en las etapas redox si fuese necesario**

4.- Añada electrones:



5.- Ajuste cargas eléctricas añadiendo  $\text{H}^{+}$  en medio ácido y  $\text{OH}^{-}$  en medio básico:



6.- Ajuste O y H añadiendo moléculas de agua:



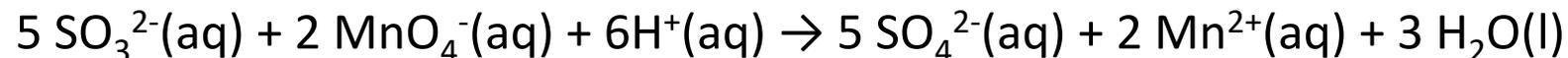
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

7.- Multiplique para ajustar el número de  $e^-$  en ambas semiecuaciones:



8.- Sume las semiecuaciones y simplifique si es posible:



9.- Compruebe el ajuste global.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

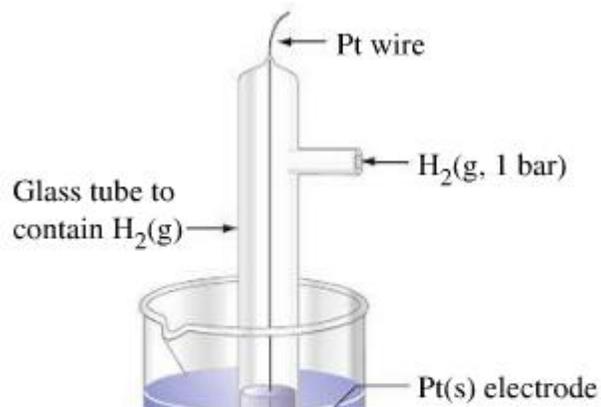
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Potenciales estándar de electrodo

- Los voltajes de las células (diferencias de potencial entre los electrodos) son una de las determinaciones que pueden llevarse a cabo con mayor precisión.
- Es difícil establecer el potencial de un electrodo individual.
- Elección del cero arbitrario.

### Electrodo Estándar de Hidrógeno (EEH)



Potenciales estándar de otras semiceldas se miden frente a EEH (ánodo).

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

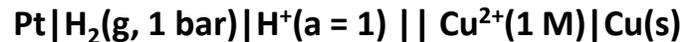
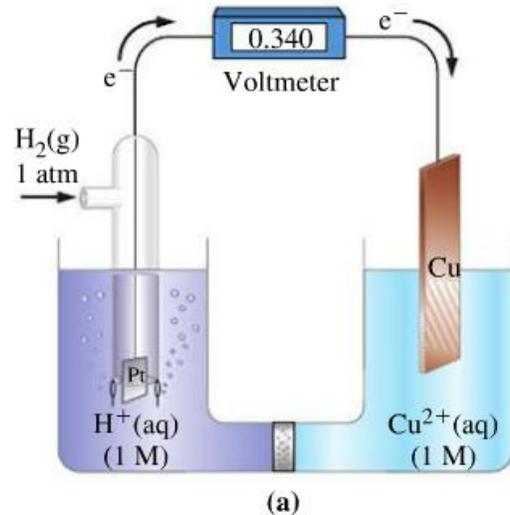
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$\text{Pt} | \text{H}_2(\text{g}, 1 \text{ bar}) | \text{H}^+(a = 1)$

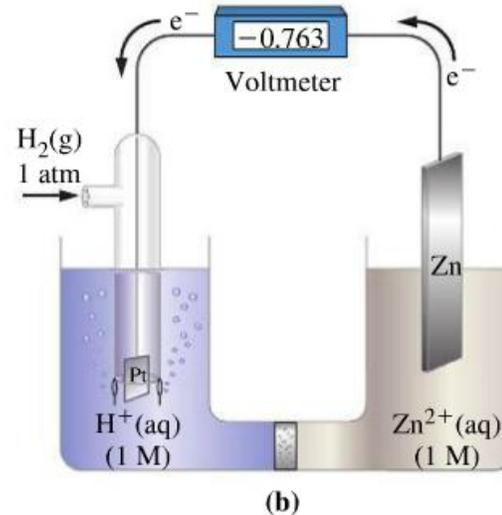


## Celdas para medir potenciales estándar de electrodo

El EEH siempre será el electrodo del la *izquierda* (ánodo), mientras el electrodo referido a EEH se encuentra a la *derecha* (cátodo).



$$\begin{aligned} E^\circ_{\text{cel}} &= E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} - E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} \\ &= 0.34 - 0 = 0.34 \text{ V} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} E^\circ_{\text{cel}} &= E^\circ_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} - E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} \\ &= -0.76 - 0 = -0.76 \text{ V} \end{aligned}$$

$$E^\circ_{\text{cel}} = E^\circ_{\text{cátodo}} - E^\circ_{\text{ánodo}}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

### Reductores fuertes:

- a la derecha en semirreacciones
- parte superior de la tabla
- potenciales redox  $E^\ominus$  negativos

### Oxidantes fuertes:

- a la izquierda en

| Poder reductor | Red $\rightleftharpoons$ Ox  | + z e <sup>-</sup>       | Potencial estándar (V) | Poder oxidante |
|----------------|--|--------------------------|------------------------|----------------|
|                | Li $\rightleftharpoons$ Li <sup>+</sup>                              | + 1 e <sup>-</sup>       | - 3.04                 |                |
|                | K $\rightleftharpoons$ K <sup>+</sup>                                | + 1 e <sup>-</sup>       | - 2.93                 |                |
|                | Ca $\rightleftharpoons$ Ca <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 2.84                 |                |
|                | Na $\rightleftharpoons$ Na <sup>+</sup>                              | + 1 e <sup>-</sup>       | - 2.71                 |                |
|                | Mg $\rightleftharpoons$ Mg <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 2.36                 |                |
|                | Al $\rightleftharpoons$ Al <sup>3+</sup>                             | + 3 e <sup>-</sup>       | - 1.68                 |                |
|                | Mn $\rightleftharpoons$ Mn <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 1.18                 |                |
|                | Zn $\rightleftharpoons$ Zn <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.76                 |                |
|                | Cr $\rightleftharpoons$ Cr <sup>3+</sup>                             | + 3 e <sup>-</sup>       | - 0.74                 |                |
|                | Fe $\rightleftharpoons$ Fe <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.44                 |                |
|                | Cd $\rightleftharpoons$ Cd <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.40                 |                |
|                | Co $\rightleftharpoons$ Co <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.28                 |                |
|                | Sn $\rightleftharpoons$ Sn <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.14                 |                |
|                | Pb $\rightleftharpoons$ Pb <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | - 0.13                 |                |
|                | Fe $\rightleftharpoons$ Fe <sup>3+</sup>                             | + 3 e <sup>-</sup>       | - 0.04                 |                |
|                | <b>H<sub>2</sub> <math>\rightleftharpoons</math> 2 H<sup>+</sup></b> | <b>+ 2 e<sup>-</sup></b> | <b>0.000</b>           |                |
|                | Sn $\rightleftharpoons$ Sn <sup>4+</sup>                             | + 4 e <sup>-</sup>       | 0.15                   |                |
|                | Cu $\rightleftharpoons$ Cu <sup>2+</sup>                             | + 2 e <sup>-</sup>       | 0.34                   |                |
|                | Cu $\rightleftharpoons$ Cu <sup>+</sup>                              | + 1 e <sup>-</sup>       | 0.52                   |                |
|                | Fe <sup>2+</sup> $\rightleftharpoons$ Fe <sup>3+</sup>               | + 1 e <sup>-</sup>       | 0.77                   |                |
|                | Au $\rightleftharpoons$ Au <sup>3+</sup>                             | + 3 e <sup>-</sup>       | 1.50                   |                |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

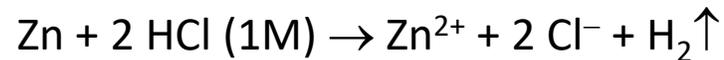
Cartagena99

positivos

# Relación entre $E_{\text{celda}}$ , $\Delta G$ y $K$



<http://www.youtube.com/watch?v=fPb85n-cUdA>



$$\Delta E^0 = 0 - (-0.76) = 0.76 \text{ V}$$

$$\Delta G^0 = -2 \cdot F \cdot 0.76 \text{ V} < 0 : \text{proceso espontáneo}$$

$$\Delta G^0 = -nF\Delta E^0$$

$$\Delta G^0 = -RT \cdot \ln K = -nF\Delta E^0$$

$$\text{o... } \Delta E^0 = \frac{RT}{nF} \ln K$$

$n$  = número de electrones

$$F = N_A \cdot e = 96485 \text{ C mol}^{-1}$$

$\Delta E$  = diferencia de potencial

$R$  = constante de los gases

$T$  = temp. absoluta

$K$  = cte. de equilibrio

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$\Delta G^{\circ} = -2 \cdot F \cdot (-0.34 \text{ V}) > 0 \text{ proceso no espontáneo}$$



## Ecuación de Nernst

La ecuación de Nernst (1889) describe la dependencia de la concentración, del potencial redox de una semicelda:



$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$



$$E = E^0 + \frac{0.0592}{n} \log \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$



W. Nernst  
Química, 1920

Forma utilizada  
a 25°C

*La ec. de Nernst es de gran trascendencia en electroquímica, galvánica y electroanalítica.*

### Cálculo de potenciales redox

1.) Semicelda  $\text{Cl}_2 + 2e^{-} \rightarrow 2 \text{Cl}^{-}$ ;  $[\text{Cl}_2] = 0.01\text{M}$ ;  $[\text{Cl}^{-}] = 0.2\text{M}$

$$E = E^0 + 0.0592/2 \log ([\text{Cl}_2]/[\text{Cl}^{-}]^2) = 1.36 + 0.0592/2 \cdot \log (0.01/0.2^2) = \underline{\underline{1.29 \text{ V}}}$$

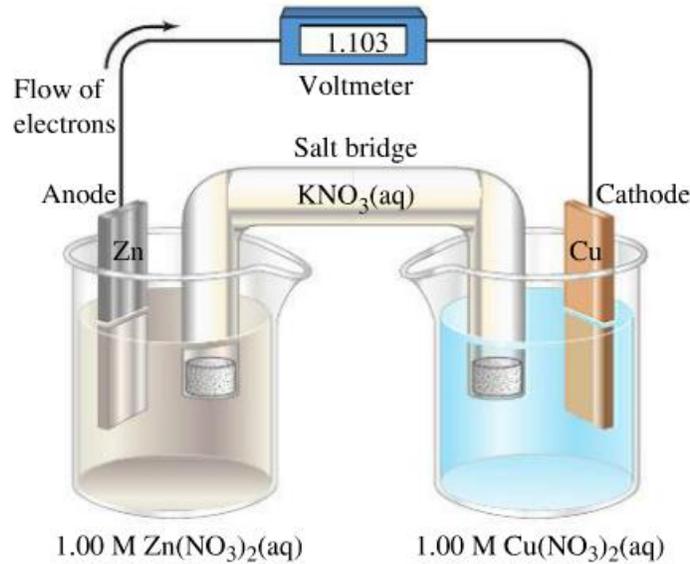
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

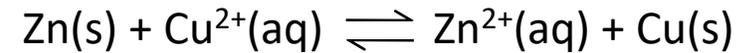
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# Fuerza electromotriz (f.e.m.)

Combinación de dos semiceldas: celda electroquímica



$$\Delta E^0 = E^0 (\text{cátodo}) - E^0 (\text{ánodo}) = \text{f.e.m.}$$



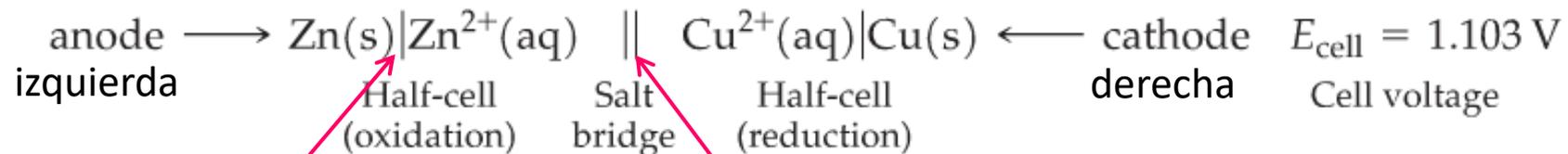
$$\Delta E^0 = 0.34 - (-0.76) \text{ V}$$

$$\Delta E^0_{\text{celda}} = 1.10 \text{ V}$$

$\Delta E^0 > 0$ : celda galvánica

$\Delta E^0 > 0$ : celda electrolítica

## Diagrama de celda



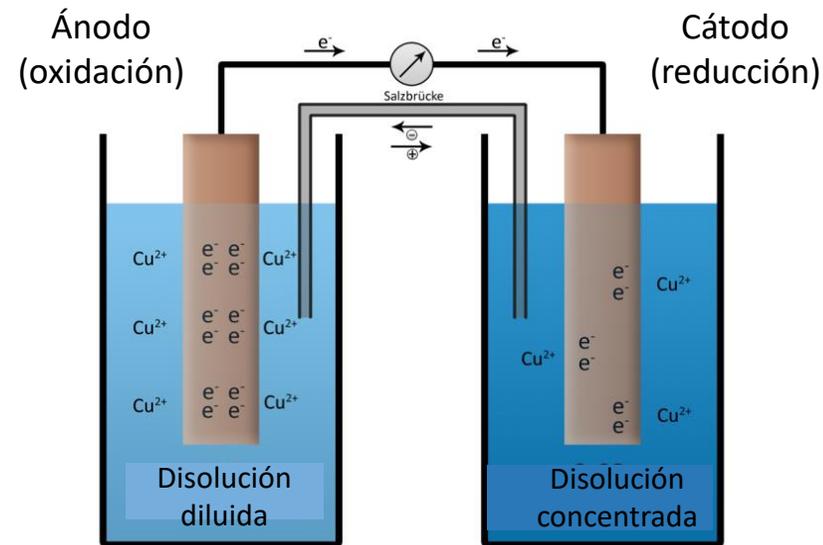
**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## Celda de concentración

Celda electroquímica que tiene dos semiceldas del mismo electrolito, pero que presentan diferentes concentraciones.



Diferencia de potencial entre una disolución 2M y otra 0.01M de un metal divalente:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70