

Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ingeniería

# Química General e Inorgánica

TRABAJO PRÁCTICO 10:

Equilibrios iónicos

Profesora Titular: Dra. Graciela Valente

Profesora Adjunta: Dra. Cecilia Medaura

Jefes de Trabajos Prácticos:

Lic. Sebastián Drajlin Gordon

Lic. Liliana Ferrer

Prof. Inés Grillo

Ing. Carina Maroto

Dra. Rebeca Purpora

Ing. Alejandra Somonte

Ing. Silvina Tonini

**Contenido:** Equilibrio ácido-base. Equilibrio iónico.

## ÍNDICE

I.	EJERCICIOS .....	3
1.	Equilibrio ácido-base, pH y neutralización .....	3
2.	Equilibrio iónico .....	4
II.	AUTOEVALUACIÓN .....	5
III.	RESPUESTAS .....	6
IV.	MATERIAL COMPLEMENTARIO .....	8

## I. EJERCICIOS

### 1. Equilibrio ácido-base, pH y neutralización

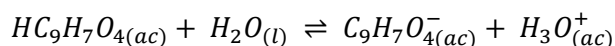
- Calcule el pH de una solución de:
  - Ácido clorhídrico 0,2 mol/L.
  - Ácido sulfúrico 0,2 mol/L, considerando ionización completa.
- Calcule el pH de una solución de:
  - Hidróxido de sodio al 0,30 %m/v.
  - Hidróxido de magnesio al 0,30 %m/v.
- Si el pH de una disolución de ácido clorhídrico es 2,3 ¿cuál es la concentración de dicha disolución?
- Si el pH de una disolución de NaOH es 13,20 ¿Cuál es su concentración?
- Calcule el pH de las siguientes soluciones:
  - 0,5 mol/L ácido nitroso ( $K_a = 1 \cdot 10^{-4}$ )
  - 0,4 g de ácido cianhídrico (HCN) disueltos en 50 mL de solución ( $K_a = 1 \cdot 10^{-10}$ ).
  - 0,15 mol/L de  $NH_3$  ( $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ )
  - $3,7 \cdot 10^{-3}$  mol/L de ácido carbónico. ( $K_a = 4,3 \cdot 10^{-7}$ ). Considere sólo su ionización a  $HCO_3^-$ .
- Una solución de ácido acético que tiene 6,005 g/L está disociada en 1,34 %. Calcule:
  - Las concentraciones molares en equilibrio de sus iones.
  - El pH de la solución.
- Calcule el grado de disociación de una sustancia AB teniendo en cuenta que 0,70 moles se disolvieron en 500 ml de solución y se formó 0,20 mol de  $A^+$ .
- Se mezclan 300 mL de solución de ácido clorhídrico 0,10 mol/L con 500 mL de hidróxido de sodio 0,20 mol/L. Calcule el pH de la solución resultante.
- Determine la concentración expresada en g/mL de una solución de hidróxido de sodio cuyo pH es 12.
- Para neutralizar 1,00 g de muestra de sosa cáustica (NaOH) se ocupan 8 mL de ácido clorhídrico 1 mol/L. Calcular la pureza del NaOH en la muestra.
- Para la neutralización de una muestra de 1 g de ácido sulfúrico comercial se han gastado 8,5 mL de hidróxido de sodio 1,8 mol/L. Calcule la pureza del ácido sulfúrico en la muestra.
- Determine la normalidad y molaridad de una solución de ácido sulfúrico, teniendo en cuenta que 35,0 mL de solución fueron neutralizados totalmente con 0,20 g de hidróxido de aluminio.

## 2. Equilibrio iónico

13. Escribir la expresión del producto de solubilidad de las siguientes sales:
- Cloruro de plata
  - Arseniato plumboso
  - Sulfato de bario
  - Hidróxido férrico
  - Fosfato de calcio
14. Calcule la solubilidad del fluoruro de magnesio en mol/L y g/L. Considere el valor de  $K_{ps}$  de tabla para esa sal.
15. La solubilidad en disolución acuosa de  $\text{CaSO}_4$  a 25 °C es 0,20 g/100 mL de solución. ¿Cuál es el valor del  $K_{ps}$  para sulfato de calcio a 25 °C?
16. Experimentalmente se obtiene que el yoduro de plomo (II) se disuelve en una proporción de  $6 \cdot 10^{-4}$  moles en 0,5 L de solución a 25 °C. Calcule su producto de solubilidad.
17. Indique el pH al cual comienza a precipitar:
- Los cationes magnesio, como hidróxido de magnesio, de una solución 0,01 mol/L de cloruro de magnesio. Considere el valor de  $K_{ps}$  de tabla para esa sal.
  - Los cationes férricos, como hidróxido férrico, de una solución  $10^{-5}$  mol/L de cloruro férrico. Considere el valor de  $K_{ps}$  de tabla para esa sal.
18. Si se mezclan 100 mL de sulfato de sodio 0,00075 mol/L con 50 mL de cloruro de bario 0,015 mol/L ¿Se formará precipitado?  $K_{ps} \text{ BaSO}_4 1,1 \cdot 10^{-10}$ .

## II. AUTOEVALUACIÓN

1. Calcule el pH de las siguientes soluciones suponiendo ionización total:
  - a. 0,4 mol/L de ácido nítrico.
  - b. 0,005 mol/L de ácido sulfúrico.
  - c. 2 g de ácido clorhídrico disueltos en 250 mL de solución.
2. Calcule el pH de las siguientes soluciones:
  - a. 0,1 mol/L ácido benzoico ( $C_6H_5COOH$ ),  $K_a = 6 \cdot 10^{-5}$ .
  - b. 0,4 g de ácido acético ( $CH_3COOH$ ) disueltos en 100 mL de solución,  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .
  - c. 0,50 mol/L de hidróxido de amonio,  $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$ .
3. La aspirina es un ácido orgánico, de  $K_a = 3,27 \cdot 10^{-4}$  para la reacción:



Si una persona tomara dos tabletas, cada una de 0,325 g de aspirina, y las disolviera en un vaso de agua de 225 mL ¿Cuál sería el pH de la solución?

4. Determine la concentración máxima de catión férrico que puede existir en agua potable a pH 6,4. Considere el valor de  $K_{ps}$  de tabla para el hidróxido férrico.
5. ¿Cuál es su solubilidad en moles/L y en g/L del fluoruro de calcio a 25 °C? Considere el valor de  $K_{ps}$  de tabla para esa sal.
6. Se dispone de una solución 0,01 mol/L de catión zinc y 0,01 mol/L de catión cúprico. Considere los valores de  $K_{ps}$  de tabla para cada sal.
  - a. ¿Cuál de los dos iones precipitará primero cuando se agrega ion sulfuro?
  - b. ¿Qué concentración de ion sulfuro como mínimo debe existir?
7. Determine la solubilidad en agua del sulfato de bario y del cromato de plata. Considere los valores de  $K_{ps}$  de tabla para cada sal.

### III. RESPUESTAS

1.
  - a. 0,7
  - b. 0,4
2.
  - a. 12,9
  - b. 13,0
3.  $5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$
4. 0,16 M
5.
  - a. 2,2
  - b. 5,3
  - c. 11,2
  - d. 4,4
6.
  - a.  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 9,88 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ;  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ M}$
  - b. 2,87
7. 0,29
8. 12,9
9. 0,04 g%<sub>mL</sub>
10. 32 %
11. 75 %
12. 0,22 N y 0,11 M
- 13.
14.  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  y  $7,4 \cdot 10^{-2} \text{ g/L}$
15.  $2,16 \cdot 10^{-4}$
16.  $1,4 \cdot 10^{-6}$
17.
  - a. 9,63
  - b. 3,3
18. Sí, se formará precipitado.

### Autoevaluación

1.
  - a. 0,4
  - b. 2,0
  - c. 0,66

2.
  - a. 2,6
  - b. 2,96
  - c. 11,5
3. 2,64
4.  $3,98 \cdot 10^{-15}$  M
5.  $2,1 \cdot 10^{-4}$  M y  $1,6 \cdot 10^{-2}$  g/L
6.
  - a. Precipitará primero el  $\text{Cu}^{2+}$ .
  - b.  $8,7 \cdot 10^{-34}$  M
7.  $1 \cdot 10^{-5}$  M y  $1,3 \cdot 10^{-4}$  M

#### IV. MATERIAL COMPLEMENTARIO

Tabla de Brönsted

FUERZA ACIDA	FUERZA ACIDA	ACIDO	BASE	FUERZA BASICA	FUERZA BASICA
↑	FUERTE Disociado 100% ac.	HClO <sub>4</sub> HCl H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> HNO <sub>3</sub> <b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup></b>	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <b>H<sub>2</sub>O</b>	NO SIGNIFICATIVA	↓
	MEDIANO	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> HF	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> F <sup>-</sup>	MUY DÉBIL	
	DÉBIL	HC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> S H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>3</sub> <sup>-</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> HS <sup>-</sup> HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> NH <sub>3</sub>	DÉBIL	
	MUY DÉBIL	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> HPO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> <b>H<sub>2</sub>O</b>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> <b>HO<sup>-</sup></b>	MEDIANO	
	NO SIGNIFICATIVO	HS <sup>-</sup> HO <sup>-</sup> H <sub>2</sub>	S <sup>2-</sup> O <sup>2-</sup> H <sup>-</sup>	FUERTE Disociado 100% ac.	



# Constantes del producto de solubilidad de algunos compuestos inorgánicos a 25°C



Sustancia	$K_{ps}$	Sustancia	$K_{ps}$
<b>Compuestos de aluminio</b>		$\text{CoCO}_3$	$8.0 \times 10^{-13}$
$\text{AlAsO}_4$	$1.6 \times 10^{-16}$	$\text{Co(OH)}_2$	$2.5 \times 10^{-16}$
$\text{Al(OH)}_3$	$1.9 \times 10^{-33}$	$\text{CoS } (\alpha)$	$5.9 \times 10^{-21}$
$\text{AlPO}_4$	$1.3 \times 10^{-20}$	$\text{CoS } (\beta)$	$8.7 \times 10^{-25}$
<b>Compuestos de antimonio</b>		$\text{Co(OH)}_3$	$4.0 \times 10^{-45}$
$\text{Sb}_2\text{S}_3$	$1.6 \times 10^{-95}$	$\text{Co}_2\text{S}_3$	$2.6 \times 10^{-124}$
<b>Compuestos de bario</b>		<b>Compuestos de cobre</b>	
$\text{Ba}_3(\text{AsO}_4)_2$	$1.1 \times 10^{-13}$	$\text{CuBr}$	$5.3 \times 10^{-9}$
$\text{BaCO}_3$	$8.1 \times 10^{-9}$	$\text{CuCl}$	$1.9 \times 10^{-7}$
$\text{BaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	$1.1 \times 10^{-7}$	$\text{CuCN}$	$3.2 \times 10^{-20}$
$\text{BaCrO}_4$	$2.0 \times 10^{-10}$	$\text{Cu}_2\text{O } (\text{Cu}^+ + \text{OH}^-)^2$	$1.0 \times 10^{-14}$
$\text{BaF}_2$	$1.7 \times 10^{-6}$	$\text{CuI}$	$5.1 \times 10^{-12}$
$\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}^*$	$5.0 \times 10^{-5}$	$\text{Cu}_2\text{S}$	$1.6 \times 10^{-48}$
$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	$1.3 \times 10^{-29}$	$\text{CuSCN}$	$1.6 \times 10^{-11}$
$\text{BaSeO}_4$	$2.8 \times 10^{-11}$	$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	$7.6 \times 10^{-36}$
$\text{BaSO}_3$	$8.0 \times 10^{-7}$	$\text{CuCO}_3$	$2.5 \times 10^{-10}$
$\text{BaSO}_4$	$1.1 \times 10^{-10}$	$\text{Cu}_2[\text{Fe(CN)}_6]$	$1.3 \times 10^{-16}$
<b>Compuestos de bismuto</b>		$\text{Cu(OH)}_2$	$1.6 \times 10^{-19}$
$\text{BiOCl}$	$7.0 \times 10^{-9}$	$\text{CuS}$	$8.7 \times 10^{-36}$
$\text{Bi(OH)}_3$	$1.0 \times 10^{-12}$	<b>Compuestos de cromo</b>	
$\text{Bi(OH)}_3$	$3.2 \times 10^{-40}$	$\text{CrAsO}_4$	$7.8 \times 10^{-21}$
$\text{BiI}_3$	$8.1 \times 10^{-19}$	$\text{Cr(OH)}_3$	$6.7 \times 10^{-31}$
$\text{BiPO}_4$	$1.3 \times 10^{-23}$	$\text{CrPO}_4$	$2.4 \times 10^{-23}$
$\text{Bi}_2\text{S}_3$	$1.6 \times 10^{-72}$	<b>Compuestos de estaño</b>	
<b>Compuestos de cadmio</b>		$\text{Sn(OH)}_2$	$2.0 \times 10^{-26}$
$\text{Cd}_3(\text{AsO}_4)_2$	$2.2 \times 10^{-32}$	$\text{SnI}_2$	$1.0 \times 10^{-4}$
$\text{CdCO}_3$	$2.5 \times 10^{-14}$	$\text{SnS}$	$1.0 \times 10^{-28}$
$\text{Cd(CN)}_2$	$1.0 \times 10^{-8}$	$\text{Sn(OH)}_4$	$1.0 \times 10^{-57}$
$\text{Cd}_2[\text{Fe(CN)}_6]$	$3.2 \times 10^{-17}$	$\text{SnS}_2$	$1.0 \times 10^{-70}$
$\text{Cd(OH)}_2$	$1.2 \times 10^{-14}$	<b>Compuestos de estroncio</b>	
$\text{CdS}$	$3.6 \times 10^{-29}$	$\text{Sr}_3(\text{AsO}_4)_2$	$1.3 \times 10^{-18}$
<b>Compuestos de calcio</b>		$\text{SrCO}_3$	$9.4 \times 10^{-10}$
$\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$	$6.8 \times 10^{-19}$	$\text{SrC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	$5.6 \times 10^{-8}$
$\text{CaCO}_3$	$4.8 \times 10^{-9}$	$\text{SrCrO}_4$	$3.6 \times 10^{-5}$
$\text{CaCrO}_4$	$7.1 \times 10^{-4}$	$\text{Sr(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}^*$	$3.2 \times 10^{-4}$
$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}^*$	$2.3 \times 10^{-9}$	$\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$	$1.0 \times 10^{-31}$
$\text{CaF}_2$	$3.9 \times 10^{-11}$	$\text{SrSO}_3$	$4.0 \times 10^{-6}$
$\text{Ca(OH)}_2$	$7.9 \times 10^{-6}$	$\text{SrSO}_4$	$2.8 \times 10^{-7}$
$\text{CaHPO}_4$	$2.7 \times 10^{-7}$	<b>Compuestos de hierro</b>	
$\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2$	$1.0 \times 10^{-3}$	$\text{FeCO}_3$	$3.5 \times 10^{-11}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$1.0 \times 10^{-25}$	$\text{Fe(OH)}_2$	$7.9 \times 10^{-15}$
$\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	$1.3 \times 10^{-6}$	$\text{FeS}$	$4.9 \times 10^{-18}$
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$	$2.4 \times 10^{-5}$	$\text{Fe}_4[\text{Fe(CN)}_6]_3$	$3.0 \times 10^{-41}$
<b>Compuestos de cobalto</b>		$\text{Fe(OH)}_3$	$6.3 \times 10^{-38}$
$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$	$7.6 \times 10^{-29}$	$\text{Fe}_2\text{S}_3$	$1.4 \times 10^{-88}$

A.16

FUENTE: Química, 8a. edición.  
 Whitten, Davis, Peck y Stanley.  
 2011.

APÉNDICE H: Constantes del producto de solubilidad de algunos compuestos inorgánicos a 25°C

Sustancia	$K_{ps}$	Sustancia	$K_{ps}$
<b>Compuestos de magnesio</b>		<b>Compuestos de oro (cont.)</b>	
$Mg_3(AsO_4)_2$	$2.1 \times 10^{-28}$	$Au(OH)_3$	$1.0 \times 10^{-31}$
$MgCO_3 \cdot 3H_2O^*$	$4.0 \times 10^{-5}$	$AuI_3$	$1.0 \times 10^{-46}$
$MgC_2O_4$	$8.6 \times 10^{-5}$	<b>Compuestos de plata</b>	
$MgF_2$	$6.4 \times 10^{-9}$	$Ag_3AsO_4$	$1.1 \times 10^{-20}$
$Mg(OH)_2$	$1.5 \times 10^{-11}$	$AgBr$	$3.3 \times 10^{-13}$
$MgNH_4PO_4$	$2.5 \times 10^{-12}$	$Ag_2CO_3$	$8.1 \times 10^{-12}$
<b>Compuestos de manganeso</b>		$AgCl$	$1.8 \times 10^{-10}$
$Mn_3(AsO_4)_2$	$1.9 \times 10^{-11}$	$Ag_2CrO_4$	$9.0 \times 10^{-12}$
$MnCO_3$	$1.8 \times 10^{-11}$	$AgCN$	$1.2 \times 10^{-16}$
$Mn(OH)_2$	$4.6 \times 10^{-14}$	$Ag_4[Fe(CN)_6]$	$1.6 \times 10^{-41}$
$MnS$	$5.1 \times 10^{-15}$	$Ag_2O (Ag^+ + OH^-)^*$	$2.0 \times 10^{-8}$
$Mn(OH)_3$	$1.0 \times 10^{-36}$	$AgI$	$1.5 \times 10^{-16}$
<b>Compuestos de mercurio</b>		$Ag_3PO_4$	$1.3 \times 10^{-20}$
$Hg_2Br_2$	$1.3 \times 10^{-22}$	$Ag_2SO_3$	$1.5 \times 10^{-14}$
$Hg_2CO_3$	$8.9 \times 10^{-17}$	$Ag_2SO_4$	$1.7 \times 10^{-5}$
$Hg_2Cl_2$	$1.1 \times 10^{-18}$	$Ag_2S$	$1.0 \times 10^{-49}$
$Hg_2CrO_4$	$5.0 \times 10^{-9}$	$AgSCN$	$1.0 \times 10^{-12}$
$Hg_2I_2$	$4.5 \times 10^{-29}$	<b>Compuestos de plomo</b>	
$Hg_2O \cdot H_2O^*$		$PbCO_3$	$1.5 \times 10^{-13}$
$(Hg_2^{2+} + 2OH^-)^*$	$1.6 \times 10^{-23}$	$PbCl_2$	$1.7 \times 10^{-5}$
$Hg_2SO_4$	$6.8 \times 10^{-7}$	$PbCrO_4$	$1.8 \times 10^{-14}$
$Hg_2S$	$5.8 \times 10^{-44}$	$PbF_2$	$3.7 \times 10^{-8}$
$Hg(CN)_2$	$3.0 \times 10^{-23}$	$Pb(OH)_2$	$2.8 \times 10^{-16}$
$Hg(OH)_2$	$2.5 \times 10^{-26}$	$PbI_2$	$8.7 \times 10^{-9}$
$HgI_2$	$4.0 \times 10^{-29}$	$Pb_3(PO_4)_2$	$3.0 \times 10^{-44}$
$HgS$	$3.0 \times 10^{-53}$	$PbSeO_4$	$1.5 \times 10^{-7}$
<b>Compuestos de níquel</b>		$PbSO_4$	$1.8 \times 10^{-8}$
$NiS (\alpha)$	$3.0 \times 10^{-21}$	$PbS$	$8.4 \times 10^{-28}$
$NiS (\beta)$	$1.0 \times 10^{-26}$	$Pb_3(AsO_4)_2$	$4.1 \times 10^{-36}$
$NiS (\gamma)$	$2.0 \times 10^{-28}$	$PbBr_2$	$6.3 \times 10^{-6}$
$Ni_3(AsO_4)_2$	$1.9 \times 10^{-26}$	<b>Compuestos de zinc</b>	
$NiCO_3$	$6.6 \times 10^{-9}$	$Zn_3(AsO_4)_2$	$1.1 \times 10^{-27}$
$Ni(CN)_2$	$3.0 \times 10^{-23}$	$ZnCO_3$	$1.5 \times 10^{-11}$
$Ni(OH)_2$	$2.8 \times 10^{-16}$	$Zn(CN)_2$	$8.0 \times 10^{-12}$
<b>Compuestos de oro</b>		$Zn_2[Fe(CN)_6]$	$4.1 \times 10^{-16}$
$AuBr$	$5.0 \times 10^{-17}$	$Zn(OH)_2$	$4.5 \times 10^{-17}$
$AuCl$	$2.0 \times 10^{-13}$	$Zn_3(PO_4)_2$	$9.1 \times 10^{-31}$
$AuI$	$1.6 \times 10^{-23}$	$ZnS$	$1.1 \times 10^{-21}$
$AuBr_3$	$4.0 \times 10^{-36}$		
$AuCl_3$	$3.2 \times 10^{-25}$		

\*En general, en los equilibrios en solución acuosa,  $[H_2O]$  no aparece en las constantes de equilibrio y, por tanto, tampoco aparece en las expresiones de  $K_{ps}$  de sólidos hidratados.

†Los óxidos se disuelven en agua en cantidades muy pequeñas para dar los iones indicados entre paréntesis. Los hidróxidos sólidos son inestables y se descomponen en el óxido tan luego como se forman.

FUENTE: Química, 8a. edición.  
 Whitten, Davis, Peck y Stanley.  
 2011.