

## ACIDEZ DE LOS CATIONES METÁLICOS (ACM)

**Pregunta a responder al final de la sesión:**

**¿Cuáles son las propiedades de un ion metálico que influyen en su fuerza ácida y cómo varía ésta en función de dichas propiedades?**

### Reactivos

LiCl 0.05 M	SnCl <sub>4</sub> 0.05 M	La(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O 0.1 M	ZrCl <sub>4</sub> 0.02 M
KCl 0.05 M	ZnCl <sub>2</sub> 0.01 M	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> 9H <sub>2</sub> O 0.05 M	NaOH 1 M y 3 M
FeCl <sub>3</sub> 0.02 M	BiCl <sub>3</sub> 0.05 M	MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O 0.05 M	

### Material por equipo

25 tubos de ensayo de 15x150 mm ó 13x100 mm	Pipetas Beral de 1 y 3 mL y/o goteros.
---	--

### Desarrollo experimental

**Paso 1.- IMPORTANTE:** Los tubos deben estar limpios. Enjuágalos con agua destilada. Añade después a cada uno de cuatro tubos 1 mL de agua destilada y una gota de indicador universal. Si el color en los cuatro no es igual, desecha el contenido de todos, enjuágalos de nuevo y repite la operación hasta que observes el mismo color en los cuatro.

A cada tubo con agua e indicador, agrega 2 mL de disolución de uno de los siguientes cationes: Li<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, La<sup>3+</sup>, Zr<sup>4+</sup> (los aniones son cloruros o nitratos, que no poseen propiedades ácido-base detectables). Deja un tubo con agua y anota su pH.

a) Compara el color de cada disolución con el patrón visual proporcionado por tu profesor y anota el pH correspondiente:

Catión	pH (disolución)
Agua	
Li <sup>+</sup>	
Mg <sup>2+</sup>	
La <sup>3+</sup>	
Zr <sup>4+</sup>	

Repite el experimento anterior utilizando ahora los cationes siguientes: K<sup>+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> y Sn<sup>4+</sup>. Anota tus resultados.

Catión	pH (disolución)
Agua	
K <sup>+</sup>	
Zn <sup>2+</sup>	
Al <sup>3+</sup>	
Sn <sup>4+</sup>	

b) Elabora una hipótesis acerca de cuál crees que es el factor responsable de las variaciones observadas en la acidez:

---

---

c) Considerando que un ion metálico ( $M^{n+}$ ) en disolución acuosa está en la forma  $[M(H_2O)_6]^{n+}$ , escribe los productos de la reacción de hidrólisis (que es la que da lugar a la acidez del catión):



**NOTA: debes escribir correctamente esta reacción antes de seguir adelante.**

**Paso 2.-** Ahora determinarás el pH de precipitación de los hidróxidos de estos cationes. Nuevamente asegúrate de que los tubos que vayas a emplear estén perfectamente limpios. Enjuágalos varias veces con agua destilada.

Inicia las pruebas con los cationes que mostraron **mayor** fuerza ácida. Para cada ion procede así: coloca 2 mL de la disolución del catión en un tubo de ensaye; añade, **gota a gota**, un pequeño volumen de disolución de NaOH 1 M y **agita después de cada adición**. Después de agregar cierta cantidad de NaOH se formará un precipitado o se observará una turbidez. Si desaparecen al agitar, añade otra gota de NaOH. Repite estas dos últimas acciones (adición de base y agitación) hasta que el precipitado ya no se redisuelva o la turbidez persista. Agrega entonces una gota de indicador universal y toma nota del pH de precipitación del catión. Continúa tus experimentos con los iones metálicos menos ácidos, utilizando esta vez NaOH 3 M.

Catión	pH de precipitación
$Li^+$	
$K^+$	
$Mg^{2+}$	
$Zn^{2+}$	
$La^{3+}$	
$Al^{3+}$	
$Zr^{4+}$	
$Sn^{4+}$	

**NOTA:** hay algunos cationes que **no** precipitan como hidróxidos aun por arriba de pH=14.

a) Completa el siguiente enunciado: Los cationes de \_\_\_\_\_ (mayor o menor) fuerza ácida, precipitan a valores de pH más \_\_\_\_\_ (altos o bajos).

**Paso 3.-** Una vez más, cuida que los tubos a utilizar se encuentren limpios y que hayan sido enjuagados con agua destilada.

A cada tubo agrega 2 mL de disolución de uno de los siguientes cationes:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ . Posteriormente añade, **gota a gota**,  $\text{NaOH}$  1 M, hasta 1 mL.

a) Menciona cuál de estos iones precipitó: \_\_\_\_\_

b) Consulta la tabla periódica y elabora una hipótesis acerca de cuál piensas que es la propiedad que lo hace tan distinto: \_\_\_\_\_

c) ¿Cómo es la acidez de este ion en comparación con los otros cationes monovalentes? \_\_\_\_\_

**Paso 4.-** Lava y enjuaga con agua destilada cuatro tubos de ensaye. Coloca en cada uno 2 mL de disolución de  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ . Determina el pH de precipitación de estos cationes siguiendo los pasos del punto 2 (utiliza  $\text{NaOH}$  1 M).

Catión	pH de precipitación	
$\text{Mg}^{2+}$		
$\text{Zn}^{2+}$		
$\text{Pb}^{2+}$		
$\text{Hg}^{2+}$		

a) Revisa la tabla periódica y relaciona la propiedad propuesta en el inciso 3b con el pH de precipitación y, en consecuencia, con la fuerza ácida de estos cationes:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) Por lo tanto, ¿en qué orden precipitarán los iones  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  y  $\text{La}^{3+}$  en función del pH?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Confirma tu predicción repitiendo el procedimiento del inciso 2 con estos cationes trivalentes.

Catión	pH de precipitación	
$\text{La}^{3+}$		
$\text{Al}^{3+}$		
$\text{Fe}^{3+}$		
$\text{Bi}^{3+}$		

**En conclusión:** ¿Cuáles son las propiedades de un ion metálico que influyen en su fuerza ácida y cómo varía ésta en función de dichas propiedades? Usa la columna adicional para anotar el valor de dicha propiedad para cada catión metálico.

\_\_\_\_\_

---

## Ejercicios para resolver al terminar la sesión

1.- Divide a todos los cationes en cinco categorías según su carácter ácido, usando como criterio el pH de precipitación; luego ubícalos en cada categoría según su carga y posición en la tabla periódica.

---

Categoría (pH de precipitación)	Ejemplos observados durante la práctica	Tipo de cationes (carga y bloque de la tabla periódica)
Cationes no ácidos (pH>14)		
Cationes muy débilmente ácidos (10<pH<14)		
Cationes débilmente ácidos (7<pH<10)		
Cationes moderadamente ácidos (3<pH<7)		
Cationes muy ácidos (pH<3)		

2.- Usando como primer criterio la carga y como segundo la electronegatividad, ordena a los siguientes cationes en orden de fuerza ácida creciente:  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Li}^{+}$ ,  $\text{Tl}^{+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Y}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ .

---

## Referencias bibliográficas.

1. Rayner-Canham, G. *Química Inorgánica Descriptiva*, Pearson Educación, México 2000. ISBN 968-444-385-4.
2. Housecroft, C. E.; Sharpe, A. G. *Química Inorgánica*, 2ª Edición, Pearson Educación, México, 2006. ISBN 9788420548470.
3. Atkins, P.; Overton, T.; Rourke, J.; Weller, M. *Química Inorgánica*, 4ª Edición, McGraw Hill, México, 2008. ISBN 970106531x.
- 4.- Wulfsberg, G. *Inorganic Chemistry*, University Science Books, California, Estados Unidos, 2000.

## **Apéndice II.- Preparación de disoluciones.**

LiCl 0.05 M, pesar 0.212 g de LiCl y aforar a 100 mL con agua destilada

MgCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O 0.05 M, pesar 1.0165 g y aforar a 100 mL con agua destilada

La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 6H<sub>2</sub>O 0.1 M, pesar 4.333 g aforados a 100 mL con agua destilada

ZrCl<sub>4</sub> 0.02 M, se pesan 0.467 g de la sal y se aforan a 100 mL con agua destilada

KCl 0.05 M, se pesan 0.37275 g de la sal y aforar a 100 mL con agua destilada

ZnCl<sub>2</sub> 0.1 M, 1.363 g por cada 100 mL de agua destilada

Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 9H<sub>2</sub>O 0.05 M, pesar 1.876 g por cada 100 mL de agua destilada

SnCl<sub>4</sub> 0.05 M, pesar 1.302 g con unas gotas de HCl concentrado y aforar a 100 mL

FeCl<sub>3</sub> 0.02 M, pesar 0.3244 g por cada 100 mL de agua destilada

BiCl<sub>3</sub> 0.05 M, 1.577 g de la sal y son aforados a 100 mL con agua destilada.

Pesando 0.4 g de NaOH y aforados a 100 mL se prepara una disolución aproximadamente 0.1 M

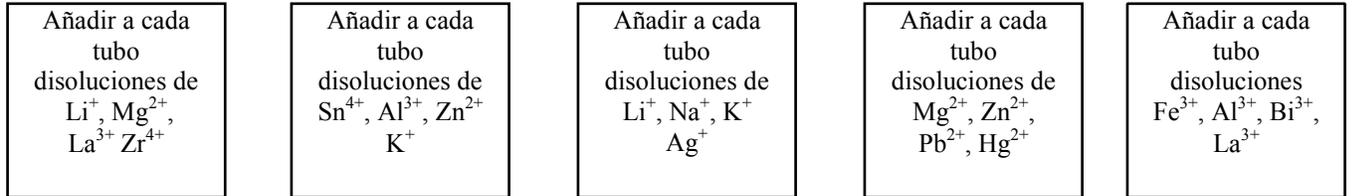
Pesando 4 g de NaOH y aforados a 100 mL se prepara una disolución aproximadamente 1 M

Pesando 12 g de NaOH y aforados a 100 mL se prepara una disolución aproximadamente 3 M

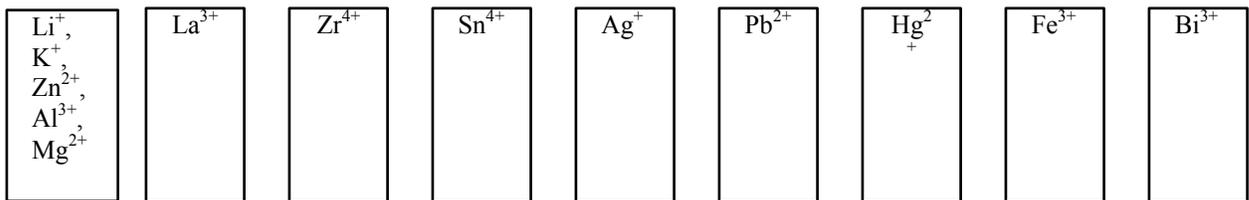
### Apéndice III.- Disposición de residuos.



#### Diagrama ecológico para el manejo de residuo



Añadir gota a gota NaOH 1 M hasta la formación de un sólido



#### Recomendaciones:

Al residuo **D1ACM** se debe verificar el pH y neutralizar hasta pH= 6 ó 7 con HCl o NaOH o bicarbonato según sea el caso. La mezcla neutralizada se puede desechar a la tarja.

Los residuos (**D2ACM**, **D3ACM**, **D4ACM**, **D6ACM**, **D7ACM**, **D8ACM** y **D9ACM**) se pueden tratar con carbonato o con hidróxido par precipitarlos. El Hg es más conveniente precipitarlo con sulfuro ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Plomo lo más conveniente es precipitarlo con una sal de yoduro el cual genera un sólido amarillo insoluble aun en medio ácido.

El residuo **D5ACM** la plata se puede llevar a pH neutro y precipitarla con cloruro de sodio. El sólido se somete a la mufla para utilizarlo nuevamente en el laboratorio. Evita contaminarlo.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18  
 I A II A III B IV B V B VI B VII B VIII VIII VIII I B II B III A IV A V A VI A VII A VIII A

1 2.2 <b>H</b> 1.008																	2 <b>He</b> 4.0026																																																																																																																																																																																																																																																												
3 0.98 <b>Li</b> 6.941	4 1.57 <b>Be</b> 9.0122											5 2.04 <b>B</b> 10.81	6 2.55 <b>C</b> 12.011	7 3.04 <b>N</b> 14.007	8 3.44 <b>O</b> 15.999	9 3.98 <b>F</b> 18.998	10 <b>Ne</b> 20.180																																																																																																																																																																																																																																																												
11 0.93 <b>Na</b> 22.990	12 1.31 <b>Mg</b> 24.305											13 1.61 <b>Al</b> 26.982	14 1.9 <b>Si</b> 28.085	15 2.19 <b>P</b> 30.974	16 2.58 <b>S</b> 32.06	17 3.16 <b>Cl</b> 35.45	18 <b>Ar</b> 39.95																																																																																																																																																																																																																																																												
19 0.82 <b>K</b> 39.098	20 1.0 <b>Ca</b> 40.078	21 1.36 <b>Sc</b> 44.956	22 1.54 <b>Ti</b> 47.867	23 1.63 <b>V</b> 50.942	24 1.66 <b>Cr</b> 51.996	25 1.55 <b>Mn</b> 54.938	26 1.83 <b>Fe</b> 55.845	27 1.88 <b>Co</b> 58.933	28 1.91 <b>Ni</b> 58.693	29 1.9 <b>Cu</b> 63.546	30 1.65 <b>Zn</b> 65.38	31 1.81 <b>Ga</b> 69.723	32 2.01 <b>Ge</b> 72.630	33 2.18 <b>As</b> 74.922	34 2.55 <b>Se</b> 78.97	35 2.96 <b>Br</b> 79.904	36 3.0 <b>Kr</b> 83.798																																																																																																																																																																																																																																																												
37 0.82 <b>Rb</b> 85.468	38 0.95 <b>Sr</b> 87.62	39 1.22 <b>Y</b> 88.906	40 1.33 <b>Zr</b> 91.224	41 1.6 <b>Nb</b> 92.906	42 2.16 <b>Mo</b> 95.95	43 1.9 <b>Tc</b> (98)	44 2.2 <b>Ru</b> 101.07	45 2.28 <b>Rh</b> 102.91	46 2.2 <b>Pd</b> 106.42	47 1.93 <b>Ag</b> 107.87	48 1.69 <b>Cd</b> 112.41	49 1.78 <b>In</b> 114.82	50 1.80 <b>Sn</b> 118.71	51 2.05 <b>Sb</b> 121.76	52 1.5 <b>Te</b> 127.60	53 2.66 <b>I</b> 126.90	54 2.60 <b>Xe</b> 131.29																																																																																																																																																																																																																																																												
55 0.79 <b>Cs</b> 132.91	56 0.89 <b>Ba</b> 137.33	*	72 1.3 <b>Hf</b> 178.49	73 1.5 <b>Ta</b> 180.95	74 2.36 <b>W</b> 183.84	75 1.9 <b>Re</b> 186.21	76 2.2 <b>Os</b> 190.23	77 2.2 <b>Ir</b> 192.22	78 2.28 <b>Pt</b> 195.08	79 2.54 <b>Au</b> 196.97	80 2.0 <b>Hg</b> 200.59	81 1.6 <b>Tl</b> 204.36	82 1.87 <b>Pb</b> 207.20	83 2.02 <b>Bi</b> 208.98	84 2.0 <b>Po</b> (209)	85 2.2 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)																																																																																																																																																																																																																																																												
87 0.7 <b>Fr</b> (223)	88 0.9 <b>Ra</b> 226.03	**	104 <b>Ku</b> (261)	105 <b>Ha</b> (260)																																																																																																																																																																																																																																																																									
* 57 1.1 <b>La</b> 138.91																		58 1.12 <b>Ce</b> 140.12																		59 1.13 <b>Pr</b> 140.91																		60 1.14 <b>Nd</b> 144.24																		61 <b>Pm</b> (145)																		62 1.17 <b>Sm</b> 150.36																		63 <b>Eu</b> 151.96																		64 1.2 <b>Gd</b> 157.25																		65 <b>Tb</b> 158.93																		66 1.22 <b>Dy</b> 162.50																		67 1.23 <b>Ho</b> 164.93																		68 1.24 <b>Er</b> 167.26																		69 1.25 <b>Tm</b> 168.93																		70 <b>Yb</b> 173.05																		71 <b>Lu</b> 174.97																	
** 89 1.1 <b>Ac</b> 227.03																		90 1.3 <b>Th</b> 232.04																		91 1.5 <b>Pa</b> 231.04																		92 1.38 <b>U</b> 238.03																		93 <b>Np</b> (237)																		94 1.28 <b>Pu</b> (244)																		95 1.3 <b>Am</b> (243)																		96 1.3 <b>Cm</b> (247)																		97 1.3 <b>Bk</b> (247)																		98 1.3 <b>Cf</b> (251)																		99 <b>Es</b> (252)																		100 <b>Fm</b> (257)																		101 <b>Md</b> (258)																		102 <b>No</b> (259)																		103 <b>Lw</b> (262)																	

No. atómico

Electronegatividad  
Pauling

Masa atómica

Las masas están actualizadas conforme a la INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC) con fecha de diciembre del 2018, [www.iupac.org](http://www.iupac.org)