

INTRODUCCIÓN A LAS HIDROVOLUMETRÍAS

QUÍMICA ANALÍTICA I - Curso Teórico 2025

TECNÓLOGO QUÍMICO
UTU – UdelaR - UTEC

Contenido de la Clase

- ▶ Introducción a las Valoraciones o Titulaciones
- ▶ Aspectos Teóricos de las Valoraciones
- ▶ Patrones primarios y secundarios
- ▶ Reacción de Valoración: requisitos
- ▶ Modalidades de Valoraciones: Directa, Indirecta, Retrovaloración, Combinaciones.
- ▶ Curvas de Valoración
- ▶ Aspectos Prácticos de las Valoraciones
- ▶ Cálculos en problemas de Valoraciones
- ▶ Aplicaciones

Valoraciones o Titulaciones

“Valorar es el proceso de determinar la cantidad de una **sustancia A** por el agregado de incrementos medidos de una **sustancia B** con la cual **reacciona**, provisto de **algún medio de reconocimiento del punto final** que indica que **A reaccionó completamente.**”

IUPAC Compendium of Chemical Terminology

LA VALORACIÓN – Aspectos teóricos



A es el **analito**, la sustancia cuya cantidad se desea determinar.

B es el **valorante**, el reactivo de concentración exactamente conocida que se agrega sobre el analito. También llamado **patrón**.

Analito y valorante reaccionan mediante la **reacción de valoración**.

Aspectos teóricos



El momento en el cual se cumple la igualdad estequiométrica:

$$\frac{n_A (\text{presentes})}{a} = \frac{n_B (\text{agregados})}{b}$$

Se denomina PUNTO EQUIVALENTE.

Es un punto **teórico**.

Aspectos teóricos



Antes del PEq:

$$\frac{n_A (\textit{presentes})}{a} > \frac{n_B (\textit{agregados})}{b}$$

Después del PEq:

$$\frac{n_A (\textit{presentes})}{a} < \frac{n_B (\textit{agregados})}{b}$$

¿QUIÉN ESTÁ EN EXCESO EN CADA SITUACIÓN?

Aspectos teóricos

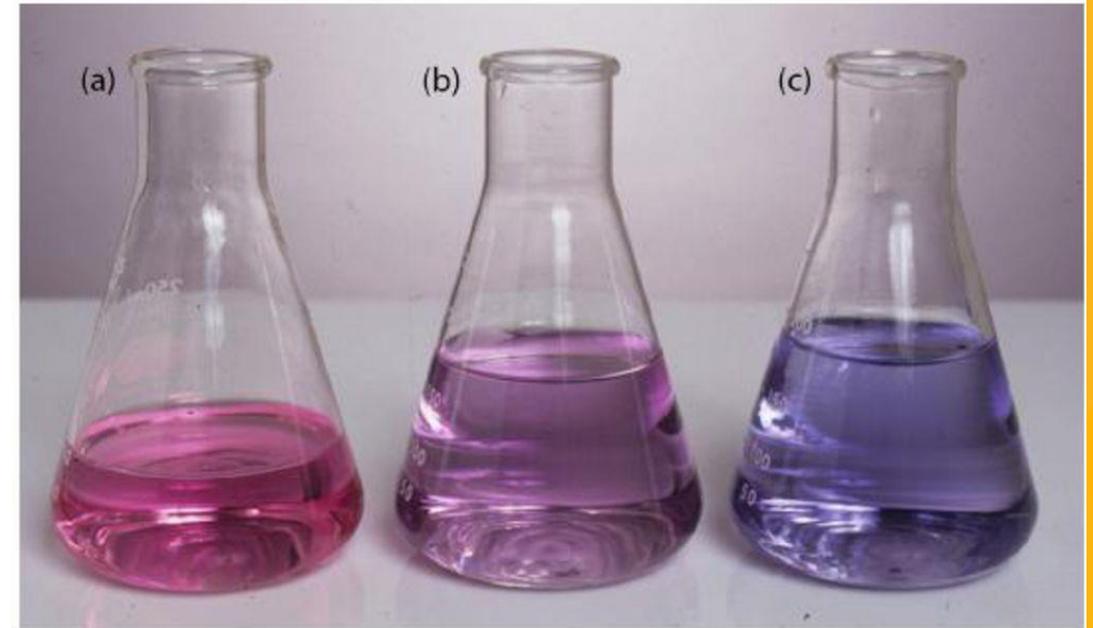
PUNTO EQUIVALENTE

Es el instante en el cual la cantidad molar del valorante agregada se **encuentra en relación estequiométrica** con la cantidad molar de analito presente en solución (punto **teórico**)

PUNTO FINAL

Es el punto experimental en el cual se detiene el agregado de valorante por detectarse un cambio brusco en una propiedad física de la solución (hablaremos más de él luego).

Cambio de color en el punto final de la valoración de Ca con EDTA



Aspectos teóricos

► Valoraciones volumétricas (volumetrías)

Se mide el **volumen** de solución de reactivo valorante. Dado que se conoce su concentración en mol/L, se calcula

$$n_{val}(mol) = C_{val} \left(\frac{mol}{L} \right) \cdot V_{agregado}(L)$$

► Valoraciones gravimétricas

Se mide la **masa** de solución de reactivo valorante. Dado que se conoce su concentración molar másica (mol/kg), se calcula

$$n_{val}(mol) = C'_{val} \left(\frac{mol}{kg} \right) \cdot m_{agregada}(kg)$$

En este curso de Química Analítica I nos centraremos en las primeras, por lo que de aquí en adelante cuando hablemos de valoraciones o titulaciones nos referiremos EXCLUSIVAMENTE a ellas.



¡Tienen
sus
ventajas!

Reactivos usados como valorantes

Comúnmente, las disoluciones de reactivos valorantes se denominan disoluciones PATRÓN.

En tal sentido, tendremos disoluciones **PATRON PRIMARIO** (PP) y disoluciones **PATRON SECUNDARIO** (PS).

- ▶ Una disolución **PATRON PRIMARIO** se prepara directamente por pesada de la sustancia correspondiente (llamada **PATRON PRIMARIO**) o por dilución. Su concentración es exactamente conocida y **NO NECESITA VALORACIÓN POSTERIOR**.
- ▶ Un **PATRON SECUNDARIO** se prepara a partir de una sustancia que no cumple los requisitos para ser patrón primario, y luego se **VALORA** contra un **PATRÓN PRIMARIO**.

Patrones Primarios

Las características deseables para que una sustancia química sea considerada PATRON PRIMARIO son las siguientes:

1. Posee MUY ALTA PUREZA (mayor a 99,95%)
2. Es ESTABLE a temperatura y presión ambiente.
3. No reacciona con ni absorbe especies de la atmósfera (H_2O , CO_2 , O_2).
4. En lo posible debe ser estable en estufa (aprox. $105\text{ }^{\circ}C$).
5. Deberá poseer una MASA MOLAR elevada (mayor a 100 g/mol) para que pequeñas cantidades molares tengan una masa elevada fácilmente pesable.
6. Debe poseer un costo razonable.



Patrones Primarios

Ejemplos:

- ▶ *Valoración de una disolución problema de HCl con Na₂CO₃*

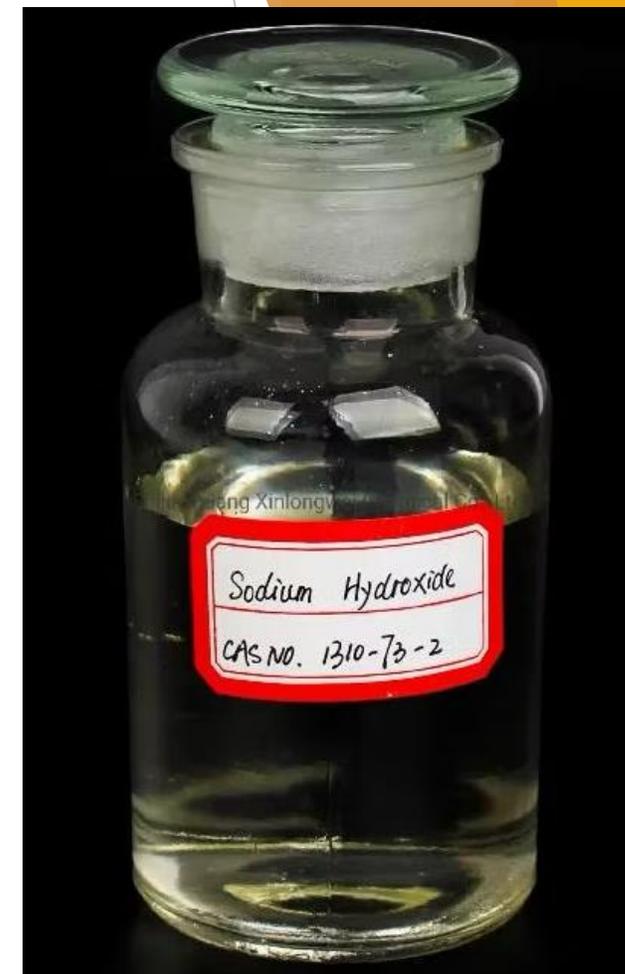
Dado que el Na₂CO₃ (s, secado a 105 °C) cumple con las características de patrón primario, el HCl se puede valorar directamente con esta sustancia.

- ▶ *Valoración de una disolución problema de HCl con NaOH*

Dado que el NaOH (s) NO cumple con las características de patrón primario, primero se lo debe valorar contra un patrón primario (p.ej. H₂C₂O₄·2H₂O), transformándolo así en un patrón secundario.

- ▶ *Valoración de una disolución problema de NH₃ con HCl*

Dado que el HCl (conc.) NO cumple con las características de patrón primario, primero se lo debe valorar contra un patrón primario (p.ej. Na₂CO₃), transformándolo así en un patrón secundario.



Patrones Primarios

IMPORTANTE

TOMA EN MASA:

- ▶ Si la masa requerida es *mayor* a 0,1 g
- ▶ Se masa en forma exacta una masa m_0 en **balanza analítica** ($d=0,0001\text{g}$)
- ▶ $m_{patron} = m_0 \cdot (P/100)$, siendo P la pureza (%) del patrón (certificado de análisis)



TOMA EN VOLUMEN:

- ▶ Si la masa requerida es *menor* a 0,1 g
- ▶ Se disuelve una masa exactamente conocida (m_0) en un **matraz aforado** (V_M),
- ▶ Se toman alícuotas exactamente conocidas (V_t) de dicha solución con **pipeta aforada** o con **bureta**.
- ▶ En este último caso: $m_{patron} = m_0 \cdot (P/100) \cdot V_t/V_M$. siendo P la pureza (%) del patrón.
- ▶ Tener en cuenta que los volúmenes verificados se refieren a 20 °C; pueden ser necesarias correcciones si el trabajo lo requiere.



Patrones Primarios

► Ejemplo:

Para llevar a cabo una valoración, se requieren 0,02 g (m_{patron}) de determinado patrón primario (Pureza = 100%).

- *Toma en volumen*
- *Se masa en forma exacta una m_0 de aproximadamente 0,2 g*
- *Se disuelve en un matraz aforado de 100,00 mL (o 50,00 mL)*
- *Se realizan tomas de la solución resultante de 10,00 mL (o 5,00 mL)*



$$m_{\text{patron}} = [m_0 \cdot (P/100)] \cdot (V_t/V_M)$$

Patrones Primarios y Secundarios

Patrones primarios y secundarios comunes en el análisis volumétrico inorgánico disponibles en QA I

PATRONES PRIMARIOS	PATRONES SECUNDARIOS
Na_2CO_3	NaOH
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	HCl
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	EDTA, sal disódica, dihidrato
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	AgNO_3
NaCl	KMnO_4
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	I_2

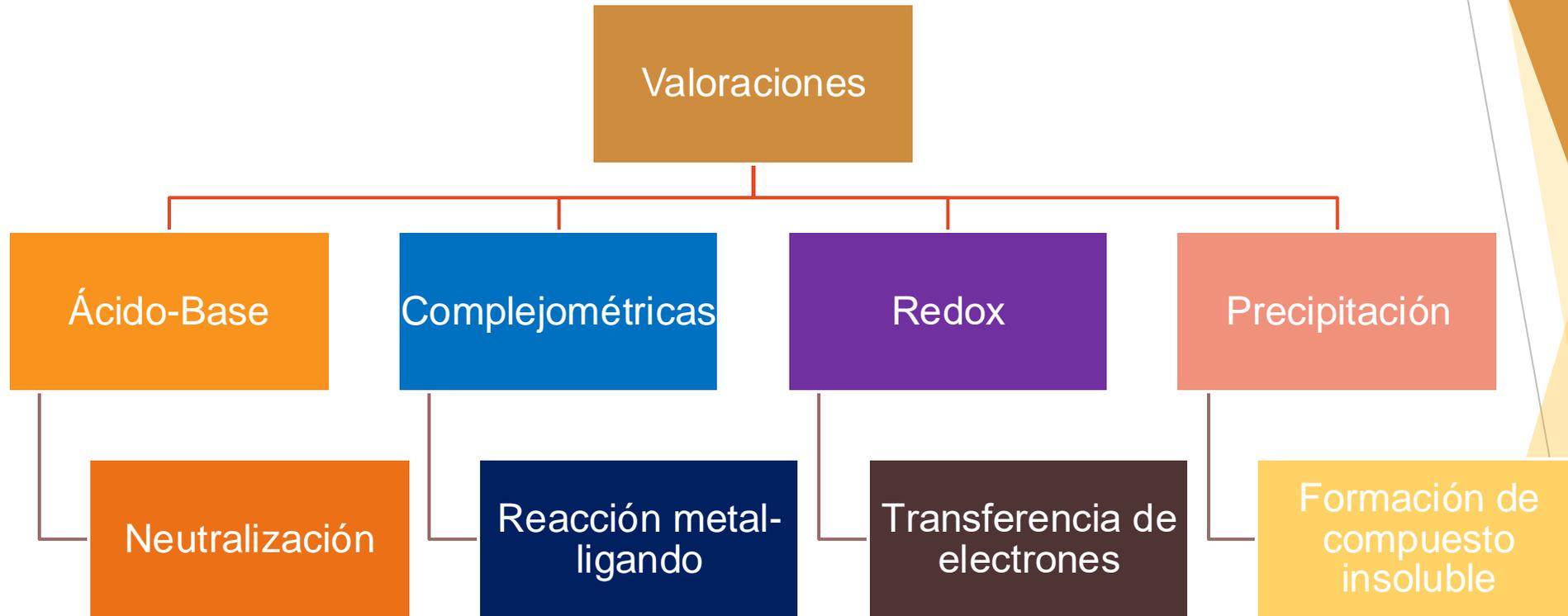
PATRONES PRIMARIOS:

Son reactivos caros cuya pureza se debe mantener lo más elevada posible.

¡Prestar mucha atención a su correcta manipulación y almacenamiento!

Todos los errores asociados a su manipulación, repercuten seriamente en el resultado analítico final

Clasificación de las valoraciones



todas ellas, para ser usadas en una valoración, deben de cumplir con ciertos requisitos.

Reacciones de valoración

Requisitos:

- ▶ **Reacciones completas (cuantitativas)**
- ▶ **Estequiometria definida**
- ▶ **Punto final detectable (¡hay que parar a tiempo!)**
- ▶ **Rápida**
- ▶ **Específica (sin reacciones laterales) y Reproducible (baja variabilidad)**

1) Reacción completa

Consideraremos que un proceso es completo o cuantitativo cuando la extensión del mismo es de un 99.9%.

Para una reacción química,

Analito + Valorante \rightleftharpoons Producto,

$$K_{eq} = \frac{[Producto]}{[Analito][Valorante]}$$

	[Analito]	[Valorante]	[Producto]
Inicial	1	1	0
equilibrio	1-x	1-x	x

$$x = 0.999 \text{ mol/L}$$
$$1-x = 0.001 \text{ mol/L}$$

$$K_{eq} = \frac{0.999}{0.001 * 0.001} = 10^7$$

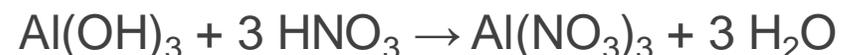
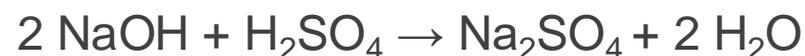
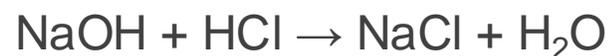
1) Reacción completa

EL REQUISITO FUNDAMENTAL PARA QUE UNA REACCIÓN QUÍMICA PUEDA SER CONSIDERADA COMPLETA / CUANTITATIVA, Y POR TANTO PUEDA SER USADA EN UNA VALORACIÓN ES:

$$K_{eq} \geq 10^7$$

1) Reacción completa

Ejemplo: ¿Cuál es la constante de equilibrio de las siguientes reacciones?



Si consideramos que todos los productos se disocian completamente en medio acuoso (electrolitos fuertes), y eliminamos especies espectadoras, la ecuación química neta PARA LOS TRES CASOS es:



2) Estequiometría definida

- ▶ Idealmente, debe existir una **proporción definida** entre los moles de analito y valorante que reaccionan. Dicho de otro modo: **se conocen exactamente los coeficientes estequiométricos** de todos los reactivos participantes en la valoración.
- ▶ Conocer la estequiometría de la reacción de valoración es lo que nos permite plantear la siguiente igualdad en el punto equivalente:



$$\frac{n_A (\textit{presentes})}{a} = \frac{n_B (\textit{agregados})}{b} = \frac{n_C (\textit{formados})}{c}$$

3) Punto final detectable

DEBE DE EXISTIR UNA FORMA DE CONOCER EL MOMENTO EXACTO EN EL CUAL SE COMPLETÓ LA REACCIÓN DE VALORACIÓN (ES DECIR, SE ALCANZÓ EL PUNTO EQUIVALENTE).

Para ello se puede monitorear alguna **propiedad de la solución del analito que varíe a lo largo de la valoración**, con tal de que la variación sea más pronunciada en las cercanías del punto equivalente.
(ej. pH, concentración de analito o valorante)

Dicha propiedad puede **medirse directamente (potenciometría)** o utilizarse para modificar las propiedades de una tercera sustancia (indicador), ocasionando una alteración estructural de ésta que produzca un cambio de color.

El punto final puede ocurrir **antes o después** del punto equivalente.
Se debe lograr que la diferencia sea mínima (ERROR DE VALORACIÓN)

4) Reacción rápida

- ▶ El cambio que se produzca en las propiedades fisicoquímicas de la disolución en el momento de agregado de algunos de los reactivos (analito o valorante) **debe ser apreciable -en lo posible- de forma rápida (idealmente instantánea).**
- ▶ Esto además permite que la reacción se complete en un tiempo razonable.
- ▶ Para las reacciones lentas existe la alternativa de la **valoraciones indirectas o retrovaloraciones.**

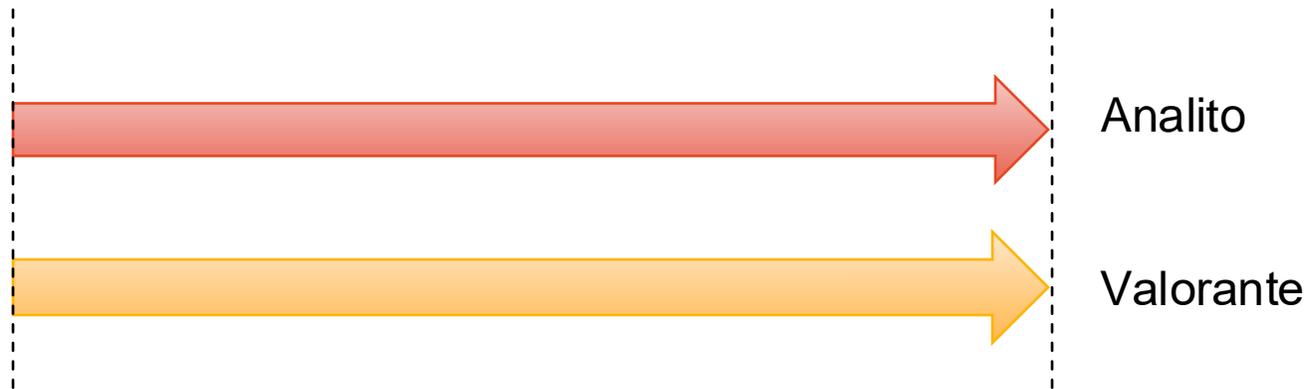


Modalidades de Valoración



1) Valoración Directa

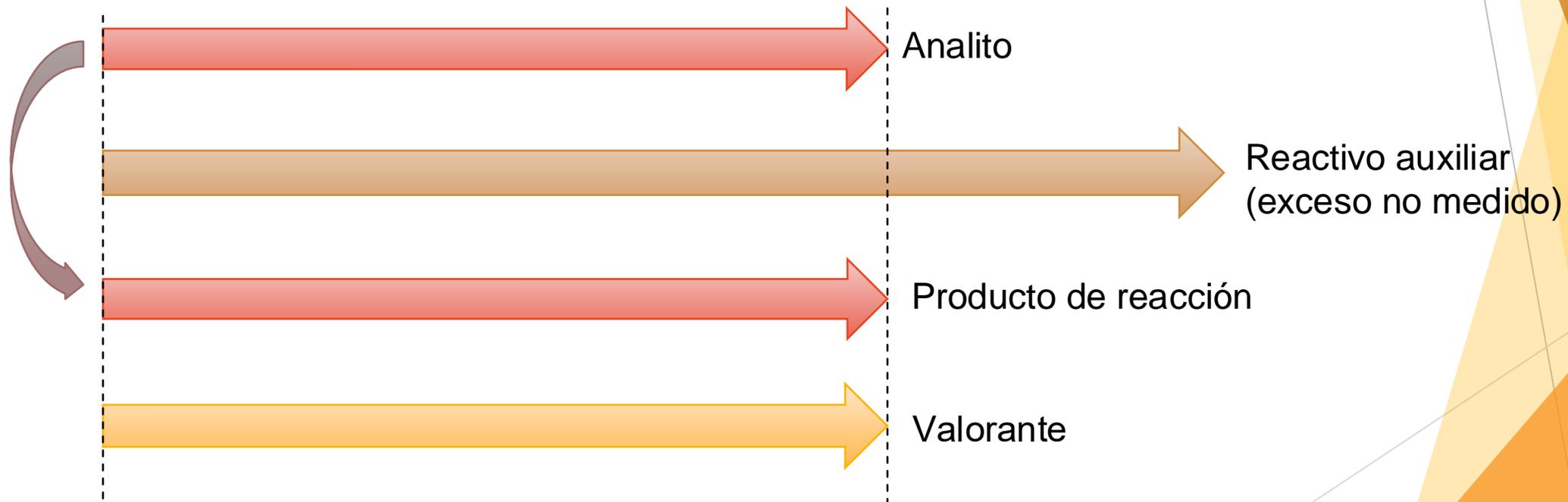
- ▶ Es el tipo de valoración más sencilla.
- ▶ El valorante se añade a la disolución de analito hasta completar la reacción.
- ▶ Se recomienda su aplicación siempre que sea posible.
- ▶ *Ejemplo:* Valoración directa de ácido acético con NaOH



Cada flecha representa numéricamente los moles de cada sustancia dividido su coeficiente estequiométrico

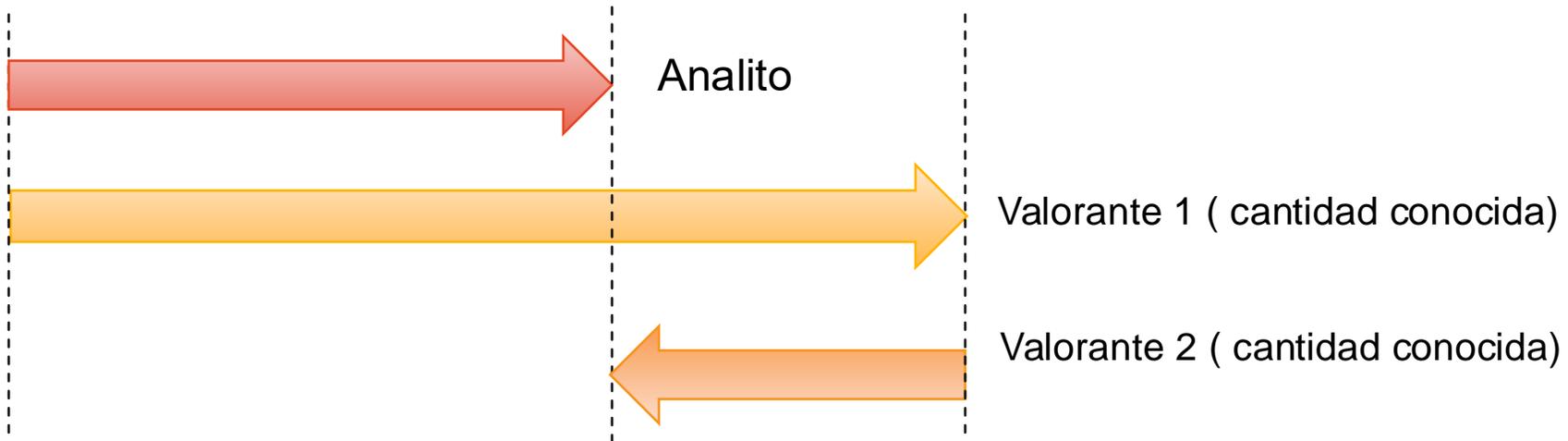
2) Valoración Indirecta

- ▶ Se hace reaccionar el analito con un exceso (no medido) de una especie que reacciona con él, y se valora un producto de esta reacción con un valorante.
- ▶ *Ejemplo:* Valoración yodométrica de NaClO con Na₂S₂O₃



3) Retrovaloración

- ▶ Se añade al analito un exceso conocido del valorante (1), y se usa un segundo reactivo patrón (**valorante 2**) para valorar el exceso del **valorante 1**.



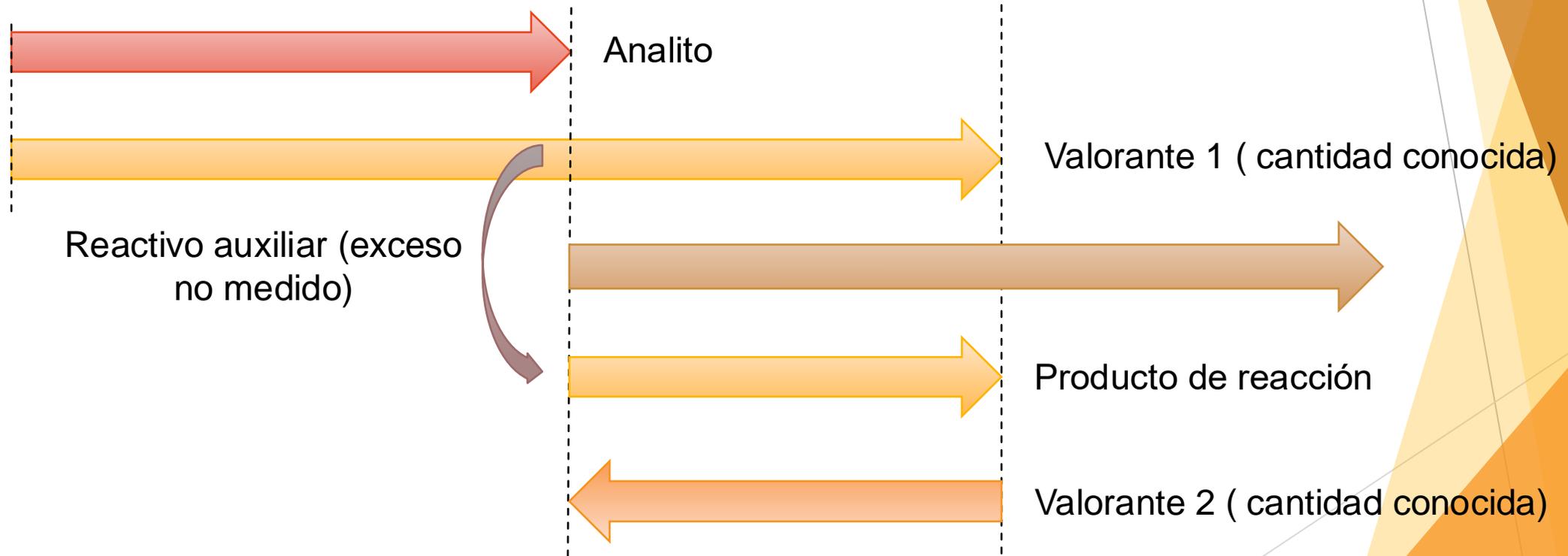
¿Cuándo usamos los métodos no directos?

Se usan principalmente cuando:

- ▶ No se cuenta con un valorante adecuado para el analito.
- ▶ El punto final de la valoración se detecta mejor en la modalidad no directa.
- ▶ Se necesita un exceso del reactivo valorante (o reactivo auxiliar) para que se dé por completo la reacción con el analito.
- ▶ Si la reacción de la valoración directa no es favorable, por ejemplo, es lenta.

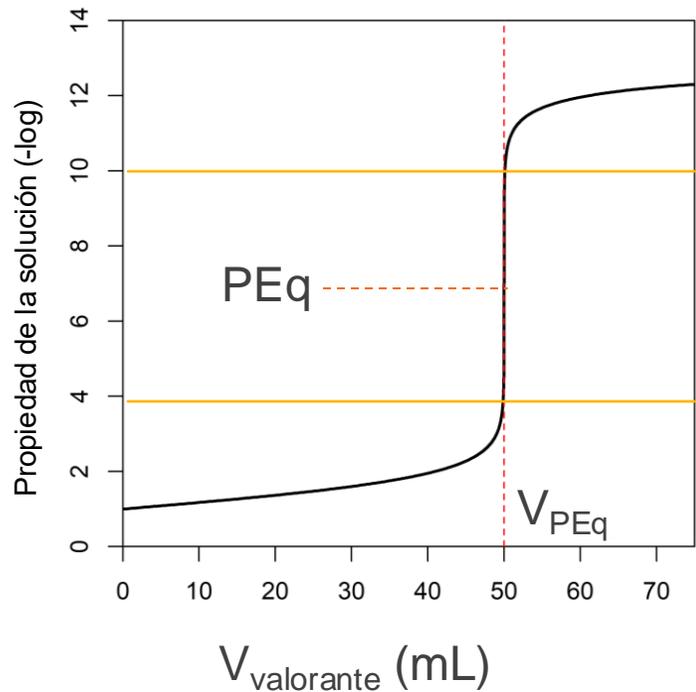
Combinaciones

- ▶ Se valora indirectamente el exceso de Valorante (1) con un Valorante (2)
- ▶ Ej: Determinación de etanol por microdifusión dicromatómetrica / yodométrica



Curva de Valoración

- ▶ Es la representación gráfica de cómo varía una propiedad del medio de valoración (por ejemplo, la concentración de analito) vs el volumen de agente valorante agregado.

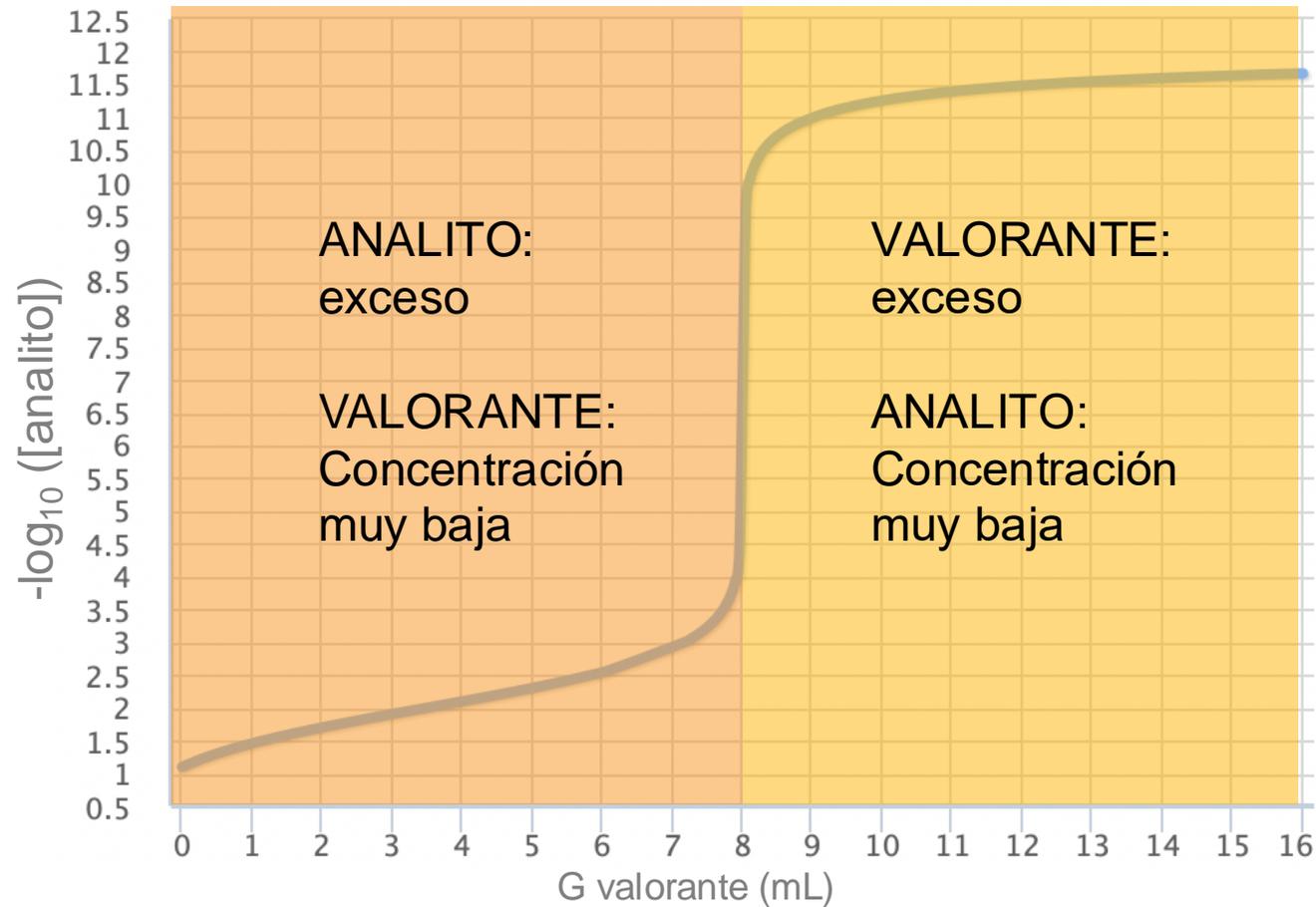


“salto”
↓
Cambio abrupto de la propiedad en cuestión

La propiedad de la solución siendo valorada puede ser:

- pH = -log [H⁺]
- pAnalito = -log [Analito]
- E (potencial electroquímico)

Curva de Valoración

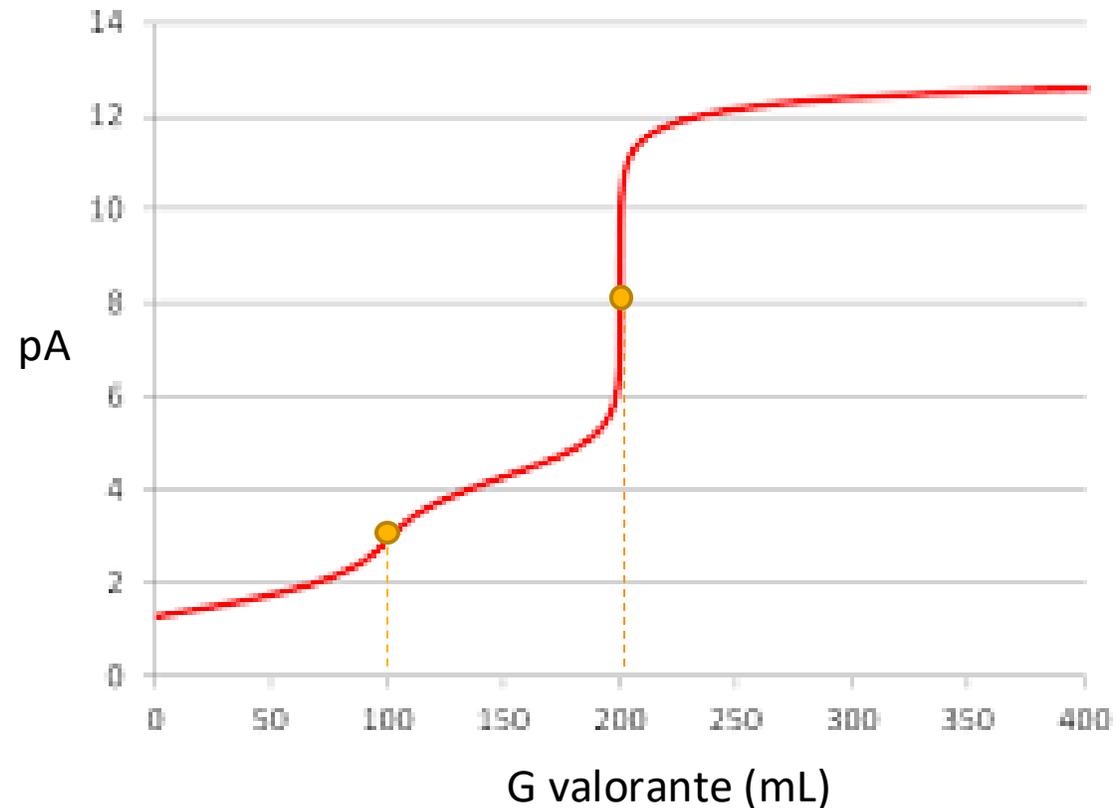


En el punto equivalente, la concentración de Analito y Valorante es muy baja (pero no 0), y su valor está relacionado (en forma inversa) con la K_{eq} de su reacción

A mayor K_{eq} , menor será la $[\text{Analito}]$ en el PEq

Curva de Valoración

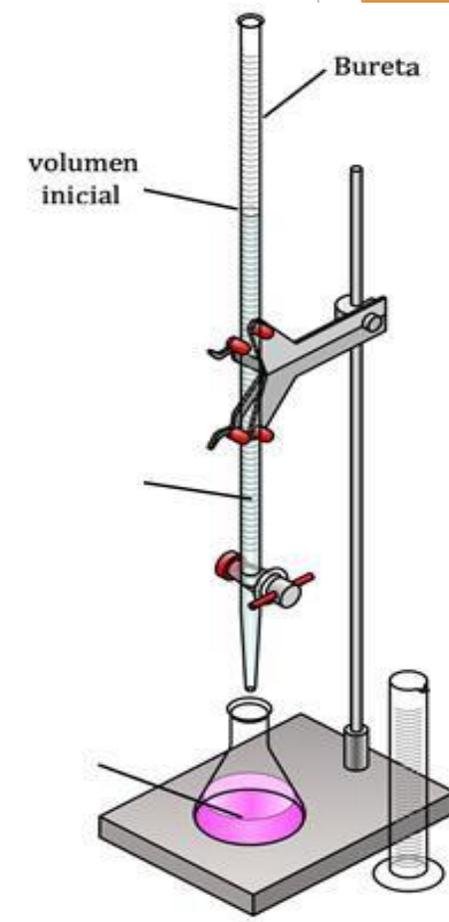
- Dependiendo del analito y valorante, veremos curvas de valoración con más de un PEq
- No todos los PEq son adecuados para finalizar la valoración
- Siempre se tratará de elegir PEq que tengan asociados un salto de al menos 4 unidades de pA.



LA VALORACIÓN – Aspectos prácticos

- ▶ Materiales necesarios
- ▶ Reactivos necesarios
- ▶ Consideraciones prácticas
- ▶ Cálculos
- ▶ Detección de la equivalencia
- ▶ Curva de titulación
- ▶ Diagramación

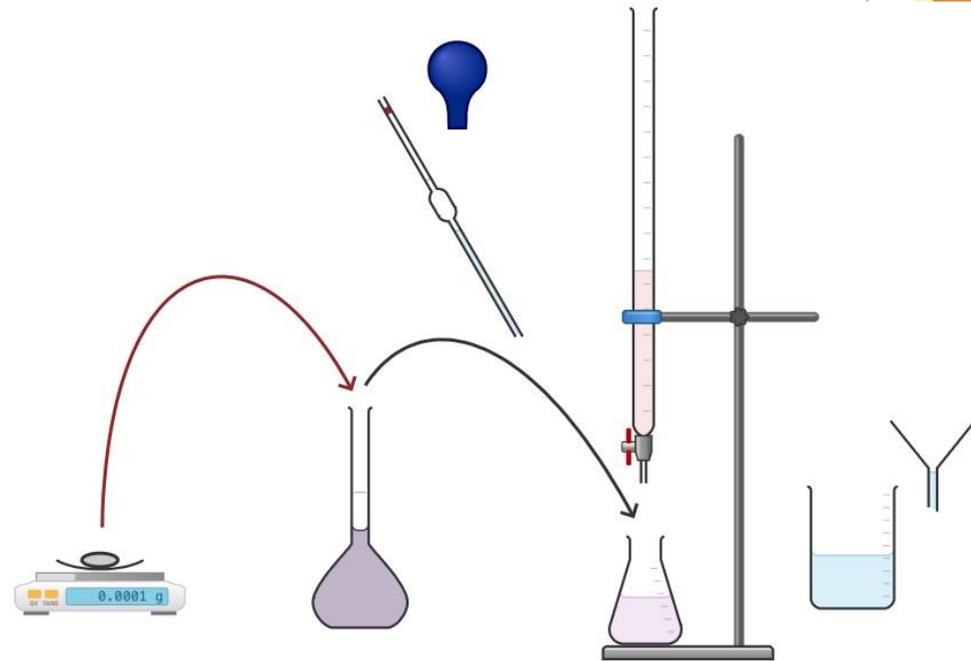
Los estudiaremos para cada tipo de valoración estudiada



Materiales y Reactivos

Materiales necesarios

- ▶ Bureta (calibrada) y soporte
- ▶ Matraz Erlenmeyer
- ▶ Pipetas aforadas para realizar tomas en volumen (calibradas)
- ▶ Matraces aforados para realizar disolver muestra de analito o patrón (calibrados)
- ▶ Balanza de precisión ($d=0,01\text{g}$)
- ▶ Balanza analítica ($d=0,0001\text{g}$)
- ▶ Materiales accesorios (pipetas graduadas o Pasteur, vaso de bohemia, vasos de pesada, pera de goma, embudo, etc.)



Materiales y Reactivos

Reactivos necesarios

- ▶ Muestra conteniendo el analito
- ▶ Patrón primario o secundario
- ▶ Reactivo indicador
- ▶ (Electrodo sensible al analito)
- ▶ Agua (tipo ISO grado 2)



Consideraciones generales

- ▶ El volumen de agente valorante consumido deberá ser **idealmente un 80% del volumen total de la bureta**
- ▶ La bureta **no debe vaciarse completamente** antes de alcanzar el punto final
- ▶ La concentración del patrón debe seleccionarse de acuerdo con el tamaño de la muestra y el material a emplear
- ▶ El análisis se debe fundamentarse en los resultados de al menos **cinco** valoraciones que cumplan con los criterios de concordancia establecidos previamente.
- ▶ **Debe llevarse a cabo la valoración del blanco del indicador cuando sea posible.**

Cálculos en una valoración directa

Al detectar el punto final, se lee el volumen utilizado de agente valorante (gasto de bureta, G) y se registra. La relación entre la cantidad del analito en el matraz de valoración y dicho gasto G es:



En la equivalencia se cumple: $\frac{n_{\text{analito}}}{a} = \frac{n_{\text{valorante}}}{b}$

$$n_{\text{valorante}}(\text{mol}) = c_{\text{valorante}} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot G(\text{L})$$

$$n_{\text{analito}}(\text{mol}) = \frac{a}{b} \cdot c_{\text{valorante}} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot G(\text{L})$$

Cálculos en una valoración directa

$$n_{\text{analito}}(\text{mol}) = \frac{a}{b} \cdot c_{\text{valorante}} \left(\frac{\text{mol}}{L} \right) \cdot G(L)$$

Como aplicar la ecuación anterior, depende de cómo se haya colocado la muestra **en el matraz de valoración**.

- ▶ Se coloca una disolución problema de analito, de concentración molar desconocida c , mediante una toma en volumen V_t . Se desea hallar el valor de c .

$$c_{\text{analito}} \cdot V_t = \frac{a}{b} \cdot c_{\text{valorante}} \cdot G$$

- ▶ Se coloca una toma en masa m_0 de la muestra de analito. Se desea hallar el %m-m de analito en la muestra.

$$\frac{m_{\text{analito}}}{\bar{M}} = \frac{a}{b} \cdot c_{\text{valorante}} \cdot G(L)$$

Prestar atención a las unidades (especialmente a las de volumen!)

Siempre considerar cualquier dilución previa!

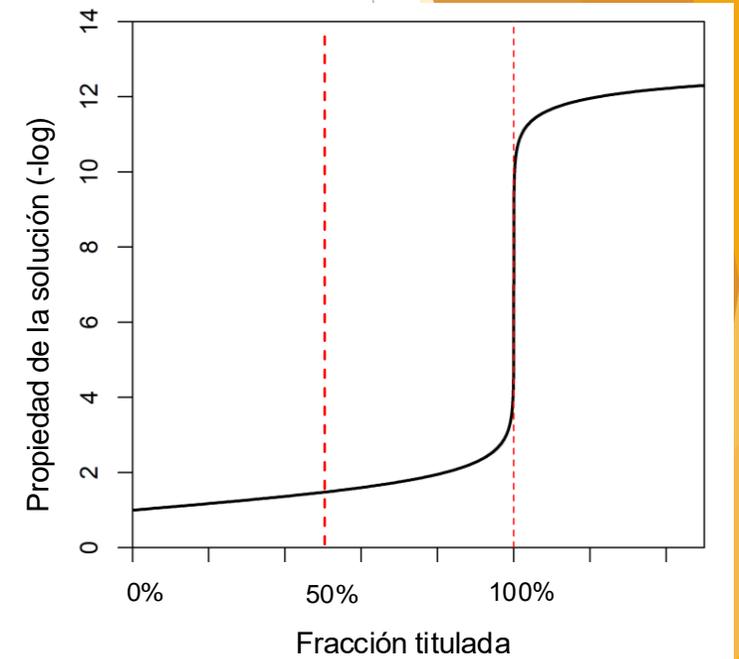
Fracción de analito remanente (f_r) y fracción titulada (f_t)

$$f_t(V) = \frac{V}{G_{PE}} \quad f_r(V) = \left(\frac{G_{PE} - V}{G_{PE}} \right)$$

Siendo V = volumen agregado de valorante hasta el momento

Y G_{PE} = gasto en el punto equivalente

- ▶ Cuando $V = 0 \Rightarrow f_t = 0, f_r = 1$
- ▶ Cuando $V = G_{PE}/2 \Rightarrow f_t = 0,5, f_r = 0,5$
- ▶ Cuando $V = G_{PE} \Rightarrow f_t = 1, f_r = 0$



Cantidad y concentración remanente de analito

- Cantidad química de analito remanente luego del agregado de un volumen V de valorante:

$$n_A(V) = n_{A,0} \cdot f_r(V) = n_{A,0} \left(\frac{G_{PE} - V}{G_{PE}} \right)$$

- Concentración molar del analito remanente luego del agregado de un volumen V de valorante:

$$c_A(V) = c_{A,0} \left(\frac{G_{PE} - V}{G_{PE}} \right) \left(\frac{V_o}{G_{PE} + V_o} \right) \leftarrow$$

¡Factor de dilución!

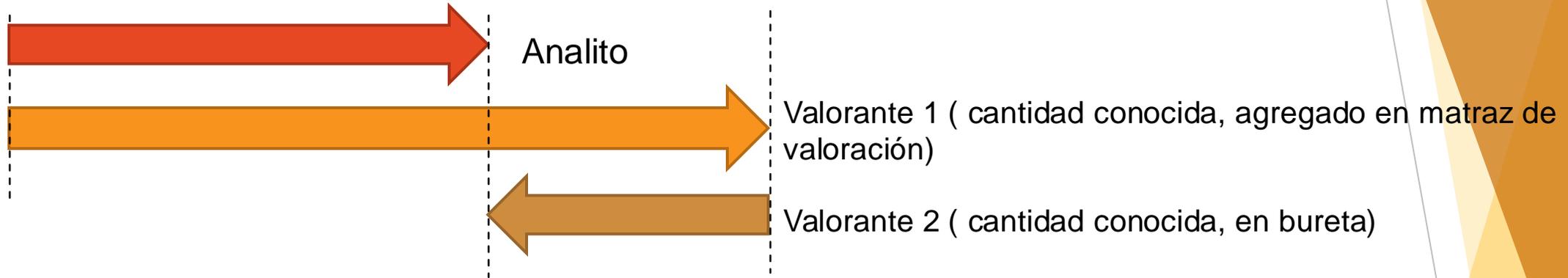
Siendo:

$n_{A,0}$: Cantidad inicial de analito

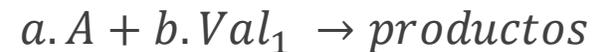
$c_{A,0}$: Concentración inicial de analito

V_o : Volumen inicial de solución de analito.

Cálculos en una retrovaloración



- Reacción entre analito (A) y valorante 1 (Val_1):



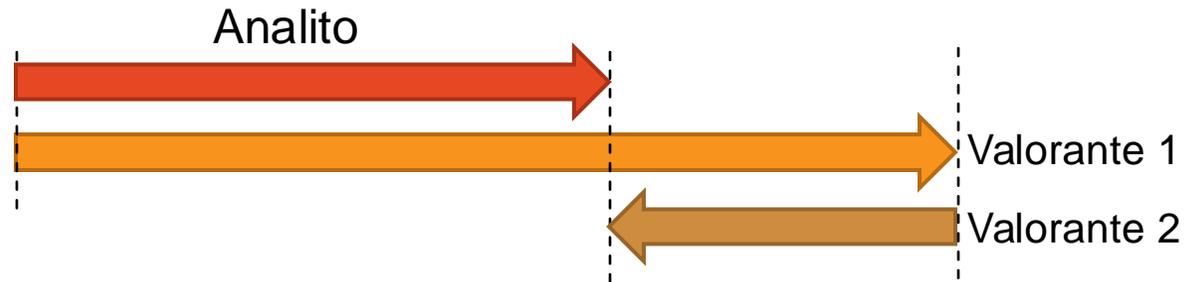
$$\frac{n_A}{a} = \frac{n_{val1(A)}}{b}$$

- Reacción entre valorante 1 (Val_1) y valorante 2 (Val_2):



$$\frac{n_{val1(V_2)}}{c} = \frac{n_{val2}}{d}$$

Cálculos en una retrovaloración



$$n_{val1} = n_{val1}(\text{que reaccionan con A}) + n_{val1}(\text{que reaccionan con Val2})$$

$$n_{val1} = \frac{b}{a} \cdot n_A + \frac{c}{d} \cdot n_{val2}$$

El valorante 1 se agrega mediante una toma en volumen

$$c_{val1} \cdot V_t = \frac{b}{a} \cdot n_A + \frac{c}{d} \cdot c_{val2} \cdot G_b$$

El valorante 2 se agrega desde la bureta

$$n_A = \frac{a}{b} \cdot \left(c_{val1} \cdot V_t - \frac{c}{d} \cdot c_{val2} \cdot G_b \right)$$

Aplicaciones de las valoraciones

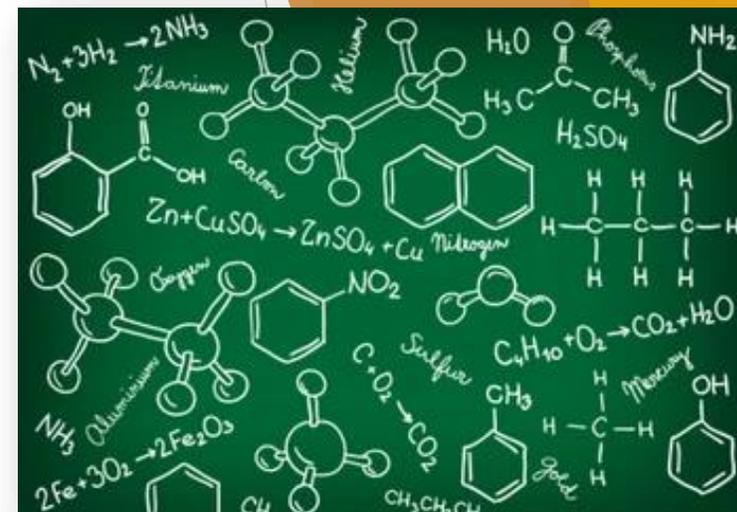
- ▶ Alcalinidad de una muestra de agua: valoración ácido-base.
- ▶ Acidez de una muestra de aceite: valoración ácido-base
- ▶ Cuantificación de Ca en un producto lácteo: valoración complejométrica con EDTA
- ▶ Determinación de etanol en una bebida alcohólica: valoración redox con $K_2Cr_2O_7$
- ▶ Determinación de N proteico en un alimento: valoración ácido-base (Método de Kjeldahl)
- ▶ Determinación de la pureza de una muestra de ácido ascórbico en un suplemento: valoración redox (yodimetría)
- ▶ Cuantificación de cloruro en una muestra de agua: valoración de precipitación (método de Mohr o Fajans)



Práctica No. 2 – Valoración de HCl vs. Na_2CO_3 patrón primario

DIAGRAMACIÓN DE PRÁCTICAS:

Dado un problema analítico determinado, se tienen en cuenta los materiales disponibles y, considerando la concentración aproximada de analito en la muestra, se realizan los cálculos previos de masas y volúmenes necesarios para poder cumplir con el objetivo.



Práctica No. 2 – Valoración de HCl vs. Na_2CO_3 patrón primario

1. Se considera la **reacción de valoración** (IMPORTANTE) y el **punto equivalente hasta el cual se valorará** (si es que hay más de uno) y a partir de la relación estequiométrica se determina la **ecuación general de la misma**.



$$\frac{n_{\text{HCl}}}{2} = n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$
$$\frac{C_{\text{HCl}} \cdot G_b (L)}{2} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} (P/100)}{\bar{M}_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}$$

Práctica No. 2 – Preparación de la disolución de HCl aprox. 0,250 M

- ▶ Preparación de HCl 0,250 M a partir del ácido concentrado ($d = 1,16 \text{ g/mL}$, %m-m = 37%)

$$C \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) = \frac{\%_{m-m} \cdot d \cdot 10}{MM} = \frac{37 \% * 1,16 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} * 10 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}}{36,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 11,8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (aprox. } 12 \text{ M)}$$

- ▶ Preparación de 1,0 L de HCl (para usar todo el grupo), ¿qué toma de ácido concentrado se necesita?

$$C_0 \cdot V_0 = C_f \cdot V_f$$

$$V_0 = \frac{C_f \cdot V_f}{C_0} = \frac{0,250 \text{ M} \cdot 1000 \text{ mL}}{11,8 \text{ M}} = 21,2 \text{ mL}$$

Práctica No. 2 – Valoración de HCl vs. Na₂CO₃ patrón primario

2. Se propone un Gb del 80% de la bureta a usar, en nuestro caso Gb = 8 mL es adecuado para buretas de 10 mL, y se calcula la masa de patrón necesaria (buscar la pureza en el CoA). Se tiene en cuenta la concentración aproximada de analito (en la práctica: HCl aprox. 0,250 M).

$$\frac{C_{HCl} \cdot G_b(L) \cdot \bar{M}_{Na_2CO_3}}{2 \cdot (P/100)} = m_{Na_2CO_3}$$

$$\frac{0,250 \frac{mol}{L} \cdot 8 \times 10^{-3} L \cdot 105,98 \frac{g}{mol}}{2 \left(\frac{100}{100} \right)} = 0,1059 g$$

¿Toma en masa o toma en volumen?

Práctica No. 2 – Valoración de HCl vs. Na₂CO₃ patrón primario

3. Se masa exactamente una masa aproximada a 0,1059 g, se lleva a cabo la valoración, y se obtiene el gasto experimental. Con estas variables se calcula la concentración para cada réplica *i*.

$$C_{HCl,i} = 2 \frac{m_{Na_2CO_3,i} (P/100)}{\bar{M}_{Na_2CO_3} G_{b,i} (L)}$$

4. Se realizan nuevas determinaciones, se estudia concordancia de valores (o ausencia de anómalos), se promedia y se calcula la incertidumbre.
5. Se presenta el resultado como un IC (95%): promedio \pm inc_{95%} (unidades)

SE REALIZARÁN REPLICAS GENUINAS: partiendo de una nueva toma del patrón

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❑ Skoog, D. A. , West D. M., Holler F. J. , Crouch S. R., Fundamentos de Química Analítica, 9ª edición. Cengage Learning, México, 2014. Capitulo 1 – Capítulo 13
- ❑ Harris, C; Análisis químico cuantitativo; Ed. Iberoamerica; 3ra edición. Capítulo 1, 9
- ❑ Christian, G. Química Analítica. 6ta Ed. Capítulo 5.