



## LICEO DE NIÑAS DE RANCAGUA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS  
Maritza Guzmán Arenas

**NIVEL: 4º Medio**  
**QUÍMICA COMÚN**

**Instrucciones:**

**Estimadas estudiantes:** Esta guía de trabajo, considera las titulaciones ácido-base. Lea atentamente el contenido y desarrolle la actividad sugerida. Revise las páginas de texto 197 a 203. Una vez desarrollada, saque una fotografía y envíela a mi correo: [maritza.guzman@liceodeninas.cl](mailto:maritza.guzman@liceodeninas.cl)

**(Fecha de entrega 05 de Agosto)**

Para comprender mejor este contenido, le sugiero revisar los siguientes links

<https://www.youtube.com/watch?v=VM6BbYFfU0A> (valoración o titulación ácido-base)

<https://www.youtube.com/watch?v=DirMXMRnHng> (Ejemplo de cálculo de titulación)

**TEMA: Titulaciones ácido-base**

**OA-03**

**OBJ: “Describir el proceso de titulación ácido-base y determinación del pH en dichas titulaciones”**

### **A. Titulaciones ácido – base**

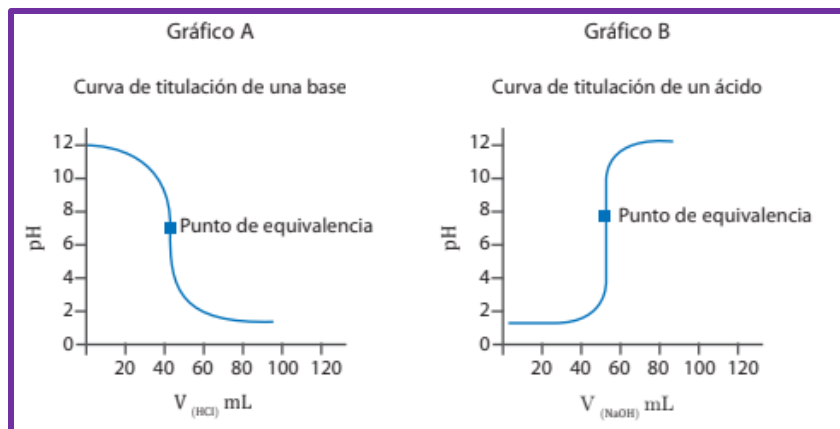
El proceso más común y exacto para determinar la concentración de una disolución, es la titulación o volumetría ácido-base, que consiste en agregar gradualmente una disolución de concentración conocida, a otra disolución de concentración desconocida, hasta que la neutralización se complete.

El punto en que ha reaccionado completamente el ácido con la base se llama punto de equivalencia de la titulación. Para determinar este punto, se utiliza un indicador que se caracteriza porque tiene colores diferentes en medio ácido y en medio básico. El punto en que cambia el color de un indicador se llama punto final de la titulación. Por lo tanto, hay que elegir un indicador cuyo punto final corresponda o se acerque lo más posible al punto de equivalencia.

En una titulación ácido-base, se agrega poco a poco una disolución que contiene una concentración conocida de base a un ácido (o bien, se agrega el ácido a la base). Se puede emplear un pH-metro para seguir el avance de la reacción, elaborando una curva de titulación de pH, que es una gráfica del pH en función del volumen de titulante agregado. La forma de la curva de titulación permite establecer el punto de equivalencia de la titulación, así como la elección de indicadores idóneos y determinar  $K_a$  la del ácido débil o la  $K_b$  de la base débil que se está titulado.

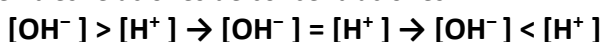
Las curvas de titulación serán características de cada proceso, como las que se representan a continuación. En ellas se observa la titulación de una base fuerte (titulada) con un ácido fuerte (HCl, titulante) y de un ácido fuerte (titulada) con una base fuerte (NaOH, titulante).

Como se puede observar en los gráficos, al titular, la especie experimenta cambios de pH paulatinos, así por ejemplo en el gráfico A se puede observar el descenso del pH, lo que explicaría la estandarización o titulación de una base, cuyo pH inicial alcanza valor 12, y luego de agregar una sustancia ácida, alcanza un pH cercano a 1. Asimismo, el gráfico B muestra el proceso contrario, en el que un ácido con pH igual 1, se titula con una sustancia básica hasta alcanzar un pH 12.

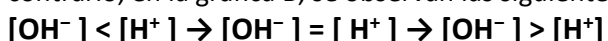


En la gráfica A se ve que el pH disminuye en la medida que el volumen de ácido agregado aumenta, pasando por el punto de neutralización o punto de equivalencia (pH = 7), para alcanzar un pH ácido.

Si observas atentamente la gráfica A, observarás que durante la titulación se produce una zona en donde coexisten tres relaciones de concentraciones:



Por el contrario, en la gráfica B, se observan las siguientes relaciones de concentración:



### B. Determinación del pH en titulaciones

Durante la titulación, el pH de la disolución va experimentando cambios que se pueden registrar de manera experimental empleando un pH-metro o una cinta de pH, la última arroja resultados menos exactos.

Teóricamente, comprender el proceso no resulta complejo y calcular su pH, menos; solo se necesita la concentración.

Al titular un ácido fuerte con una base fuerte (independiente de cuál es el titulante y cual el titulado) el cálculo de pH es fácil de realizar, pues la concentración de pH se considera 100% disociada.

### Ejemplo

Al titular 5 mL de NaOH de concentración 0,1 M con HCl 0,1 M del cual se disponen 20 mL, deberás conocer en primer lugar la cantidad de moles de cada sustancia, considerando que  $n = M \cdot V$

$$n_{\text{H}^+} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,02 \text{ L} \qquad n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{OH}^-} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,005 \text{ L} \qquad n_{\text{OH}^-} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Como se puede observar, el número de moles de la base es menor que el del ácido, así es que se dispone el ácido en la bureta y la base en el matraz. El pH depende solo de la base, cuando  $V_{\text{HCl}} = 0$  mL. En este caso, la base es fuerte ( $[\text{OH}^-] = C_0$ ). En tal situación el pH = 13 ya que:

$$\text{pOH} = -\log 0,1 \rightarrow \text{pOH} = 1 \rightarrow \text{pH} + \text{pOH} = 14 \rightarrow \text{pH} = 13$$

Al agregar ácido a la solución, por ejemplo 1 mL, se añade en el matraz una cantidad de moles específica que calcularemos a continuación:

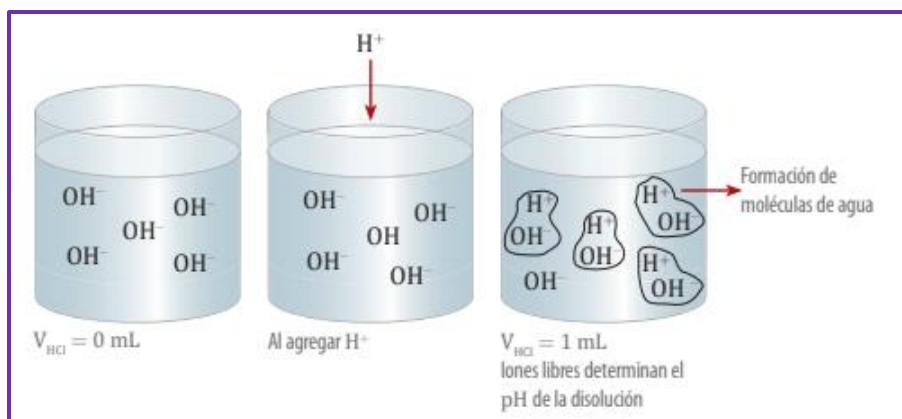
$$V_{\text{HCl}} = 1 \text{ mL}$$

$$n_{\text{H}^+} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Estos moles de  $\text{H}^+$  reaccionarán con los moles de  $\text{OH}^-$  presentes en el matraz ( $\text{NaOH}$  se disocia 100 %), formando agua; entonces, a los  $5 \cdot 10^{-4}$  moles deberemos restar los moles de ácido agregados, pues pasarán a formar agua, pero aún quedarán algunos libres en la disolución:

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = n_{(\text{OH}^- \text{ en disolución})} - n_{(\text{H}^+ \text{ adicionados})}$$

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$



Los moles de  $\text{OH}^-$  disueltos se encuentran en 6 mL (5 mL de la base y 1 mL del ácido agregado). Por lo tanto, la nueva concentración de  $\text{OH}^-$  en la disolución será:

$$M_{\text{disolución}} = n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} / V_{\text{total}}$$

$$M_{\text{disolución}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 6 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$M_{\text{disolución}} = 0,067 \text{ M}$$

La concentración obtenida corresponde a los iones  $[\text{OH}^-]$  que no han sido neutralizados; por lo tanto, de ellos depende el pH. Visto así, el pH de la disolución es:

$$\text{pOH} = -\log 0,067 = 1,17$$

$$\text{pH} = 12,8$$

Podrás observar que el cambio de pH no es significativo, razón por la cual pasaremos a un volumen mayor; por ejemplo, agregaremos 2 mL de ácido para completar un volumen total de 3 mL.

$$n_{\text{H}^+} = 0,1 \text{ mol/L} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{OH}^- \text{ no neutralizados})} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Los moles de  $\text{OH}^-$  disueltos se encuentran en un volumen total de 8 mL (5 mL originales de la base y 3 mL de ácido agregado); por lo tanto, la nueva concentración de  $\text{OH}^-$  en la solución será:

$$M_{\text{disolución}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 8 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

$$M_{\text{disolución}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

La concentración obtenida corresponde a los iones  $[\text{OH}^-]$  que no han sido neutralizados; entonces, de ellos depende el pH. Visto así, el pH de la disolución es:  $\text{pOH} = -\log 0,025 = 1,6 \rightarrow \text{pH} = 12,4$

Siguiendo el mismo procedimiento, calcularemos el pH a 5, 6 y 7 mL de ácido agregado.

Se puede verificar que a 5 mL de ácido agregado  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ; luego, la solución alcanzó el  $\text{pH} = 7$ .

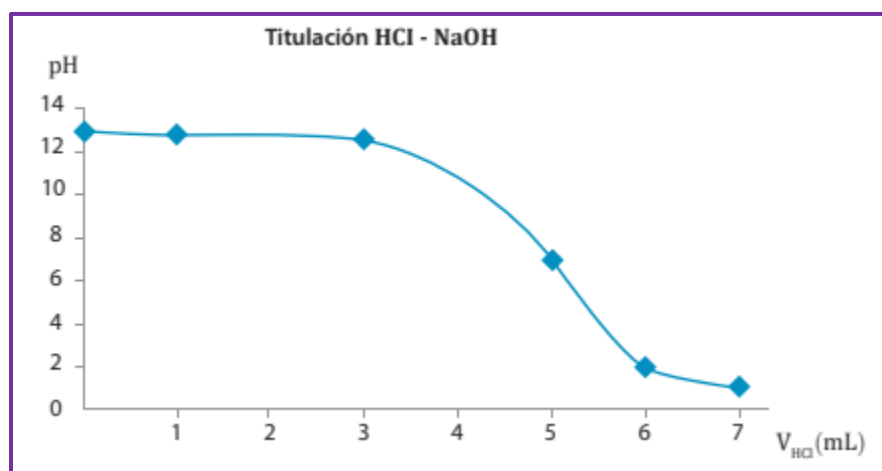
Desde aquí en adelante se producirá un exceso de  $[\text{H}^+]$ ; es decir, los moles de  $\text{H}^+$  estarán en exceso, provocando que el pH dependa de su concentración. Así, se observará:

Total	$V_{\text{HCl}}$	$n_{\text{H}^+}$	$n_{\text{No neutralizados H}^+}$	$M_{\text{disolución}}$	$\text{pH}_{\text{disolución}}$
11	6	$6 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	2,0
12	7	$7 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	1,2

El total de los datos generados en el proceso de titulación han sido agrupados en el siguiente cuadro resumen.

$V_{\text{HCl}} \text{ agregado}$	pH
0	13
1	12,8
3	12,4
5	7
6	2,0
7	1,2

Con estos datos podemos obtener una curva de titulación ácido-base, como la que se presenta a continuación:



La curva de titulación muestra el comportamiento del pH de una disolución de NaOH a la que se agregó HCl sistemáticamente.

## ACTIVIDAD

1. Desarrolle lo siguiente, utilizando el ejemplo anterior  
Se desea titular 6 mL de NaOH de concentración 0,2 M con ácido clorhídrico HCl 0,2 M y de este se disponen de 23 mL.
  - a) ¿Qué volumen del ácido se necesitan para neutralizar completamente la base?
  - b) B) ¿Cuál será el pH de la disolución cuando se ha agregado 3 mL y 7 mL?
2. Indica como prepararías 500 mL de HCl 0,1 M a partir de HCl concentrado (18M), si lo vas a utilizar para titular NaOH 0,1 M, usando fenolftaleína como indicador (neutralización completa)  
(masa molar HCl=36,5 g/mol)
3. Se tituló una disolución de HF con KOH hasta neutralizar completamente el ácido. ¿Cuál es la molaridad del HF si a partir de la titulación se determino que los 20 mL tienen una concentración 0,20 M para este ácido? Durante el procedimiento se utilizó azul de bromofenol
4. Se estandarizó una disolución de NaOH con HBr según la reacción:  
$$\text{HBr}_{(ac)} + \text{NaOH}_{(ac)} \rightarrow \text{NaBr}_{(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

¿Cuál es la concentración de la disolución de NaOH si se gastaron 40,07 mL para neutralizar 25,0 mL del ácido 0,14 M? Se empleó anaranjado de metilo.