

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

---

**Autor: Jose Ángel Centeno Fernández**

*Este material ha sido generado como módulo de aplicación en el curso  
“Química y Biología de los Lácteos” organizado por CFIE Zamora*

Términos de uso de este material:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

## Contenido

Objetivos .....	3
Sesión 1: Explicación de la práctica y familiarización con el uso del material. ....	4
Sesión 2: Preparación de las disoluciones de NaOH 0,1 M y de HCl 0,1M.....	4
Material .....	4
Reactivos .....	4
Procedimiento .....	5
Sesión 3: Volumetría Ácido-Base.....	6
Principio.....	6
Reactivos y aparatos .....	6
Procedimiento 1: Volumetría con concentración conocida .....	6
Cálculos y expresión de los resultados.....	7
Procedimiento 2: Volumetría con concentración desconocida.....	7
Cálculos y expresión de los resultados.....	7
Sesión 4: Aplicaciones al sector lácteo:.....	9
-    Análisis de la acidez de la leche .....	9
Principio.....	9
Material .....	9
Procedimiento .....	9
Cálculos y expresión correcta de los resultados .....	10
Sesión 5: Aplicaciones al sector lácteo:.....	12
-    Análisis de la acidez del yogurt .....	12
Principio.....	12
Material .....	12
Procedimiento .....	12
Cálculos y expresión correcta de los resultados .....	13

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

## Presentación

El siguiente proyecto consiste en 5 sesiones de unos 50 minutos de duración para ser realizados íntegramente en el laboratorio con 4 grupos de alumnos de entre 2 y 4 personas cada uno.

Abarca una aplicación práctica que va desde la familiarización con el uso de material de laboratorio hasta conseguir aplicaciones prácticas de volumetrías ácido – base en el sector lácteo.

## Objetivos

- Familiarizarse con el concepto de la volumetría.
- Adquirir hábitos elementales en el laboratorio como el uso de las pipetas y los succionadores, la manipulación de las buretas y los erlenmeyer en el transcurso de la volumetría. Limpiar adecuadamente el material para dejarlo preparado para el siguiente uso.
- Preparar disoluciones utilizando el concepto de molaridad
- Realizar volumetrías sencillas ácido-base
- Asociar los fenómenos que observan en el transcurso de la volumetría con los cambios que se producen en la reacción química de neutralización ácido-base.
- Realización de cálculos que les permitan determinar mediante la volumetría la cantidad de ácido o de base en una muestra problema.
- Aplicación práctica: determinación de la acidez de la leche
- Aplicación práctica: determinación de la acidez en el yogurt
- Ser capaces de explicar por qué la acidez de la leche y la del yogurt son diferentes y cuáles son estas diferencias.

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

## Sesión 1: Explicación de la práctica y familiarización con el uso del material.

*(Dividiremos a los alumnos en 4 grupos en el laboratorio de entre 2 y 4 personas)*

1. Se explicarán los objetivos de la práctica y se les presentará el material que tienen que utilizar.
2. Utilizando agua del grifo aprenderán el uso de las pipetas con los succionadores y la mecánica del uso de la bureta y la manipulación de los erlenmeyer en el transcurso de la volumetría.

## Sesión 2: Preparación de las disoluciones de NaOH 0,1 M y de HCl 0,1M

### Material

- Balanza digital
- Matraces aforados de 1L
- Pipeta graduada de 5 ml
- Vidrio de reloj
- Succionadores
- Vaso de precipitados
- Varilla de agitación

### Reactivos

- NaOH sólido
- HCl 37%
- Agua destilada

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

## Procedimiento

### Preparación de NaOH 0,1 M

- Pesamos con precisión 4,00 g de NaOH sólido. (Utilizamos el vidrio de reloj)
- Lo traspasamos a un vaso de precipitados con ayuda de un frasco lavador que contenga agua destilada.
- Agitamos en el vaso hasta su completa disolución
- Traspasamos cuantitativamente al matraz aforado de 1L enjuagando el vaso de precipitados por lo menos 3 veces con agua destilada.
- Llenamos el matraz hasta la línea de enrase. Tapamos y homogeneizamos.
- Lo traspasamos a un recipiente de plástico enjuagándolo con la propia disolución antes de traspasarla por entero.
- Etiquetamos el recipiente con: NaOH 0,1M y la fecha de la preparación

### Preparación de HCl 0,1 M

La concentración de una disolución comercial para laboratorio de HCl es del 37% m/m y tiene una densidad de 1,18 g/cm<sup>3</sup>. Haciendo los cálculos pertinentes utilizando las fórmulas del %masa y de la densidad, llegamos a la conclusión de que es aproximadamente 12M

Sabiendo que para una misma cantidad de sustancia la concentración guarda una relación inversa con el volumen de disolución podemos aplicar que:

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

$C_0$  = Concentración inicial ( 12 M)

$V_0$  = Volumen inicial ( Este es el volumen de HCl comercial que debemos añadir con la pipeta al matraz aforado para preparar la disolución)

$C_f$  = Concentración final ( 0,1 M )

$V_f$  = Volumen final ( 1000 ml)

- Haciendo el cálculo anterior obtenemos un resultado de ..... ml de HCl.
- En un matraz aforado de 1000 ml ponemos unos 300 ml de agua destilada.
- Añadimos una pequeña cantidad de HCl comercial en un vaso de precipitados limpio y seco y de ahí pipeteamos la cantidad de HCl que hemos calculado en el apartado a. con una pipeta graduada. Añadimos esta cantidad al matraz aforado del apartado b.
- Rellenamos el matraz aforado de 1000 ml con agua destilada hasta el punto de enrase, tapamos y agitamos.
- Traspasamos la disolución a un recipiente de vidrio o de PVP y lo etiquetamos con: HCl 0,1 M y ponemos también la fecha.

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

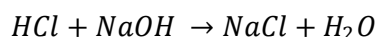
Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

## Sesión 3: Volumetría Ácido-Base

### Principio

Reacción de neutralización del HCl con NaOH:



Un mol de HCl reaccionará con un mol de NaOH por lo tanto si ambas disoluciones son 0,1M requerirán el mismo volumen una que la otra para su neutralización.

Por otro lado, sabiendo el volumen que se gasta de una de las disoluciones y su concentración, el número de moles de esa sustancia será exactamente igual al número de moles de la otra y con eso podemos calcular los gramos de una sustancia problema de la cual no sepamos su concentración.

### Reactivos y aparatos

- Disolución de HCl 0,1M
- Disolución de NaOH 0,1 M
- Pipetas aforadas de 25 ml, 20 ml, 10 ml y 5 ml (Una para cada grupo)
- Disolución de fenolftaleína
- Disolución de HCl desconocida (Preparada por el profesor)
- Buretas de 50 ml
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml
- Succionadores para pipetas

### Procedimiento 1: Volumetría con concentración conocida

Llenar la bureta con NaOH 0,1 M y poner en el erlenmeyer la cantidad de HCl 0,1 M que corresponda a cada grupo. Poner agua destilada a mayores en el erlenmeyer hasta alcanzar un volumen de 75-100 ml de forma que te permita valorar con comodidad y añadir 5-6 gotas de disolución de fenolftaleína.

Valorar hasta que el color rosa sea estable durante más de 30 segundos.

Anotar el volumen gastado de NaOH 0,1M. ....

Comparar éste volumen con el que pusimos de HCl 0,1M.....

## Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

### Cálculos y expresión de los resultados

El número de moles de HCl en el erlenmeyer será igual al número de moles de NaOH gastados:

$$M = \frac{n(\text{mmol})}{V(\text{ml})} \quad \text{sabiendo que } M=0,1 \text{ mmol/ml}; \quad n_{\text{HCl}}(\text{mmoles}) = n_{\text{NaOH}} = 0,1 \cdot V_{\text{NaOH}}(\text{ml})$$

Y sabiendo que el número de gramos es igual al número de moles por la masa molecular:

$$m_{\text{HCl}}(\text{mg}) = 36,5 \left( \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right) \cdot n_{\text{HCl}}(\text{mmol})$$

Grupo	Volumen de HCl 0,1M añadido al erlenmeyer	Volumen de NaOH 0,1M gastado de la bureta	Número de milimoles de HCl en el erlenmeyer	Miligramos de HCl en el erlenmeyer
1				
2				
3				
4				

### Procedimiento 2: Volumetría con concentración desconocida

Llenar la bureta con NaOH 0,1 M

Poner en el erlenmeyer **10 ml** de disolución de **HCl desconocida** preparada por el profesor

Poner agua destilada a mayores en el erlenmeyer hasta alcanzar un volumen de 75-100 ml de forma que te permita valorar con comodidad y añadir 5-6 gotas de disolución de fenolftaleína.

Valorar hasta que el color rosa sea estable durante más de 30 segundos.

Anotar el volumen gastado de NaOH 0,1M. ....

### Cálculos y expresión de los resultados

- Número de milimoles de HCl en la disolución desconocida:

$$n_{\text{HCl}}(\text{mmoles}) = n_{\text{NaOH}} = 0,1 \cdot V_{\text{NaOH}}(\text{ml})$$

## Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

- Concentración Molar (molaridad) de la disolución desconocida de HCl (Sabido que pusimos 10 ml de la misma:

$$M_{HCl} = \frac{n_{HCl} \text{ (mmoles)}}{10 \text{ ml}}$$

- Número de miligramos de HCl en el erlenmeyer:

$$m_{HCl} \text{ (mg)} = 36,5 \left( \frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right) \cdot n_{HCl} \text{ (mmol)}$$

Grupo	Volumen de HCl Problema añadido al erlenmeyer (ml)	Volumen de NaOH 0,1M gastado de la bureta	Concentración de la muestra problema de HCl	Número de milimoles de HCl en el erlenmeyer	Miligramos de HCl en el erlenmeyer
1	10				
2	10				
3	10				
4	10				



## Sesión 4: Aplicaciones al sector lácteo:

### - Análisis de la acidez de la leche

#### Principio

La acidez de la leche es la debida a los  $H^+$  libres y a los que están asociados a ácidos débiles a pesar de no haber sido liberados a la disolución. Esto se denomina acidez actual y acidez potencial. La acidez actual representa a los  $H^+$  libres, mientras que la acidez potencial representa a todos aquellos  $H^+$  que pueden ser liberados a lo largo de la valoración.

La legislación indica que la acidez valorable de la leche de vaca debe ser inferior al 0,2% expresada en ácido láctico.

#### Material

- Bureta de 50 ml
- 2 Erlenmeyer de 250 ml
- Pipeta graduada de 10 ml + succionador
- Disolución de NaOH 0,1 M
- Leche de vaca
- Fenolftaleína 1%

#### Procedimiento

Antes del análisis es necesario homogeneizar la leche. Para ello añadimos 20 ml de leche a un matraz y mezclamos cuidadosamente, si se ve que la grasa no se ha dispersado totalmente se puede calentar la muestra hasta los 40 °C mezclar nuevamente y dejar enfriar hasta los 20°C.

Ponemos 9 ml de leche en un erlenmeyer y añadimos agua hasta unos 75-100 ml para poder valorar con comodidad. Ponemos 3 gotas de fenolftaleína al 1% y valoramos con la disolución de NaOH 0,1M. Damos por terminada la valoración cuando aparece una coloración rosa estable durante unos segundos.

# Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

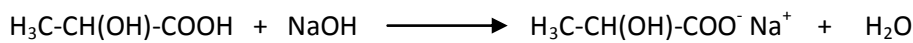
---

Anotamos el volumen gastado de NaOH 0,1M:  $V_{NaOH} = \dots\dots\dots$

## Cálculos y expresión correcta de los resultados

Ácido láctico:  $H_3C-CH(OH)-COOH$  P.m.: 90,08 g/mol

Reacción con el NaOH:



1 mol de a. láctico reacciona con 1 mol de NaOH por lo tanto el número de milimoles de ácido láctico será igual al número de milimoles de NaOH empleados en la valoración:

$$n_{a.láctico} (mmoles) = n_{NaOH} = 0,1 \cdot V_{NaOH} (ml)$$

De donde podemos calcular el número de miligramos de a. láctico en los 9 ml de muestra de leche valorada:

$$m_{a.láctico} (mg) = 90,08 \left( \frac{mg}{mmol} \right) \cdot n_{HCl} (mmol)$$

Como lo que buscamos es el % de ácido láctico en la leche, tenemos que pasar la masa de á. láctico a gramos dividiendo entre 1000 el dato anterior, y podemos establecer la proporcionalidad:

$$\frac{m_{a.láctico} (mg)}{9 \cdot 1000} = \frac{\% a. láctico}{100}$$

Por lo tanto:  $\% a. láctico = 100 \cdot \frac{m_{a.láctico} (mg)}{9 \cdot 1000}$

Si en la fórmula anterior sustituimos la masa de a. láctico en mg por toda la secuencia anterior que nos ha llevado hasta ella nos queda la siguiente expresión:

$$\% a. láctico = 100 \cdot \frac{90,08 \cdot 0,1 \cdot V_{NaOH}}{9 \cdot 1000}$$

Operando esa expresión y aproximando la masa molecular del a. láctico a 90 g/mol nos queda que podemos calcular el porcentaje de a. láctico simplemente dividiendo el volumen de NaOH 0,1 M gastado entre 10:

$$\% a. láctico = \frac{V_{NaOH}}{10}$$

## Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

También se emplea para medir la acidez de la leche otra escala que es el grado Dornic y su relación con el % de ácido láctico es la siguiente:

$$1 \text{ grado Dornic (}^\circ\text{D)} = 0,01\% \text{ de ácido láctico}$$

Por lo tanto para expresar nuestro resultado en grados Dornic:

$$^\circ\text{D} = \frac{\% \text{ a. láctico}}{0,01}$$

Acidez de la leche		
Grupo	% a. láctico	° Dornic
1		
2		
3		
4		

**La muestra analizada de leche ¿Es apta para su comercialización? ¿Por qué?**

## Sesión 5: Aplicaciones al sector lácteo:

### - Análisis de la acidez del yogurt

#### Principio

La legislación indica que los yogures deben tener un  $\text{pH} < 4,6$ . Los yogures se fabrican fermentando la leche con fermentos lácticos que son básicamente dos tipos de bacterias: *Lactobacillus delbrueckii* y *Streptococcus thermophilus*. Esta fermentación produce ácidos que hacen bajar el  $\text{pH}$ . Es importante saber la cantidad total de estos ácidos en el yogurt a lo largo de todo el proceso de fabricación. Nosotros vamos a medir la cantidad total de ácidos en el yogurt expresados como % de ácido láctico en un yogurt comercial.

#### Material

- Bureta de 50 ml
- 2 Erlenmeyer de 250 ml
- Balanza
- Pipeta graduada de 10 ml + succionador
- Disolución de  $\text{NaOH}$  0,1 M
- Leche de vaca
- Fenolftaleína 1%

#### Procedimiento

Pesar en el erlenmeyer con exactitud unos 10 gramos de yogurt y anotar la masa exacta:

$m_{\text{yogurt}} = \dots\dots\dots$

Añadimos agua hasta tener un volumen de entre 75 y 100 ml que nos permita valorar con comodidad, y agitando cuidadosamente homogeneizamos el yogurt dentro del erlenmeyer.

Añadimos 3 gotas de fenolftaleína y valoramos con la disolución de  $\text{NaOH}$  0,1M hasta que aparezca una ligera coloración rosa que sea estable.

## Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

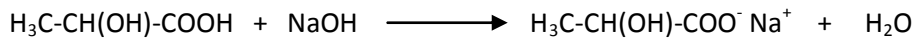
Anotamos el volumen de disolución de NaOH 0,1M gastado:

$V_{NaOH} = \dots\dots\dots$

### Cálculos y expresión correcta de los resultados

Ácido láctico:  $H_3C-CH(OH)-COOH$  P.m.: 90,08 g/mol

Reacción con el NaOH:



1 mol de a. láctico reacciona con 1 mol de NaOH por lo tanto el número de milimoles de ácido láctico será igual al número de milimoles de NaOH empleados en la valoración:

$$n_{a.láctico} (mmoles) = n_{NaOH} = 0,1 \cdot V_{NaOH} (ml)$$

De donde podemos calcular el número de miligramos de a. láctico en los 10 g de muestra de yogurt valorado:

$$m_{a.láctico} (mg) = 90,08 \left( \frac{mg}{mmol} \right) \cdot n_{HCl} (mmol)$$

Como lo que buscamos es el % de ácido láctico en el yogurt, tenemos que pasar la masa de á. láctico a gramos dividiendo entre 1000 el dato anterior, y podemos establecer la proporcionalidad:

$$\frac{m_{a.láctico} (mg)}{m_{yogurt} \cdot 1000} = \frac{\% a. láctico}{100}$$

Por lo tanto:  $\% a. láctico = 100 \cdot \frac{m_{a.láctico} (mg)}{m_{yogurt} \cdot 1000}$

Si en la fórmula anterior sustituimos la masa de a. láctico en mg por toda la secuencia anterior que nos ha llevado hasta ella nos queda la siguiente expresión:

$$\% a. láctico = 100 \cdot \frac{90,08 \cdot 0,1 \cdot V_{NaOH}}{m_{yogurt} \cdot 1000}$$

Operando esa expresión y aproximando la masa molecular del a. láctico a 90 g/mol nos queda que podemos calcular el porcentaje de a. láctico con la siguiente expresión:

## Volumetría ácido-Base elemental y Aplicaciones al sector Lácteo

Autor: Jose Ángel Centeno Fernández

---

$$\% a. \text{láctico} = 0,9 \cdot \frac{V_{NaOH}}{m_{yogurt}}$$

Recordamos que la acidez de la leche y del yogurt se puede expresar también en grados Dornic:

$$^{\circ}D = \frac{\% a. \text{láctico}}{0,01}$$

Acidez del yogurt		
Grupo	% a. láctico	° Dornic
1		
2		
3		
4		

¿En qué se diferencia la acidez que hemos obtenido en la leche de la acidez que hemos obtenido en el yogurt? ¿Por qué sucede esto?