

El Cálculo de Dilución

por C. R. CANO MAROTTA
QUÍMICO FARMACÉUTICO

Instituto de Química. — Facultad de Química y Farmacia.
Montevideo

Consideraciones Generales

En el trabajo corriente de laboratorio se presenta a diario la necesidad de obtener soluciones más diluídas a partir de otras de una concentración conocida y mayor, o calcular la concentración resultante luego de diluir con un volumen determinado de disolvente una solución madre cuya concentración se conoce.

El problema se resuelve a menudo, haciendo uso de ciertas expresiones deducidas de distinta manera y para ciertos casos particulares.

En lo que sigue vamos a derivar en forma sistemática expresiones de carácter general que nos permitan efectuar este cálculo con seguridad y rapidez.

Admitiremos que las soluciones con que trabajamos son ideales. Por lo tanto se cumplirá una de sus propiedades: que al diluirlas el volumen resultante es igual a la suma de los volúmenes mezclados.

Deducción de las expresiones

Sean: c , concentración de la solución madre expresada en gramos de soluto por litro de solución.

c' , concentración de la solución final expresada en la misma forma.

v , volumen de la **toma** de solución madre expresado en mililitros.

n , volumen de disolvente agregado expresado en mililitros.

V , $= v + n$, volumen de solución final.

p , peso en gramos de soluto disuelto en el volumen v .

En el volumen v de solución hay:

$$p = \frac{v}{1000} \cdot c \text{ gm. de soluto} \quad (1)$$

luego de la dilución la concentración será:

$$c' = \frac{p}{\frac{V}{1000}} = 1000 \frac{p}{V} \quad (2)$$

y substituyendo V por su igual tenemos

$$c' = 1000 \frac{p}{v + n} \quad (3)$$

Como vemos, la concentración de la solución resultante vendrá dada por 1000 veces el cociente del peso de soluto disuelto en el volumen v sobre el volumen total luego de la dilución.

En la expresión (3) podemos substituir a p por su valor en (1) y tenemos

$$c' = \frac{v \cdot c}{v + n} = c \frac{v}{v + n} \quad (4)$$

Como vemos, la concentración de la dilución resultante vendrá dada por el producto de la concentración inicial y la relación entre el volumen de la **toma** y el volumen final.

En la expresión (4) podemos despejar n

$$n = v \frac{c - c'}{c'} \quad (5)$$

Se tiene entonces que la dilución a efectuar para obtener una solución de determinada concentración a partir de otra de concentración mayor y conocida, será igual al producto de la **toma** por la relación de la diferencia entre ambas concentraciones y la concentración deseada.

Esta expresión reviste mayor interés para nosotros pues resuelve el problema más corriente.

Sin embargo a partir de la (5) podemos llegar a otra sumamente fácil de recordar:

Cuando c' es numéricamente igual a v

$$n = c - c' \quad (6)$$

$$n + c' = c \quad (7)$$

Ambas expresiones muestran como, para obtener la concentración deseada, basta hacer una **toma** numéricamente igual al valor de esta concentración y diluir hasta un volumen numéricamente igual a la concentración de la solución madre. Y para facilitar las operaciones de medida se pueden tomar los múltiplos o submúltiplos más convenientes a cada caso.

A partir de la (7) podemos llegar a lo siguiente:

si para obtener un volumen final c hacemos una **toma** c' ; para obtener un volumen final V haremos una **toma** v ; o sea que:

$$v = V \frac{c'}{c} \quad (8)$$

Es decir que para obtener un volumen V de dilución, la **toma** v de solución madre será igual al producto del volumen final deseado por la relación de los valores de la concentración pedida y la concentración inicial de la solución. Esta expresión permite calcular rápidamente la **toma** de solución fijando a nuestro arbitrio el volumen final a obtener; o de lo contrario calcular la dilución a efectuar, fijando también V de antemano, puesto que:

$$V - v = n$$

De esta manera se pueden reducir los errores de medida porque podemos fijar a V valores que correspondan a los recipientes de medida de que dispongamos, medir con exactitud la **toma** v y enrasar a V con el diluyente. Pero si la dilución a efectuar es muy pequeña conviene medir previamente el volumen n del líquido de dilución y enrasar a V con solución madre.

Casos particulares

A partir de estas expresiones de carácter general podemos llegar a otras que resuel-

van determinados casos particulares.

Por ejemplo, cuando se trata de soluciones valoradas, en vez de tomar las concentraciones c y c' , podemos tomar los "**valores**" correspondientes.

Entendemos por "**valor**" de una solución, la cantidad de sustancia que contiene por mililitro, o la cantidad de otra sustancia que corresponde o equivale a la contenida en un mililitro de solución.

Por lo tanto:

$$c = 1000 \text{ ve}$$

$$c' = 1000 \text{ ve}'$$

Y sustituyendo estos valores en la (8) tenemos:

$$v = V \frac{\text{ve}'}{\text{ve}} \quad (9)$$

Ahora bien, definimos el factor de normalidad como la relación entre el valor experimental ve de una solución y el valor normal vn correspondiente

$$f = \frac{\text{ve}}{\text{vn}} \quad (10)$$

de donde

$$\text{ve} = f \cdot \text{vn} \quad (11)$$

en la expresión (9) vamos a sustituir ve por su valor en (11) y tenemos

$$v = V \frac{f' \cdot \text{vn}'}{f \cdot \text{vn}} \quad (12)$$

y para el caso particular en que $\text{vn}' = \text{vn}$

$$v = V \frac{f'}{f} \quad (13)$$

y si $f' = 1$, es decir, buscamos obtener una solución de normalidad exacta a partir de una más concentrada, la (13) da:

$$v = V \frac{1}{f} = \frac{V}{f} \quad (14)$$

Para obtener un volumen V de solución con una normalidad en relación simple con la unidad, vemos, según esta última expresión, que la toma a realizar vendrá dada por la relación entre el volumen final deseado V y el factor de normalidad de la solución madre.

Como resumen, damos el siguiente cuadro con las distintas expresiones a aplicar según los términos conocidos.

Buscado	Conocido	Expresión a aplicar
c'	$p, v, n,$	$c' = 1000 \frac{p}{v + n} \quad (3)$
c'	$c, v, n,$	$c' = c \frac{v}{v + n} \quad (4)$
n	$v, c, c',$	$n = v \frac{c - c'}{c'} \quad (5)$
n	$c, c' = v$	$n = c - c' \quad (6)$
v	c, c', V	$v = V \frac{c'}{c} \quad (8)$
v	ve, ve', V	$v = V \frac{ve'}{ve} \quad (9)$
v	f, f', V	$v = V \frac{f'}{f} \quad (13)$

Ejemplos

A modo de ejemplo resolveremos varios problemas aplicando las expresiones ya vistas.

1. — 85 ml. de solución de NaCl al 33.5 ‰ se diluyeron con 165 ml. de agua destilada. ¿Cuál es la riqueza de la solución resultante?

Por lo tanto se conocen los siguientes datos:

$$c = 33.5 \text{ ‰} \quad v = 85 \text{ ml.} \quad n = 165 \text{ ml.}$$

aplicando la expresión (4)

$$c' = c \frac{v}{v + n} = 33.5 \frac{85}{85 + 165} = 11.39 \text{ ‰}$$

2. — 50 ml. de una solución contienen disuelto 5.5 gm. de Na₂CO₃. Se diluyen con 75 ml. de H₂O. ¿Cuál es la concentración de la dilución resultante?

Se conocen los siguientes datos:

$$p = 5.5 \text{ gm.} \quad v = 50 \text{ ml.} \quad n = 75 \text{ ml.}$$

aplicando la expresión (3)

$$c' = 1000 \frac{p}{v + n} = 1000 \frac{5.5}{50 + 75} = 44.0 \text{ ‰}$$

3. — ¿Cómo debemos efectuar la dilución de una solución NaCl al 33.5 ‰ para obtener otra solución al 1.8 ‰?

De acuerdo a la expresión (6) $n = c - c'$ tenemos que, haciendo una **toma** numéricamente igual a c' , debemos diluir hasta un volumen igual a c .

Entonces hacemos una **toma** de 1.8 ml. de la solución al 33.5 ‰ y diluimos hasta obtener 33.5 ml. para obtener la dilución pedida.

4. — ¿Qué volumen de agua destilada debemos agregar a 45 ml. de solución de NaCl al 33.5 ‰ para obtener una nueva solución al 12.0 ‰?

Se conocen los siguientes datos:

$$v = 45 \text{ ml.} \quad c = 33.5 \text{ ‰} \quad c' = 12.0 \text{ ‰}$$

aplicando la expresión (5)

$$n = v \frac{c - c'}{c'} = 45 \frac{33.5 - 12.0}{12.0} = 80.62 \text{ ml.}$$

5. — Se desean obtener 250 ml. de solución de NaCl al 12.8 ‰ a partir de una solución de NaCl al 33.5 ‰. Calcular la toma a efectuar.

$$c = 33.5 \text{ ‰} \quad c' = 12.8 \text{ ‰} \quad V = 250$$

aplicando la expresión (8)

$$v = V \frac{c'}{c} = 250 \frac{12.8}{33.5} = 95.53 \text{ ml. de}$$

solución madre.

6. — A partir de una solución de NaCl $f_{N/10} = 1.108$ se quieren obtener 250 ml. de solución de NaCl exactamente N/10.

Se conocen los siguientes datos:

$$f = 1.108 \quad f' = 1.000 \quad V = 250$$

aplicando la expresión (13)

$$v = V \frac{f'}{f} = \frac{250}{1.108} = 225.63 \text{ ml. de so-}$$

lución madre.

$250 - 225.63 = 24.37$ ml. de agua destilada.

En este caso conviene usar una bureta apropiada y dejar caer en un matraz aforado de 250 ml., 24.37 ml. de agua destilada y llevamos a enrase con la solución valorada de NaCl.

Resumen

Hemos derivado varias expresiones de

carácter general que nos permiten efectuar con seguridad y rapidez el cálculo de dilución, sistematizándolo.

A partir de ellas derivamos también expresiones para el caso particular de soluciones de **valor** empírico y normal.

Se debe tener en cuenta que las concentraciones de la solución madre y de la dilución resultante hay que expresarlas en las mismas unidades y referidas al mismo volumen.

Las expresiones ya vistas no pueden aplicarse a las mezclas hidroalcohólicas, hidroacéticas, hidroeteroalcohólicas y en general a todas las que sufren una concentración apreciable.

Referencias

- de **Koninck L. L.** — "Chimie Analytique" Qualitative et Quantitative. Tome I Pag. 369-370. 3me. Edition (1910).
- Coiscou y Ortiz S.** — Anales de la Universidad de Santo Domingo. Vol. 31-32, 290 (1944).

