TEMA 11

DETERMINACIONES DE CONCENTRACION

INTRODUCCION:

Determinar una concentración es un proceso por el cual se llega a conocer la cantidad de una sustancia (soluto) que contiene una disolución.
Por lo general, el problema consiste en que a partir de una muestra, (plasma, suero, orina, LCR, etc.) pretendemos saber la cantidad de alguna sustancia que contenga esta muestra, y luego la expresamos en términos de concentración. Por ejemplo, si la muestra de la que se trata es suero y pretendemos saber si en este suero hay mucha o poca glucosa, lo que se debe hacer en primer lugar será determinar la concentración de la glucosa y después comparar la cífra hallada, con una cífra que se considere **normal**. Si el valor de concentración hallado se situa por encima de las cífras consideradas normales, diremos que hay mucha glucosa, y si se situa por debajo diremos que hay poca glucosa, (hiperglucemia e hipoglucemia respectivamente).

El objetivo de este tema es tan sólo exponer las formas en las que se puede expresar la concentración de una sustancia, pretendiendo que de una manera convencional y estandarizada, se logre objetivar por una cífra seguida de una unidad.

En el laboratorio se hallan a nuestra disposición muchas técnicas para determinar concentraciones. A modo de resumen, se exponen algunas de ellas en el cuadro que aparece más adelante.
A pesar de la complejidad aparente que pueda presentar dicho cuadro, debe de tomarse todo ello en este tema, como una simple visión de conjunto. Más adelante en sucesivos capítulos, se irán desarrollando paulatinamente y en profundidad aquellas técnicas que más habitualmente se usan en el laboratorio clínico, y también se desarrollarán aunque un poco más superficialmente, aquellas otras que no están tan arraigadas ya sea por su menor utilidad o por tratarse de técnicas especiales que sólo se emplean en unos tipos de análisis muy concretos.
Un resumen esquemático de estos medios podría ser pues, el siguiente:

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

1- Espectrofotometría

a) de absorción:
- fotocolorimetría
- ultravioleta
- infrarrojo
- absorción atómica

b) de emisión:
- espectrometría de emisión
- fotometría de llama

2—— Colorimetría

3—— Densitometría

4—— Polarimetría

5—— Dispersión de radiación:

a) turbimetría
b) nefelometría

6—— Fluorometría

FORMAS DE EXPRESION DE LA CONCENTRACION DE UNA DISOLUCION:

Se llama concentración a la cantidad de soluto contenido en una determinada disolución.
La concentración de un soluto en una disolución, se puede expresar basándose en uno de los siguientes criterios:

1) Expresando la cantidad de soluto por unidad de volumen de la disolución.

2) Expresando la cantidad de soluto por unidad de masa del disolvente o de la disolución.

Según el primer criterio, tendremos:

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

a) **Masa (peso) por unidad de volumen** (**c**): Expresa la cantidad de materia (masa) del soluto que se halla en una unidad de volumen de disolución, por ejemplo: tantos gramos de soluto por cada litro de disolución (g/l); o tantos milígramos de soluto por cada decilitro de disolución (mg/dl) etc. (ver tema 3).

b) **Porcentaje en volumen**: se calcula del modo siguiente:

$$\%vol. = \frac{volumen\ de\ soluto}{volumen\ de\ disolución} x100$$

y se trata del volumen de soluto contenido en cada 100 veces la misma unidad de volumen de disolución.

c) **Molaridad** (**M**): expresa el número de moles (moléculas-gramo) de soluto, contenidas en 1 litro de disolución.

d) **Normalidad** (**N**): expresa el número de equivalentes-gramo (**Eq-g**) de soluto contenidos en 1 litro de disolución.
La relación entre Molaridad y Normalidad, es:

M = N/valencia *(1)

También se cumple que:

N = c/Eq-g (c en g/l)

Los métodos descritos en el primer apartado presentan una dificultad: que la concentración expresada de este modo, varía con la temperatura, ya que ésta modifica el volumen (dilatación) de la disolución. Para evitar este inconveniente se utilizan los siguientes métodos basándose en el segundo criterio:

a) **Porcentaje en masa** (**o % en peso**) : se calcula del siguiente modo:

$$\%masa = \frac{masa\ de\ soluto}{masa\ de\ disolución} x100$$

y se trata de la masa de soluto contenida en cada 100 veces la misma unidad de masa de la disolución.

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

b) **Partes por millón** (**ppm**): son las partes de soluto en un millón de partes de disolución.
Se calcula mediante:

$$ppm = \frac{masa\ soluto}{masa\ disolución}\ x\ 10^6$$

En casos de disoluciones muy diluidas, equivale aproximadamente a las partes de soluto en un millón de partes de disolvente.
Cuando la densidad del disolvente es igual a la unidad (agua), se cumple que:

ppm = mg/l = μg/ml*(2)

c) **Partes por billón** (**ppb**): Serían las partes de soluto en un billón de partes de disolución, entendiéndose que se refiere al billón

$$ppb = \frac{masa\ del\ soluto}{masa\ disolución}\ x\ 10^9$$

americano, es decir: 1 billón = 1000 millones. Se calcula mediante:
Cuando la densidad del disolvente es igual a la unidad, se cumplirá también que:

ppb = ng/ml

d) **Molalidad** (**m**): expresa el número de moles de soluto contenidos en 1 kg de disolvente.

e) **Fracción molar** (**X**): Se define como: la proporción de moles de cada componente por mol de disolución, y se expresa en tanto por

$$X_i = \frac{n^o\ de\ moles\ de\ la\ sustancia(i)}{n^o\ de\ moles\ de\ la\ disolución}$$

ciento, y se calcula mediante:

Si $\mathbf{X_1}$, $\mathbf{X_2}$, $\mathbf{X_3}$, $\mathbf{X_4}$ ... $\mathbf{X_n}$ son las fracciones molares de cada uno de los solutos disueltos en una disolución, se cumplirá que:
$\mathbf{X_1+X_2+X_3+X_4+ .... +X_n = 1}$

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

En el laboratorio se usan corrientemente cantidades que corresponden a la milésima o la micronésima parte de un mol o de un equivalente-gramo, y se indican con los símbolos: **mM**, **mEq**, **µM** y **µEq** respectivamente.

DILUCIONES:

Diluir significa conseguir una disminución de una determinada concentración (**c**). Se consigue aumentando el volumen de la disolución (**V**) manteniendo la misma cantidad de soluto.
El producto **V·c** nos dará en todo momento la cantidad de soluto existente en la disolución, por lo que al diluir una disolución, su volumen aumenta y su concentración disminuye, permaneciendo constante el producto de ambos, es decir la **cantidad de soluto**. Así tendremos que:

$$\mathbf{V_1 \cdot c_1 = V_2 \cdot c_2 = V_3 \cdot c_3 = ... = constante = cantidad\ de\ soluto}$$

Veamos un ejemplo de como se prepararía una dilución: supongamos que queremos preparar 70 ml de HCl 0,1 M y disponemos de una disolución de HCl 1M. Se cumplirá que:

$$V_1 \cdot 1 = 70 \cdot 0{,}1 \quad \text{luego:}$$

$$V_1 = 7 \text{ ml}$$

por lo tanto tomaremos 7 ml de la disolución 1M y le añadiremos disolvente puro hasta completar los 70 ml.
Nótese que para que se cumpla la condición anterior, la concentración deberá estar expresada como cantidad de soluto en un volumen fijo de disolución, (molaridad; normalidad, masa por unidad de volumen etc.).
Frecuentemente designamos a las diluciones mediante una fracción, por ejemplo: 1/6; 1/5; 1/10; 1/20 etc. y en general: **1/n** que se le denomina **razón de dilución** y que equivale al cociente entre los volúmenes de la disolución inicial y diluida, por lo que:

$$\frac{1}{n} = \frac{V_1}{V_2}$$

o bien:

$$\mathbf{c_2 = c_1 \cdot 1/n}$$

Fórmula que permite calcular la concentración de la disolución diluida mediante el producto de la concentración de la dilución inicial y la razón de dilución.
El significado de **1/n** es que por cada unidad de **disolución inicial**, deberemos tomar **(n-1)** unidades de **disolvente**.

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

Tomemos el ejemplo anterior. Si se dispone de 7 ml de disolución inicial y la queremos diluir al 1/10, se procederá del siguiente modo:

$$(10-1)\cdot 7 = 63 \text{ ml de disolvente}$$

es decir, a los 7 ml de disolución iniciales, le añadiremos 63 ml de disolvente.

Existe otra forma de designar una dilución, es mediante la notación **(1 + m)**, el número **1** indica una unidad de soluto (o de volumen inicial), y la letra **m** indica las unidades de disolvente que hay que añadir a cada unidad de soluto,(o de volumen inicial). Por ejemplo para diluir 7 ml de disolución inicial al (1+9), procederemos así: a cada ml de disolución inicial, añadiremos 9 ml de disolvente, luego a los 7 ml iniciales le añadiremos: 7x9=63 ml de disolvente.
Obsérvese que los tres ultimos ejemplos son el mismo caso.

Si una disolución se diluye varias veces, podremos hallar su concentración final multiplicando la inicial por todas las razones de dilución aplicadas.

DILUCIONES SERIADAS:

Las diluciones seriadas, son de gran utilidad en el contexto de la **inmunología**, de la **hematología**, de la **bioquímica** etc. A partir de una sustancia de concentración conocida, se trata de obtener una serie de diluciones de menor concentración según una determinada ***razón de dilución***, ejemplo:
Tomemos inicialmente una disolución en un tubo de ensayo (tubo nº 1), compuesta de **0,1 ml** de suero (soluto) en **0,9 ml** de solución salina (disolvente), con lo cual el volumen de la disolución será de **1 ml**. Elejimos una ***razón de dilución*** de **1/2** y obtenemos una serie de diluciones en diferentes tubos de ensayo numerados, de tal manera que los tubos 2, 3, 4, 5, 6... etc. los llenamos previamente con **0,5 ml** de disolvente cada uno (solución salina). A continuación tomamos **0,5 ml** del tubo nº 1 y lo diluimos en el tubo nº 2, una vez diluido tomamos **0,5 ml** del tubo nº 2 y lo diluimos en el tubo nº 3, y así sucesivamente, (Figura 82). Finalmente obtenemos una dilución seriada cuyas **concentraciones en volumen** en cada tubo serán: 1/10; 1/20; 1/40; 1/80; 1/160; 1/360 etc... y por tanto la ***razón de dilución*** será: **1/2**. En el ultimo de los tubos podremos desechar **0,5 ml** (una vez hecha la disolución) para que tenga el mismo nivel que los demás tubos. Obsérvese que la concentración del soluto en cada tubo decrece según el ***factor* 2**.
Los pasos que implicitamente se han seguido, quedan expuestos en el cuadro siguiente:

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

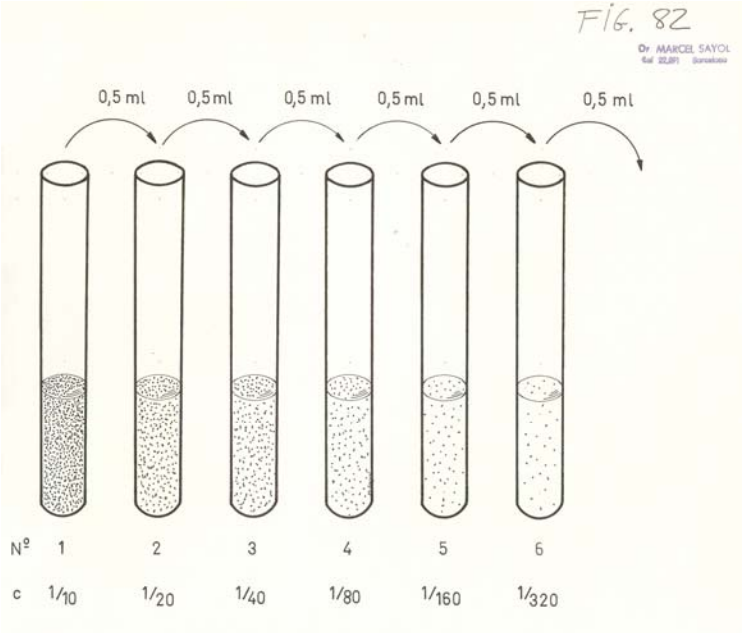
TUBO Nº		1	2	3	4	5	6
Volumen inicial (ml)	Disolución	1	O,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Soluto	0,1	0	0	0	0	0
	Disolvente	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Volumen diluido (ml) *	Disolución	0,5	1	1	1	1	1
	Soluto	0,05	0,05	0,025	0,0125	0,00625	0,003125
	Disolvente	0,45	0,95	0,975	0,9875	0,99375	0,996875
Volumen final (ml) **	Disolución	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Soluto	0,05	0,025	0,0125	0,00625	0,003125	0,0015625
	Disolvente	0,45	0,475	0,4875	0,49375	0,496875	0,4984375
Concentración		1/10	1/20	1/40	1/80	1/160	1/320
Razón de dilución		1/2					
Factor de dilución		2					
Notación (1 + m)		1+9	1+19	1+39	1+79	1+159	1+319

* El volumen se obtiene después de recibir 0,5 ml del tubo anterior. El tubo nº 1, al no recibir nada de ningún otro tubo, se le anotan las proporciones que le quedan después de trasvasar su mitad al tubo 2.

** Volumen obtenido después de trasvasar 0,5 ml al siguiente tubo y desechar 0,5 ml del ultimo tubo.

FIGURA 82 Dilución seriada.

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277



APENDICE

*(1) En efecto, consideremos los siguientes parámetros:

m (gramos de soluto)
pm (peso molecular)
V (volumen de la disolución)
va (valencia)

La molaridad será:

$$M = \frac{\frac{m}{pm}}{V} = \frac{m}{V \bullet pm}$$

y la normalidad:

$$N = \frac{\frac{m}{pm/va}}{V} = \frac{m \bullet va}{V \bullet Pm}$$

Dividiendo ambas ecuaciones, se obtiene:

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

$$\frac{M}{N} = \frac{1}{va}$$

Es decir:

$$N = \frac{c(g/l)}{Eq\text{-}g}$$

Por otra parte:

M = N/valencia

Puesto que la concentración **c** expresada en g/l, y dividida por el Eq-g nos dá la molaridad.

*(2)

$$1ppm = \frac{1g(sol)}{10^6\, g(dis)} x \frac{10^3\, mg(sol)}{1g(sol)} x \frac{1g(dis)}{1ml(dis)} x \frac{10^3\, ml(dis)}{1l(dis)} = 1mg/l$$

$$1mg/l = \frac{1mg}{1l} x \frac{1g}{10^3\, mg} x \frac{10^6\, \mu g}{1g} x \frac{1l}{10^3\, ml} = 1mug/ml$$

(sol = soluto; dis = disolución)

EJERCICIOS

1) ¿Cuántos gramos de HNO_3 se hallan en 60 cm^3 de ácido nítrico de concentración igual a 70 g/l ?
Solución: 4,2 g

2) ¿Cuántos gramos de HNO_3 se hallan en 50 cm^3 de ácido nítrico 3 M y en 50 cm^3 de éste ácido 3 N ?
Solución: 9,45 g en ambos casos.

3) Se han disuelto 40 g de NaCl en 500 g de agua. Calcúlese la molalidad. (Pm del NaCl = 58,5).
Solución: 1,367 m.

4) Una solución de KOH al 10 % (utilizada como fijador para observar en el microscopio una preparación de dermatofitos), posee una densidad de 1,79. Calcúlese: a) la concentración de la solución; b) la normalidad; c) la molaridad; d) la molalidad.
Solución: a) 179 g/l; b) 3,19 N; c) 3,19 M; d) 1,98 m.

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

5) Para obtener una disolución de NaOH, se han disuelto 30 g de NaOH en 400 c.c. de agua. ¿Qué % en peso hay de NaOH?
Solución: 6,97 %

6) En 60 cm^3 de una disolución 0,1 M de NaOH, ¿Cuántos gramos de NaOH hay?
Solución: 0,24 g de NaOH

7) ¿Cuántos gramos de glucosa hay en 60 ml de una disolución al 10 % en masa?. Densidad de la disolución: 1,46 g/cm^3.
Solución: 8,76 g de glucosa.

8) ¿Cuántos gramos de NaCl hay en 600 ml de una disolución de densidad 1,2 g/cm^3 al 0,8 % en peso?
Solución: 5,76 g de NaCl

9) ¿Cuántos gramos de H_3PO_4 se necesitan para preparar 500 ml de una disolución 3 M ? (peso molecular del H_3PO_4 = 98).
Solución: 147 g de H_3PO_4

10) ¿Cuántos gramos de H_2SO_4 se necesitan para preparar 200 ml de una disolución 1N?
Solución: 9,8 g de H_2SO_4

11) ¿Cuál es la concentración expresada en términos de molaridad, de una disolución preparada añadiendo 180 g de NaCl al agua suficiente para obtener 700 ml de disolución? (Pm del NaCl = 58,5).
Solución: 4,39 M

12) Se disuelven 25,6 g de glucosa en 140 g de agua. Calcular el % en peso y la molalidad. (Pm glucosa = 180).
Solución: 15,45 % y 1,01 m.

13) En 1 litro de agua, se hallan disueltos 3,5 g de cloruro sódico (NaCl); 1,5 g de cloruro potásico (KCl); 2,5 g de bicarbonato sódico ($NaCO_3H$) y 20 g de glucosa ($C_6H_{12}O_6$). Calcular la fracción molar de cada componente disuelto, y comprobar que la suma de ellos, es igual a la unidad.
(La OMS considera a esta fórmula, como la ideal para combatir la deshidratación).
Solución: 0,00107; 0,0003586; 0,000538; 0,001972 y 0,996

14) Una disolución de glucosa tiene 20 g de glucosa en 600 g de agua. ¿Cuál es la molalidad?
Solución: 0,18 m

15) En el laboratorio encontramos un frasco de HCl con las siguientes características en su etiqueta: 35 % y densidad 1,18 g/cm^3. ¿Cómo se

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277

prepararían a partir de él, 300 cm^3 de una disolución 0,1 M de HCl? (Pm del HCl = 36,5).
Solución: 2,65 ml de HCl del 35 %

16) En la etiqueta de un frasco está escrito: H_2SO_4 3M. ¿Cómo se prepararían 100 ml de una disolución 0,1 M?
Solución: 3,33 ml de disolución 3M de H_2SO_4.

17) Preparar 300 ml de suero fisiológico sabiendo que su concentración es 8,5 ‰. (8,5 g de sal en 1000 c.c. de disolución).
Solución: 2,55 g de NaCl

18) Se dispone de una disolución 2 N de H_2SO_4 y se desea preparar agregándole agua, 3 litros de solución 0,1 N. ¿Qué volumen debe tomarse?
Solución: 150 cm^3 de disolución y diluirse hasta completar los 3 litros.

19) Preparar una dilución seriada de razón de dilución ½, a partir de un primer tubo que se obtiene añadiendo 1 ml de soluto a 1 ml de disolvente. Hallar las concentraciones de cada tubo.
Solución: Los tubos 2, 3, 4, 5, 6, 7 etc. deben contener previamente 1 ml de disolvente, y trasvasar 1 ml de un tubo al siguiente. Las concentraciones respectivas serán: 1/2; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32; 1/64; 1/128, etc.

---

msayol@xtec.cat

Registro de la Propiedad Intelectual
Número de asiento registral: 02/2006/6277