

Capítulo 1 PARTE 4/4

PREGUNTAS Y PROBLEMAS

PROBLEMA 1

Objetivo: - Calcular la concentración de soluto en una solución en distintas unidades.

- Utilizar diluciones para modificar la concentración de una solución.

Es muy frecuente encontrarse frente a soluciones que han sido preparadas con una concentración que es demasiado elevada para un determinado propósito. Si, por ejemplo, se dispone de una solución de glucosa al 10% y se quiere tener una solución de glucosa al 5%, bastará colocar un cierto volumen de SOLUCION y agregar el mismo volumen de AGUA. Así, por ejemplo:

5 mL de glucosa al 10% + 5 mL de agua = 10 mL de glucosa al 5%

Esto que se ha hecho es una DILUCION que se expresa:

Dilución: 1/2 o también 1:2

El numerador, por costumbre, siempre será 1 y la relación indicará la PROPORCION del VOLUMEN de solución original que se ha puesto con respecto al total de solución que se ha preparado. En nuestro ejemplo, se tomaron 5 mL de la solución de glucosa y se llevaron a un total de 10 mL.

Entonces: $5/10 = 1/2$ ó $5:10 = 1:2$

INDICE Parte 4	Pág
PROBLEMA 1	1
PROBLEMA 2	5
PROBLEMA 3	8
PROBLEMA 4	13
PROBLEMA 5	16
DISCUSION	22
AUTOEVALUACION	25
RESPUESTAS	29
LECTURAS RECOMENDADES	30

Bastará MULTIPLICAR la concentración FINAL (glucosa al 5%) por el DENOMINADOR (2) para obtener la concentración INICIAL (10%). Del mismo modo, si se conoce la concentración INICIAL, bastará DIVIDIRLA por el denominador para obtener la concentración FINAL.

A continuación se darán 4 ejemplos de estos procedimientos. En los 2 primeros se mostrará cómo solucionarlos, mientras que en los últimos sólo se darán las respuestas, a fin de que usted los resuelva por su cuenta y verifique los resultados.

1A Se dispone de una solución de NaCl al 0,9%. De ella se toman, con una pipeta, 5 mL y se los coloca en un matraz de 250 mL, completándose el volumen con agua destilada. Calcule:

- La dilución efectuada.
- La concentración de la solución final en:
 - g/100 mL
 - g/L
 - mg/mL

Respuesta:

La dilución es de 5 en 250 ó $5/250$. Expresada colocando 1 como numerador será una dilución:

1:50

ya que $250/5 = 50$.

Conociendo esto, se puede calcular:

concentración final = concentración inicial / 50.

Entonces:

$$\text{NaCl } 0,9\% / 50 = 0,018 \text{ g/100 mL}$$

Que se puede expresar:

$$0,018 \text{ g}/100 \text{ mL} = 0,018 \text{ g}/\text{dL} = 0,18 \text{ g L} = 0,18 \text{ mg}/\text{mL}$$

1B La concentración habitual de glucosa en plasma es de 100 mg/100 mL. Esta sustancia se determina por métodos químicos, que dan una reacción de color que se mide en un fotocolorímetro. Sin embargo, no se puede realizar la reacción química con el plasma sin diluir ya que, supongamos, el instrumento que estamos usando "lee" concentraciones entre 1 y 5 mg/100 mL. En base a esto, calcule:

- Qué dilución se debe usar
- Cuál es la concentración final

Respuesta:

Podemos ir probando distintas diluciones y ver cuál es la que nos conviene. Recuérdese que las pipetas y matraces que hay en los laboratorios son de determinados valores, de modo que no se puede INVENTAR una dilución, sino hacerla con el material de que se dispone. Veamos:

- Dilución 1:100

Se tomará, por ejemplo, 1 mL de plasma y se llevará a 100 mL de volumen final.

$$\text{Concentración final} = \frac{100 \text{ mg} / 100 \text{ mL}}{100} = 1 \text{ mg} / 100 \text{ mL}$$

Es una dilución demasiado alta, ya que la concentración obtenida cae justo en el límite inferior del rango de lectura.

- Dilución 1:10

Se tomará, por ejemplo, 0,5 mL de plasma y se llevará a 5 mL de volumen final.

$$\text{Concentración final} = \frac{100 \text{ mg} / 100 \text{ mL}}{10} = 10 \text{ mg} / 100 \text{ mL}$$

Es una dilución demasiado baja, ya que la concentración final está por encima del rango de lectura,

- Dilución 1 / 50

Se tomará, por ejemplo, 0,2 mL de plasma y se llevará a 10 mL de volumen final.

$$\text{Concentración final} = \frac{100 \text{ mg}/100 \text{ mL}}{50} = 2 \text{ mg} / 100 \text{ mL}$$

Es una concentración adecuada, ya que está en el rango del instrumento.

La CONCENTRACION FINAL, si se usa la dilución 1: 50, será de:

$$2 \text{ mg}/100 \text{ mL} = 2 \text{ mg}/\text{dL} = 20 \text{ mg}/\text{L} = 20 \mu\text{g}/\text{mL}$$

Nótese que al hacer estas equivalencias sólo se ha dividido o multiplicado el numerador y el denominador de la concentración por la misma cifra.

1C En una balanza de precisión se pesan 0,671 g de KCl, se los coloca en un matraz de 100 mL y se completa el volumen con agua destilada. De esa solución se toman 0,5 mL, se colocan en un matraz de 250 mL y se completa el volumen con agua. Calcule:

- a) La concentración, en g/L, de la primera solución.
- b) El valor de la dilución que se hace al preparar la segunda solución.
- c) La concentración, en $\mu\text{g}/\text{mL}$, de la segunda solución.

Respuestas: a) 6,71 g/L; b) 1:500; c) 13,4 $\mu\text{g}/\text{mL}$

1D Dos técnicos de un laboratorio necesitan preparar soluciones de NaCl. Uno de ellos quiere 500 mL al 0,45% y el otro quiere 100 mL de una solución al 2,25%. A fin de realizar una sola pesada en la balanza, deciden preparar la solución más concentrada primero y con ella preparar una segunda más diluida.

- Calcule:
- Cuántos gramos de NaCl deberán pesar.
 - En qué volumen lo diluirán.
 - Qué dilución usarán para la segunda solución.

Respuestas: a) 4,5 g; b) 200 mL; c) 1:5 (Hay otras respuestas posibles).

PROBLEMA 2

Objetivo: - Transformar concentraciones expresadas en gramos o miligramos por 100 mililitros en concentraciones expresadas en moles por unidad de volumen.

- Transformar concentraciones expresadas en unidades del SI en las concentraciones que aún se usan en la práctica médica.

Es habitual encontrar, en la práctica médica y en los distintos libros de texto, las más variadas formas de expresar una concentración y se hace necesario convertir unas en otras. Cualquiera sea la dirección en que se haga la transformación, lo único que se necesita es saber el peso atómico o molecular de la sustancia y, por supuesto, conocer las unidades y subunidades de peso y volumen.

Así, por ejemplo, si en un informe de laboratorio aparece que un paciente tiene una concentración de glucosa en plasma de 100 mg/100 mL, para expresarla en milimoles/litro se razonará:

- a) Qué el peso molecular de la glucosa es:

pm glucosa: 180 g/mol

También se puede decir que el peso molecular de la glucosa es de:

pm glucosa: 180 mg/mmol

b) Que 1 mol de cualquier sustancia contiene 1000 milimoles.

c) Que la unidad del informe del laboratorio está expresada por 100 mL de volumen y se necesita expresarla por 1 litro, esto es, 1000 mL.

Entonces, si la concentración de glucosa en plasma del paciente es de 100 mg/100 mL, esto equivale a 1000 mg/L o 1 g/L. De este modo:

180 g/l. 1000 mol /L

1 g/L x = 5,55 mmol /L

A continuación se darán 4 ejemplos, mostrándose en los dos primeros el detalle del procedimiento y dejándose los 2 últimos para su resolución personal.

2A La concentración normal de ALBUMINA en plasma se encuentra entre 3,5 y 4.8 g/100 mL. Exprese la concentración de esta sustancia en milimoles/litro.

Respuesta: Como el peso molecular de la albúmina es de 65000 (65000 g/mol) y como 3,5 g/100 mL es igual a 35 g/L, se puede calcular:

65000 g 1000 mmol

35 g x = 0,54 mmol

Del mismo modo:

65000 g 1000 mmol

48 g x = 0,74 mmol

Por lo tanto, la concentración de ALBUMINA en plasma humano se expresará:

Albúmina: 0,54 - 0,74 mmol / L

2B En una historia clínica, un médico encuentra que un paciente tiene una concentración de BILIRRUBINA en plasma de 52 μ mol /L. Como él sólo sabe que la concentración habitual tiene un rango entre 0,3 y 1,5 mg/100 mL, tiene que está expresada en μ mol/L, en mg/100 mL.

Respuesta:

En ambos casos se debe conocer el peso molecular de la bilirrubina. Esta es de:

pm bilirrubina: 588 g /mol

lo que equivale a 588 mg /mmol

Entonces, para expresar el resultado en mmol /L, debemos considerar que: 0,3 mg / 100 mL = 3 mg /L

Entonces:

588 mg..... 1 mmol

3 mg..... $x = 5,1 \cdot 10^{-3}$ mmol = 5,1 μ mol

y como 1,5 mg /100 mL = 15 mg /L

Entonces

588 mg 1 mmol

15 mg $x = 0,0255$ mmol = 25,5 μ mol

Entonces, el rango normal de BILIRRUBINA en plasma es de: 5,1 - 25,5 μ mol /L

Por lo tanto, la concentración que me midió en el paciente, de 52 μ mol / L, está fuera del rango normal.

Si en vez de este procedimiento el médico hubiera optado por transformar la cifra en μ mol/L en mg/100 mL, el procedimiento hubiera sido:

$$52 \mu\text{mol/L} = 0,052 \text{ mmol /L} = 0,0052 \text{ mmol /100 mL}$$

Entonces:

1 mmol 588 mg

0,0052 mmol x = 3,06 mg

El plasma del paciente tiene, entonces: BILIRRUBINA: 3,06 mg /100 mL = 3,6 mg /dL

Como el rango normal, en las unidades que recuerda el médico, es:

Rango normal: 0,3 - 1,5 mg /100 mL. Por lo tanto, la concentración encontrada es anormalmente alta.

2C Exprese las concentraciones de las sustancias plasmáticas de la lista siguiente, que se encuentran en las unidades de uso práctico, en las unidades del Sistema Internacional que se indican:

- a) CALCIO (pm: 40) = 10 mg% en mmol/L
- b) AC. URICO (pm: 170) = 8 mg /dL en mmol/L
- c) PROTEINAS = 6,8 g/dL en g /L
- d) HIERRO (pm: 55,9 g) = 150 µg% en µmol/L

Respuestas:

a) 2,5 mmol /L; b) 0,47 mmol /L c) 68 g /L; d) 26,8 µmol /L

2D Se dispone de una solución de NaCl al 0,9% y se necesita una solución de NaCl de, aproximadamente, 3 mmol/L. ¿Qué dilución se debe hacer de la solución original? (pm NaCl: 58,5).

Respuesta: 1:50

PROBLEMA 3

Objetivos: - Calcular la concentración de los principales iones en una solución electrolítica para inyección endovenosa.

- Verificar la electroneutralidad de las soluciones.

Los laboratorios farmacéuticos indican siempre los gramos o miligramos que han usado para preparar un determinado producto. En el caso de las soluciones electrolíticas que se utilizan, principalmente, para reemplazar las pérdidas de agua y de solutos debidas a diarreas, vómitos, intervenciones quirúrgicas, etc., es IMPRESCINDIBLE saber la concentración de los principales iones en mEq/L o mmol/L. Para realizar esta conversión se necesita saber la "fórmula" de la molécula y su peso molecular. En este problema calcularemos, en su parte A, la concentración de Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺ de la solución "NORMOSOL-R con DEXTROSA", que describimos anteriormente y que reproducimos aquí:

3A

Dextrosa	5 g
NaCl	26 mg
Acetato Na	222 mg
Gluconato Na	502 mg
KCl	37 mg
MgCl ₂	14 mg
Agua c.sp.....	100 mL

El término **c.s.p.** significa "cantidad suficiente para", indicando que se ha agregado agua hasta completar un volumen de 100 mL. Recurriremos a la Tabla 1.VI para la información de pesos y fórmulas. En la parte B de este problema se dará la composición de otra solución, para que sea usted quien calcule las concentraciones.

a) Cálculo de la concentración de cloruro, sodio, potasio y magnesio en cada una de las sales.

El primer paso debe ser convertir en g /L la concentración de TODAS las sales que contengan estos iones, para luego llevarlas a mmol/L.

Así: **NaCl: 526 mg/100 mL = 5,26 g /L**

Entonces:

58,5 g/L NaCl 1000 mmol /L NaCl

5,26 g/L NaCl x = 89,9 mmol /L

Estos 89,9 g mmol/L de NaCl corresponden a:

89,9 mmol/L de Na⁺

89,9 mEq/L de Na⁺

89,9 mmol/L de Cl⁻

89,9 mEq/L de Cl⁻

- Acetato de sodio: 222 mg/100 mL = 2,22 g /L

82 g/L 1000 mmol/L

2,22 g/L Na(C₂H₃O₂) x = 27 mmol /L

Como aquí hay un radical acetato y un ion Na⁺, en 27 mmol /L de acetato de sodio hay (aceptando disociación completa)

27 mmol/L de Na⁺

27 mEq/L de Na⁺

27 mmol /L de C₂H₃O₂⁻

27 mEq /L de C₂H₃O₂⁻

- Gluconato de sodio: 502 mg /100 mL = 5,02 g /L

218 g /L Na(C₆H₁₁O₇) 1000 mmol /L

5,02 g /L Na(C₆H₁₁O₇) x = 23 mmol /L

Como en el caso anterior, en 23 mmol /L de gluconato de sodio hay:

25 mmol/L de Na⁺

25 mEq/L de Na⁺

25 mmol/L de C₆H₁₁O₇⁻

29 mEq/L de C₆H₁₁O₇⁻

- KCl: 37 mg/100 mL = 0,37 g/L

74,5 g/L KCl 1000 mmol /L
0,37 g/L KCl x = 4,96 mmol /L

En 4,96 mmol /L de KCl hay:

4,96 mmol /L de Cl⁻
4,96 mEq /L de Cl⁻

4,96 mmol /L de K⁺
4,96 mEq /L de K⁺

- MgCl₂: 14 mg/100 mL = 0,14 g /L

95 g MgCl₂ 1000 mmol /L
0,14 g MgCl₂ x = 1,47 mmol L

Como se vió en la página 30, en 1,47 mmol de MgCl₂ hay:

1,47 mmol/L de Mg²⁺
2,94 mEq/L de Mg²⁺

2,94 mmol/L de Cl⁻
2,94 mEq/L de Cl⁻

b) Cálculo de la concentración TOTAL de Cl-

Cl- del NaCl -----> 89,9 mmol /L
Cl- del KCl -----> 4,96 mmol /L
Cl- del MgCl₂ ----> 2,94 mmol /L

97,8 mmol/L ≈ 98 mmol/L

Cl⁻ TOTAL en la solución: 98 mmol/L o también 98 mEq/L

c) Cálculo de la concentración TOTAL de Na⁺

Na⁺ del NaCl -----> 89,9 mmol/L

Na⁺ del Acet.Na --> 27,0 mmol/L

Na⁺ del Gluc.Na --> 23,0 mmol/L

139,9 mmol/L • 140 mmol/L

Na⁺ TOTAL en la solución: 140 mmol/L o también 140 mEq/L

d) Cálculo de la concentración TOTAL de ANIONES y CATIONES (sólo en mEq/L)

ANIONES

CLORURO -----> 98 mEq /L

ACETATO -----> 27 mEq /L

GLUCONATO ----> 23 mEq /L

148 mEq / L

CATIONES

SODIO -----> 140 mEq/L

POTASIO -----> 4,86 mEq/L

MAGNESIO ----> 2,94 mEq/L

147,9 mEq/L • 148 mEq/L

Como la suma de los aniones es igual a la de los cationes, se demuestra que la solución es eléctricamente neutra.

3B Un paciente recibe, por vía endovenosa, una solución conocida como "**solución de Ringer inyectable**", cuya composición es la siguiente:

cloruro de sodio 0,60 g
cloruro de potasio 0,03 g
cloruro de calcio 0,033 g
agua para inyección, c.s.p 100 mL.

Calcule:

- a) la concentración de Na^+ , en mEq/L.
- b) la concentración de Ca^{2+} , en mEq/L.
- c) la cantidad de Cl^- , en mEq, que recibirá el paciente si se le inyectan 250 mL de esta solución.

Respuestas: a) 102,5 mEq /L; b) 5,94 mEq/ L; c) 28 mEq.

PROBLEMA 4

Objetivos: - Determinar la osmolalidad del plasma de un paciente a partir de la concentración de ciertos solutos.

- Discutir la validez de varias fórmulas para la determinación de la osmolalidad.

La osmolalidad plasmática es usada, en la práctica médica, para reconocer diversas condiciones patológicas. Por lo general, hay una muy clara relación entre el grado de deshidratación del paciente y la osmolalidad de su plasma. Así, por ejemplo, una persona que tiene una diarrea severa, pierde agua y solutos, pero dependerá de la relación entre uno y otro en el líquido perdido que su osmolalidad plasmática aumente, disminuya o permanezca a igual. Si el líquido de diarrea tiene una osmolalidad MENOR que la del plasma, querrá decir que se ha perdido, del compartimiento corporal, proporcionalmente más agua que solutos. En consecuencia, la osmolalidad plasmática AUMENTARA. En caso que el líquido perdido por la diarrea tenga una osmolalidad MAYOR que la del plasma, la osmolalidad plasmática DISMINUIRA.

Las diarreas, o cualquier otra situación con pérdida de líquido de IGUAL osmolalidad que la del plasma, no PRODUCEN CAMBIOS en la osmolalidad plasmática. En este caso, la sola medición de la osmolalidad plasmática no permite determinar el grado de hidratación del individuo.

La osmolalidad de los líquidos biológicos se determina, generalmente, usando un OSMOMETRO que mida el descenso crioscópico. Lamentablemente, estos instrumentos no están en todos los laboratorios de análisis clínicos y debe recurrirse a "fórmulas" aproximadas para determinar la osmolalidad en base a la concentración de algunos solutos.

La siguiente es una lista de sólo algunas de las fórmulas más usadas. En todas ellas se utilizan, exclusivamente, las concentraciones de Na^+ , urea y glucosa, ya que se considera que son las sustancias que pueden determinar, con mayor facilidad, cambios en la osmolalidad plasmática en condiciones patológicas.

Fórmulas:

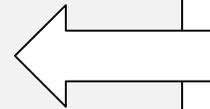
1) $\text{Osm} = 2 \cdot (\text{Na}^+ + \text{K}^+) + \text{urea} + \text{glucosa}$

2) $\text{Osm} = 2,1 \cdot \text{Na}^+$

3) $\text{Osm} = (1,86 \cdot \text{Na}^+) + \text{urea} + \text{glucosa}$

4) $\text{Osm} = (2 \cdot \text{Na}^+) + \text{urea} + \text{glucosa}$

5) $\text{Osm} = (1,86 \cdot \text{Na}^+) + \text{urea} + \text{glucosa} + 9$



La variedad de fórmulas no hace más que demostrar que ninguna es totalmente satisfactoria.

4A Un niño de 3 meses de edad ingresa al hospital luego de varias horas con diarrea y vómitos. Se le toma una muestra de sangre y se analizan las concentraciones de Na^+ , K^+ , urea y glucosa. Los resultados son:

$\text{Na}^+ = 153 \text{ mEq/L}$ (normal: 140 mEq/L) *El valor que se da aquí como NORMAL es sólo un promedio, ya que hay un RANGO de valores normales.*

$\text{K}^+ = 4,0 \text{ mEq/L}$ (normal: 4,5 mEq/L)

urea = 32 mg/dL (normal: 30 mg/dL)

glucosa = 100 mg/dL (normal: 100 mg/dL)

Calcular la osmolalidad plasmática usando la fórmula 1 y 5.

Fórmula 1: el primer paso es llevar las concentraciones de urea y glucosa a mmol/L.

UREA: 32 mg /dL = 320 mg/L = 0,32 g /L

60 g /L 1000 mmol/L

0,32 g /L x = 5,33 mmol/L

GLUCOSA: 100 mg /dL = 1 g/L

180 g /L 1000 mmol/L

1 g /L x = 5,55 mmol/L

Osm = 2 (Na⁺ + K⁺) + urea + glucosa

Osm = 2 (153 + 4) + 5,32 + 5,55

Osm = 325 mOsm/kg

Fórmula 5:

Osm = (1,86 . Na⁺) + urea + glucosa + 9

Osm = 304 mOsm/kg

Como se ve, la discrepancia entre las fórmulas es grande. Lo único bien claro es que la osmolalidad está aumentada y que, en este caso, el soluto "responsable" es el Na⁺.

4B Los DIURETICOS son sustancias que determinan un aumento de la excreción de Na⁺ y otros solutos por el riñón, acompañada por un aumento de la diuresis. En los pacientes que reciben este tratamiento por largo tiempo y sin control médico, puede aparecer una hiponatremia con hiposmolalidad. El siguiente cuadro resume los resultados de un análisis de plasma en uno de estos casos.

$\text{Na}^+ = 106 \text{ mEq/L}$ (normal: 140 mEq/L)

$\text{K}^+ = 3,0 \text{ mEq/L}$ (normal: 4,5 mEq/L)

$\text{Cl}^- = 81 \text{ mEq/L}$ (normal: 105 mEq/L)

$\text{HC03}^- = 31 \text{ mEq/L}$ (normal: 25 mEq/L)

Urea = 0,28 mg/dL (normal: 0,3 mg/dL)

Glucosa = 110 mg/dL (normal: 100 mg/dL)

Osm = 232 mOsm/ kg (normal: 290 mOsm/kg)

Determine cuál de las fórmulas de osmolalidad es la más apropiada para calcular la osmolalidad de ESTE plasma.

Respuesta: El valor que más se aproxima resulta de usar la Fórmula 1. Hay hiponatremia y a eso se debe la hiposmolaridad, pero hay aumento del bicarbonato. Este es un efecto secundario de los diuréticos.

PROBLEMA 5

Objetivo: - Calcular la osmolaridad de soluciones electrolíticas usadas en medicina.

- Estimar el volumen de una solución que debe recibir un paciente para compensar una pérdida.
- Conocer cómo preparar una solución isotónica a partir de una hipertónica.

Las soluciones electrolíticas se usan en medicina, por lo general, para reponer las pérdidas de agua y solutos que un paciente ha tenido. Estas PERDIDAS resultan de situaciones tan diversas como diarreas, vómitos, quemaduras, hemorragias, intervenciones quirúrgicas, fistulas digestivas, sudoración extrema, etc. También pueden ser usadas para reponer las pérdidas fisiológicas (orina, sudor, heces, agua de respiración) - VER CAPITULO 3) en pacientes inconscientes, que no pueden beber y alimentarse por sí solos. Dada esta gran variedad de situaciones, no existe una

única solución electrolítica, sino que, de las disponibles, el médico debe elegir la que más se adapte a las necesidades del paciente. Luego de la elección, deberá decidir qué volumen es el adecuado para reponer las pérdidas que ya existen y qué volumen deberá irse inyectando, durante el dLa, para compensar pérdidas futuras.

Por lo general se procura que las soluciones a inyectar por vía endovenosa sean ISO-OSMOTICAS (igual osmolalidad) con respecto al plasma y demás líquidos biológicos (290 mOsm /kg • 290 mOsm /L en el hombre). El término ISOTONICO puede ser usado, algunas veces, como sinónimo de iso-osmótico, pero eso lo veremos en el Capítulo 2. Hay casos, sin embargo, en que es necesario inyectar soluciones HIPEROSMOTICAS o soluciones HIPO-OSMOTICAS y, a veces, hay necesidad de que el médico realice una dilución para convertir una solución hiperosmótica en una iso-osmótica.

En el problema 5A se calculará la OSMOLARIDAD de la solución cuya concentración, en mEq/L, se vió en el problema 3A. En el problema 5B, se dará una solución comercial, en la que usted debe calcular la osmolaridad. En el problema 5C se mostrará cómo calcular el volumen de solución a inyectar en caso de un déficit de un electrolito. En el problema 5D, será usted quien haga el cálculo, para otro paciente. Por último, en el problema 5E, se mostrará un caso en que es necesario diluir, al inyectarla, una solución.

5A La solución, "Normosol R - con dextrosa" tiene la siguiente composición, de acuerdo a los resultados del problema 3A

Sustancia	mmol / L
NaCl	90
Na (C ₂ H ₃ O ₂)	27
Na(C ₆ H ₁₁ O ₇).	23
MgCl ₂	1,47
Dextrosa (d-glucosa)	278

La osmolaridad de la solución se calcula de la siguiente modo:

- Cálculo de los mOsm /L que aporta el NaCl

$$\text{Osm} = \text{molaridad} \cdot v \cdot g$$

$$\text{Osm} = 90 \text{ mmol/L} \cdot 2 \cdot 0,9377$$

$$\text{Osm} = 168,8 \text{ mOsm/L}$$

El coeficiente g fue obtenido de la Tabla 1.IX

- Cálculo de los mOsm /L que aporta el Acetato de sodio:

$$\text{Osm} = \text{molaridad} \cdot v \cdot g$$

$$\text{Osm} = 27 \text{ mmol/L} \cdot 2 \cdot 1$$

$$\text{Osm} = 54 \text{ mOsm /L}$$

- Cálculo de los mOsm /L que aporta al Gluconato de sodio:

$$\text{Osm} = \text{molaridad} \cdot v \cdot g$$

$$\text{Osm} = 23 \text{ mmol /L} \cdot 2 \cdot 1$$

$$\text{Osm} = 46 \text{ mOsm /L}$$

- Cálculo de los mOsm /L que aporta el KCl:

$$\text{Osm} = \text{molaridad} \cdot v \cdot g$$

$$\text{Osm} = 4,96 \text{ mmol/L} \cdot 2 \cdot 1$$

$$\text{Osm} = 9,92 \text{ mOsm/L}$$

- Cálculo de los mOsm/L que aporta el MgCl₂

$$\text{Osm} = \text{molaridad} \cdot v \cdot g$$

$$\text{Osm} = 1,47 \text{ mmol /L} \cdot 3 \cdot 1$$

$$\text{Osm} = 4,41 \text{ mOsm /L}$$

- Cálculo de los mOsm/L que aporta la Dextrosa

$$\text{Osm} = \text{molaridad}$$

$$\text{Osm} = 278 \text{ mOsm /L}$$

SUMA DE LOS MILIOSMOLES APORTADOS unicamente POR LAS SUSTANCIAS ELECTROLITICAS

$$\text{Osm} = 186,8 + 54 + 46 + 9,92 + 4,41 = 283 \text{ mOsm /L}$$

Como se ve, con estas sales, la solución ya es una solución aproximadamente iso-osmótica.

MILIOSMOLES TOTALES DE LA SOLUCION

$$\text{Osm} = 283 + 278 = 561 \text{ mOsm/L}$$

Esta solución es francamente HIPERTONICA, ya que la Dextrosa (d-glucosa) aporta una cantidad de miliosmoles como para constituir una solución isotónica POR SI SOLA.

5B Calcular la osmolaridad de la solución conocida como "Ringer-lactato" o solución de Hartmann

Su composición es:

NaCl 0,60 g
KCl0,03 g
CaCl₂ 0,02 g
Lactato de Na0,31 g
agua para iny. csp100 mL

Respuesta: 261 mOsm/L

Nota: las soluciones electrolíticas que tienen una composición, en los principales iones, parecida a la del plasma humano, se las suele llamar SOLUCIONES RINGER. Eso se debe a que Sidney Ringer (1835-1910), un médico inglés, fue quien preparó, por primera vez, soluciones de este tipo.

5C Un paciente padece de HIPOPARATIROIDISMO, lo que determina que tenga una concentración plasmática de Ca^{2+} por debajo de lo normal. Se estima que tiene un DEFICIT de 12 mEq de Ca^{2+} y es urgente inyectarle una solución que, conteniendo Ca^{2+} , se lo corrija.

El médico que trata al paciente utiliza la siguiente solución para inyección endovenosa:

Gluconato de calcio al 10%

- Cálculo del volumen a inyectar:

Para saber qué volumen se debe inyectar, hay que conocer la concentración, en mEq / L, que tiene la solución.

Si (Tabla 1.VIII)

pm $\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2 = 420 \text{ g/mol}$

420 g/L Glu. Ca^{2+} 2000 mEq/L Ca^{2+}

100 g/L Glu. Ca^{2+} x = 476 mEq/L Ca^{2+}

Como se quieren inyectar 12 mEq de Ca^{2+}

476 mEq 1000 mL

12 mEq x = 25,2 mL

Atención: La solución de gluconato de calcio al 10% es hiperosmótica: debe diluirse al inyectarla.

5D En el hospital donde reciben al paciente del problema anterior no hay solución de gluconato de calcio al 10%. Un médico trata de ver si se puede lograr corregir el déficit de Ca^{2+} , inyectando un cierto volumen de Solución de Hartmann (Problema 5B).

Resultado: el volumen a inyectar será de 3,33 litros. (Como ese volumen no se puede inyectar en pocos minutos, dependerá de la urgencia que exista para reponer el déficit, si esta alternativa es válida).

5E Un médico se encuentra frente a un paciente que tienen una concentración plasmática de K^+ por debajo de lo normal. Para compensar este déficit, procede a combinar 2 soluciones electrolíticas:

Solución a) NaCl 0,9%

Solución b) KCl 1,5 g
agua c.s.p...100 mL

A 500 mL de la solución a), el médico le agrega 10 mL de la solución b), pero, antes de inyectarla, decide calcular la osmolaridad de la nueva solución:

Osmolaridad de la solución a):

58,5 g NaCl 1000 mmol

9,0 g NaCl x \approx 154 mmol

Osm = 154 mmol/L . 2 . 0,9266

Osm = 285 mOsm/L

Osmolaridad de la solución b):

74,5 g KCl 1000 mmol

15,0 g KCl x = 201 mmol

Osm = 201 mmol . 2 . 1 = 402 mOsm/L **(A esta concentración, el coeficiente osmótico del KCl no es 1, pero se tomará ese valor ya que KCl será diluido en la Solución de NaCl)**

- Cálculo de la osmolaridad de la solución preparada con a) + b)

Osmoles provenientes de a):

1 L 285 mOsm
0,5 L x = 142,5 mOsm

Osmoles provenientes de b):

1 L 402 mOsm
0,010 L x = 4,02 mOsm

$$\text{Osm (a + b)} = \frac{142,5 \text{ mOsm} + 4,02 \text{ mOsm}}{0,5 \text{ L} + 0,01 \text{ L}} = 287 \text{ mOsm /L}$$

DISCUSION

SIGUIENTE HISTORIA PUEDE SERVIR PARA QUE EL ESTUDIANTE, SOLO O CON SU GRUPO, VAYA ANALIZANDO CADA UNA DE LAS PREGUNTAS QUE SE LE PLANTEAN Y, EN BASE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS, LLENE LOS ESPACIOS EN BLANCO. AL FINAL ESTAN LAS RESPUESTAS CORRECTAS

En la emergencia de un hospital se recibe a un paciente, referido de otro centro, con signos de deshidratación, relatando que tuvo vómitos y diarrea por cuatro días, de las que fue tratado con soluciones endovenosas. El médico interno solicita un análisis de electrolitos, urea y glucosa en plasma y el resultado es el siguiente:

Na⁺ 158 mEq/L
K⁺ 2 mEq/L
Glucosa 100 mg/dL
Urea 30 mg/dL
Osmolalidad 247 mOsm/L

El médico, al recibir este informe, se dirige al laboratorio y le dice al laboratorista de turno que su análisis está equivocado, ya que la osmolalidad del plasma de este paciente nunca podría ser inferior a

1) mOsm/kg

El bioanalista le señala que puede tener razón, pero que quizás lo que está equivocado es el Na^+ , ya que con esa osmolalidad el Na^+ debería ser de:

2) mEq/L

Mientras en el laboratorio se dedican a repetir el análisis, el médico vuelve a su paciente, preocupado por la cifra tan baja de K^+ en plasma. Decide, aceptando el valor como cierto, inyectarle una solución que contenga K^+ . Para ello calcula, a partir de un peso aproximado a los 65 kg y teniendo en cuenta SOLO EL DEFICIT EXTRACELULAR de K^+ , que a este paciente le faltan:

3) mEq de K^+

Tendrá que inyectarle una solución endovenosa pero, ¿de qué? Para tomar una decisión tiene que estar seguro de los valores de Na^+ y de osmolalidad. Mientras los espera, revisa la composición de dos soluciones que tiene a la mano:

Solución a) KCl 1,49 g
 agua c.s.p. 10 mL

(Este preparado es una ampolla para diluir)

Solución b)

NaCl 0,86 g
KCl 0,03 g
CaCl₂ 0,0033 g
agua c.s.p..... 100 mL

Si inyectara la solución a), diluida en, por ejemplo, en Dextrosa al 5%, tendría que poner un volumen de solución con K^+ igual a

4) mL

Si, en cambio, inyectara la solución b), el volumen de solución sería de

5) mL

En ese momento llegan los nuevos datos de laboratorio:

PLASMA: $\text{Na}^+ = 156 \text{ mEq /L}$; $\text{Osm} = 330 \text{ mOsm /L}$

En base a esto, decide inyectar la solución:

6) a) -- b) (señale la que corresponde)

7) Explique por qué el médico y USTED se han pronunciado por inyectar esta solución.

Respuestas:

1) 330 mOsm/L

2) 116 mEq/L

3) 32,5 mEq

4) 16,2 mL

5) 8 litros

6) a

7) Las razones para elegir la solución a) son dos: la imposibilidad de inyectar 8 litros de solución a un paciente que tiene 13 litros de extracelular y el hecho de que el paciente tiene una hipernatremia (aumento del Na^+ en plasma), por lo que no es conveniente darle soluciones que contengan Na^+ .

AUTOEVALUACION

A CONTINUACION HAY 10 PREGUNTAS SOBRE TEMAS DE ESTE CAPITULO. TRATE DE RESPONDERLAS Y CONSULTE LAS RESPUESTAS CORRECTAS QUE ESTAN AL FINAL. SI FALLA EN ALGUNA, VUELVA A LA PARTE DEL CAPITULO CORRESPONDIENTE.

1) Un joven de 16 años tiene una talla de 1,70 m y pesa 61 kg. Señale, en la tabla siguiente, la línea a); b); c); d); o e) en la cual está el AGUA CORPORAL TOTAL (AGUA total), y la masa de sodio extracelular (MASA Na⁺ EC) que le corresponde.

	Agua total (litros)	MASA Na⁺ EC (mEq)
a)	27,5	3486
b)	40	427
c)	37	1708
d)	36,6	5124
e)	45,1	1864

2) Para determinar la volemia (volumen total de sangre) se le inyectan a un paciente 2,45 g de Azul de Evans. 15 minutos después se le toma una muestra de sangre y se encuentra una concentración de 0,875 mg/mL y un hematocrito del 47%. La VOLEMIA de este paciente es de:

- a) 2800 mL
- b) 2143 mL
- c) 3571 mL
- d) 5283 mL
- e) 5090 mL

3) Los siguientes indicadores se utilizan para medir el volumen de los compartimientos corporales, Señale la LINEA en que todas las respuestas sean correctas. (Símbolos: IV: intravascular; EC: extracelular; AGUA: agua total; IC: intracelular; RISA: Albúmina marcada con I-131; THO: Agua tritiada; Azul E.: azul de Evans)

	IV	EC	IC	Agua
a)	RISA	THO	Inulina	THO
b)	Azul E	ninguno	Inulina	THO
c)	RISA	Inulina	ninguno	RISA
d)	Azul E	ninguno	THO	Inulina
e)	Risa	Inulina	ninguno	THO

4) A continuación se dará una lista de ciertas magnitudes, con su símbolo entre paréntesis: PRESION (P); MASA (M); TEMPERATURA (T); CONCENTRACION (C); CALOR (Q); VOLTAJE (V). Estas magnitudes puede ser clasificadas en INTENSIVAS y NO-INTENSIVAS. Señale la LINEA que contiene todas las respuestas correctas.

	INTENSIVAS	NO INTENSIVAS
a)	C – V -- Q	M – T-- P
b)	C – V – T – P	M -- Q
c)	Q – V	C – M – T-- P
d)	Q – M – V – P	T -- C
e)	Q – P - M	T – C -- V

5) Una concentración de ACIDO URICO en plasma de 3 mg / 100 mL puede ser considerada normal. Señale la línea que contiene todas las equivalencias correctamente realizadas.

	mg/L	g / L	mg/dm ³	mg/ mL	mg/cm ³
a)	3,3	30	30	0,003	3
b)	3	0,03	0,3	0,03	30
c)	30	0,3	30	0,3	0,03
d)	30	0,03	30	30	0,03
e)	0,003	3	3	0,3	30

6) Se pesan 55,5 mg de CaCl₂ y se disuelven en agua de modo de preparar un litro de solución. Sabiendo que el pm del CaCl₂ de 111, la solución preparada tendrá, por litro de solución (señale la línea en que todas las opciones son correctas).

	mmo/L sal	mmo/L anión	mmol/L catión	mEq/L anión	mEq/L catión
a)	1	2	2	2	2
b)	1	1	0,5	1	1
c)	0,5	1	0,5	0,5	1
d)	0,5	1	0,5	1	1
e)	0,5	0,5	1	1	0,5

7) En el tratamiento de las diarreas infantiles se usa, con éxito, el tratamiento de rehidratación oral, consistente en la toma frecuente de pequeños volúmenes de una solución electrolítica rica en glucosa. La solución recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene la siguiente composición:

NaCl 3,5 g/L

KCl 1,5 g/L

NaHCO₃ 2,5 g/L

Glucosa 20,0 g/L

La dosis recomendada es un vaso (200 mL) después de cada deposición diarreica. Entonces, en cada dosis, un niño recibirá:

a) mEq de Cl⁻

b) mEq de K⁺

c) mEq de HCO₃⁻

d) mEq de Na⁺

8) La osmolaridad de la solución de la pregunta anterior es de: mOsm/L

9) El plasma de un animal de experimentación tiene un descenso crioscópico de 0,455 °C y se desea preparar 1 litro de una solución de NaCl que tenga la misma osmolaridad que ese plasma. Para ello se pesará una cantidad de NaCl igual a:

a) 9,10 g

b) 8,5 g

c) 7,51 g

d) 6,98 g

e) 6,52 g

10) Una mujer de 20 años ingresa al hospital con un cuadro grave de deshidratación y, presumiblemente, insuficiencia renal aguda. La paciente afirma que antes de comenzar este cuadro, hace pocos días, pesaba 52 kg. Su peso actual es de 49 kg y un análisis muestra una concentración de urea en plasma de 5,2 g/L. El médico que la ve supone que la paciente tuvo una pérdida de agua corporal total y que hay un aumento importante de la concentración de urea, pero quiere conocer si hay un aumento o no de la masa total de urea corporal. Para calcular estas alteraciones, realiza los siguientes pasos:

- a) Agua corporal de la persona sana litros
- b) Volumen de agua perdido litros
- c) Agua corporal de la enferma litros
- c) Masa de urea corporal de la persona sana g
- d) Masa de urea corporal de la enferma g
- f) Masa de urea ganada (+) o pérdida (-)..... g

RESPUESTAS

- 1) c 6) d
- 2) d 7) a) Cl⁻: 80 mEq/L; 16 mEq/dosis
 b) K⁺: 20 mEq/L; 4 mEq/dosis
- 3) e c) HCO₃⁻: 30 mEq/L; 6 meq/dosis
 d) Na⁺: 90 mEq/L; 18 mEq/dosis
- 4) b
- 8) 330 mOsm/L
- 5) d
- 9) c
- 10). a) 31,2 L ; b) 3 L c) 28,2 L d) 9,4 g e) 147 g f) +137 g

LECTURAS RECOMENDADAS

- Físicoquímica para biólogos.

J. G. Morris.
Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1980.

- Físicoquímica Fisiológica.

J. Jiménez Vargas y J. M. Macarulla
Editorial Interamericana, S.A., (6a. Edición),
Madrid, 1984.

Manual de Fisiología y Biofísica para estudiantes de medicina
R. Montoreano – Edición electrónica 2002

FIN CAPITULO 1