

# Clínica Quirúrgica

## Tema 1.3. Fluidoterapia intravenosa



**Fernando Luis Hernández de la Fuente**  
**José Manuel Rabanal Llevot**

Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



# FLUIDOTERAPIA INTRAVENOSA

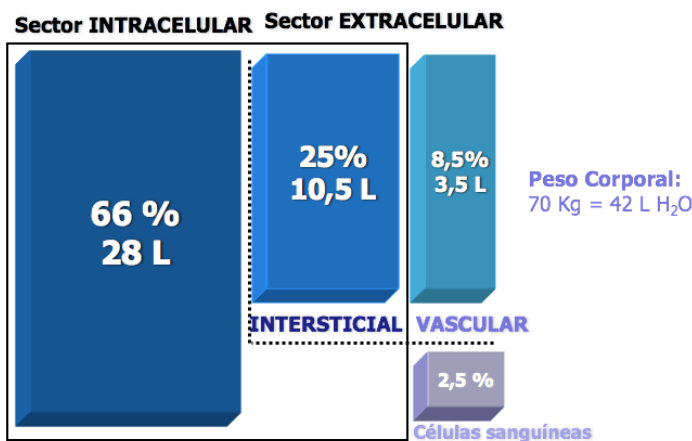
## 1. NECESIDADES CLÍNICAS DE ADMINISTRACIÓN DE LÍQUIDOS INTRAVENOSOS

### ÍNDICE

1. Necesidades clínicas de administración de líquidos intravenosos
2. Fisiopatología de los compartimentos líquidos corporales
3. Necesidades de agua, electrolitos y nutrientes
4. Diferentes tipos de fluidos

La fluidoterapia intravenosa constituye una importante y frecuente medida terapéutica, siendo sus principales objetivos: **I)** El tratamiento de la deshidratación y/o trastornos electrolíticos, **II)** La reposición de necesidades de agua y nutrientes en periodo de ayuno, **III)** La reposición de pérdidas hidroelectrolíticas durante intervenciones quirúrgicas y mantenimiento de la perfusión tisular, **IV)** Como tratamiento de hipovolemia e hipotensión asociada al shock, y **V)** En la nutrición parenteral.

## 2. FISIOPATOLOGÍA DE LOS COMPARTIMENTOS LÍQUIDOS CORPORALES



El agua representa el 60% del total del peso corporal en el organismo humano; dos terceras partes están en el compartimento intracelular y una tercera parte en el extracelular. Solo un tercio del LEC es intravenosa (plasma), y las otras dos terceras partes son intersticiales.

La composición hidroelectrolítica de estos compartimentos es distinta, estableciéndose entre ellos un equilibrio por diferentes mecanismos: **I)** El Na es el catión extracelular más abundante y el principal determinante de la osmolaridad plasmática, **II)** El K

es el catión intracelular más importante, seguido del Mg. El mecanismo más importante de transferencia de sustancias entre el plasma y el intersticio es la *difusión*, que puede ser simple o facilitada (mediada por transportadores). Las sustancias liposolubles difunden a través de la membrana sin atravesar poros (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), mientras que las hidrosolubles sólo a través de los poros.

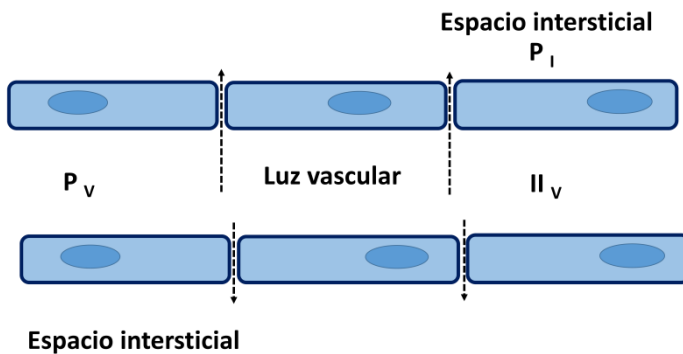
Otra forma de transporte es el activo, con consumo de energía, que puede ser primario (bomba de sodio-potasio, transporte activo de calcio, de hidrogeniones) o secundario: cotransporte y contratransporte (de glucosa, aminoácidos, calcio).

Existen varias formas de transporte de nutrientes a las células y de eliminación de residuos:

1. **Macrocirculación.** Formada por el corazón y los grandes vasos, se encarga del transporte de nutrientes a los capilares
2. **Microcirculación.** Está constituida por unos 10.000 millones de capilares, con un diámetro de 4 a 9 micrómetros y un espesor de 0,5. Se encargan del intercambio con las células, encontrándose a una distancia de 20 a 30 micrómetros de estas.

La ecuación de Starling ilustra el rol de las fuerzas hidrostáticas y oncóticas en el movimiento del flujo a través de las membranas capilares, permitiendo predecir la presión de filtración neta para un determinado líquido en los capilares:

$$\text{FILTRACIÓN} = K_f \times (P_c - P_i - TT_c + TT_i)$$



$K_f$  = coeficiente de filtración.

$P_c$  = presión hidrostática capilar.

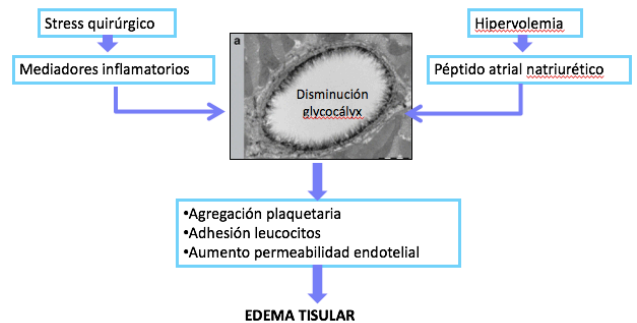
$P_i$  = presión hidrostática intersticial.

$TT_c$  = presión oncótica de las proteínas plasmáticas.

$TT_i$  = presión oncótica de las proteínas intersticiales.

La solución a la ecuación es el flujo de agua desde los capilares al intersticio, si es positiva el flujo tiende a dejar el capilar (filtración) y si es negativo el flujo tiende a entrar en él (absorción).

El stress quirúrgico por sí mismo produce la liberación de mediadores inflamatorios, y la hipervolemia aguda dispara la liberación del péptido natriurético. El mantener la normovolemia es la clave para minimizar la salida patológica de proteínas y líquido hacia el espacio intersticial a través de la preservación del glicocalix.



### 3. NECESIDADES DE AGUA, NUTRIENTES Y ELECTROLITOS

La fluidoterapia intravenosa nos permite tanto aportar las necesidades hídricas y electrolíticas básicas del paciente como reponer las pérdidas derivadas de estados patológicos asociados a situaciones como hemorragia, vómitos, sudoración o diuréticos.

La respuesta metabólica al estrés está mediada por las hormonas de estrés y citocinas, caracterizándose por un estado hipermetabólico que provoca un aumento de la gluconeogénesis con resistencia a la insulina periférica, aumento de la lipólisis y una pérdida neta de la masa corporal magra, implicando un aumento en los requerimientos energéticos, por lo que el soporte nutricional en los pacientes debe iniciarse tan pronto como sea posible, ya que se asocia a una menor incidencia de complicaciones y menor estancia hospitalaria.

### 4. DIFERENTES TIPOS DE FLUIDOS

#### 4.1. Cristaloides

Son soluciones de iones y pequeñas moléculas orgánicas disueltas en  $H_2O$  que están indicadas para el reemplazo de agua libre y electrolitos, pero también se pueden emplear para la expansión de volumen. Se distribuyéndose por todo el LEC y quedando solo el 20% en el compartimento intravascular. Pueden clasificarse en hipotónicas, isotónicas e hipertónicas:

**I) Soluciones Hipotónicas 0,45%.** Tiene con una osmolaridad < 250mOsm/L, aporta la mitad de NaCl que el suero fisiológico y es útil para el aporte de H<sub>2</sub>O exenta de glucosa. Está indicado en la deshidratación hipertónica grave y como solución de reemplazo en casos de diabetes insípida, sin embargo se han de evitar en pacientes hipovolémicos ya que aumentan el volumen extracelular. La sobrecarga de estas soluciones conduce a intoxicación acuosa.

<b>AGUA</b>	2100ml	30ml/kg/día
<b>CALORIAS</b>	1400-2100 Cal	20-30 kcal/kg
<b>GLUCOSA</b>	210g	No más de 4g/Kg/día Kcal/g= 3,75
<b>LIPIDOS</b>	140g	No más de 1,5g/Kg/día Kcal/g= 9,1
<b>NITRÓGENO</b>	7-14g	No más de 2g/Kg/día de proteína. Mínimo 1g/Kg/día de proteína Kcal/g=4 1g de proteína = 6,25 g de Nitro. Nece./día= 1-2 g de proteína Nece./día = 6,25-18,75g de Nitro
<b>SODIO</b>	70-140 mmol	
<b>POTASIO</b>	50-120 mmol	
<b>CALCIO</b>	5-10 mmol	
<b>MAGNESIO</b>	5-10 mmol	
<b>FOSFATOS</b>	10-20 mmol	

**II) Soluciones Isotónicas.** Con una osmolaridad de 240- 340 mOsm/L, similares al plasma. Su poder expansor es pequeño, administrándose de manera tradicional en una proporción 3:1 con respecto a la pérdida hemática calculada. Los principales tipos son:

- **Fisiológico 0,9%.** compuesto por agua, sodio y cloro. Está indicado en pérdidas importantes de Cl y Na, en estados de deshidratación y en alcalosis sensibles al Cl. Puede causar acidosis hiperclorémica y la aparición de edema tisular periférico tras su administración en grandes cantidades.

**Tabla 1.** Requerimientos diarios de un adulto de unos 70kg.

	mOsmol/L	pH	Na <sup>+</sup> (mEq/L)	K <sup>+</sup> (mEq/L)	Ca <sup>++</sup> (mEq/L)	Cl <sup>-</sup> (mEq/L)	Mg <sup>++</sup> (mEq/)	Glucosa (gr/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mEq/L)
<b>PLASMA</b>	275-295	7,35-7,45	135-145	3.5-5.3	95-105	95-105			24-32
<b>HIPOTÓNICOS</b> Hiposalino 0,4%	154		77			77			
<b>ISOTÓNICOS</b> Fisiológico 0,9%	308	5,4	154			154			
RINGER LACTATO	276	5-7	130	4	1,5	109			
Isofundin	140	4,6-5,4		4	2,5		1		
Plasmalyte	140	6.5-8		5		127	1,5		
GLUCOSA 5%	278					98		50	
GLUCOSALINO 1/5 (NaCl 0,2%)	280		31			31		50	
GLUCOSALINO 1/3 (NaCl 0,3%)	285		51			51		33	
GLUCOSALINO ½ (NaCl 0,5%)	290		77			77		25	
<b>HIPERTÓNICOS</b> SALINO 1,8%	616		308			308			
SALINO 3%	1034		517			517			
SALINO 5%	1720		860			860			
SALINO 20%	7200		3400			3400			
GLUCOSADO 10%	555							100	
GLUCOSADO 20%	1110							200	
GLUCOSADO 50%	2775							500	

- **Ringer-Lactato.** Aporta menor cantidad de Na que el suero fisiológico, por ello es discretamente hipotónico ( 276 mOsm/l) y se debe evitar en neurocirugía y en traumatismo craneo encefálico. Está indicado en situaciones de hipovolemia para el relleno vascular, para la reposición de perdidas hidroelectrolíticas y en la deshidratación hipernatrémica. Puede provocar alcalosis metabólica por metabolización del lactato a bicarbonato en el hígado. Por esta razón, no debe usarse en casos de insuficiencia hepática grave ya que puede aumentar el lactato en plasma. Tampoco debe usarse en pacientes con disfunción renal e hiperpotrasemia. Por último, al ser el lactato substrato de la gluco-

neogenesis, no debe administrarse en grandes cantidades en pacientes diabéticos ya que puede producir hiperglucemia.

- **Glucosado 5%.** Compuesto por agua con glucosa. Como la glucosa, por acción de la insulina, penetra en el interior de las células, a efectos práctico se puede considerar como agua libre, y por tanto se distribuirá como tal en el organismo, es decir el 60% penetrará en el interior de las células, pudiendo provocar edema cerebral. Está indicado en el postoperatorio inmediato y en la deshidratación hipertónica.
- **Isosfundin.** Lleva malato y acetato, y el **plasmalyte** gluconato, acetato

**III) Soluciones Hipertónicas.** Con una osmolaridad > 340mOsm/L. Entre sus usos se encuentra la expansión del volumen plasmático (extrae agua fuera del compartimento intracelular y la añade al volumen extracelular), la corrección de la hiponatremia hipoosmolar, y el tratamiento del aumento de la presión intracraneal (el aumento de la osmolaridad plasmática reduce el edema cerebral y la presión intracraneal).

- **Salina hipertónica**, al 1,8, 3, y 7,5%: contiene mayor cantidad de NaCl que la salina fisiológica 0,9%. Está indicado en el shock hipovolémico, consiguiendo una expansión intravascular superior al volumen infundido debido al efecto osmótico, y para la corrección de la hiponatremia hipoosmolar. Existe riesgo de hiperosmolaridad con su uso, así como de hipernatremia y de acidosis metabólica.
- **Glucosados al 10%, 20%, 30% y 50%:** Indicados en la nutrición parenteral, pueden provocar hiperosmolaridad e hiperglucemias severas por lo que hay que vigilar el ritmo de infusión.

## 4.2. Coloides

Los coloides se definen como aquellas soluciones en las que al incidir la luz sobre ellos presentan aspecto turbio. Esto se debe a la presencia de moléculas grandes de una sustancia homogénea no cristalina dispersada en una segunda sustancia, normalmente una solución salina isotónica o cristalinoide equilibrada. Se clasifican en:

### I) Naturales. Incluye sangre, plasma y albumina

- **Albúmina (5% y 20%):** Oncóticamente activa, habitualmente está vehiculizada en soluciones salinas 0,9. Aunque se extrae del plasma humano no transmite enfermedades infecciosas tipo SIDA o hepatitis B. Su permanencia en el interior del vaso es limitada en el tiempo, por tanto, no puede garantizar aumentar la presión osmótica de forma estable, por eso no es aconsejable su uso en el síndrome nefrótico, cirrosis y malnutrición. La albúmina al 20% puede ser útil como terapia de primera línea en pacientes con sepsis secundaria a peritonitis bacteriana espontánea; en el resto de los casos de shock séptico su beneficio es dudoso, teniendo quizá alguna indicación cuando existe también hipoalbuminemia. La albúmina al 5%, a diferencia de la anterior, es una solución hiperclorémica y aumenta el riesgo de producir acidosis e insuficiencia renal. Por último, la albúmina está contraindicada en caso de traumatismo craneoencefálico, ya que produce hipertensión intracraneal y un aumento de la mortalidad. También se relaciona con hipocalcemia.

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	INDICACIONES	PRECAUCIONES
<b>DEXTRANO 40 (Rheomacrodex) Dextrano 70 (Macrodex)</b>	Polisacárido de alto peso molecular compuesto por unidades de D-glucosa. PM 40000 DA, vida media: 2-3h. Se comercializa al 6% en SSF y al 6% en Glucosa al 6%.	Relleno vascular. Hipovolemia. Expansor de volumen. Prevención de la enfermedad tromboembólica. Estados de hiperviscosidad.	Dosis máx. 20 ml/Kg/día. Fracaso renal. Alteraciones de la coagulación (antiagregante plaquetas y alteración de la fibrina).
<b>Poligenas con puente de urea (Hemoce, Gelafundina)</b>	Colágeno bovino. Expansión 70-80%. Vida media 2-3 horas.	Relleno vascular. Hipovolemia. Expansor de volumen.	En la práctica no tiene dosis máximas. Anafilaxia.
<b>HIDROXIETILALMIDONES</b>	Almidón (patata, maíz).	Relleno vascular. Hipovolemia. Expansor de volumen.	Todos tienen dosis máximas. Fracaso renal. Alteraciones de la coagulación.



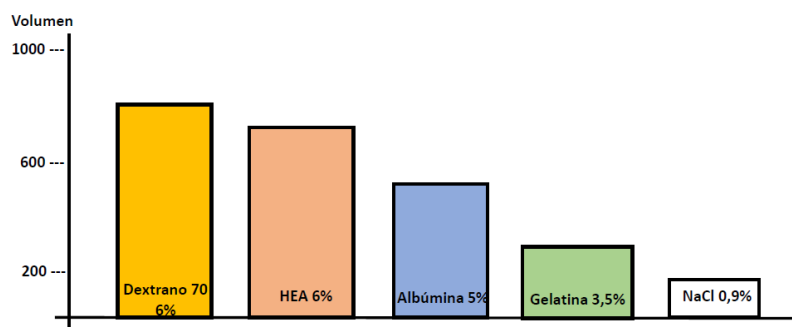
**II) Artificiales.** Son soluciones de agua con solutos de alto peso molecular, permaneciendo fundamentalmente en el espacio intravascular corrigiendo las pérdidas sanguíneas en un volumen igual al de sangre perdido (1:1).

Los diferentes tamaños de las moléculas de estas soluciones son las que determinan su permanencia intravascular. Las soluciones con moléculas de peso molecular más pequeño se filtrarán por el riñón más rápidamente, y su tiempo de efecto expansor del volumen plasmático será más corto (es el caso de las gelatinas), sin embargo, las de mayor peso molecular permanecerán más tiempo dentro del vaso y su metabolismo determinará el tiempo de expansión del volumen circulante (es el caso de los almidones). Dentro de los artificiales tenemos diferentes preparados:

- **Dextrano 40.** Tiene un peso molecular de 40.000 DA, con una vida media de 2-3h. Su dosis máxima es de 20ml/kg/día. Puede provocar insuficiencia renal y alteraciones de la coagulación (antiagregación plaquetaria y alteración de la fibrina), así como diuresis osmótica.
- **Dextrano 70 (Macrodex).** Con un peso molecular de 70.000 DA, tiene una vida media de 12h, y su dosis máxima es de 15 ml/kg/día, compartiendo las mismas indicaciones y precauciones que el Dextrano 40. Ambos dextranos se utilizan muy poco actualmente.
- **Poligelinas con puente de urea (Hemoce®).** Colágeno bovino, que proporciona una expansión del volumen del 70-80%, con una vida media de 2-3h. En la práctica no tiene una dosis máxima. Puede provocar anafilaxia.
- **Gelatinas succiniladas (Gelafundina).** Se producen por la hidrólisis de colágeno bovino, con modificaciones posteriores por succinilación o unión a la urea para formar poligelina. Su tiempo de efecto expansor del volumen plasmático es más corto, ya que en la primera hora de su administración se eliminan en un 60% por el riñón produciendo una diuresis osmótica. Como efecto secundario principal puede provocar reacciones anafilácticas. Los dos tipos de gelatinas no se están en aprobada EE.UU. debido a su origen bovino.
- **Hidroxietilalmidones (HEA).** Polímeros naturales modificados de amilopectina derivada del maíz o la patata. Tiene mayor capacidad expansora que las anteriores debido a su mayor peso molecular (130.000 DA), pero también mayor riesgo de insuficiencia renal por depósitos del almidón en el glomérulo, mayor riesgo de insuficiencia hepática, por depósitos en hígado y produce prurito por depósitos en partes blandas. Están indicados para la expansión del volumen en el shock hipovolemico. Todos tienen dosis máximas, y puede provocar fracaso renal y alteraciones de la coagulación, por ello se contraindican en pacientes sépticos.

Como principales efectos indeseables de los coloides se ha descrito los siguientes:

1. Pueden provocar **anafilaxia grave**, existiendo un mayor riesgo con la infusión de Gelatinas.
2. Alteración de **la hemostasia**. Hay un mayor riesgo de aparición con los Dextranos, mediante disminución de la tasa de fibrinógeno, disminución del factor von Willebrand, o alteración de la agregación plaquetaria, que tiene como resultado la alteración clínica de la hemostasia y el aumento de la hemorragia perioperatoria.
3. Alteraciones **renales**: en menor medida con las gelatinas y albúmina. Puede aparecer: **a)** Insuficiencia renal hiperosmolar y lesión renal directa. **b)** Insuficiencia renal aguda: especialmente con los hidroxietilalmidones, manifestándose con oliguria y aumento de la creatinina.



**Figura 1.** Expansión volémica obtenida a los 30 minutos tras 1 L de perfusión de coloides o SSF.

	CRISTALOIDES	ALBÚMINA	DEXTRA.	GELA.	HEAs
<b>Poder oncótico</b>	-	+++	+	+	+++
<b>Duración</b>	+	+++	+	+	+++
<b>Anafilaxia</b>	-	+	+++	+++	+
<b>Alt. coagulación</b>	-	-	+++	-	++
<b>Edema pulmonar</b>	++	-	-	-	-
<b>Fracaso renal</b>	-	-	+	+	++
<b>Precio</b>	-	+++	+	+	++

**Tabla 2.** Comparación de los distintos tipos de fluidos.

TIPO DE PÉRDIDA	VOLUMEN	TIPO DE FLUIDO
Sangre Hasta el volumen permisible	3 x volumen perdido	Reemplazo con fluidos
o	1 x volumen perdido	Coloides
Cuando se exceda el volumen permisible	1 x volumen perdido	Sangre
+ Otros fluidos		
Fluidos de mantenimiento	1,5 ml/kg/hora	Fluidos de mantenimiento cristaloides
Déficit de mantenimiento	1,5 ml/kg/hora	Fluidos de mantenimiento cristaloides
Pérdidas en cavidades corporales	5 ml/kg/hora	Fluidos de mantenimiento cristaloides
Pérdidas continuas	Mídalas	Cristaloides/ Coloides
Volumen de reemplazo en adultos = Pérdidas de sangre + otras pérdidas		

La reposición de volumen requiere una valoración individual, debiendo considerarse las pérdidas por tercer espacio, las pérdidas sanguíneas y las necesidades basales. Clásicamente al líquido intracelular se ha llamado “**primer espacio**”, mientras que al espacio intravascular se denomina “**segundo espacio**”. No referimos como el “**tercer espacio**” al líquido intercelular. Se puede clasificar en dos grupos: **i. tercer espacio anatómico**, es el formado por el líquido que acumula por sobrecarga y el sistema linfático no puede reabsorber, como sucede en la ascitis, derrames pleurales y aumento de líquido intersticial en el paciente traumatizado, y **ii. Tercer espacio no anatómico**,

se refiere a un espacio, separado del anterior, pero no especificado, en el que se podría acumular líquido en ciertas situaciones patológicas. Actualmente se pone en duda su existencia. Las pérdidas sanguíneas y la dosis de mantenimiento. Según el tipo de pérdida repondremos el volumen perdido con los diferentes tipos de fluidos, infundiendo un volumen de reemplazo en adultos resultante de la suma de las pérdidas sanguíneas + otras pérdidas. En cuanto a las pérdidas sanguíneas, hasta el volumen permisible lo repondremos con fluidos cristaloides (3 x volumen perdido) o con coloides (1 x el volumen perdido). Si está comprometido el transporte de oxígeno y cuando exceda el volumen permisible repondremos con sangre en cantidad de 1 x volumen perdido.

El tipo de solución a emplear dependerá del compartimento que deseemos reponer. La hidratación y reposición de electrolitos del líquido intersticial se debe realizar con cristaloides isotónicos; para ello se debe valorar las pérdidas insensibles debidas a la exposición quirúrgica (0,5-1 ml/kg/h) y el volumen de diuresis. El ayuno preoperatorio no necesita reposición y el tercer espacio no es real. La reposición del líquido intravascular se realiza con coloides

A nivel práctico la fórmula **de Holliday-Segar** es muy utilizada. También se conoce como **regla del 4-2-1**. Según esta fórmula la reposición de volemia se realiza de la siguiente forma:

- Peso menos de 10 kg: 4 ml/kg/h.
- Peso > 10 kg a 20 kg: 40 ml/h para los primeros 10 kg de peso corporal, más 2 ml/kg/h para cualquier incremento de peso de más de 10 kg.
- Peso > 20 kg a 80 kg: 60 ml/h para los primeros 20 kg de peso corporal, más 1 ml/kg/h para cualquier incremento de peso de 20 kg, hasta un máximo de 2.400 ml al día.

### 4.3. Soluciones alcalinizantes

Indicadas en el tratamiento de acidosis metabólicas agudas graves, ya sean causadas por una pérdida de bicarbonato (diarrea grave, acidosis tubular renal) o por acumulación de un ácido como ocurre en la cetoacidosis o en situaciones de acidosis láctica, así como para alcalinizar la orina en intoxicaciones agudas de ciertos fármacos (barbitúricos, salicilatos) con el fin de disminuir la reabsorción renal del tóxico o para disminuir los efectos nefrotóxicos que se pueden producir en las reacciones hemolíticas. Los principales tipos son: **I)** Bicarbonato Sódico 1/6 Molar (1,4%). **II)** Bicarbonato Sódico 1 Molar (8,4%).

La administración de Bicarbonato también tiene efectos negativos:

1. Producción de dióxido de carbono: la mayor parte del bicarbonato se convierte en  $\text{CO}_2$ , lo que genera hiperventilación para su eliminación, pudiendo difundir su exceso dentro del espacio intracelular agravando la acidosis intracelular.
2. El bicarbonato aporta un contenido de  $\text{Na}^+$  importante, y por tanto carga osmótica, lo que puede provocar hipernatremia hiperosmolar, expansión del LEC y sobrecarga de volumen.
3. Si se altera la distribución renal de bicarbonato puede haber un exceso hacia la alcalosis metabólica una vez que se resuelva el proceso que causa la acidosis inicial.

### 4.4. Soluciones acidificantes

Están indicadas en el tratamiento de la alcalosis metabólica pura. El Cloruro Amónico 1/6 Molar es una solución isotónica indicada en el tratamiento de la alcalosis hipoclorémica. Su uso está contraindicado en situación de insuficiencia hepática y debe administrarse con precaución e infusión lenta ya que puede provocar toxicidad con bradicardia, alteraciones respiratorias y contracciones musculares.

## 5. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. Chappell D., Jacob M., Hofmann-Kiefer K., Conzen P., Rehm M. "A rational approach to perioperative fluid management". *Anesthesiology*. 2008; 109(4) 723-40.