



FISIOLOGÍA HUMANA II  
Departamento de Bioquímica y  
Biología Molecular y Fisiología,  
Facultad de Medicina,  
Universidad de Valladolid

**Contiene:**

- Programación de Riñón y Equilibrio Ácido-Base. Curso 2019-2020
- Problemas de Riñón y Equilibrio Ácido-Base. Bloque 1, Bloque 2 y Bloque 3
- Práctica "Control de la Excreción Renal..." y comentarios

Fisiología II 2º Cuatrimestre (44T+35A+20L).Curso 2019-20									
Mes	Día	Com	Teoría	PROF	Practicas	Lugar	12:30-14:30	PROFS	
Febrero	Lunes	24	RIN Funciones y anat. Func. del riñón	AS	Probl_Dig	5PL	L1-5	AO,IC	
Febrero	Martes	25	RIN Circulación renal y procesos básicos	AS	Probl_Dig	5PL	L6-10	AO,IC	
Febrero	Miércoles	26	RIN Filtración glomerular. Frac. de filtración	AS	Rin_0_Aclaramiento	Aula 3,	L1-5	AS*	
Febrero	Jueves	27	RIN Autorregulación del FR. Balance T-G	AS	Rin_0_Aclaramiento	Aula 3,	L6-10	AS*	
Marzo	Lunes	2	RIN Func. Tubular. Reabsorción TCP	AS	PR_Orina	5PL	L1a-3a	JF,AR,JR,AS	
Marzo	Martes	3	RIN TCP: secreción y balance G-T	AS	PR_Orina	5PL	L6a-8a	JF,AR,JR,AS	
Marzo	Miércoles	4	RIN Tubulo distal: A. HenleG y TCD	AS	Prob_Rin_1	5PL	L1-5	AR,AS,IC,BD	
Marzo	Jueves	5	RIN Tubulo distal:TC	AS	Prob_Rin_1	5PL	L6-10	LN,AR,IC,BD	
Marzo	Lunes	9	RIN Reabs. Agua. Contracorriente	AS	PR_Orina	5PL	L3b-5b	JF,JR,LN,AS	
Marzo	Martes	10	RIN Regulación del volumen	AS	PR_Orina	5PL	L8b-10b	JF,JR,LN,AS	
Marzo	Miércoles	11	RIN Regulación de la osmolaridad	AS	Prob_Rin_2	5PL	L1-5	AR,LN,AS,BD	
Marzo	Jueves	12	RIN Tampones de la sangre. D. Davenport	AS	Prob_Rin_2	5PL	L6-10	AS,LN,AR,BD	
Marzo	Lunes	16	RIN Regulación Renal y Respiratoria	AS	SimulRin	AMM2	L1-5	LN,JGS,AS	
Marzo	Martes	17	RIN Alteraciones Eqs. Eeq. Acido-Base	AS	SimulRin	AMM2	L6-10	AR,JGS,AS	
Marzo	Miércoles	18	END Principios generales. Hipófisis1	IC	SimulRin	AMM2	L1-5	LN,AR,AS,IC	
Marzo	Jueves	19	END Hipófisis2	IC	SimulRin	AMM2	L6-10	AS,LN,AR,IC	
Marzo	Lunes	23	END Pancreas1	IC	PR_Orina (Discus)	5PL	L1a-3a	AR,JGS,AS,IC	
Marzo	Martes	24	END Pancreas2	IC	PR_Orina (Discus.)	5PL	L6a-8a	AR,JGS,AS,IC	
Marzo	Miércoles	25	END Pancreas 3	IC	ProbRin3	5PL	L3b-5b	AR,LN,JGS,IC	
Marzo	Jueves	26	END Suprarrenales1	IC	ProbRin3	5PL	L8b-10b	AR,LN,JGS,IC	

## PROBLEMAS DE RIÑÓN.

**Bloque 1: cuestiones 1-8, Problemas 1, 2 y 3**

**Bloque 2: cuestiones 9-19, Problemas 3, 4, 5**

**Bloque 3: Problemas 6, 7, 8 y Debate**

## CUESTIONES

**Razone si las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas:**

1. Una sustancia que aparece en la orina necesariamente tiene que haber sido filtrada.
2. Las cinco situaciones siguientes, disminuyen la tasa de filtración glomerular:
  - a. Vasoconstricción de la arteriola aferente.
  - b. Aumento de la concentración de proteínas plasmáticas.
  - c. Disminución del flujo plasmático renal.
  - d. Obstrucción del uréter.
  - e. Disminución de la presión arterial media.
3. En los capilares peritubulares la presión hidrostática es menor y la presión osmótica mayor que en el capilar glomerular.
4. La médula es más sensible a la isquemia que la corteza renal
5. Para una determinada presión hidrostática en el capilar peritubular, una disminución de la fracción de filtración favorece la reabsorción de solutos y agua en el túbulo proximal.
6. La sustancia X está más concentrada en la orina que en el plasma, lo que sugiere que se segrega activamente en el túbulo.
7. El aumento de la concentración de inulina en el plasma causa un aumento proporcional de su aclaramiento.
8. Un aumento de la presión arterial media de un 50% del valor normal, no modifica sustancialmente el valor del flujo sanguíneo renal y de la TFG.
9. El fluido que sale por el TCP es isoosmótico.
10. A medida que avanza por el túbulo la orina se hace más ácida.
11. El manitol disminuye la excreción de urea.
12. En una sustancia que se reabsorbe con  $T_m$ , el aclaramiento es independiente de la concentración en el plasma.
13. Cuanto mayor sea el flujo de orina, menor será el aclaramiento de Urea.
14. En condiciones normales, no se excretan proteínas porque las proteínas filtradas son reabsorbidas en su totalidad.
15. La cantidad de sodio reabsorbida en el TCP es siempre mayor que en porciones más distales de la nefrona.
16. El umbral renal de glucosa es la concentración plasmática de glucosa a la que se alcanza el máximo tubular.
17. Si se inhibe la reabsorción de sodio en el TCP, la reabsorción de Urea en este segmento de la nefrona disminuye.
18. Ordene las siguientes sustancias según la magnitud de su aclaramiento (de mayor a menor): sodio, bicarbonato, urea, creatinina, inulina y PAH.
19. En el fluido que abandona el TCP, el bicarbonato está menos concentrado que en el ultrafiltrado, lo que demuestra que se ha reabsorbido en mayor proporción que el agua.

## PROBLEMAS.

### Problema 1.

En la tabla siguiente se presentan las concentraciones en plasma, filtrado y orina de cinco sustancias hipotéticas A, B, C, D y E. Sabiendo que el volumen de orina es de 1 L / día, y que la tasa de filtración glomerular es de 180 L/día, calcule los parámetros indicados en las columnas correspondientes.

¿A qué sustancias tipo (glucosa, inulina, etc.) corresponden los compuestos A, B, C, D y E? Asuma una tasa de filtración glomerular de 180L/día.

	[plasma] g/l	[filtrado] g/l	[orina] g/l	CF C	l/día	TF g/día	TT g/día	¿X?
A	1	1	0					
B	50	0	0					
C	0,05	0,05	45					
D	0,1	0,1	18					
E	0,5	0,5	45					

CF: Cociente de filtración; C: Aclaramiento; TF: Tasa de filtración; TT: Tasa de transporte. X?: Sustancia tipo.

### Problema 2.

En condiciones normales, el aclaramiento de creatinina es similar al de inulina de modo que al ser una sustancia endógena, cuya tasa de producción es constante y que se elimina exclusivamente por el riñón, suele preferirse este parámetro a la hora de evaluar la función renal.

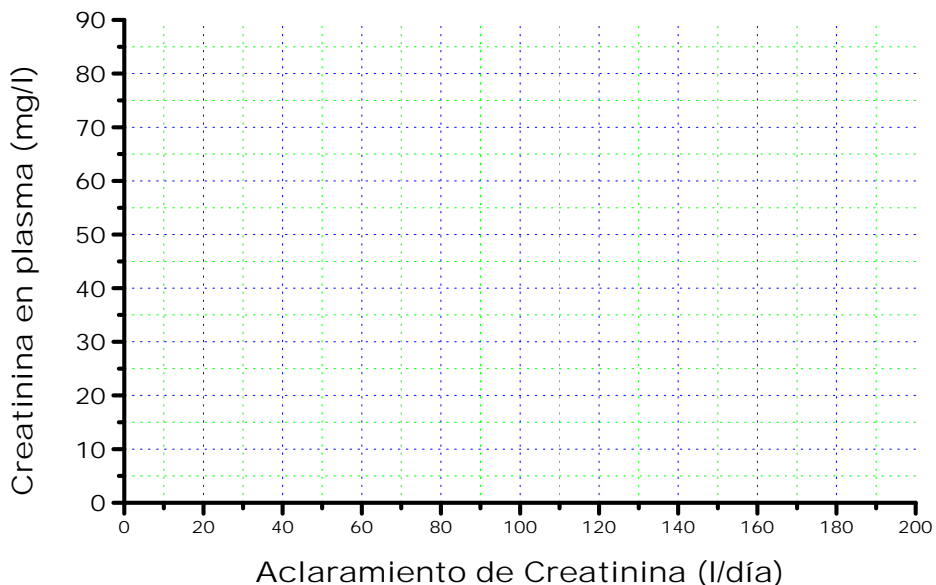
En la tabla siguiente, se presentan las TFG de varios individuos, calculados como aclaramiento de creatinina, así como las concentraciones de creatinina en plasma.

Casos	[Creatinina] <sub>P</sub> (mg/l)	C <sub>CREATININA</sub> (l/día)
Caso1 10		180
Caso2 20		90
Caso3 45		40
Caso4 15		120
Caso5 80		22.5
Caso6 30		60

Represente estos valores en el gráfico adjunto y conteste a las siguientes preguntas:

- ¿Qué relación guardan ambos parámetros?
- ¿En qué caso se estaría excretando más creatinina?
- ¿Podría calcular la tasa de filtración glomerular de un individuo conociendo tan sólo la concentración de creatinina en plasma?

d) ¿Qué indica la gráfica, que un aumento de la concentración de creatinina en plasma disminuye la filtración glomerular o que una disminución de la filtración glomerular aumenta la concentración plasmática de creatinina?



**Problema 3.**

Un hombre con un flujo de orina de 1ml/ min, una concentración arterial de PAH de 1mg/ dl y de 600 mg/dl en orina.

¿Cuál sería su Flujo Plasmático Renal efectivo (FPR<sub>e</sub>)?

¿Cuál sería el Flujo Plasmático Renal real si la concentración venosa de PAH es de 0.1 mg/dl?

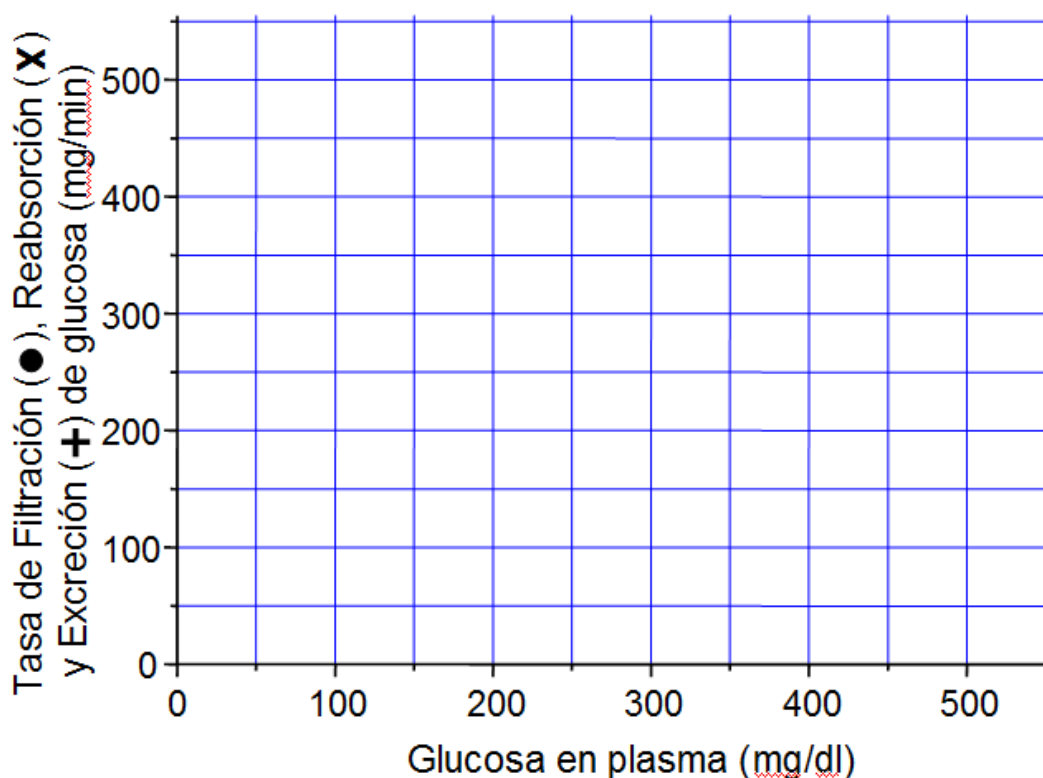
Calcule también el valor del flujo sanguíneo renal real (FSR<sub>r</sub>) para un hematocrito de 45%.

**Problema 4.**

En un animal de experimentación modificamos la glucemia a los valores a, b, c, d y e y al mismo tiempo determinamos la excreción de glucosa en orina. La tasa de filtración glomerular se mantiene en 200ml/min en todos los casos.

VALORES	Glucosa en plasma mg /dl	TFglucosa (mg/min)	TRglucosa (mg/min)	TE glucosa (mg/min)
valor a	50			0
valor b	100			0
valor c	125			0
valor d	200			150
valor e	250			250

- 1.-Calcule la tasa de filtración (TF) y reabsorción (TR) de glucosa en mg /min para cada valor de glucemia y represéntelos en el grafico junto con las tasas de excreción (TE) que aparecen en la tabla. Una con una línea los puntos representados para cada una de las tasas de filtración, excreción y reabsorción que ha calculado.
- 2.-Calcule cual es el valor de Tm y el umbral renal de glucosa explicando su significado.
- 3.- En cual de los valores de glucemia estudiados aparece glucosuria?
- 4.-Si el Tm para glucosa fuese el doble del que ha calculado, cual sería el nuevo umbral renal para glucosa? ¿Aparecería glucosuria en alguno de los casos estudiados?



**Problema 5.**

Un enfermo de *Diabetes Melitus* descompensada muestra una concentración de glucosa en plasma de 4 g / L y un flujo de orina de 10 L/día. La glucosa aparece en orina a una concentración de 6 g/L y la osmolaridad de la orina es de 600 mOsm/L.

\*\*Además el enfermo presenta una respiración agitada, el pH de la sangre es 7,3 y la concentración de bicarbonato en sangre de 15 mEq/l. La orina tiene un pH de 6.5 y la excreción de amonio es de 40mEq/día.

\*\*Este apartado se resolverá en el Bloque 3

Calcule los datos siguientes, asumiendo un valor de TFG de 150 L/ día:

- 1.-Tasas de filtración, excreción y reabsorción de glucosa en g/día.
- 2.-Tm para glucosa en mg/ min.
- 3.-Aclaramiento de glucosa en L/día
- 4.-Aclaramiento osmolar y de agua libre en L/día.

Una vez realizados estos cálculos, conteste a las siguientes preguntas, valore los resultados obtenidos en los tres primeros apartados. Comente brevemente las anomalías que observa en los valores de glucosa en plasma y orina. ¿Está alterada la capacidad renal de reabsorción de glucosa? ¿Son normales los aclaramientos de glucosa y agua libre? Indique qué hormona estará actuando para intentar regular la excreción de agua.

## TEMA DE DEBATE

Noticia aparecida en "Diario Médico" el viernes 7 de junio de 2013.

**La denervación renal es eficaz a largo plazo en el tratamiento de la hipertensión arterial.**

*"Los efectos positivos de la denervación de las arterias renales para el tratamiento de la hipertensión arterial (HTA) refractaria se mantienen a los cuatro años, según los últimos datos del estudio "Simplicity" que se han debatido durante el XXV Congreso de la Sociedad Catalana de Cardiología, que se celebra en Barcelona.*

*Joan Antoni Gómez, jefe de sección en el Servicio de Cardiología del Hospital Universitario de Bellvitge y moderador de la mesa sobre denervación renal en la reunión científica, ha explicado a Diario Médico que el seguimiento a largo plazo de estos pacientes ha confirmado también que la técnica es segura, ya que no se han observado complicaciones ni efectos adversos asociados. Todos los participantes a los que se les practicó esta técnica, que consiste en la ablación de inervación de las arterias renales por medio de radiofrecuencia mostraron un descenso de al menos 20 mmHg en la presión sistólica y una reducción de la presión diastólica".*

Con sus conocimientos en Fisiología justifique la pertinencia de este tratamiento contestando a las siguientes preguntas:

1. **Que efectos tendrá la denervación a nivel local sobre la producción de orina?** *Comente las consecuencias que tendrá sobre la autorregulación de flujo y tasa de filtración glomerular.*
2. **Y los efectos a nivel de todo el organismo?** *: Comente las consecuencias que tendrá la eliminación de estas terminaciones simpáticas como mecanismo hipotensor . Discuta el sistema de reguladores de presión y volumen que se modifican al eliminar las terminaciones simpáticas, explicando mecanismos por los cuales la denervación disminuye la tensión arterial.*
3. Finalmente ¿que **consecuencias adversas** podría tener este tratamiento en el caso, por ejemplo de una hemorragia?

**Problema 6.**

En la siguiente tabla presentamos los datos de cuatro alteraciones del equilibrio ácido-base.

pH		[CO <sub>3</sub> H]p mEq/l	PCO <sub>2</sub> mm Hg	Tipo de alteración	Pura o en compensación
CASO 1	7.25	30			
CASO 2	7.30	15			
CASO 3	7.50	30			
CASO4	7.60	20			

- 1.- Representélos en el diagrama de Davenport adjunto, indicando el número en cada caso
- 2.- Calcule la PCO<sub>2</sub> en los cuatro casos
- 3.- Diagnostique la alteración
- 4.- Especifique en qué momento de la evolución se encuentra (recién instaurada o en fase de compensación)
- 5.- Explique, a continuación, las posibles causas de cada alteración y los mecanismos renales y/o pulmonares de compensación que se han puesto en marcha, indicando los mecanismos que actúan.

**Problema 7.**

Le envían los siguientes datos de un paciente:

Aclaramiento de inulina = 125 ml/min;

Bicarbonato plasmático = 24 mM;

Concentración de amonio en orina = 20 mM.

El volumen de orina recogido durante un día (24 horas) fue de 2 litros.

Su pH fué de 6 y se necesitaron 20 ml de una solución de NaOH 1 N para llevar el pH hasta 7.42.

Calcular: a) La tasa de excreción de H<sup>+</sup>; b) La tasa de secreción de H<sup>+</sup>.

**Problema 8.**

En la película de ciencia ficción "La amenaza de Andrómeda", todos los habitantes de un determinado lugar mueren por una infección fulminante menos un anciano que padece bronquitis crónica y un lactante que llora continuamente durante varios días. En la siguiente tabla están representados los valores de sus constantes de sangre:

	LACTANTE	ANCIANO
pH	7.5	7.20
[CO <sup>3</sup> H]p en mEq/l	15	30

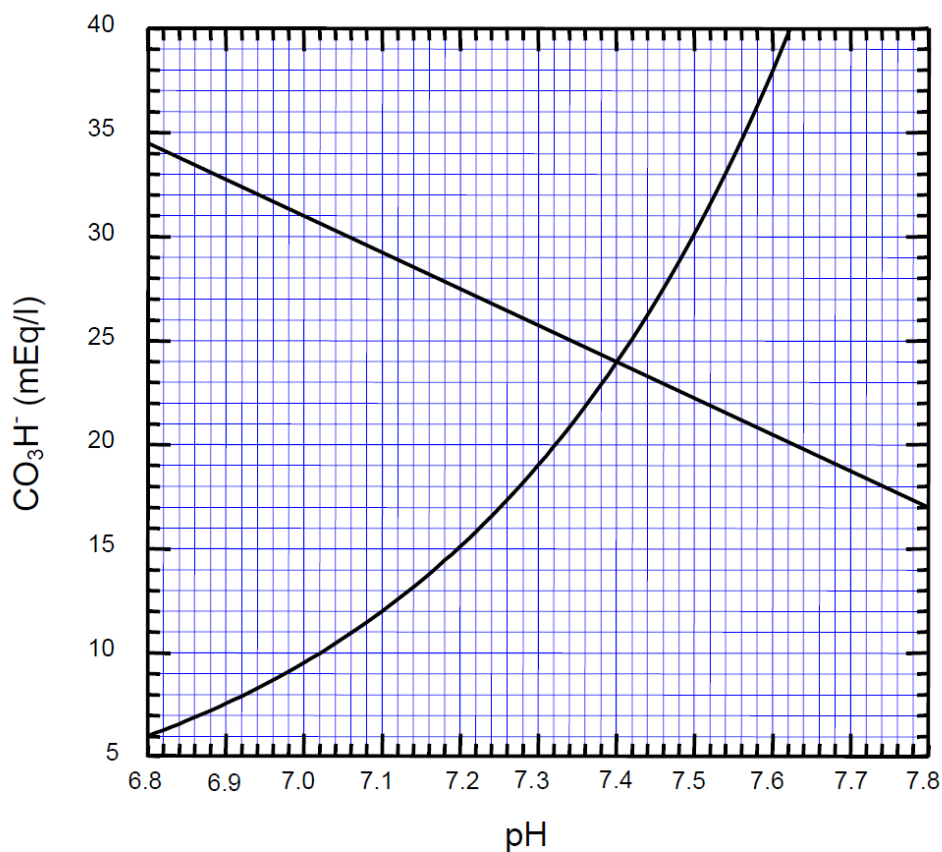


a) Calcule la  $PCO_2$  de los protagonistas de la historia, comentando qué alteraciones del equilibrio ácido base presentan y cuál sería la causa por la que se han instaurado.

b) Comente, utilizando el diagrama adjunto si estas alteraciones están siendo compensadas o no. Explicando con detalle cómo se producirá la compensación en cada caso.

### APÉNDICE: DIAGRAMA DE DAVENPORT.

Úselo para sus problemas



Titulación con ácido fijo:  $[HCO_3^-] = 0.03 \times PCO_2 \times 10^{(pH-6.1)}$

Titulación con  $CO_2$ :  $[HCO_3^-] = 24 + 17.5 \times (7.4 - pH)$ ;

17.5 es un valor de compromiso válido en las primeras horas.

## CONTROL DE LA EXCRECIÓN RENAL DE $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{H}^+$ y $\text{H}_2\text{O}$ .

### CONDICIONES PREVIAS PARA PODER REALIZAR LA PRÁCTICA

Cada estudiante deberá venir provisto de un FRASCO LIMPIO DE BOCA ANCHA DE UNOS 500 MILILITROS de capacidad para la recogida de su orina. Evite la ingesta excesiva de líquidos en el desayuno y no tome nada a lo largo de la mañana.

ES IMPRESCINDIBLE que 1 HORA ANTES de asistir a la práctica (A LAS 11,30 DE LA MAÑANA) los estudiantes ORINEN, VACIANDO COMPLETAMENTE SU VEJIGA.

=====

#### **a) Objetivos y descripción general**

Poner en evidencia los mecanismos renales que regulan el volumen, osmolaridad y pH de los líquidos corporales, midiendo los cambios en el flujo, excreción de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y pH en la orina tras una sobrecarga oral de agua (A), solución isotónica de cloruro sódico (B) o solución isotónica de bicarbonato (C).

Se formarán grupos de trabajo constituidos por tres alumnos, cada uno de los cuales se someterá a un tipo distinto de sobrecarga (A, B ó C). Se recogerá la orina producida durante la hora anterior a la sobrecarga y una y dos horas después de la misma, determinando en cada caso su volumen, su pH y su composición iónica. Los resultados obtenidos se tabularán y representarán como se detalla más abajo y se discutirán globalmente.

#### **b) Procedimiento a seguir.**

1. A las 12,30 horas, RECOJA EN EL FRASCO su primera muestra de orina (tiempo "0"). Asegúrese de que vacía completamente su vejiga.

2. INMEDIATAMENTE DESPUES ingiera la sobrecarga. Distribúyanse en grupos de tres alumnos:

alumno A. 600 ml de agua (**tres vasos llenos**)  
alumno B. 600 ml de agua + 5.4 g de NaCl  
alumno C. 600 ml de agua + 7,6 g. de  $\text{NaHCO}_3$

Es importante que ingieran los 600 ml de agua (ni más ni menos)

3. Pese el frasco que contiene su orina y anote este dato.

4. Mida el pH de su orina en el pHmetro y anote el resultado en la tabla de la última hoja del guión.

5. Marque con un rotulador sus 3 tubos de plástico. Anote en los tres tubos sus iniciales y en cada uno de ellos los números 0, 1 y 2 respectivamente (estos números corresponden a los tiempos a los que se recogerá la orina).

- Con la pipeta Pasteur de plástico, añada orina al tubo 0 hasta la mitad del tubo aproximadamente.

- Tape bien el tubo. En ésta y sucesivas muestras realizará más tarde la determinación de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>.

6. Tire el resto de la orina.

7. Pese el frasco vacío y anote su peso en gramos. Reste éste valor del que obtuvo cuando el frasco contenía su orina. Asumiendo que la densidad de la orina es 1,00 Kg/l, transforme el peso de su orina en mililitros (1 g = 1 ml) y anote este dato (flujo de orina en ml/h al tiempo 0) en la tabla de resultados.

8. EXACTAMENTE AL CABO DE 50 MINUTOS de la toma de la sobrecarga (aproximadamente a las 13,15 horas), recoja la segunda orina (tiempo "1") vaciando completamente su vejiga.

9. Repita con esta orina las maniobras descritas en los apartados 3 a 6. Calcule también el flujo de orina en estos 50 minutos y expreselo en ml/h. Anote los resultados en la tabla.

10. 45 MINUTOS MAS TARDE (aproximadamente a las 14,00 horas) recoja la última muestra de orina ("2") y repita las mismas maniobras.

### DETERMINACION DE Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>

1. Lectura de muestras: Introduzca la muestra y pulse la tecla "Sample". Las lecturas obtenidas en la pantalla corresponden directamente a los valores de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> en mEq/l.

2. Calcule la tasa de excreción de Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>. La tasa de excreción mEq/hora puede calcularla como sigue:

Tasa de excreción (mEq/h) = flujo (ml/h) x concentración de la orina (mEq/L)/1000

Anote sus resultados en la Tabla. Deje su hoja de resultados al profesor. Los resultados promedio de todos los alumnos se analizarán y discutirán en un seminario.

**CALCULOS DE LA PRÁCTICA DE RIÑÓN.**

Para orientar la discusión de los resultados con los alumnos una vez elaborada la estadística y analizados los resultados globales.

**Primera parte: Cálculos:**

1- **Calcule la osmolaridad** de las soluciones que contenían sal y bicarbonato, teniendo en cuenta que en un volumen aproximado de 600 ml se disolvieron 5,4 g de  $\text{ClNa}$  y 7,6 g de  $\text{CO}_3\text{HNa}$ , cuyos pesos moleculares son 59 y 84, respectivamente.

Una vez realizados estos cálculos indique **cómo sería la osmolaridad** de estas soluciones con respecto a la del plasma.

A) 600ml. de agua	
B) 600ml. de agua con 5,4 g de sal	
C) 600ml. de agua con 7.6 g de $\text{CO}_3\text{HNa}$	

2. - **Calcule el porcentaje de modificación del volumen y la osmolaridad de los compartimentos líquidos de su organismo**, suponiendo un peso de 60 Kg y los porcentajes de cada compartimento con respecto al peso total, (Agua total 60%, Agua intracelular 40%, Agua extracelular 20%, plasma 5%). Tenga en cuenta las características de permeabilidad de cada soluto respecto a las membranas que separan cada compartimento.

**Segunda parte: Cuestiones**

1) ¿Qué cambios hormonales se producirán como consecuencia de la sobrecarga y que tiempo de actuación tendrán en cada una de las tres sobrecargas realizadas (agua, sal, bicarbonato)?

2) ¿Qué cambios de pH esperarías encontrar en el caso "C" en sangre y en orina?

Una vez contestadas estas cuestiones, observe detenidamente los resultados y comente los cambios que observa en cada caso, para los cuatro parámetros estudiados:

**1. - FLUJO DE ORINA:** Comente los resultados interpretándolos a la luz de los cambios del volumen y/o osmolaridad y con respecto a la secreción de la hormona ADH. Comente el curso temporal y la magnitud de los efectos en cada caso. Comparelos con sus resultados.

**2. - pH DE LA ORINA:** Comente los resultados obtenidos explíquelos en términos de filtración, reabsorción y secreción de bicarbonato, indicando las razones por las que la orina es normalmente ácida. Calcule la concentración de bicarbonato en plasma y discorra si se producirá o no excreción.

**3. -EXCRECIÓN DE SODIO.** Comente los resultados obtenidos e interpretelos en relación con la producción de aldosterona y/o péptido natriurético atrial (PNA). Discuta a que se pueden deber los cambios en la excreción de sodio en el caso de la sobrecarga de bicarbonato.

**4. -EXCRECIÓN DE POTASIO:** Comente los resultados obtenidos y justifique el aumento de la excreción de potasio en el caso de la sobrecarga de bicarbonato. Discuta los cambios que se producirán en la secreción de este ión durante una alcalosis metabólica transitoria.

**HOJA PARA ENTREGAR**

NOMBRE Y APELLIDOS .....

FECHA .....

TIPO DE SOBRECARGA.....

**TABLA DE RESULTADOS**

Flujo (ml/h)	pH	Lecturas de Na <sup>+</sup> (mEq/l)	Lecturas de K <sup>+</sup> (mEq/l)	Excreción de Na <sup>+</sup> (mEq/h)	Excreción de K <sup>+</sup> (mEq/h)
T=0					
T=1					
T=2					