EQUILIBRIO ACIDO-BASE

GASES EN SANGRE

ESTADO ACIDO-BASE

Detectar o confirmar alteraciones metabolicas y/o respiratorias que modifican el pH sanguineo.

ESTADO DE OXIGENACION

Determinar si la oxigenacion tisular es la adecuada.

HOSPITAL BRITANICO
DE BUENOS AIRES

MECANISMOS DE DEFENSA

pH liq. corporal: rango estrecho

- **BUFFERS**
- **PULMON**
- **RIÑON**

ENTRADA
(PRODUCCCION)

.- AMORTIGUAR EL pH
.- SISTEMA DE TRANSPORTE

SALIDA

$H^+ + OH^-$

BUFFERS

RIÑON Y PULMON

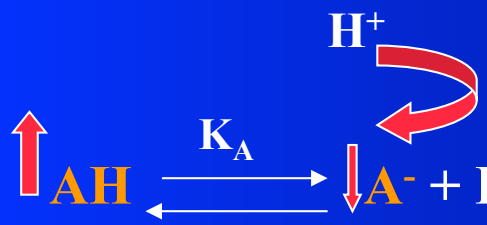
SISTEMAS BUFFERS

SISTEMAS BUFFERS

- 2 ESPECIES MOLECULARES: ACEPTORA DE H^+ (A^-)

  +

  DONANTE DE H^+ (AH)



(ac. debil) (base conjugada)

$$K_A = \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} \qquad [H^+] = K_A \frac{[AH]}{[A^-]}$$

$$pH = pK + \log \frac{\text{BASE } (CO_3H^-)}{\text{ACIDO } (pCO_2)}$$

EFICACIA DE UN BUFFER:

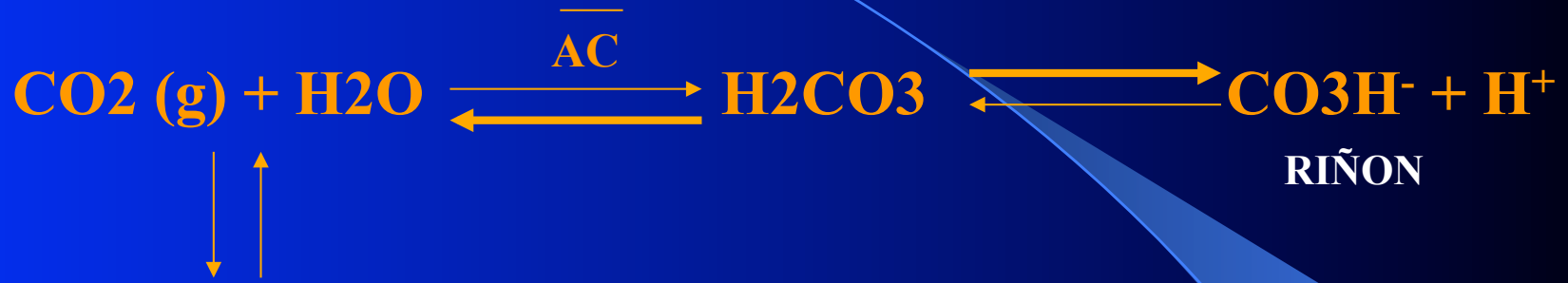
- CONCENTRACION
- pk ⟶ pH con 50% AH y 50% A^-

  (pK = pH +/- 1)
- SISTEMA ABIERTO O CERRADO

PRINCIPALES BUFFERS DEL ORGANISMO

- $CO3H^-$ / CO3H2 — **EXTRACELULAR**
- HbO2 / HbH
- $PROT^-$ / PROTH
- FOSFATOS ORGANICOS (AMP / ADP / ATP / 2-3 DFG) — **INTRACELULARES**
- APATITA — **OSEO**
- PO_4H^{2-} / $PO_4H_2^-$
- NH3 / NH_4^+ — **URINARIOS**

BUFFER $CO3H^- / CO3H2$



$CO2\ (d) = \alpha \times pCO2 = 0.0301 \times 40 = 1.2\ mEq/L$

PULMON

$$K_A = \frac{H^+ \times CO3H^-}{CO2\ (d)} = \frac{H^+ \times CO3H}{\alpha \times pCO2}$$

$$H^+ = \frac{24 \times pCO2}{CO3H^-}$$

$pH = pK + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$ CO_3H^- calcular

(medir) pCO_2 (medir) x α

↑ H^+ 10 nEq/L ⟶ 0.1 U pH ↓

RANGO: 7.20 – 7.50 (7.28 – 7.45)

pH = 7.40 H^+ = 40 nEq/L

CARGA DE ACIDOS FIJOS DIARIA

ALIMENTOS → METABOLIZACION → ACIDOS FIJOS (H^+)

(DIETA OCCIDENTAL 1 mEq / Kg)

↓ FERMENTACION BACTERIANA

PERDIDA OH^- EN M. Fecal. (= ACIDOS FIJOS)

(30 mEq / dia)

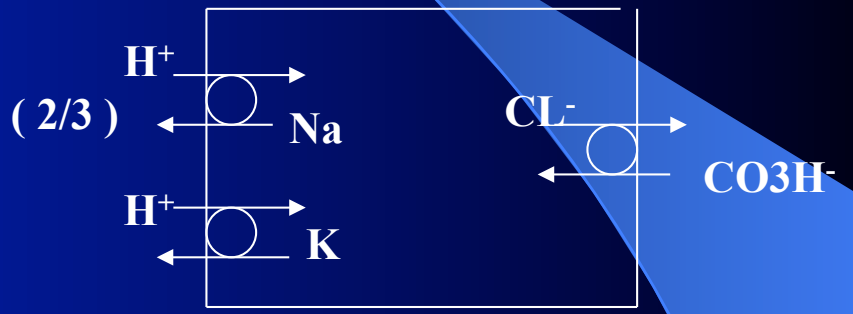
RESPUESTA INTEGRAL POR CARGA DE ACIDOS Y BASES FIJAS

- **BUFFERS EXTRACELULARES: CO_3H^- / CO_2**

- **BUFFERS INTRACELULARES**

↓ 0.10 U pH ⟶ ↑ 0.6 mEq/L K^+

(AC. METABOLICA x AC. INORG.)



- **ADAPTACIONES RESPIRATORIAS**

↓ CO_3H^- ⟶ pCO_2 ↓

↑ CO_3H^- ⟶ pCO_2 ↑

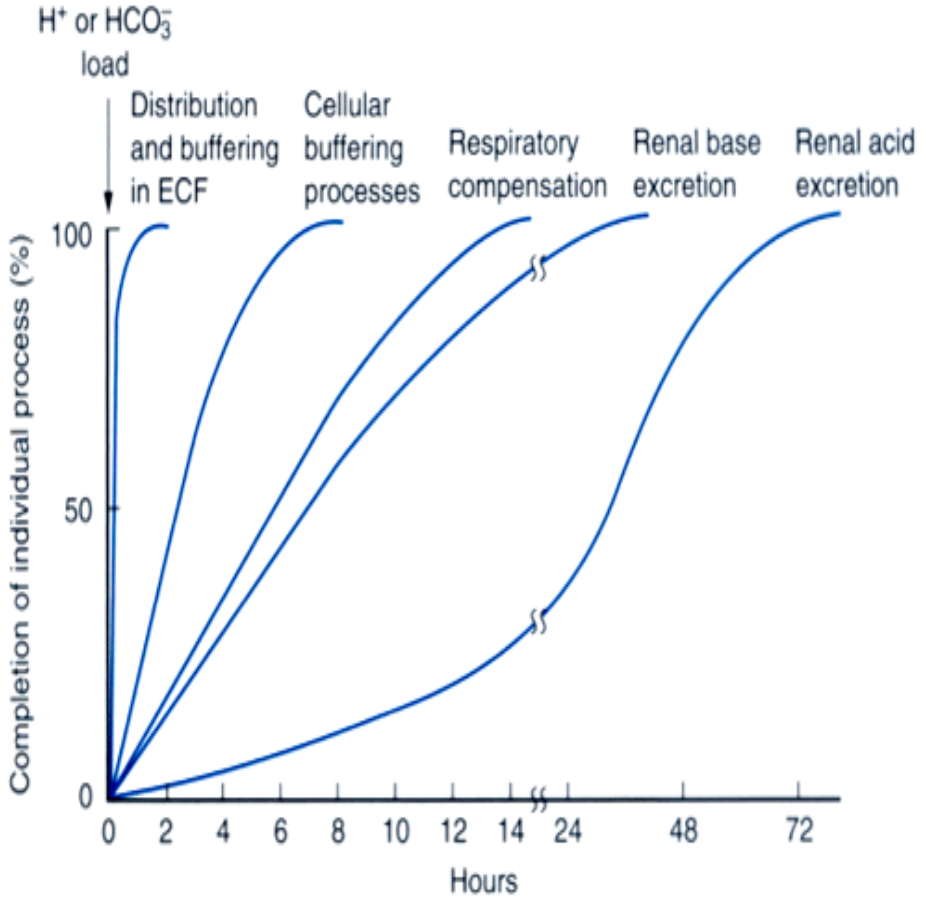
$$H^+ = 24 \times \frac{pCO_2}{CO_3H^-}$$

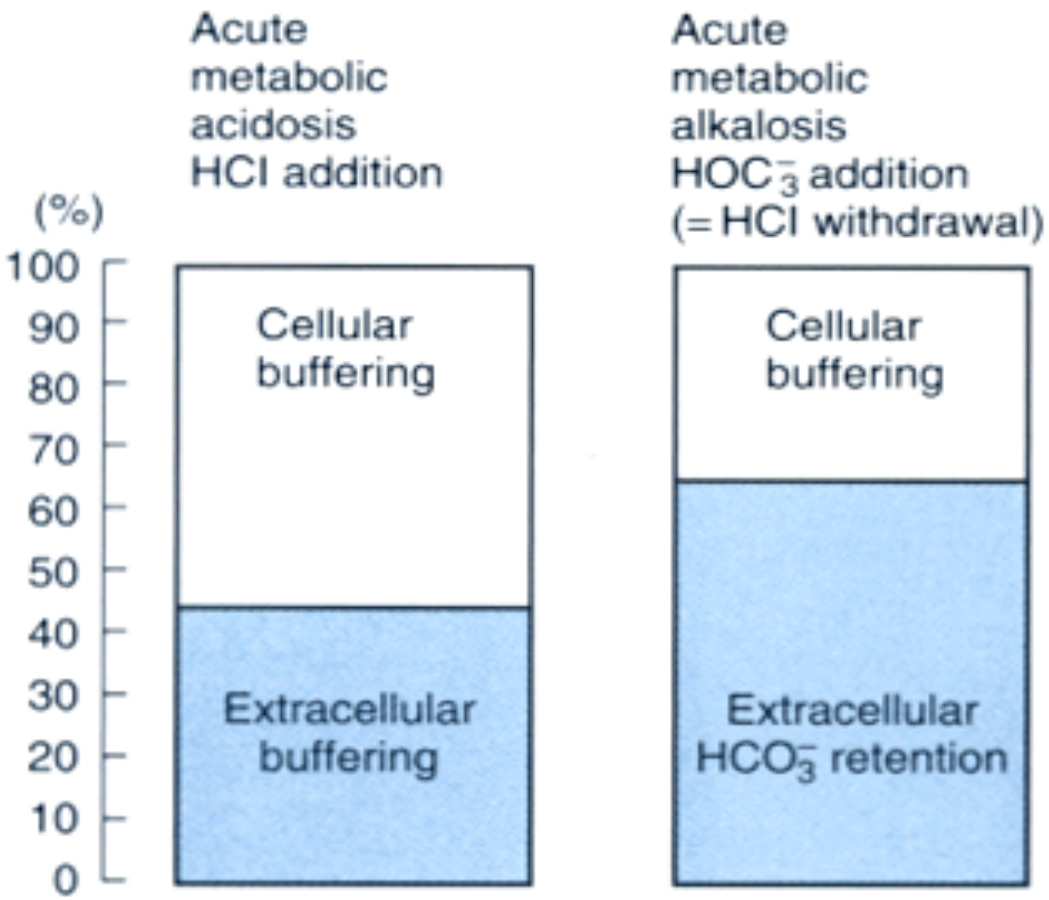
- **AJUSTE RENAL**

DISTRIBUCION DE LOS BUFFERS

$H^+A^- + Na^+HCO3^- \rightleftharpoons A^-Na^+ + H2O + CO2$ **(EXTRACELULAR)**

$H^+A^- + BUFFER^-Na^+ \rightleftharpoons A^-Na^+ + BUFFERH$ **(INTRACELULAR)**





TRANSPORTE Y ELIMINACION DE SUSTANCIAS FIJAS

Alimentos — Metabolización (Prot., H de C y Grasas) — Ac. Endógenos (1 mEq/ kg peso)

fermentación bacteriana

Ac. Orgánicos + CO_3H^- (H^+)

$An^- Org + CO_3H_2 \rightleftharpoons CO_2+H_2O$

heces

47% H^+ + CO_3H^- $\rightleftharpoons$ CO_3H_2 $\rightleftharpoons$ CO_2+H_2O

53% H^+ + Buff $\rightleftharpoons$ Buff H

Riñón : Acidez titulable, Excreción de amonio

Producen CO_3H^- (elimina el H^+)

+

Reabsorcion del CO_3H^- filtrado

REABSORCION RENAL DEL CO_3H^- FILTRADO

MANEJO RENAL DEL BICARBONATO

➢ FILTRACION GLOMERULAR

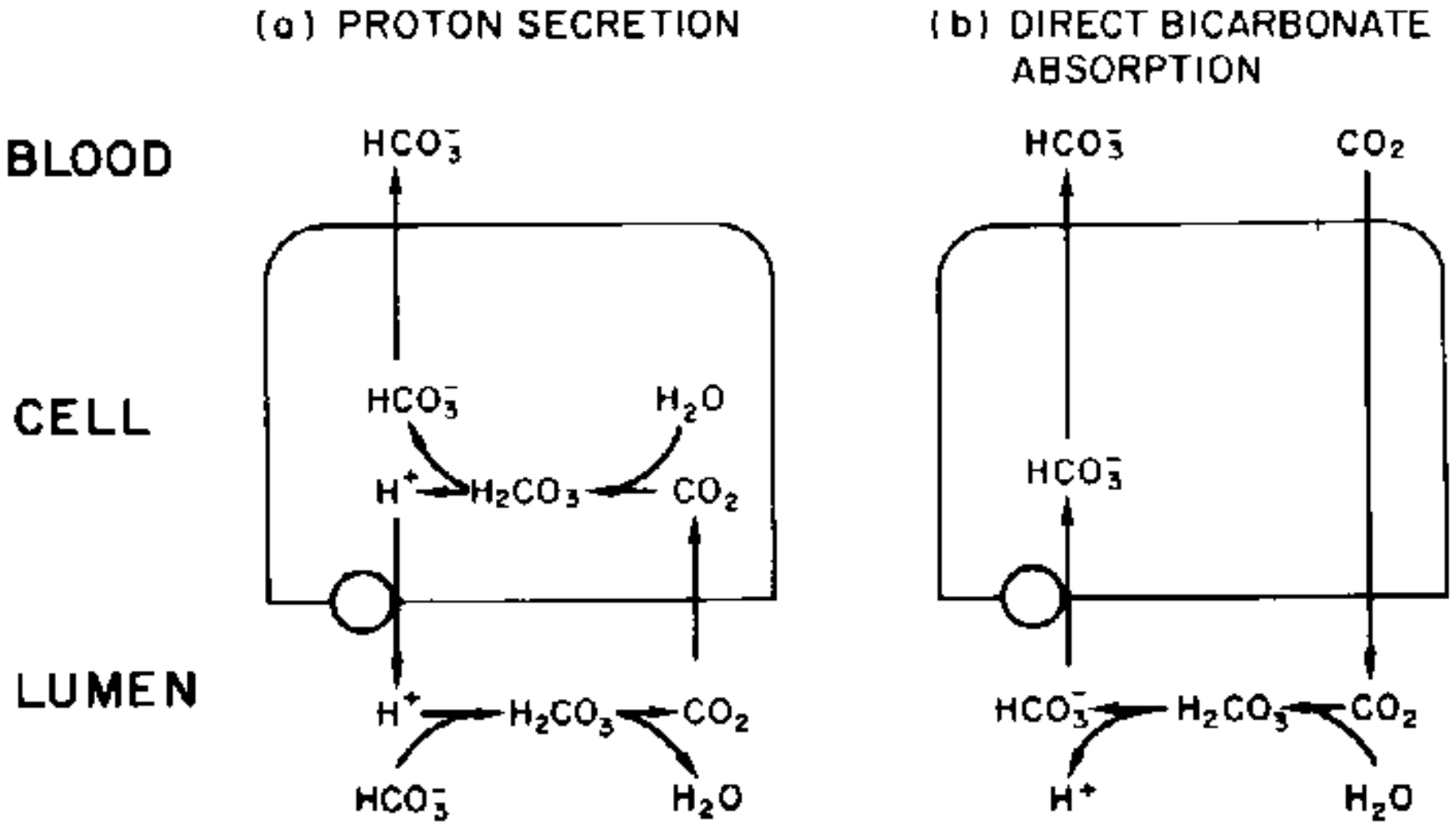
- IFG x $CO3H^-$ pl

  180 L/ dia x 24 mEq/L = 4000-4500 mEq/dia

➢ REABSORCION RENAL

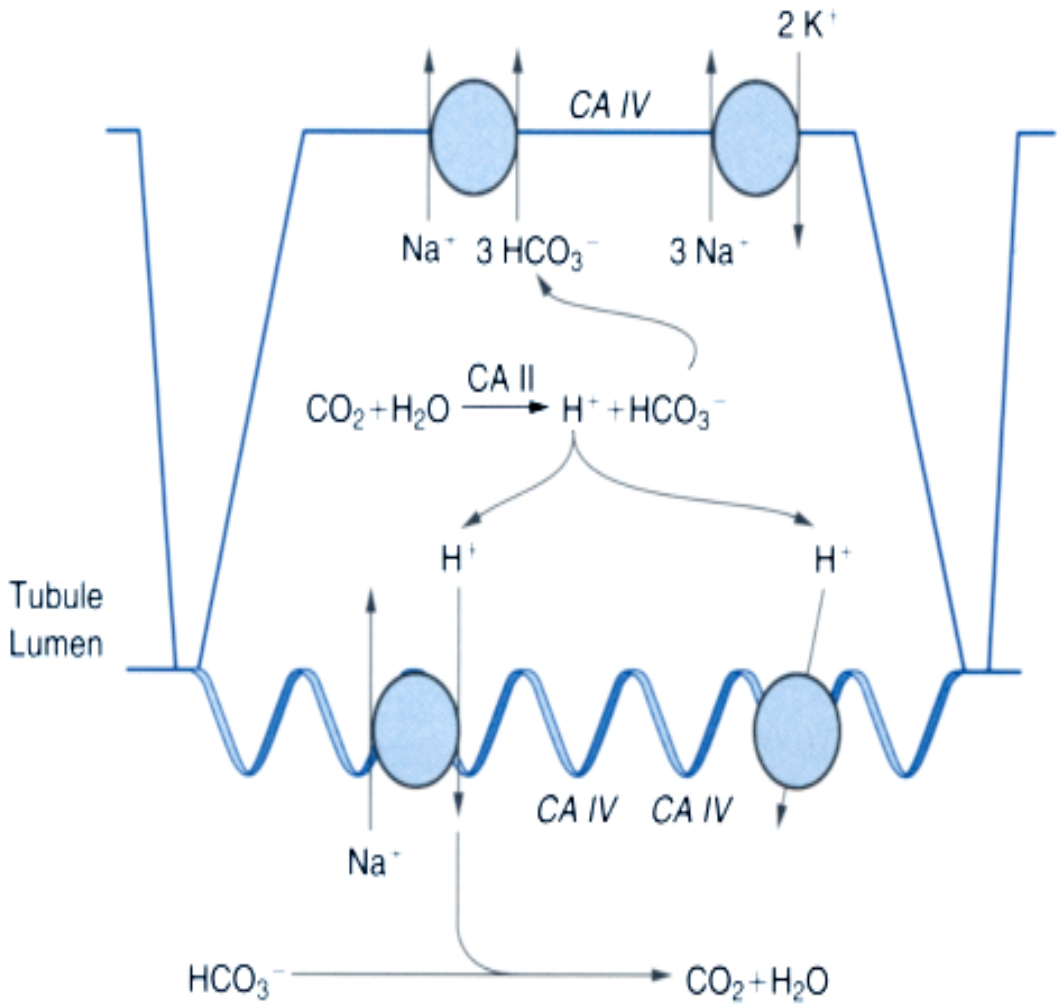
- **TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL: 75 - 80 %**
- **ASA GRUESA DE HENLE: 10 – 20 %**
- **NEFRON DISTAL: 5 – 10 %**

FORMAS DE REABSORCION PROXIMAL DE BICARBONATO



MECANISMO REABSORCION PROXIMAL DE BICARBONATO

POR SECRECION DE H^+

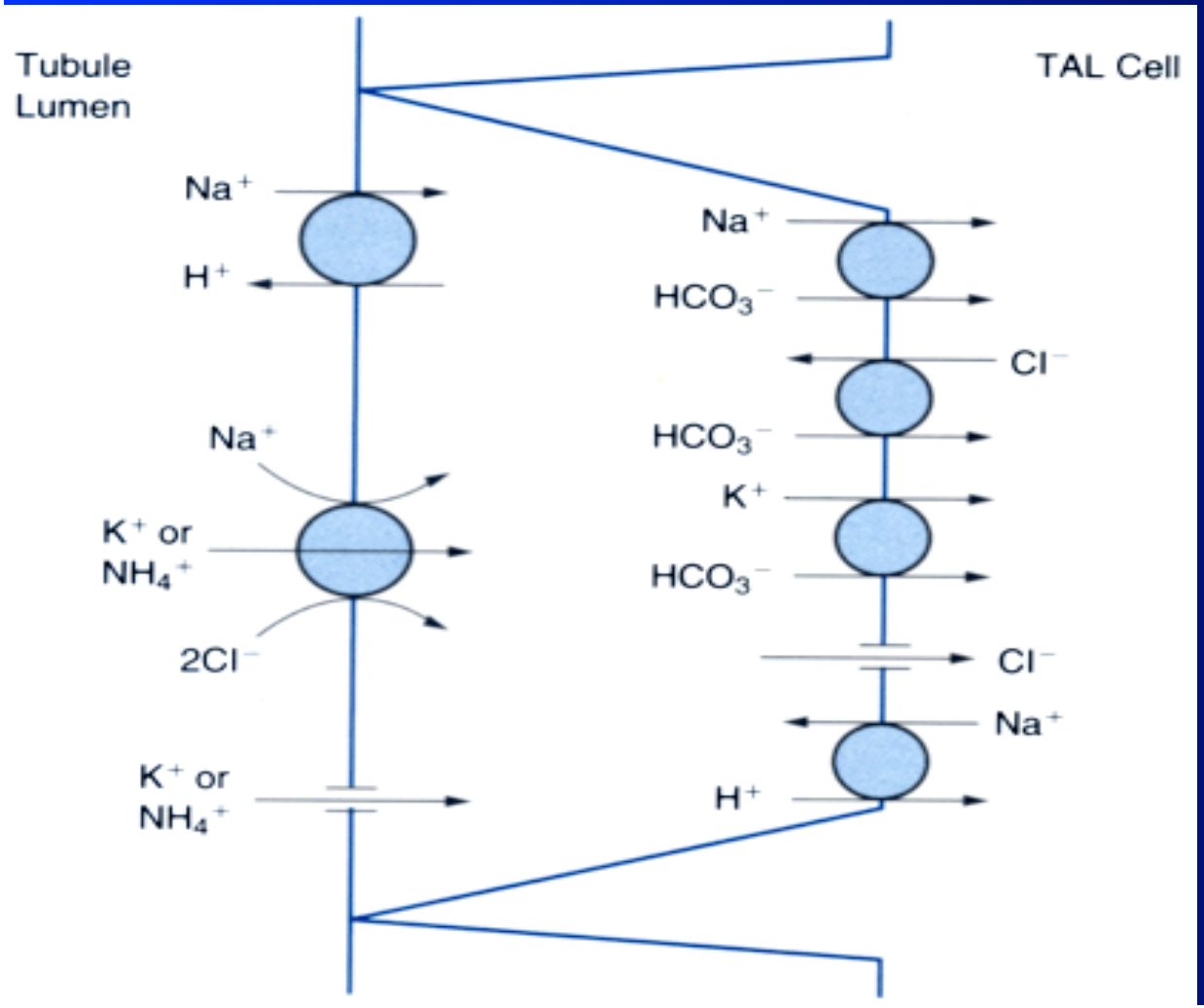


- **AC II y IV**
- **Na/K ATPasa**
- **Na^+/ H^+ o $NH4^+$ 2/3(NHE3)**
- **H^+/ ATPasa 1/3**
- **Na^+/ 3 $CO3H^-$ (NBC1)**

75 - 80 %

MECANISMO DE REABSORCION DE BICARBONATO EN AGH

POR SECRECION DE H^+



- $Na^+ / K^+ / 2CL^-$
- Na^+ / H^+ (NHE3)

  (+) ACIDOSIS
- $Na^+ / CO3H^-$ (NBC2)

  (+) ACIDOSIS
- $CL^- / CO3H^-$ (AE2)
- AC II y IV

REABSORCION:

$CO3H^-$ luminal

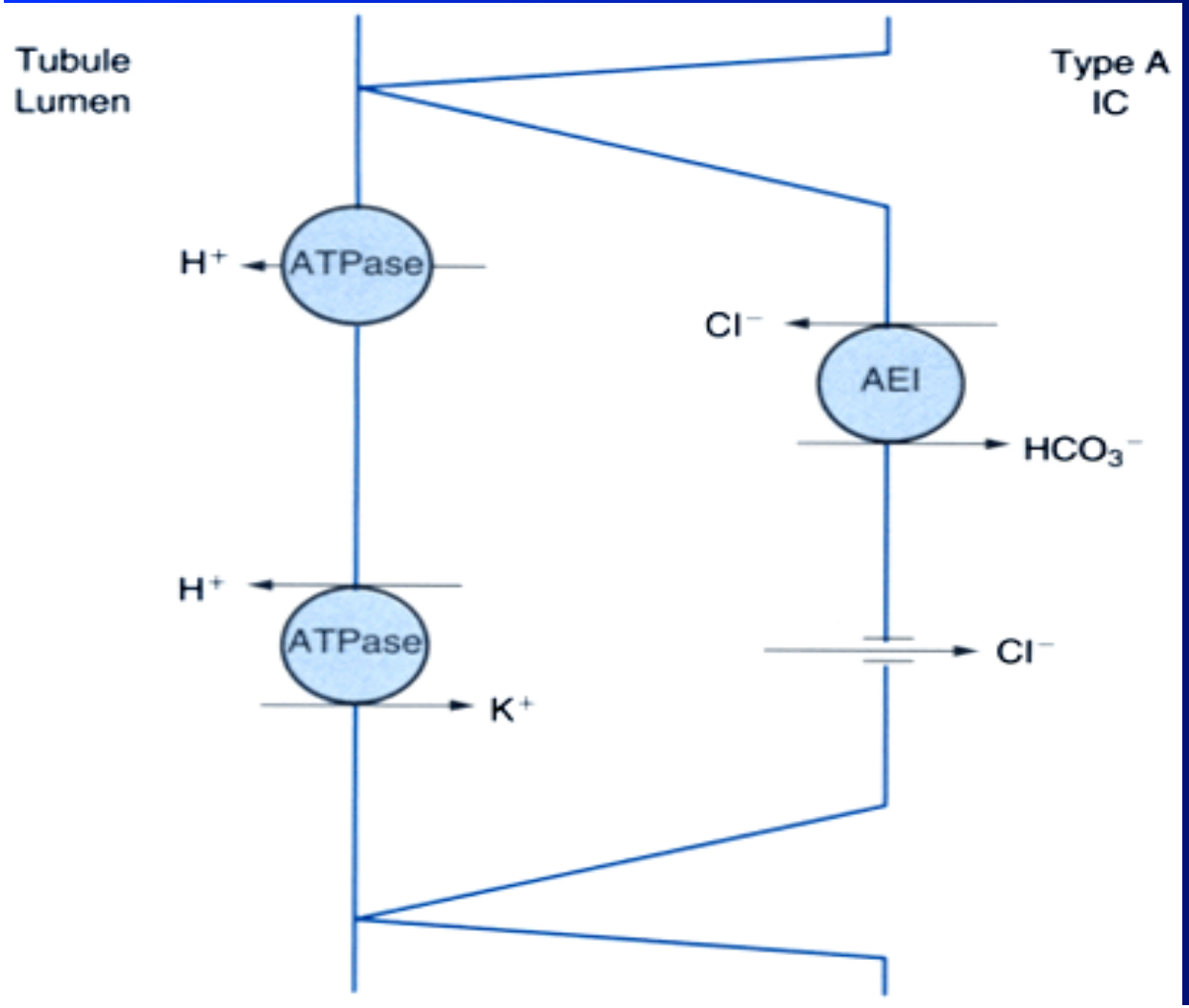
HIPOTONICIDAD

Na luminal

10 – 20 %

MECANISMO DE REABSORCION $CO3H^-$ EN NEFRON DISTAL

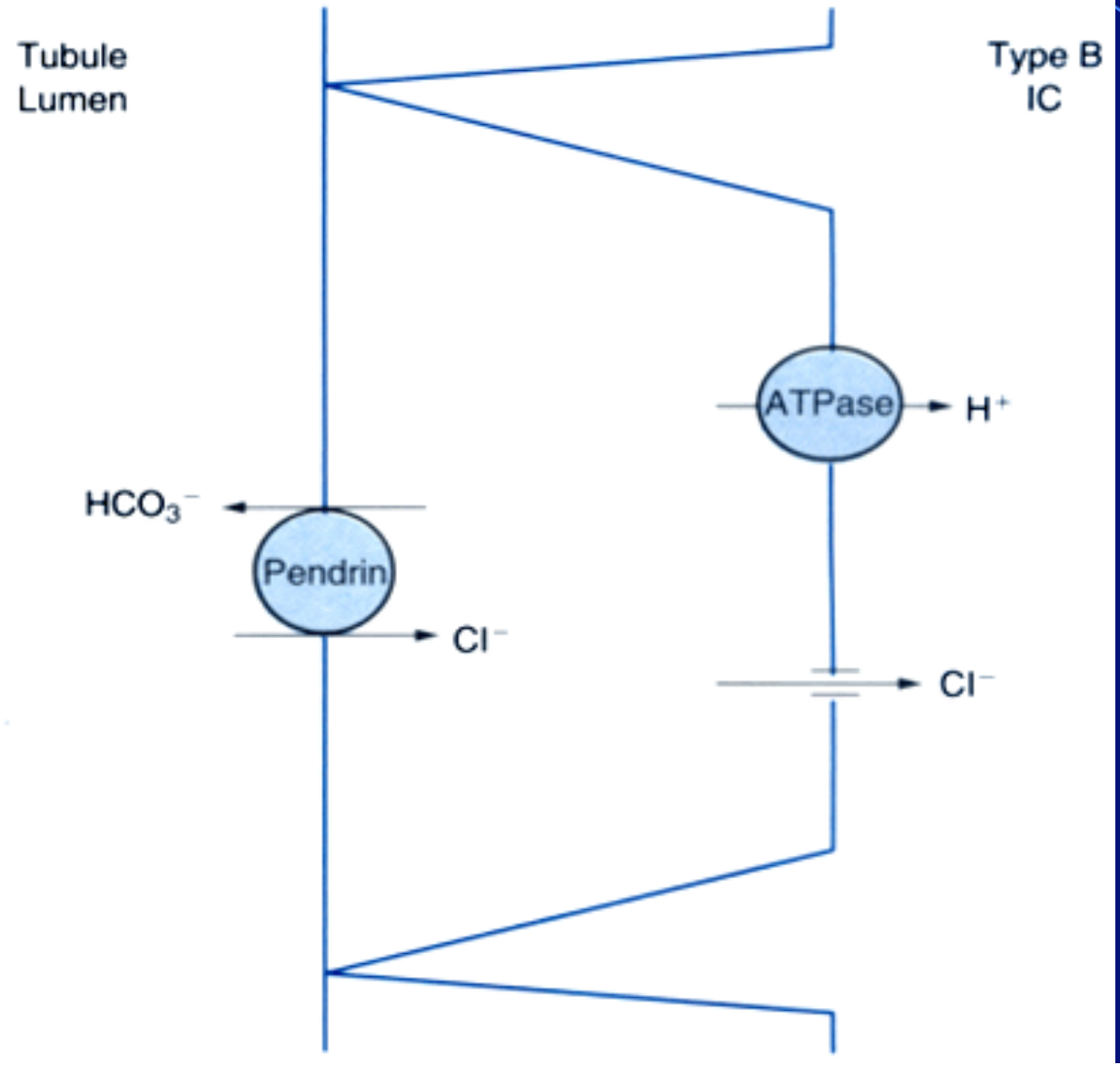
POR SECRECION DE H^+



- H^+ ATPasa
- H^+/K^+ ATPasa
  (+) DEF. DE K CRONICA
  CCMEi 35-70%
  (reabsorcion $CO3H^-$)
- $CL^- / CO3H^-$ (AE1)
- AC II ABUNDANTE
- AC IV (TCME (i))

5- 10 %

MECANISMO DE SECRECION CO_3H^- EN NEFRON DISTAL

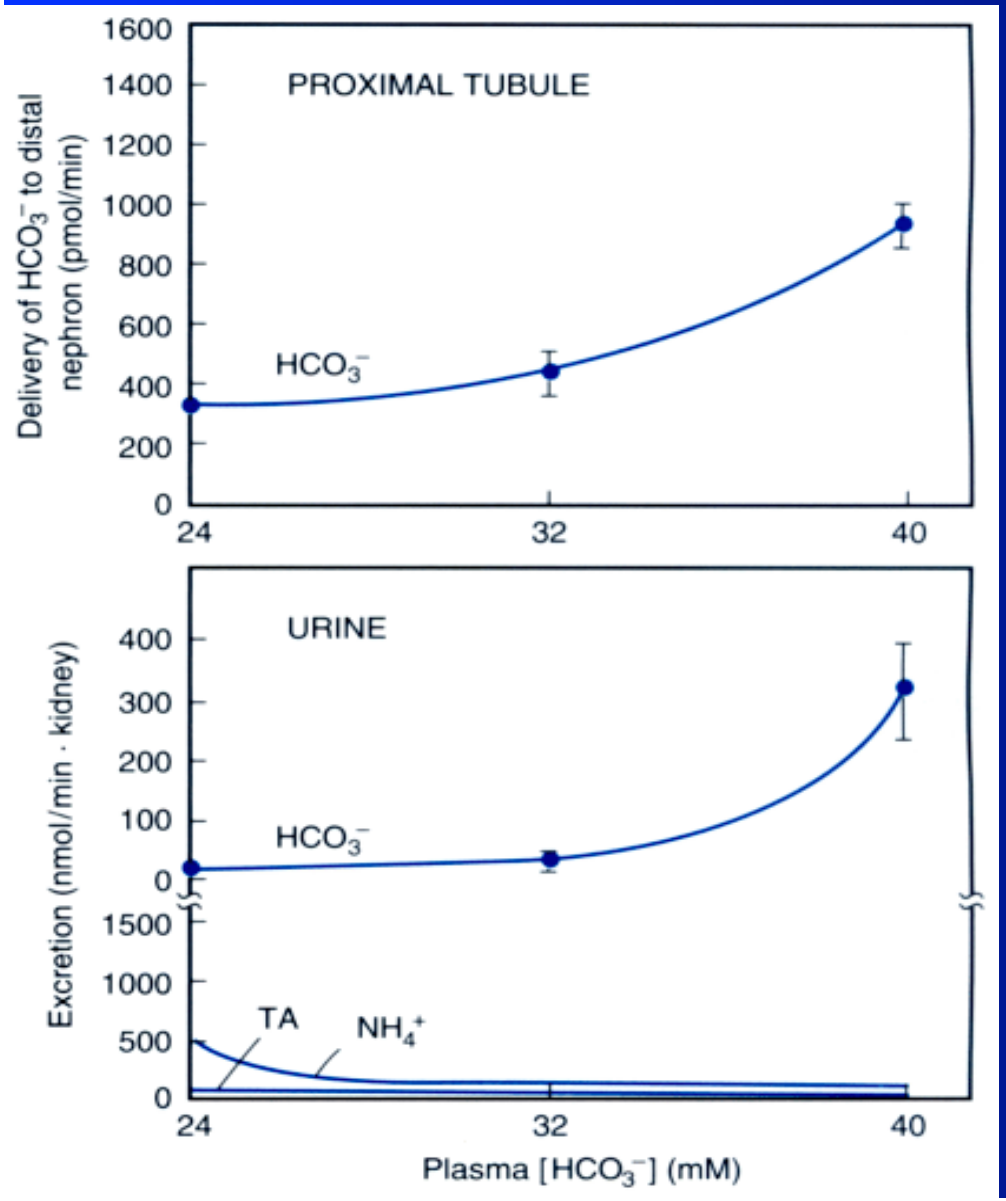


SECRECION DE CO_3H^-
(TCC y TC)

ESTIMULADA POR:

- **CARGA ALCALINA**
- MINERALOCORTIC.
- ISOPROTENEROL

RESPUESTA RENAL FRENTE A UNA CARGA ALCALINA



ADM. $CO3H^-Na^+$ (aguda)

↑ **$CO3H^-_{pl}$**

↓ **REABS. PROX. $CO3H^-$ (ABSOLUTA)**

↑ **VOL LEC**

↑ **LIBERACION DE $CO3H^-$ A NEFRON DISTAL**

- **LIMITADA CAPAC. SECRECION DE H^+**
- **(+) SECRECION DE $CO3H^-$ EN TCC**

BICARBONATURIA

FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA RENAL

CARGA ALCALINA → RESPUESTA RENAL → **BICARBONATURIA**

FACTORES QUE LA MODIFICAN: **AUMENTAN LA REABSORCION PROX. $CO3H^-$**
MEJORAN SECRECION DISTAL DE H^+

- **DEPLECION DEL VOL LEC = DEPLECION DE CL^{--}**: DISMINUCION DEL VOL. FG
- **HIPERALDOSTERONISMO**: (+) SECRECION DISTAL DE H^+
  AUMENTA LA DIF. DE POTENCIAL LUMEN (-)
- **HIPOKALEMIA**: DISMINUCION DEL VOL. FG
  (+) NHE3 y NBC1
  (+) AMONIOGENESIS
  UP REGULATION H^+ / K^+ ATPasa
- **ANIONES NO REABSORBIBLES DISTALMENTE**:
  AUMENTAN LA DIF. DE POTENCIAL LUMEN (-)
  SUPRIMEN LA SECRECION DE $CO3H^-$

FACTORES DE REGULACION RENAL DEL BICARBONATO

- **TUBULO CONTORNEADO PROXIMAL**

REABSORCION

  - BAJO pH PERITUBULAR ($\downarrow CO_3H$ o $\uparrow PCO_2$)
  - DEPLECION DE K
  - DISMINUCION DEL VOL LEC
  - DISMINUCION DE CARGA FILTRADA DE CO_3H^-
  - HIPERCAPNIA CRONICA
  - ANGIOTENSINA II

- **ASA GRUESA DE HENLE**

  - ACIDOSIS
  - HIPOTONICIDAD
  - DIURETICOS DE ASA

- **NEFRON DISTAL**

  - ACIDOSIS
  - VOLTAJE TRANSEPITELIAL (An^- acompañante Na)
  - MINERALOCORTICOIDES

ACIDEZ TITULABLE

ACIDEZ TITULABLE

" CANTIDAD DE H^+ AGREGADA A LA LUZ TUBULAR A LO LARGO DEL NEFRON QUE TITULA BUFFERS URINARIOS "

- $Na_2HPO_4^{2-} + H^+ \rightleftharpoons NaH_2PO_4^-$ **pK = 6.8**

4 (80%) : 1 (20%) pH = 7.40

- **REPRESENTA 1/3 DE LA EXCRECION DE ACIDOS FIJOS (40 mmol/dia)**
- **OTROS AC. TITULABLES: CREATININA - AC. CITRICO – AC ORG.**
- **AT. DEPENDE DEL pH URINARIO - BUFFERS URINARIOS - PTH**

ACIDEZ TITULABLE

Segment	pH	HPO4(2-), mmol	HPO4-, mmol	Amount buffered by HPO4(2-), mmol
Filtrate	7.40	40	10	0
Proximal tubule	6.80	25	25	15
Final urine	4.80	0.5	39.5	39.5

pH dependence of titratable acid excretion Effect of tubular fluid pH on the degree of buffering by phosphate [HPO4(2-)] if 50 mmol of phosphate is excreted.

EXCRECION DE AMONIO

AMONIACO - AMONIO

- $NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+$ pK = 9.0

  1% : 99% pH = 7.0

- REPRESENTA 2/3 EXCRECION DE ACIDOS FIJOS

- AUMENTA EL % FRENTE A UNA CARGA ACIDA

- PRODUCCION:

  - PPAL/ EN TUBULO PROXIMAL
  - A PARTIR DE GLUTAMINA

$2\ NH_4^+$ $2\ CO_3H^-$

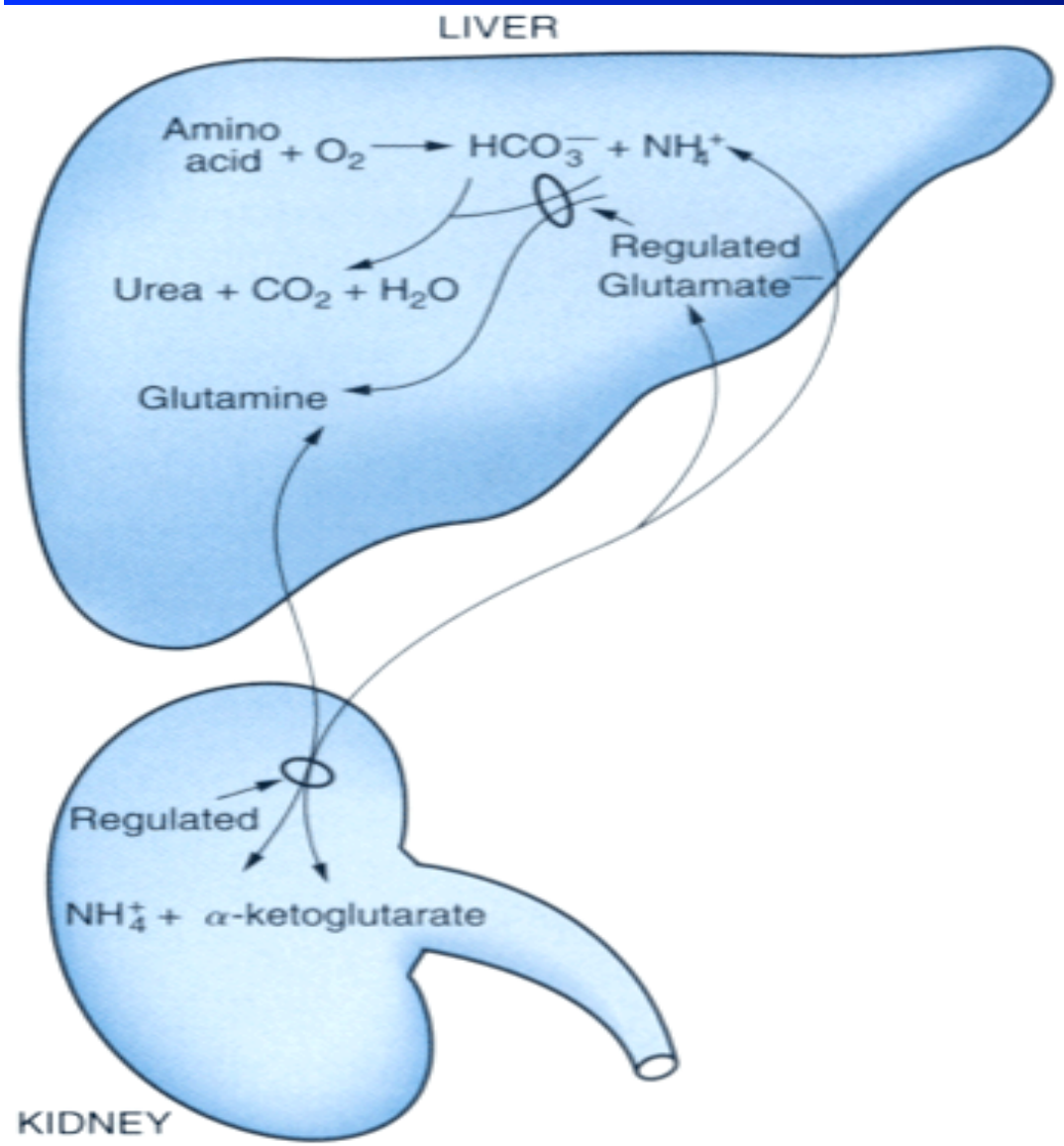
- ESTIMULADA POR: ACIDOSIS AGUDA Y CRONICA
  HIPOKALEMIA CRONICA
  ANGIOTENSINA II

MANEJO RENAL DEL AMONIO

- **AMONIOGENESIS**

- **TRANSPORTE ESPECIFICO RENAL**
  - **REABSORCION**
  - **SECRECION**
  - **CONTRACORRIENTE Y MULTIPLICACION**

VIA METABOLICA DEL AMONIO

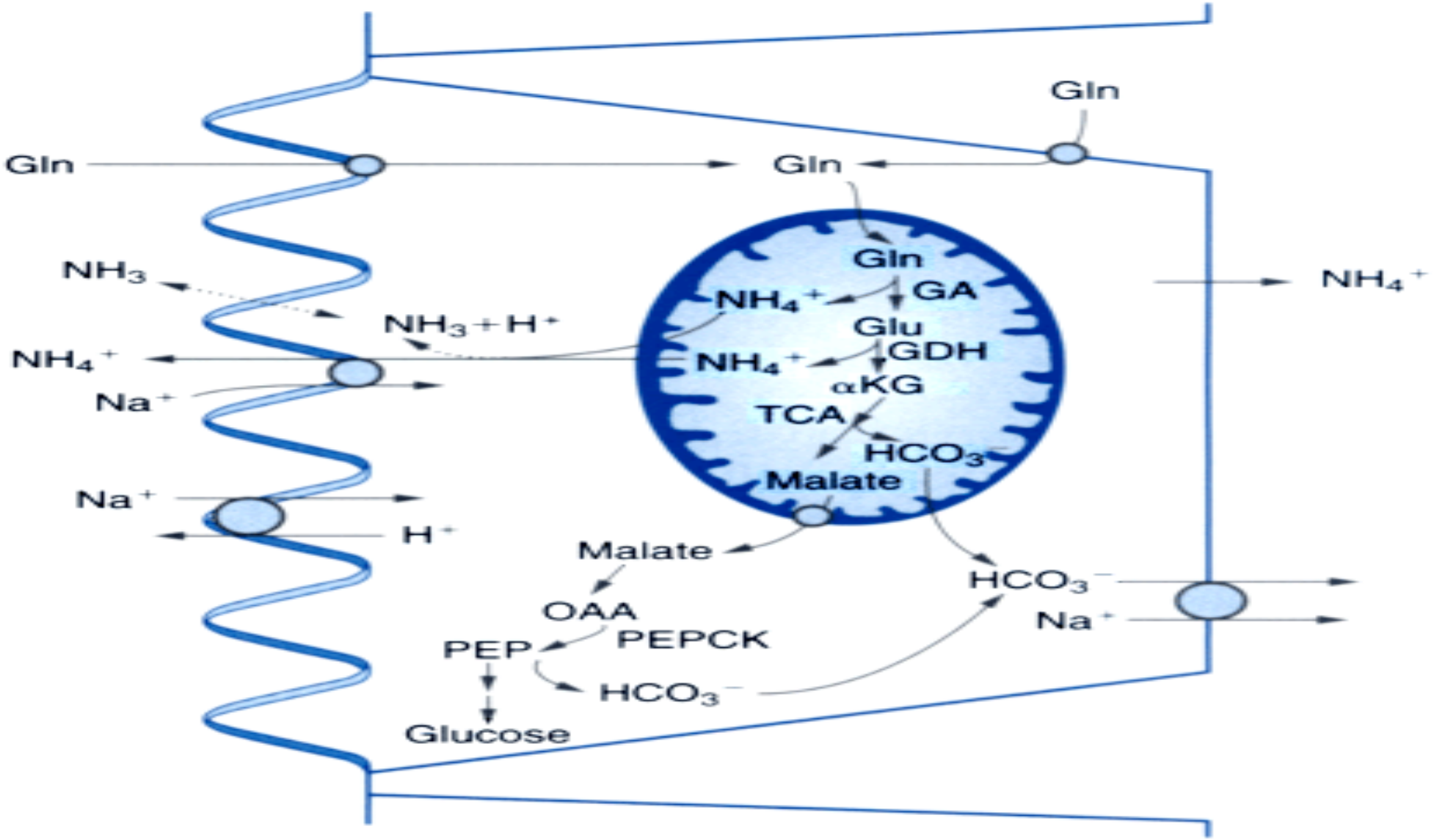


$2\ NH_4^+$ + CETOGLUTARATO

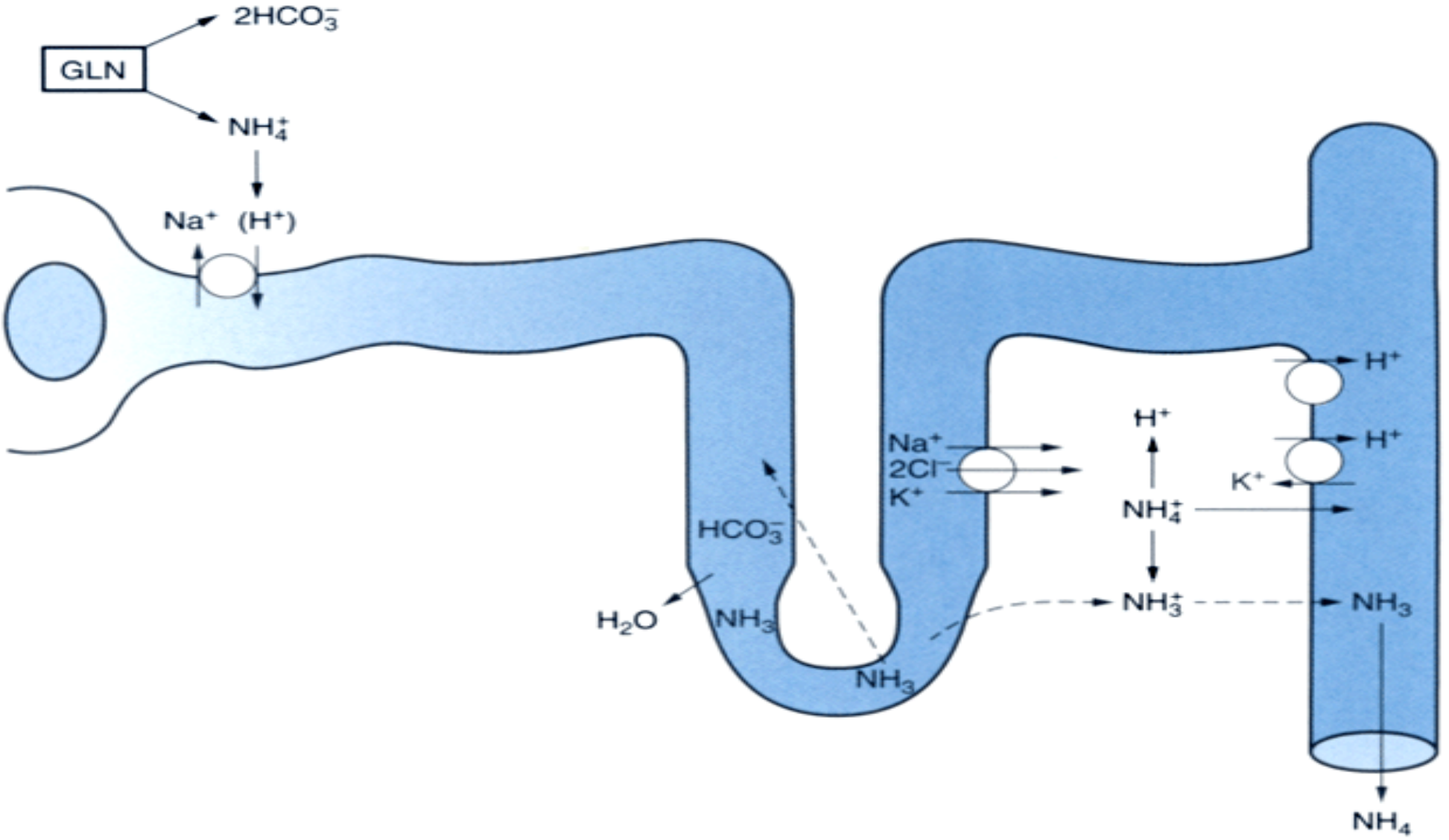
HIGADO ORINA

UREA + $2H^+$ $2\ NH_4^+$ $2\ CO_3H^-$

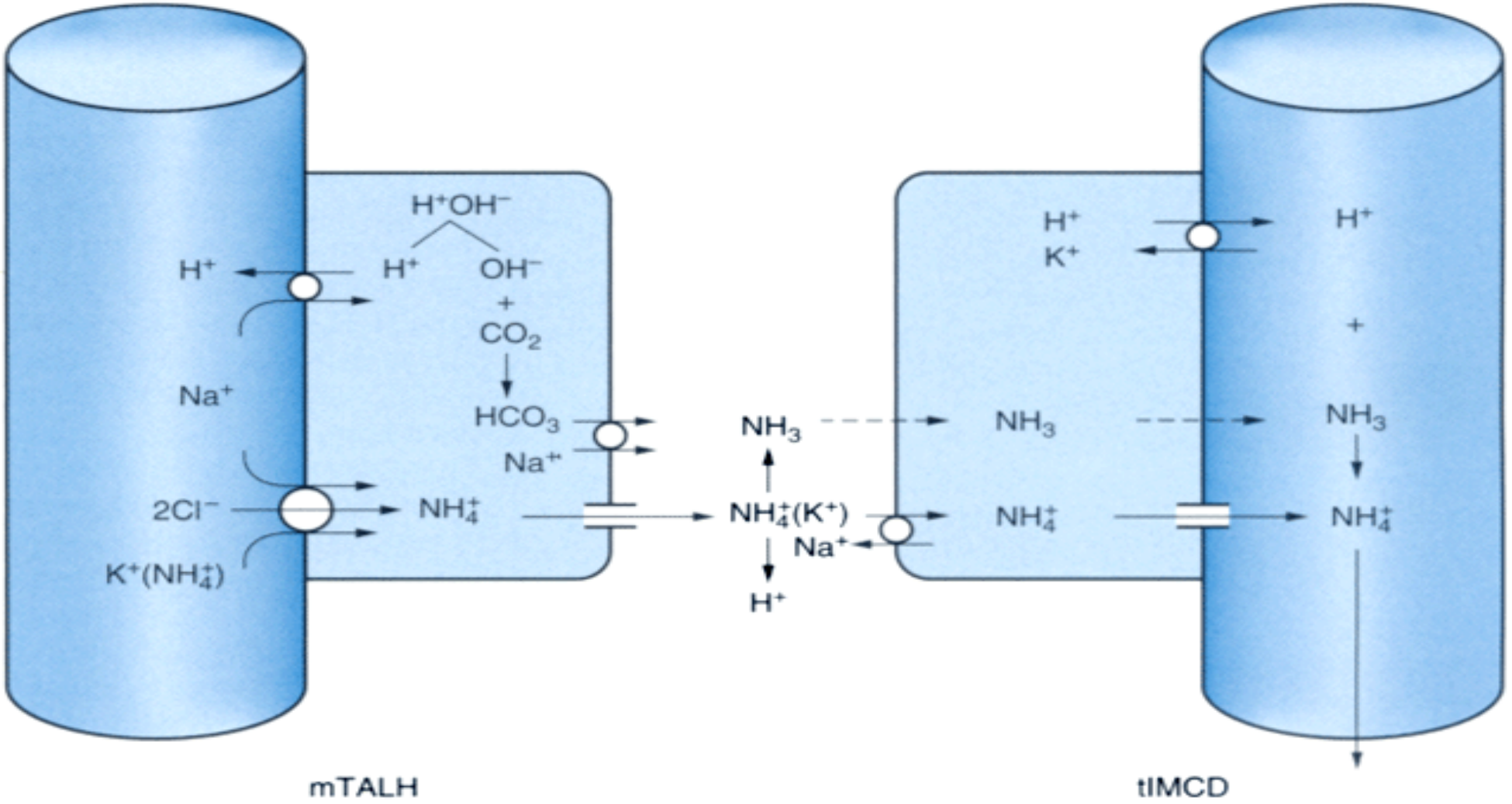
PRODUCCION Y SECRECION EN TCP. DE AMONIO



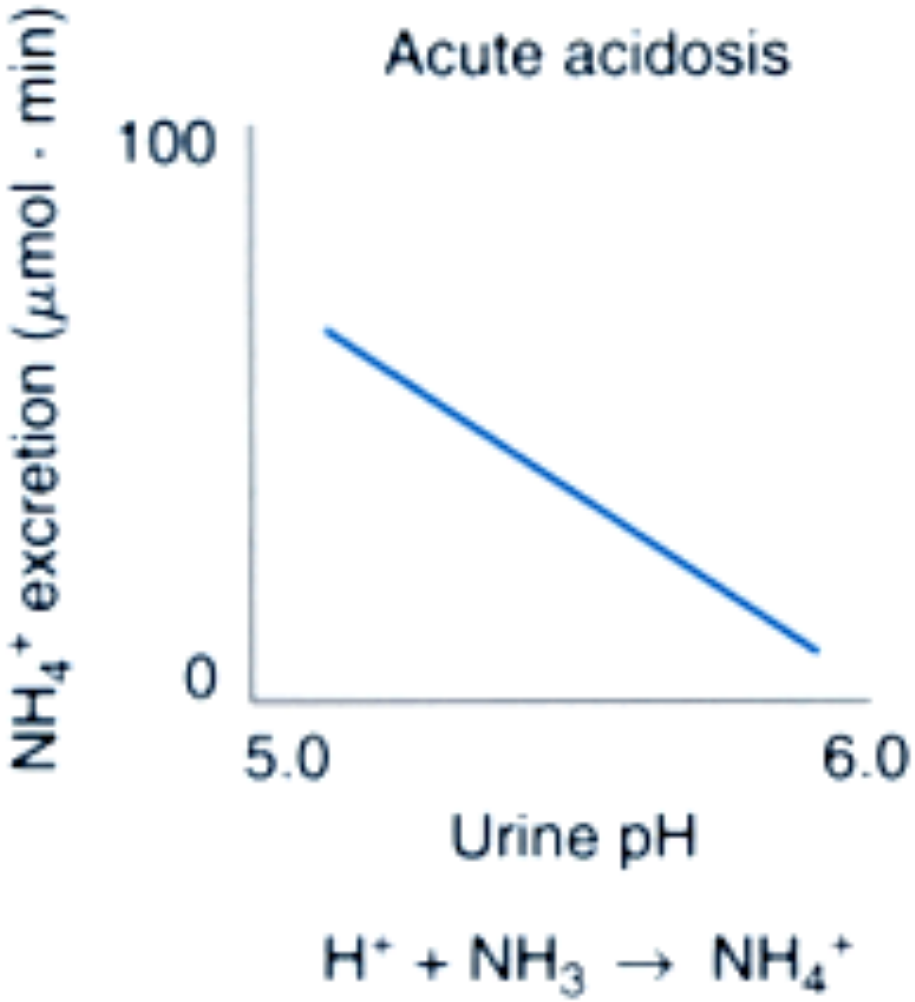
MANEJO RENAL DEL $NH3 - NH4^+$

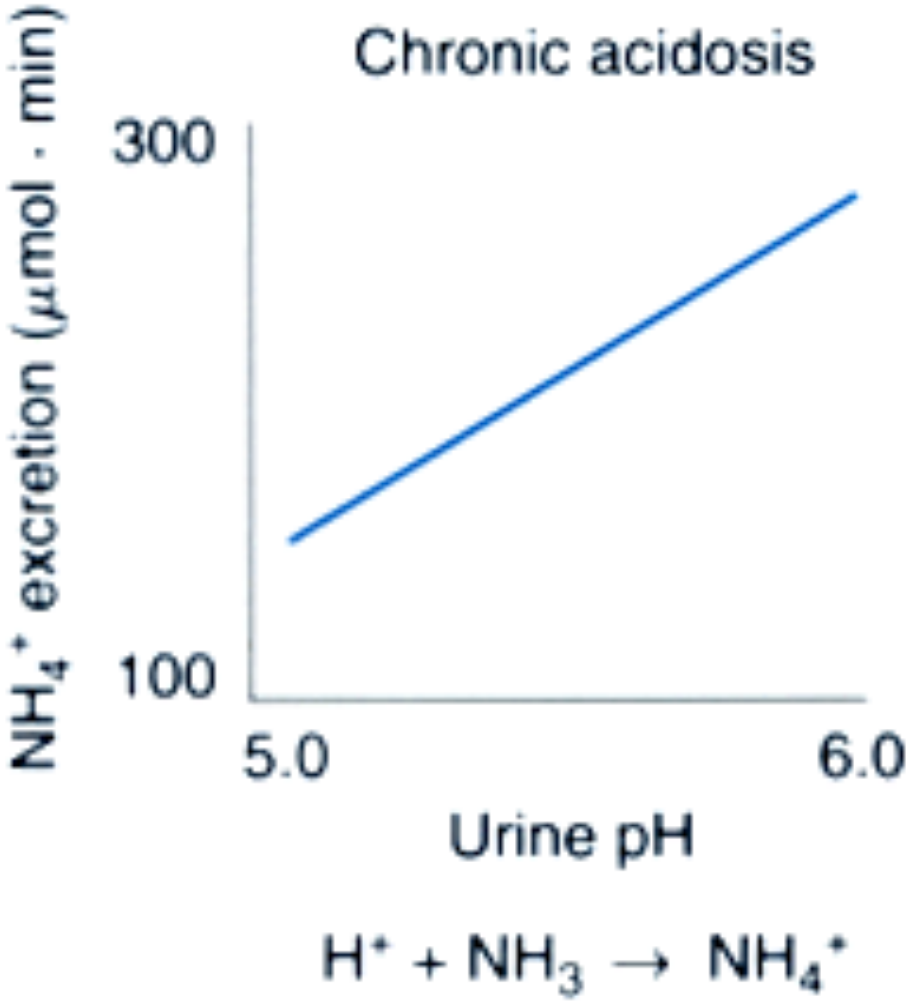


MECANISMO DE CONCENTRACION RENAL DEL AMONIO



RELACION pH - AMONIO URINARIOS





CARGA NETA URINARIO o ANION GAP URINARIO

PPIO DE ELECTRONEUTRALIDAD:

$$\Sigma \text{ Cationes} = \Sigma \text{ Aniones}$$

$$\Sigma \text{ Cat.}_{m} + \text{Cat.}_{nm} = \Sigma \text{ An.}_{m} + \text{An.}_{nm}$$

$$\Sigma \text{ Cat.}_{m} - \text{An.}_{m} = \Sigma \text{ An.}_{nm} - \text{Cat.}_{nm}$$

$$Na^{+} + K^{+} - CL^{-} = \underbrace{(SO4^{3-} + PO4^{3-} + An^{-} Org) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})}_{\text{CONSTANTE}} - NH4^{+}$$

$$AG_{U} = Na^{+}_{u} + K^{+}_{u} - CL^{-}_{u}$$

ACIDOSIS METABOLICA: **ADECUADA EXCRECIONDE $NH4^{+}$**

$$AG_{U} = (-) \qquad CL^{-}_{u} > Na^{+}_{u} + K^{+}_{u}$$

ANION GAP URINARIO = CARGA NETA URINARIA

CAUSAS DE ERROR: " PRESENCIA DE UN ANION NO HABITUAL EN ORINA "

- CUERPOS CETONICOS: CETONURIA DE AYUNO
  CETOACIDOSIS DIABETICA
- CIERTAS DROGAS: SALICILATOS
  PENICILAINAS, ETC
- $CO3H^-_u$

USAR GAP OSMOLAL = OSM_u medida - OSM_u calculada

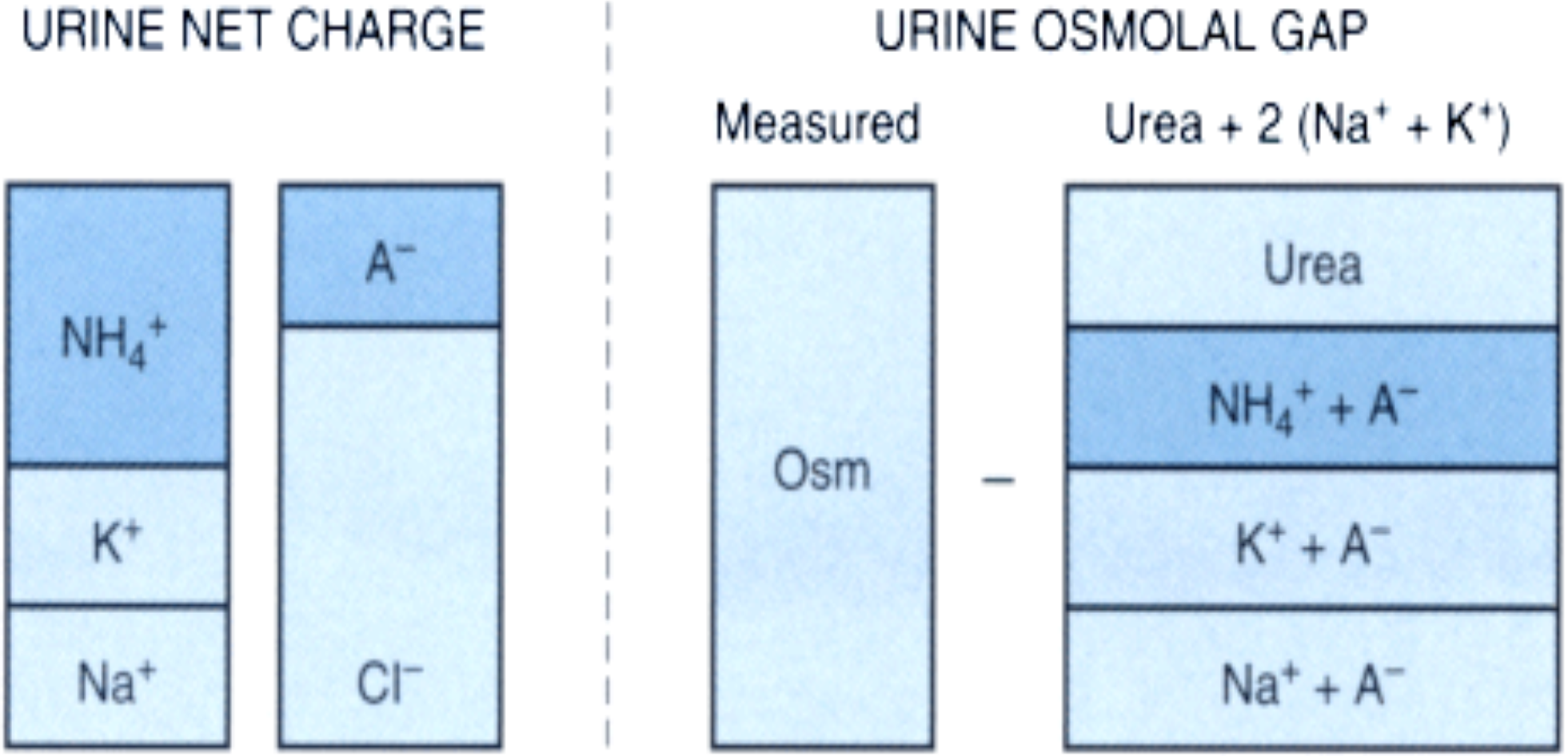
Urea / 6 + glucosa / 18 + 2 ($Na^+ + K^+$)

DIFERENCIA > 100 → Anion Gap no habitual complejado con NH_4^+

$$NH4^+_U = 0.5 \left(OSM_{MEDIDA} - OSM_{CALCULADA} \right)_U$$

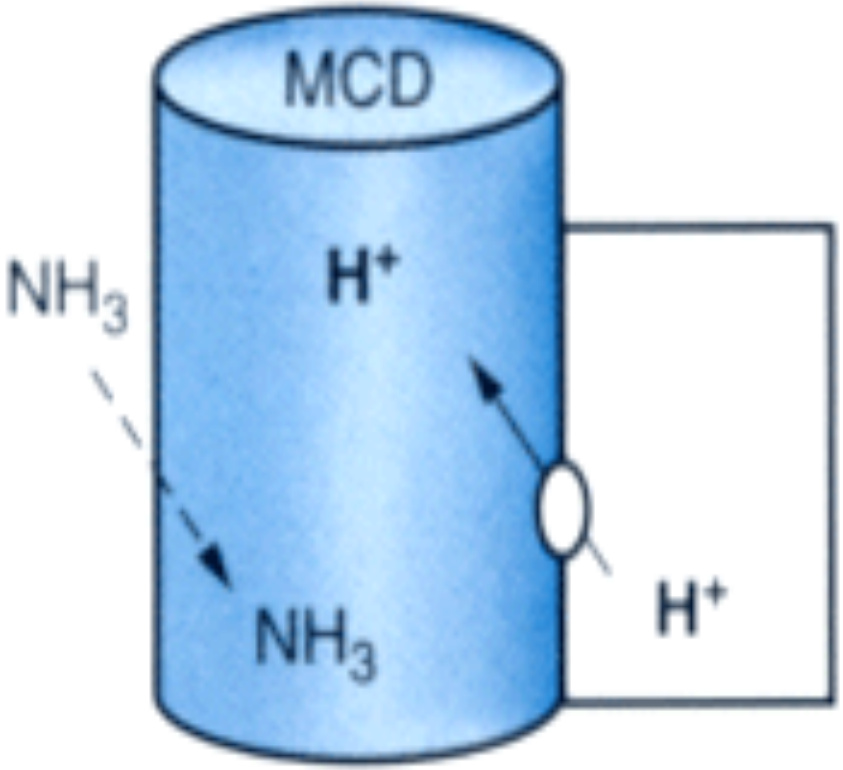
- > 75 mEq/L EXCRECION NH4 ADECUADA
- < 25 " " " INAPROPIADA

CARGA NETA URINARIO = ANION GAP URINARIO



RELACION pH - AMONIO URINARIOS

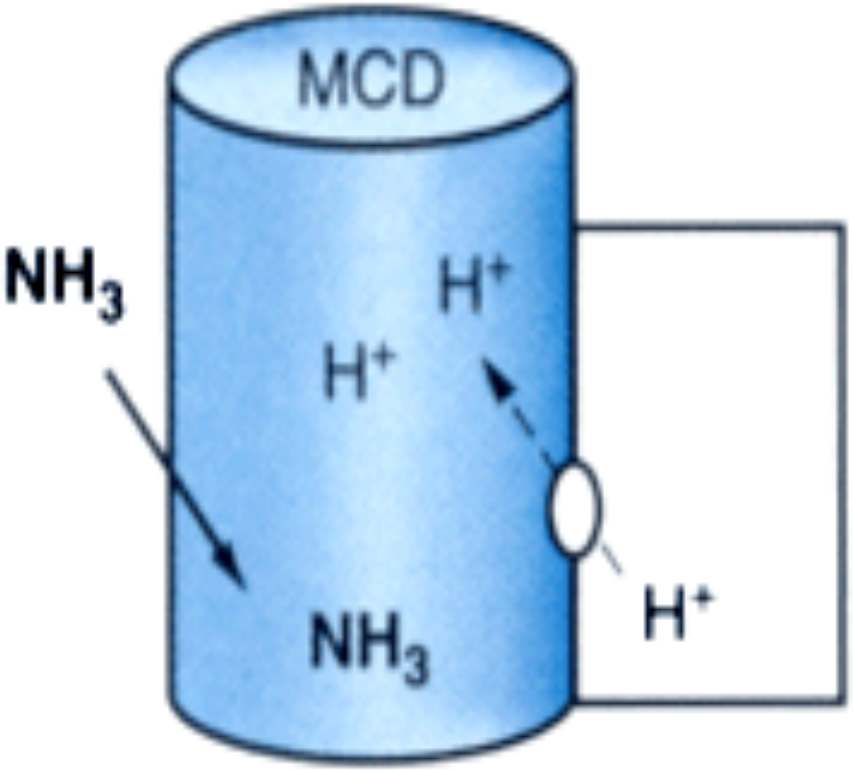
pH = 5.0



$H^+ + NH_3 \rightarrow NH_4^+$

LOW

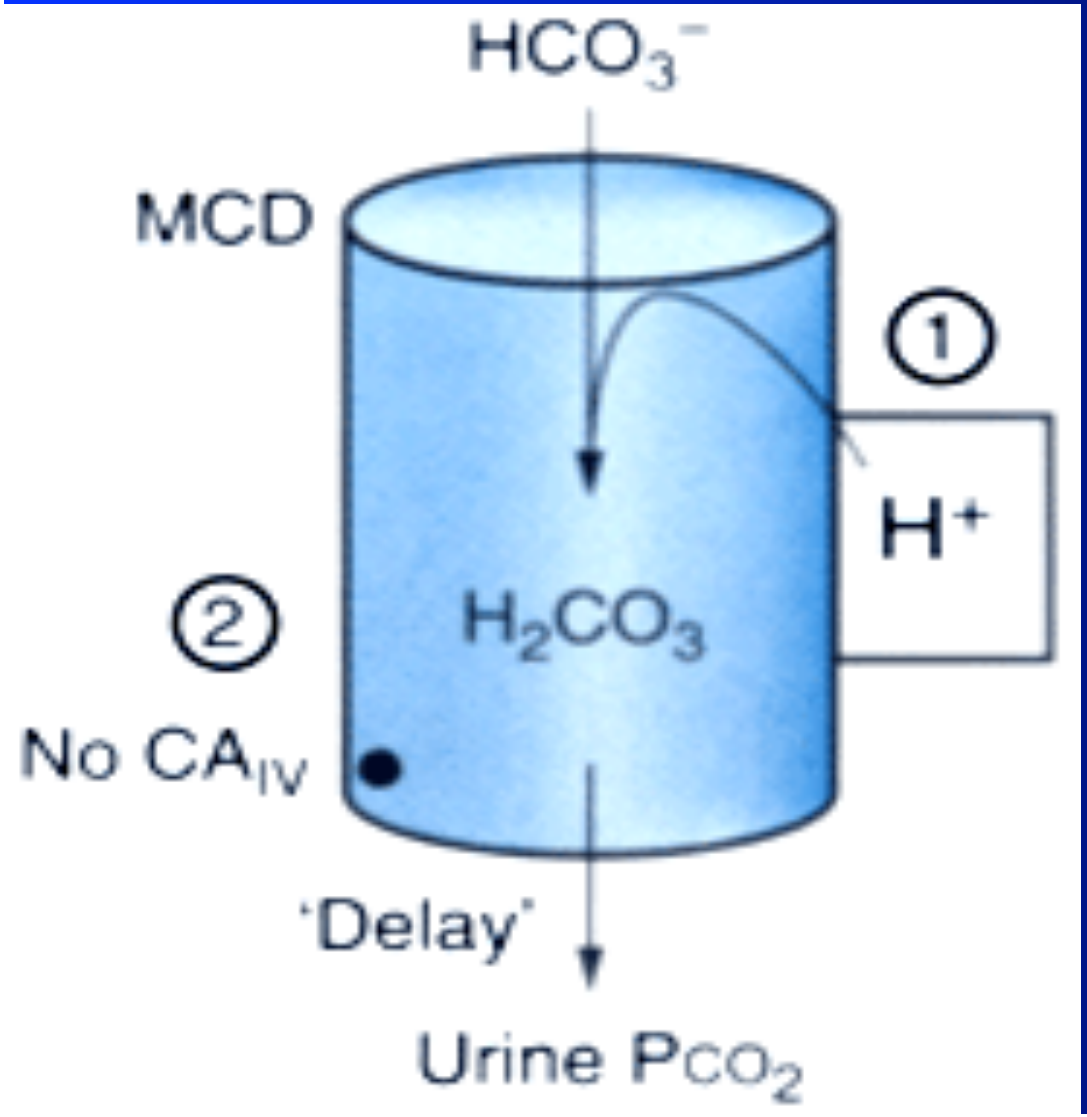
pH = 7.0



$H^+ + NH_3 \rightarrow NH_4^+$

LOW

EVALUACION DE LA SECRECION DISTAL DE H^+



ADMINISTRAR CO3HNa
(2 mEq/Kg via oral)

$CO3H^-_U$

$pCO2_U$ > 70 mmHg

SECRECION DE H^+ NORMAL

PARAMETROS ACIDO-BASE

$$Kg \times 0.4 = \frac{CO3H^- \text{ adm.}}{CO3H_t - CO3H_i}$$

50% ACTUA COMO BUFFER
50% AUMENTA SU CONCENTRACION

OTROS PARAMETROS ACIDO - BASE

- **CO_2 TOTAL**

  CO_3H^- + CO_3H_2 + CO_2(d) + COMP. CARBAMINICOS

- **BASES BUFFER**

  Σ An^- Buffer (CO_3H^- + Hb) = 45 - 50 mEq/L

- **EXCESO DE BASES BUFFER**

  Titulacion H^+/ OH^- de la sangre completa a

  pH =7.40 y PCO_2 = 40 mmHg

- **$CO_3H^-_{STD}$ = CO_3H^- a pCO_2 = 40 mmHg**

  (separa componente metabolico de respiratorio)

VALORES DE LOS PARAMETROS DEL EAB

Parámetro	Sangre arterial	Sangre venosa	Val. compat. c/ la vida
pH	7.40 +/- 0.04	7.36 +/- 0.04	6.80 - 7.80
pCO_2	40 +/- 4 mmHg	46 +/- 4 mmHg	8-10 - 140
CO_3H^-	24 +/- 2 mEq/l	26 +/- 2mEq/l	5 - 75
CO2 total	26 +/- 2 mEq/l	28 +/- 2 mEq/l	———
E.B.	0 +/- 2 mEq/l	2 +/- 2 mEq/l	———

INTRODUCCION AL E.A.B.

TIPO DE TRASTORO	ALTERACION 1ria	RESPUESTA
METABOLICO	CO_3H^-	RESPIRATORIA
RESPIRATORIO	pCO_2	METABOLICA

↓ PRIMARIO CO3H$^-$ = ACIDOSIS METABOLICA

⇓

HIPERVENTILACION ⟶ HIPOCAPNIA: ↓ pCO2

↑ PRIMARIO CO3H$^-$ = ALCALOSIS METABOLICA

⇓

HIPOVENTILACION ⟶ HIPERCAPNIA: ↑ pCO2