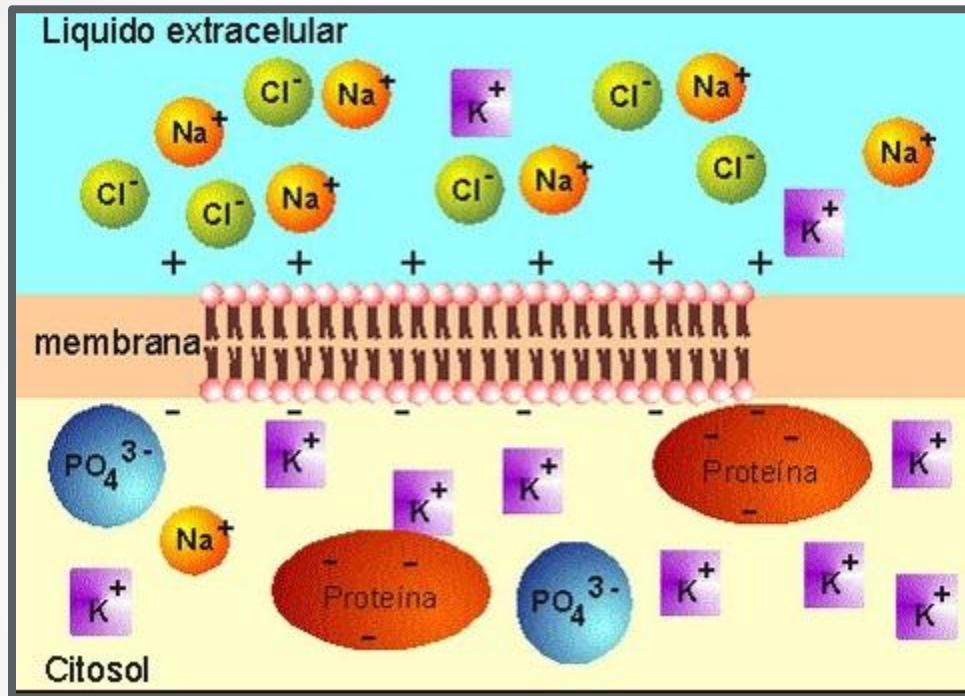


Equilibrio de Donnan 2016

Características del líquido extracelular y del intracelular (citosol)

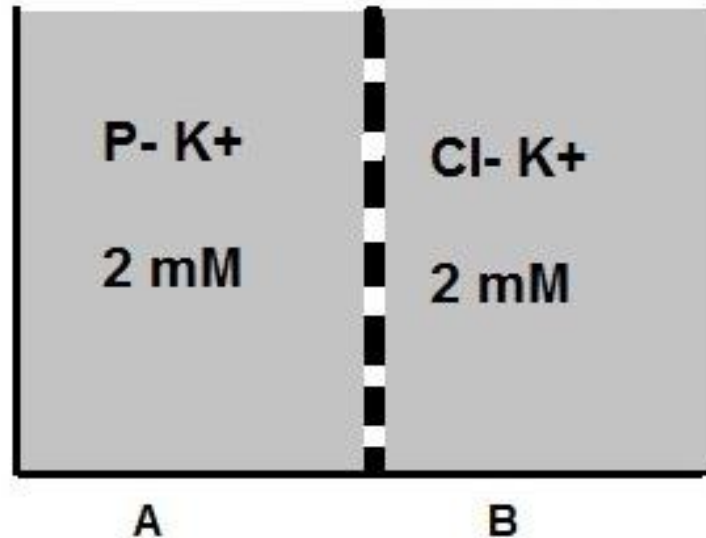


- ❖ Ambos contienen iones permeables a la membrana.
- ❖ Citosol: posee cantidad apreciable de iones no permeables: proteínas y ácidos nucleicos. Tienen carga negativa.
- ❖ La presencia de iones no permeables y no difusibles, influye en la distribución de iones permeables o difusibles.

	citosol	Líquido extracelular
Iones difusibles o permeables	Cationes: Na, K Aniones: Cl,	Cationes: Na, K Aniones: Cl
Iones no difusibles o no permeables	Aniones proteinato y fosfatos	No posee proteínatos ni fosfatos

Modelo experimental del equilibrio de Donnan

membrana permeable a iones pequeños y agua; impermeable a proteínatos



P- : anión proteínato
K+ : catión potasio
Cl- : anión cloruro

A: citosol o líquido intracelular

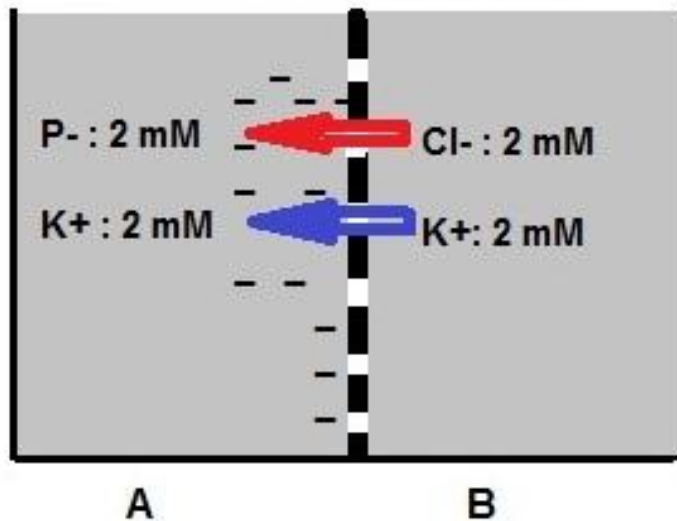
B: líquido intersticial

Los compartimentos poseen igual volumen de soluciones iónicas de igual concentración (2 mM)

Modelo experimental del equilibrio de Donnan

¿Qué ocurre? Hay difusión pasiva de aniones Cloruro y de cationes Potasio.

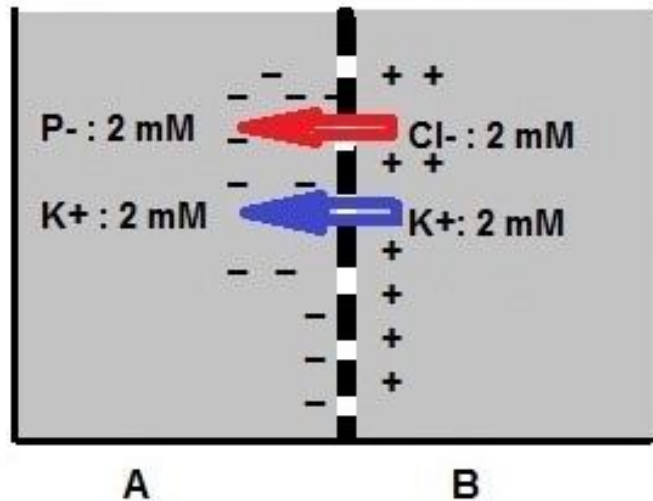
¿Cuáles son las fuerzas impulsoras?



Cl- : difunde de B a A por gradiente químico.

K+ : difunde de B a A por gradiente eléctrico

Modelo experimental del equilibrio de Donnan



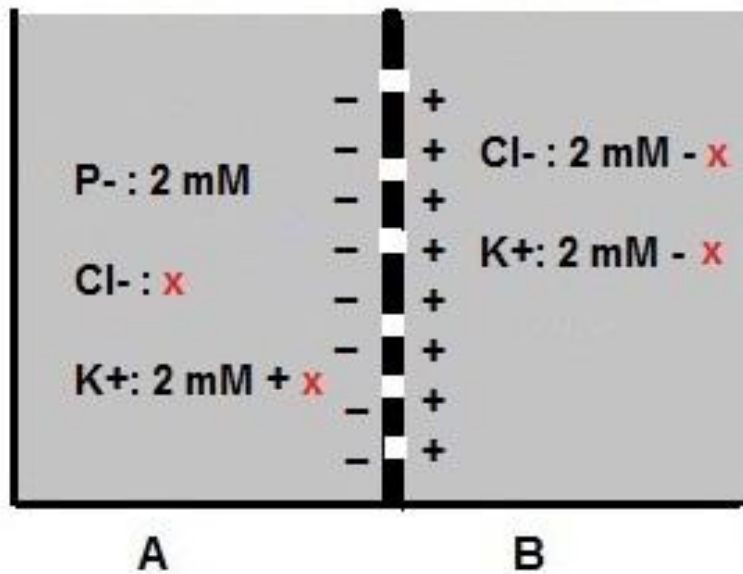
El gradiente químico del anión **difusible**, genera un gradiente eléctrico que atrae al catión **difusible**.

¿Qué pone límite a la difusión de aniones Cl⁻? Hasta que se acumulen suficientes cargas negativas en A, tal que impida el ingreso de más cloruro desde B.

¿Qué pone límite a la difusión de cationes K⁺? Hasta que se equilibre con la cantidad de aniones Cl⁻ que se acumuló en A.

Modelo experimental del equilibrio de Donnan

¿Cómo quedan distribuidas las especies iónicas difusibles?



El sistema alcanza un nuevo equilibrio: el potencial químico se equilibra con el potencial eléctrico.

Análisis algebraico

Si se alcanzò un equilibrio electroquímico, el potencial electroquímico de los iones difusibles tendrá el mismo valor en A y en B:

$$\Delta V = (-) \text{ R.T. } \ln \frac{Cl_A}{Cl_B} \quad \text{y} \quad \Delta V = \text{ R.T. } \ln \frac{K_A}{K_B}$$

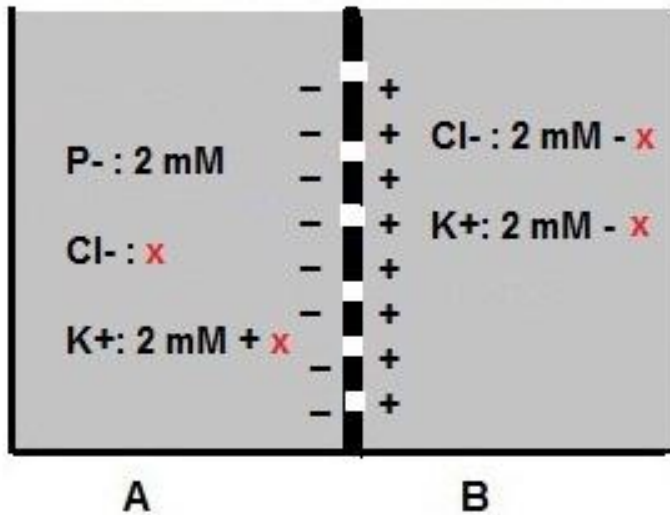
$$\text{R.T. } \ln \frac{Cl_A}{Cl_B} = \text{R.T. } \ln \frac{K_B}{K_A}$$

$$\ln \frac{Cl_A}{Cl_B} = \ln \frac{K_A}{K_B} \rightarrow \frac{Cl_A}{Cl_B} = \frac{K_B}{K_A}$$

$$\rightarrow [Cl_A] \cdot [K_A] = [Cl_B] \cdot [K_B]$$

Ecuación que se cumple alcanzado el equilibrio Donnan

Cálculo algebraico



$$\text{Siendo : } [Cl_A] \cdot [K_A] = [Cl_B] \cdot [K_B]$$

$$[Cl_A] = x$$

$$[K_A] = 2 \text{ mM} + x$$

$$[Cl_B] = 2 \text{ mM} - x$$

$$[K_B] = 2 \text{ mM} - x$$

Aplicados a la ecuación:

$$x \cdot (2 \text{ mM} + x) = (2 \text{ mM} - x) \cdot (2 \text{ mM} - x)$$

$$x \cdot (2 \text{ mM} + x) = (2 \text{ mM} - x)^2 \quad \text{Resolviendo por distributiva y el cuadrado del binomio}$$

$$2 \text{ mM} x + x^2 = (2 \text{ mM})^2 + (2 \cdot 2 \text{ mM} \cdot (-x)) + (-x)^2$$

$$2 \text{ mM} x + x^2 = 4 (\text{mM})^2 - 4 \text{ mM} x + x^2 \quad \text{Reunimos términos con x:}$$

$$2 \text{ mM} x + 4 \text{ mM} x = 4 (\text{mM})^2$$

$$6 \text{ mM} \cdot x = 4 (\text{mM})^2 \rightarrow x = \frac{4 (\text{mM})^2}{6 \text{ mM}} = 0,67 \text{ mM} \rightarrow \mathbf{x = 0,67 \text{ mM}}$$

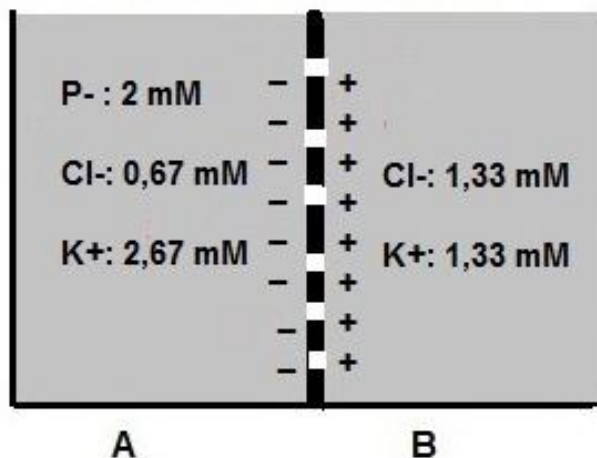
$$\begin{aligned}
 [Cl_A] &= x \\
 [K_A] &= 2 \text{ mM} + x \\
 [Cl_B] &= 2 \text{ mM} - x \\
 [K_B] &= 2 \text{ mM} - x
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [Cl_A] &= 0,67 \text{ mM} \\
 [K_A] &= 2,67 \text{ mM} \\
 [Cl_B] &= 1,33 \text{ mM} \\
 [K_B] &= 1,33 \text{ mM}
 \end{aligned}$$

$$[Cl_A] \cdot [K_A] = [Cl_B] \cdot [K_B]$$

$$(0,67 \text{ mM}) \cdot (2,67 \text{ mM}) = (1,33 \text{ mM}) \cdot (1,33 \text{ mM})$$

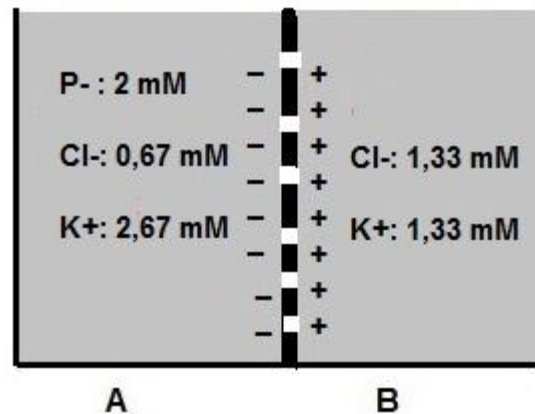
Se cumple: $1,7889 \approx 1,7689$



El equilibrio de Donnan consiste en un **equilibrio** de fuerzas impulsoras.

El resultado es un **gradiente de concentraciones** que genera una **diferencia de potencial eléctrico**

En el equilibrio de Donnan se cumple el **principio de electroneutralidad**: «el número de cargas positivas es igual al número de cargas negativas en **cada compartimento**»

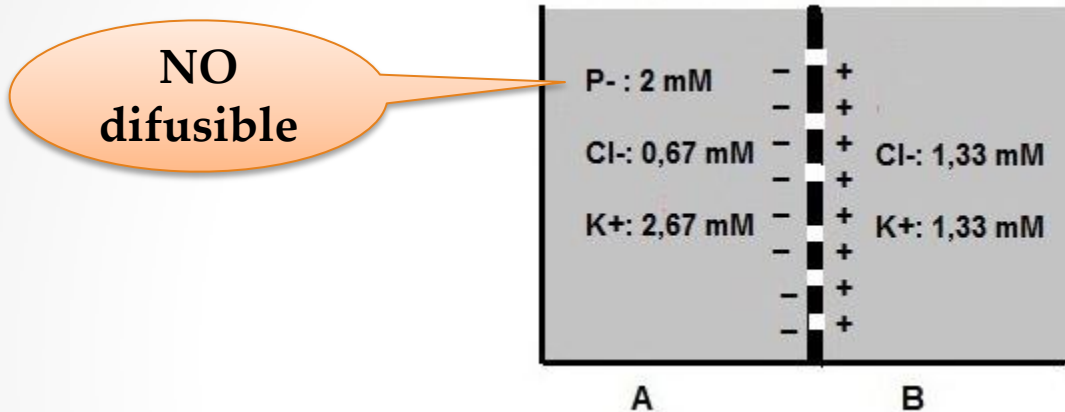


Comprobemos:

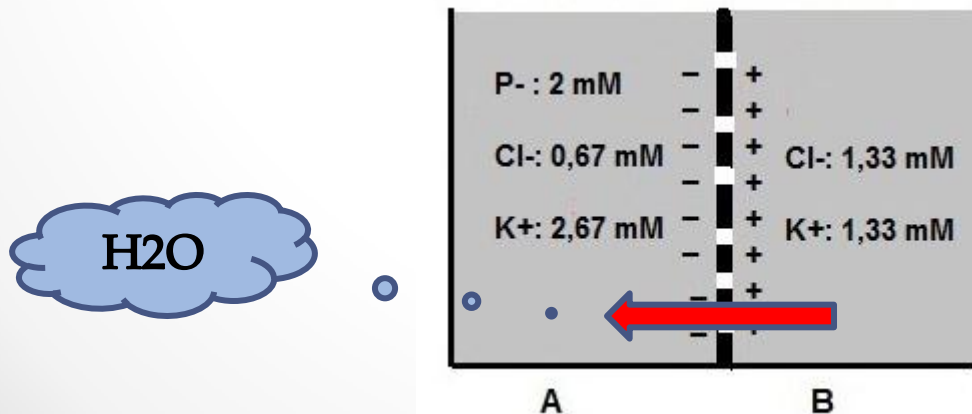
Compartimento A : 2,67 mM cargas (-) = 2,67 mM cargas (+)

Compartimento B: 1,33 mM cargas (-) = 1,33 mM cargas (+)

En el equilibrio de Donnan, el compartimento con **mayor cantidad de partículas** es el que posee el ión **NO difusible** y será el compartimento con **potencial eléctrico negativo (-)**

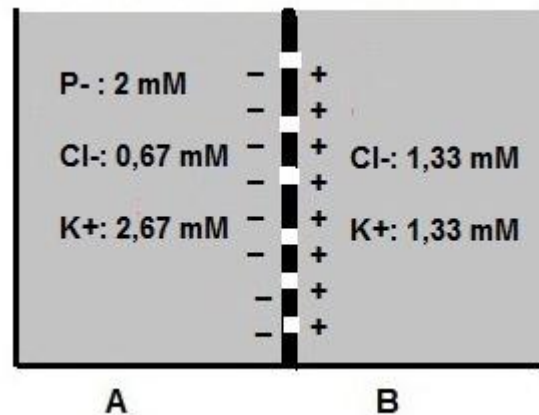


En el equilibrio de Donnan se genera una **ósmosis** hacia el compartimento que posee el ión **NO difusible**



En el equilibrio de Donnan se genera una **diferencia de potencial eléctrico** entre ambos lados de la membrana que es **proporcional a la relación de concentraciones** de las **especies iónicas difusibles** en cada compartimento. Y el valor absoluto de ΔV es el mismo para cualquier especie iónica.

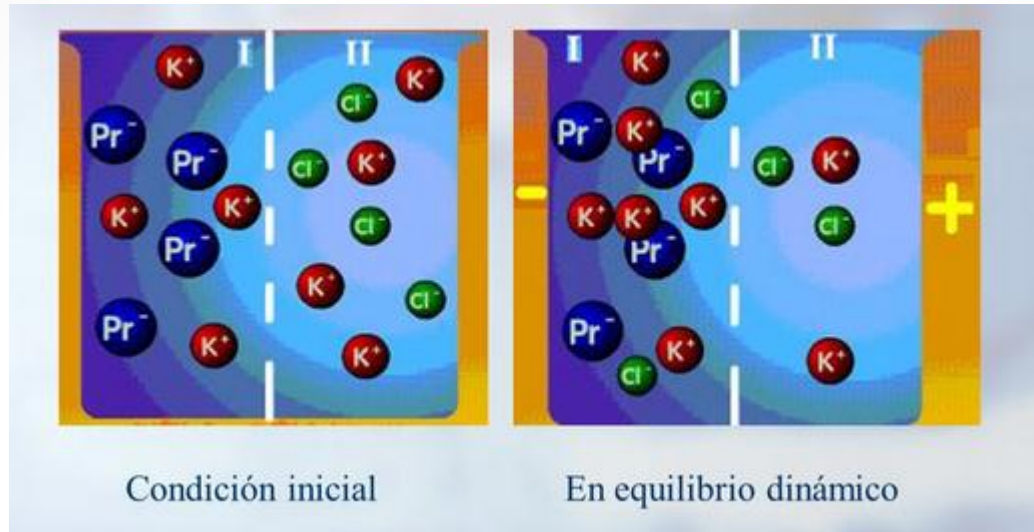
A 20
°C



$$\Delta V = R \cdot T \cdot \ln \frac{Cl_A}{Cl_B} = 8,31 \text{ J/mol.K} \cdot 293 \text{ K} \cdot \ln \frac{0,67 \text{ mM}}{1,33 \text{ mM}} = (-) 1669,5 \text{ V} = -1,6695 \text{ mV} \approx -1,67 \text{ mV}$$

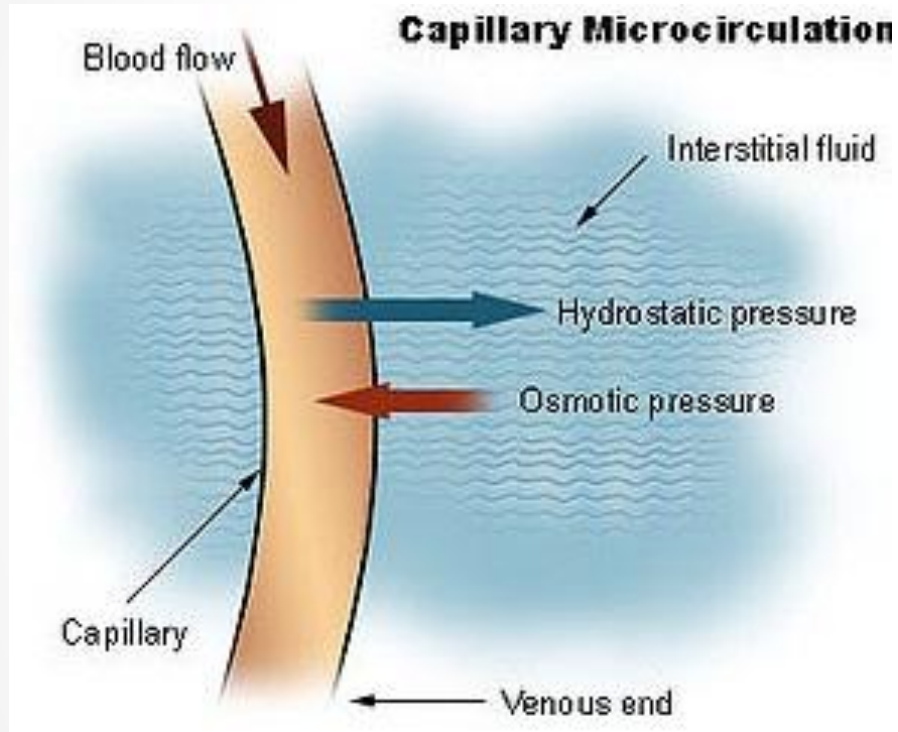
$$\Delta V = R \cdot T \cdot \ln \frac{K_B}{K_A} = 8,31 \text{ J/mol.K} \cdot 293 \text{ K} \cdot \ln \frac{1,33 \text{ mM}}{2,67 \text{ mM}} = (-) 1696,8 \text{ V} = -1,6968 \text{ mV} \approx -1,69 \text{ mV}$$

Importancia fisiológica del equilibrio de Donnan



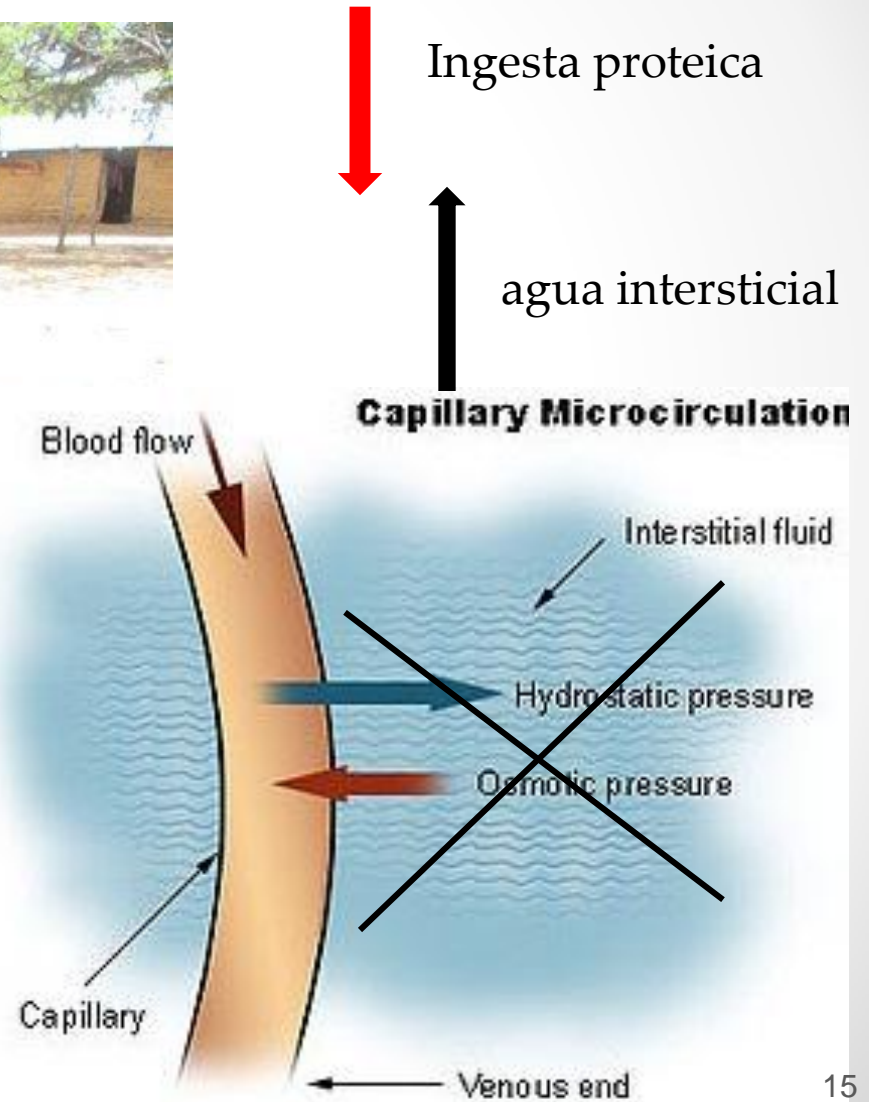
- Contribuye con 10 mV al potencial de reposo de la membrana celular.
- Contribuye al estado estacionario generando un gradiente químico y eléctrico.
- Contribuye al movimiento del agua entre compartimentos.

Importancia fisiológica del equilibrio de Donnan



A nivel capilar e intersticio, el equilibrio de Donnan tiene lugar debido a las proteínas del plasma y metabolitos cargados no difusibles. La osmosis se ve compensada con la presión hidrostática

Desnutrición



Ejercicios

Item correcto	Situación
	El equilibrio de Donnan entre la célula (citosol) y el medio intersticial se caracteriza:
	a) El citosol alcanza mayor concentración de cationes difusibles
	b) El citosol alcanza menor concentración de aniones difusibles
	c) El citosol alcanza potencial eléctrico negativo
	d) El citosol alcanza mayor presión osmótica

Ejercicios

Las concentraciones de la tabla corresponden a un equilibrio de Donnan

Medio Extracelular (EC)		Medio Intracelular (IC)	
Concentración anión Cloruro	Concentración catión Sodio	Concentración catión Sodio	Concentración de Proteínatos
12 mM	12 mM	12 mM	12 mM

a) Verifique si el equilibrio de Donnan

Ejercicios

Concentraciones de iones alcanzado el equilibrio Donnan				
Medio Extravascular		Medio Intravascular		
Concentración Cloruro	Concentración catión Sodio	Concentración Cloruro	Concentración catión Sodio	Concentración de Proteínatos
8 mM	8 mM	4 mM	16 mM	12 mM

Analice la situación entre el medio extravascular (EV) y el intravascular (IV) una vez alcanzado el equilibrio de Donnan.

- Verifique si las concentraciones del equilibrio, responden a la ecuación de Donnan
- Demuestre si se cumple el principio de electroneutralidad en cada medio, alcanzado el equilibrio.
- Deduzca si en el equilibrio se ha generado un gradiente y especifique, en en qué sentido.

Resolución

a) Ecuación del equilibrio de Donnan

$$[Cl_E] \cdot [Na_E] = [Cl_I] \cdot [Na_I]$$

$$(8\text{mM}) \cdot (8\text{mM}) = (4\text{mM}) \cdot (16\text{mM})$$

64 ≈ 64 Se cumple la ecuación: está en equilibrio

b) Principio de electroneutralidad:

- Compartimento extravascular: 8 mM cargas (-) = 8 mM cargas (+)
- Compartimento intravascular: (4 mM + 12 mM) cargas (-) = 16 mM cargas (+)

c) Generación de gradiente:

- Sí.
- Concentración de iones totales:
Medio intravascular > medio extravascular