

# Breve historia de la Sinapsis:

Santiago Ramón y Cajal:

*Neuron Doctrine* (1889)

vs. *Reticular Theory*.

Charles Sherrington:

*synapsis* (1897)

Fatt, Katz, Eccles, del Castillo:

Transmisión química,  
hipótesis cuántica (1950-1960)

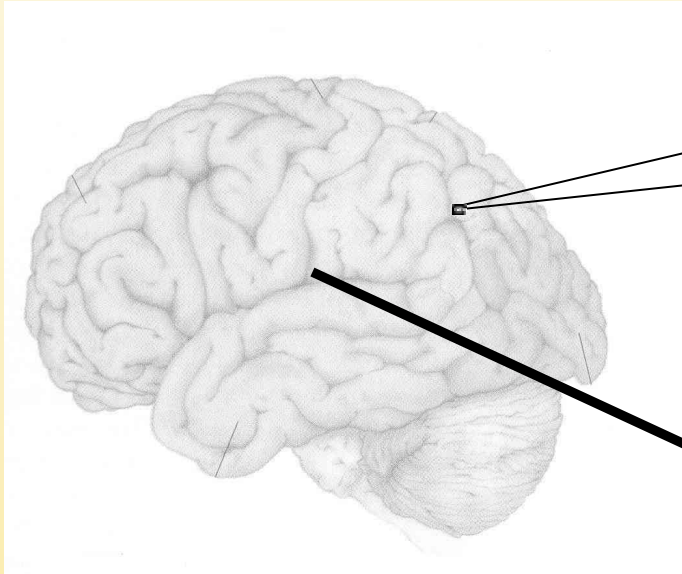
Lloyd, Hebb:

plasticidad sináptica (1949)

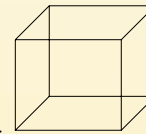
Kandel et al (1970):

relaciona aprendizaje y plasticidad

# Algunos números...

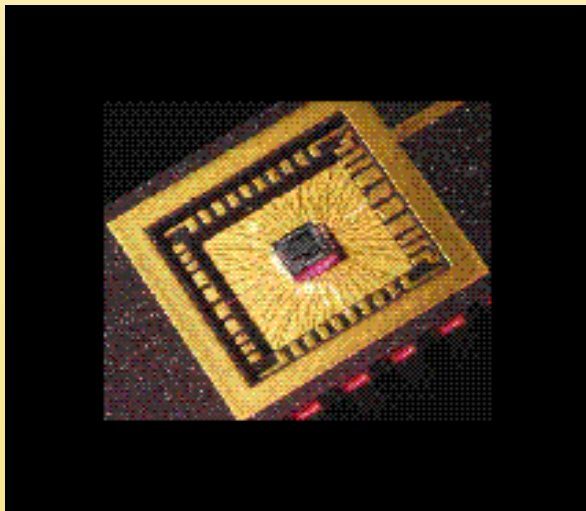


1 mm<sup>3</sup>



- " 4.1 km. de axón
- " 456 m. de dendritas
- " 100.000 neuronas
- " 3 7x 10<sup>8</sup> sinapsis<sup>4</sup>

*Wet-ware:* Corteza en humanos:  
" 0.2 m<sup>2</sup> área  
" 2 mm espesor  
" 2 x 10<sup>10</sup> neuronas  
" 2.4 x 10<sup>14</sup> sinapsis



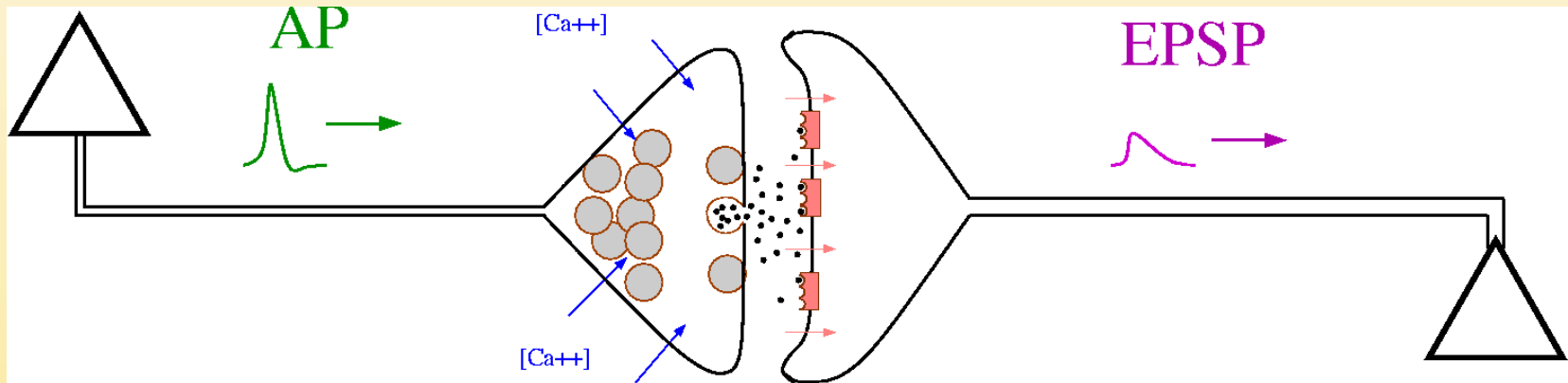
*Hard-ware:* Superordenador en paralelo:  
" 10<sup>11</sup> transistores  
" conectividad 4 10  
" escala temporal: nanosegundo (10<sup>-9</sup> s)

# Algunos números...



- 4 cm de axón
- 4 mm de dendritas
- recibe 10.000 sinapsis
- establece 1.000 sinapsis (ratón)

# Tipos de Sinapsis: *Sinapsis química*



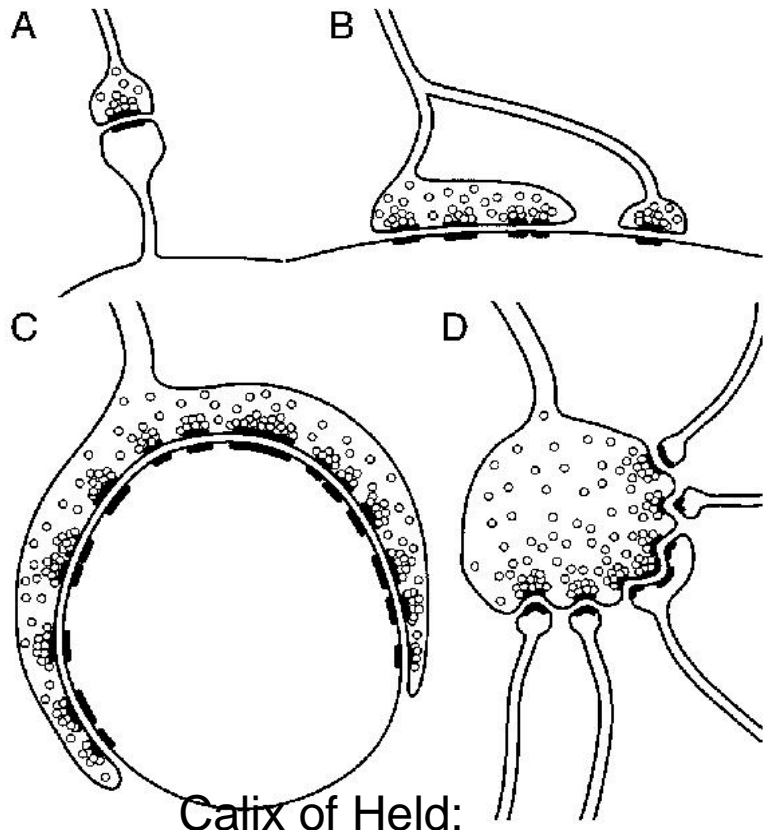
Señal eléctrica

Señal  
química

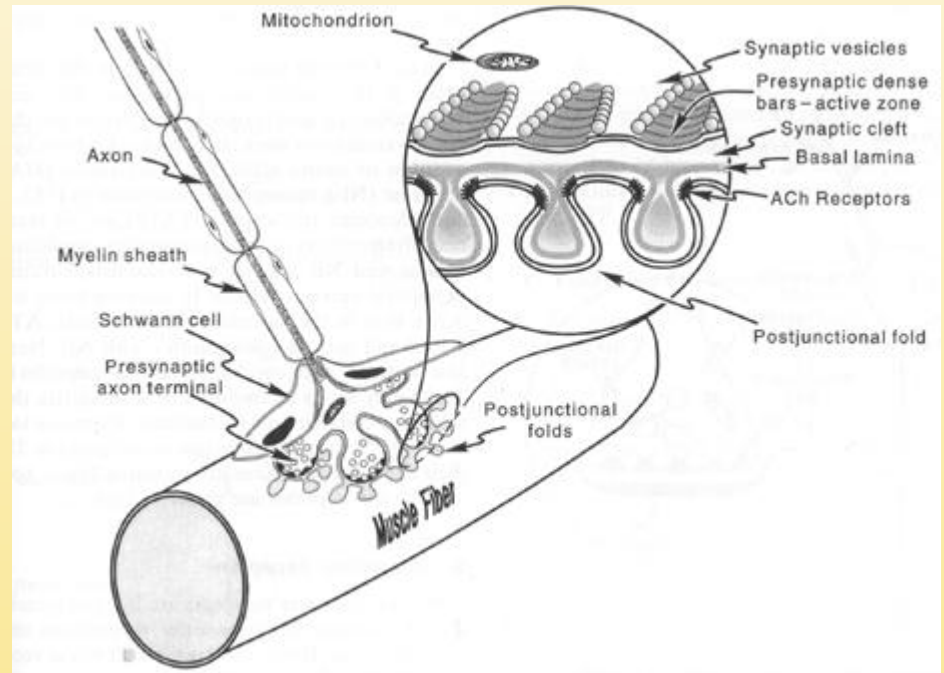
Señal eléctrica

**Flujo de Información**

# Tipos de Conexiones sinápticas: *número de contactos*

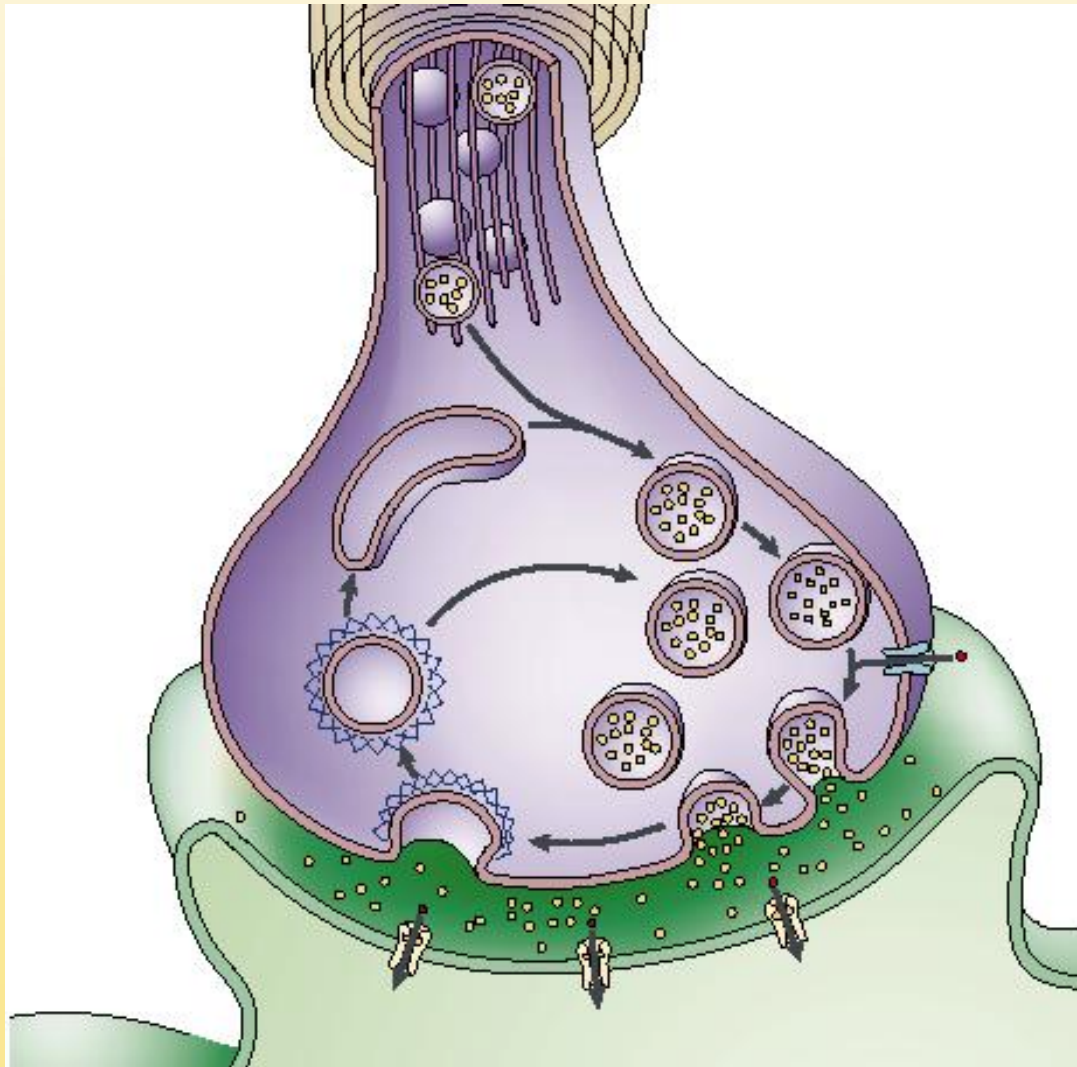


## Unión Neuro muscular

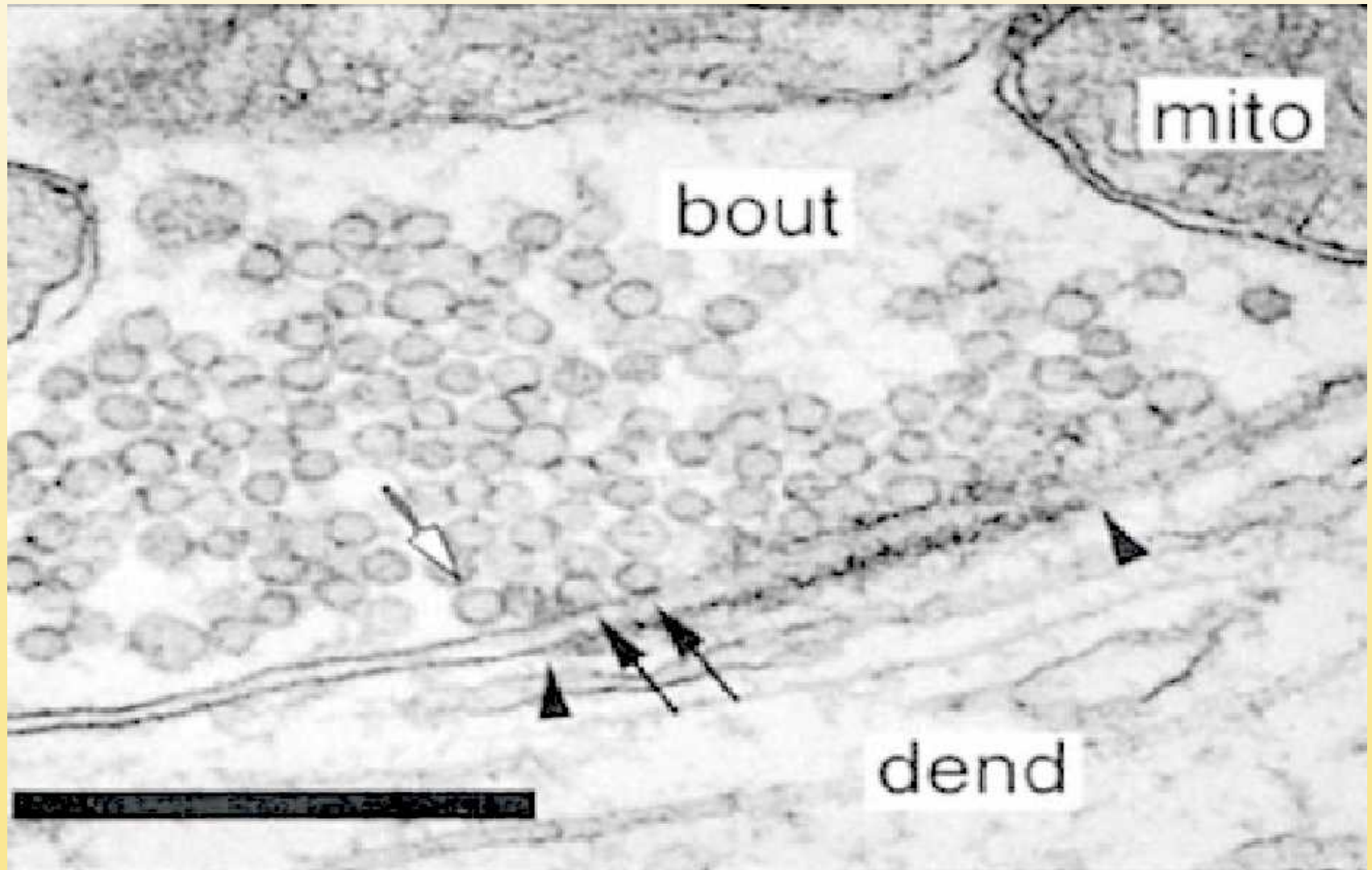


Conectividad:  $M = n^0$  contactos

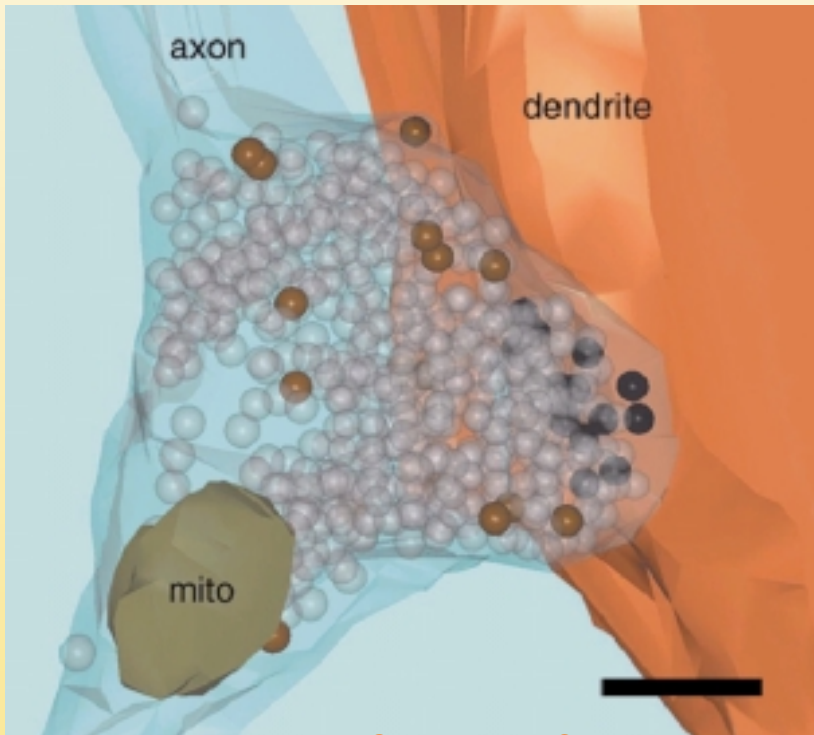
# Sinapsis Química: *dinámica de vesículas.*



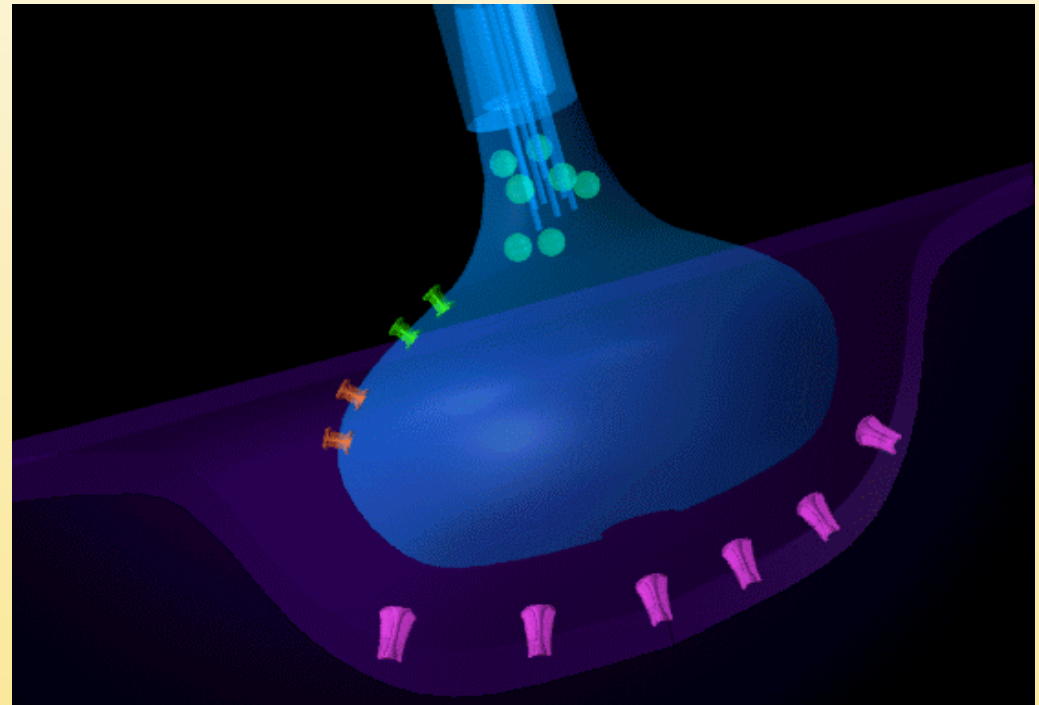
# Sinapsis Química: *dinámica de vesículas.*



# Sinapsis Química: *dinámica de vesículas.*

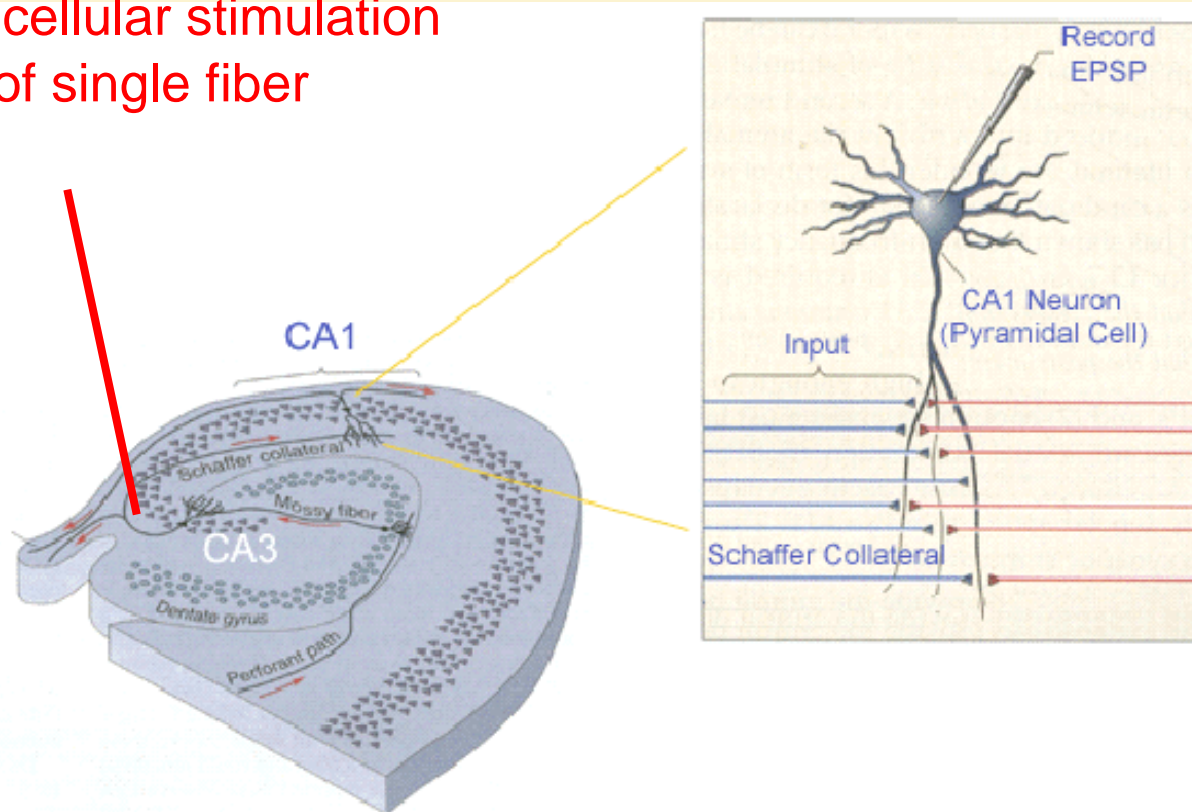


Schikorski & Stevens 2001

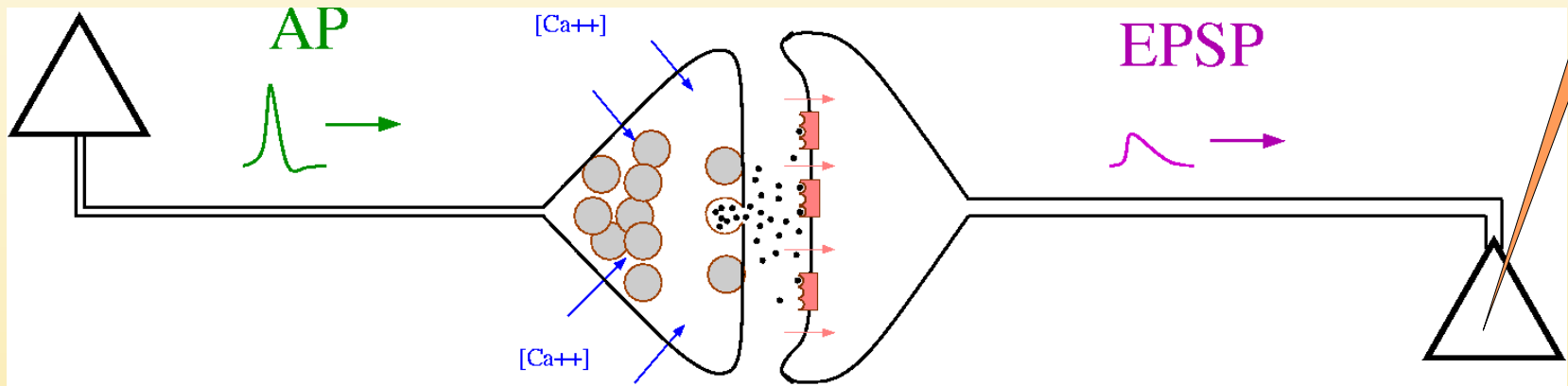


# Experimento I: hipocampo

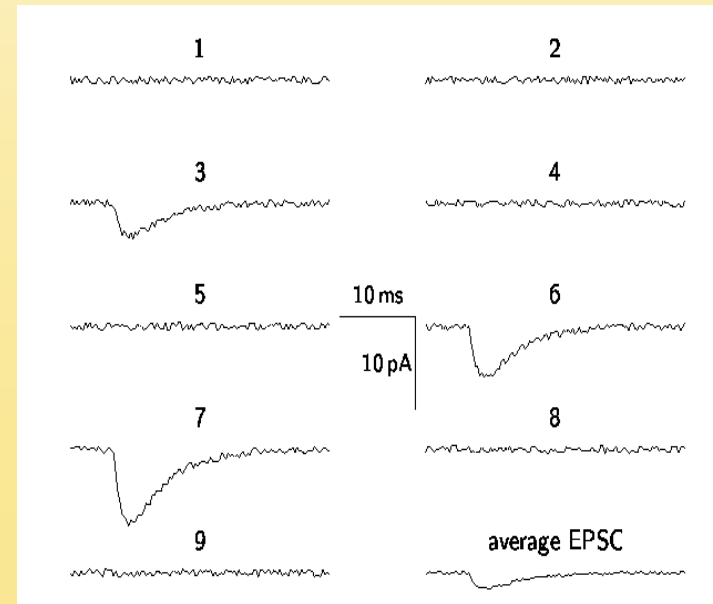
Extra-cellular stimulation  
of single fiber



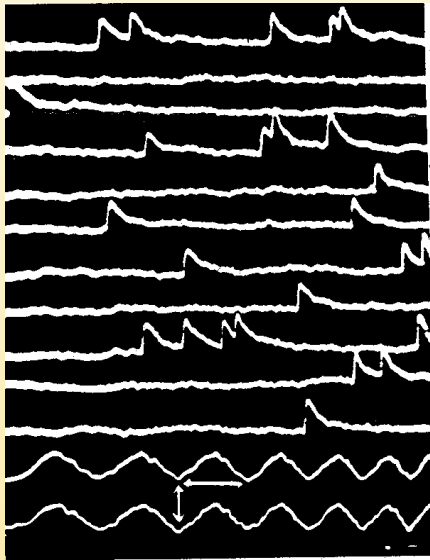
# Liberación de neuro-transmisor



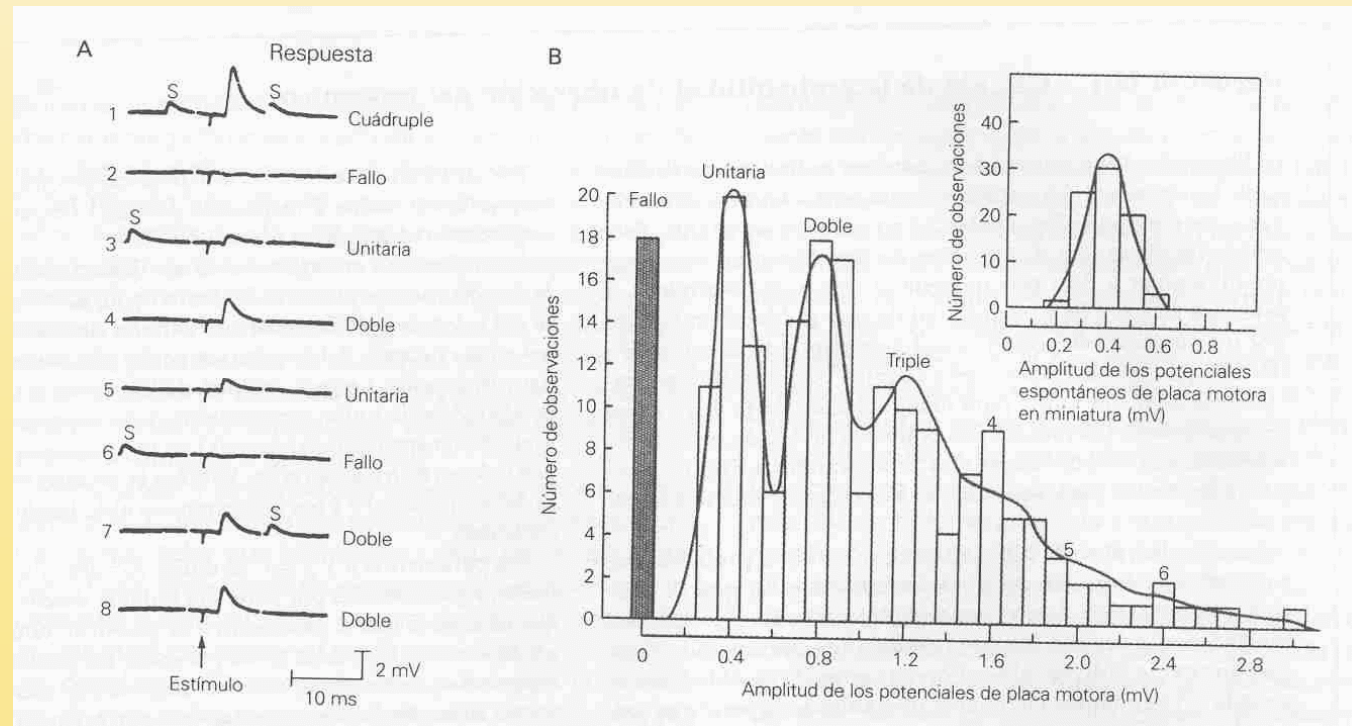
1. Sólo se libera **UNA** (o ninguna) vesícula por zona activa (contacto)
2. La liberación de neuro-transmisor es **ESTOCÁSTICA!**



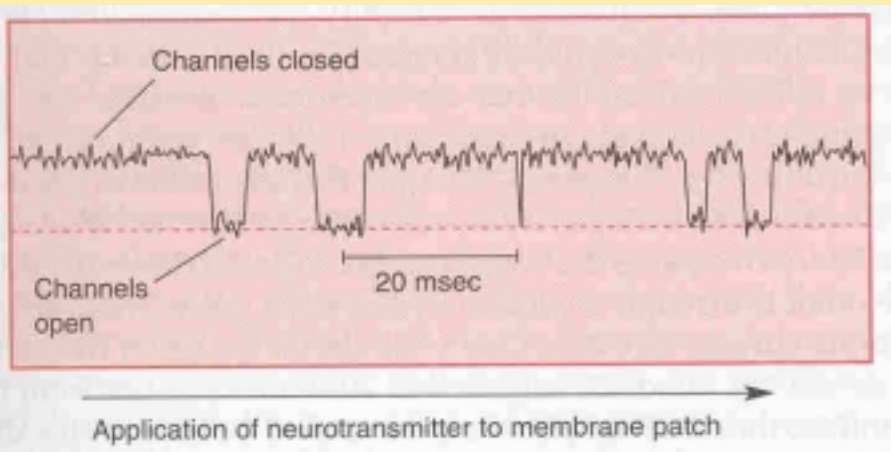
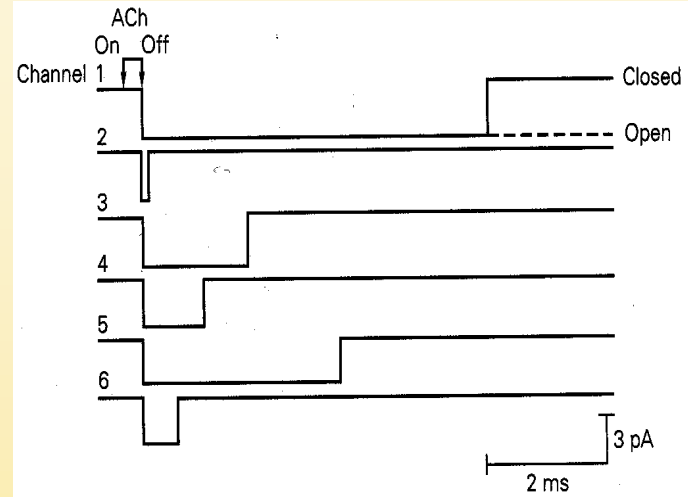
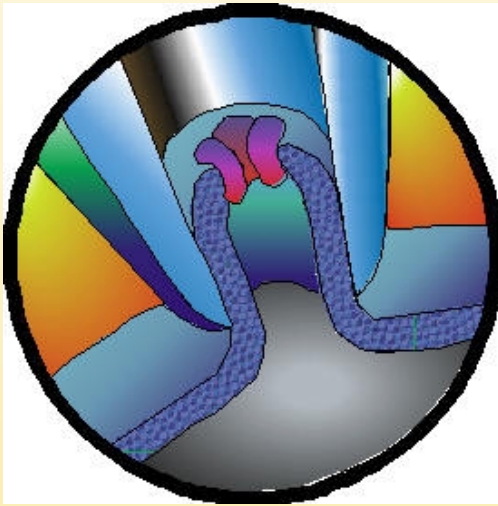
# Experimento II en la unión neuro muscular: *Modelo Cuántico*



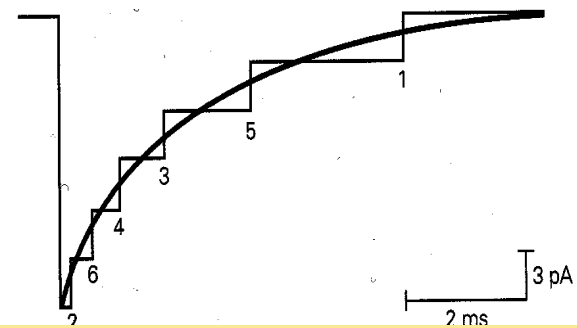
← ***Miniaturas*** en la unión Neuromuscular = liberación espontánea de vesículas.



# Dinámica de canales:

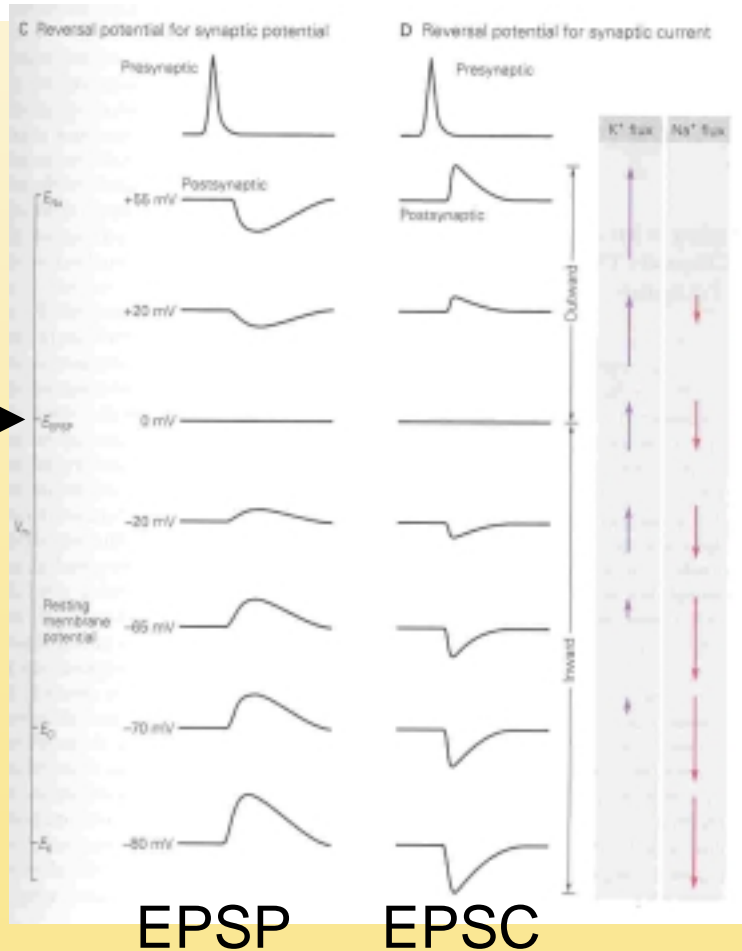


B Total current of the six channels



# Diagrama de canales: despolarización en EPSP

$$I_i(t) = g_i(t)(V(t) - E_s)$$



Receptor de Glutamato (GluR)

Potencial de inversión de la conductancia del GluR



# Dinámica de canales:

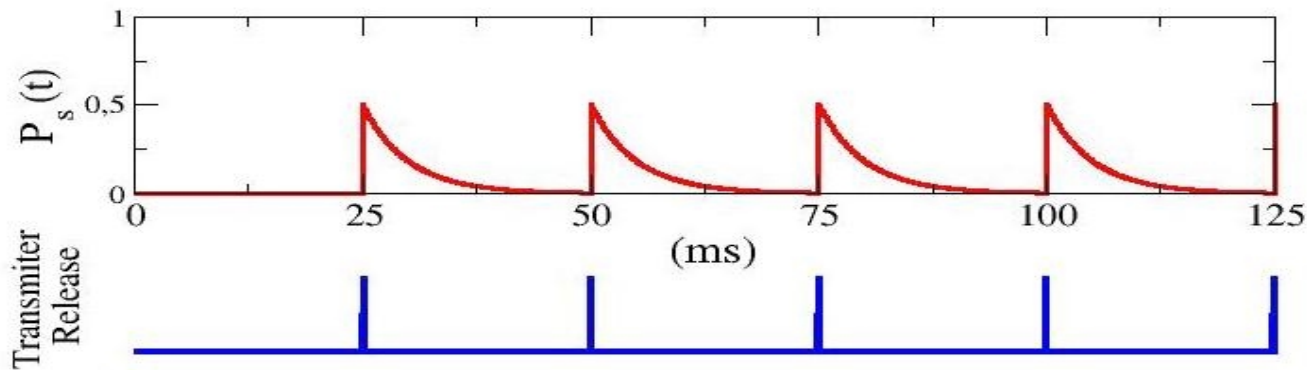
$$I_i(t) = g_i(t)(V(t) - E_s) = \bar{g}_i P_s(t)(V(t) - E_s)$$

Corriente producida por la sinapsis i-ésima

$$\frac{dP_s(t)}{dt} = \frac{-P_s(t)}{\tau_s} + (1 - P_s(t))P_{max} \sum_{rel} \delta(t - t_i)$$

Dinámica de la probabilidad  $P_s$  de que se abra el canal iónico.

$$I_i(t) = \bar{g}_i P_{max} (\bar{V} - E_s) \left( e^{\frac{-t-t_1}{\tau_s}} \Theta(t - t_1) + e^{\frac{-t-t_2}{\tau_s}} \Theta(t - t_2) + \dots \right)$$



# Dinámica de canales: corriente y potencial.

$$I_i(t) = g_i(t)(V(t) - E_s) = \bar{g}_i P_s(t)(V(t) - E_s)$$

Corriente producida por la sinapsis  $i$ -ésima

$$I(t) = \sum_i^N I_i(t) = \sum_i^N \bar{g}_i P_{max} (\bar{V} - E_s) \sum_k e^{\frac{-t-t_k^i}{\tau_s}} \Theta(t - t_k^i)$$

Corriente **total** producida por **N** sinapsis



Aproximación cuando  $\tau_s \ll \tau_m$

$$I(t) \simeq \sum_i^N C_m J_i \sum_k \delta(t - t_k^i)$$

Ecuación del potencial de membrana:

$$C_m \frac{dV(t)}{dt} = -g_L(V(t) - E_L) + I_{syn}(t)$$

Cuando  $V(t) < \theta$