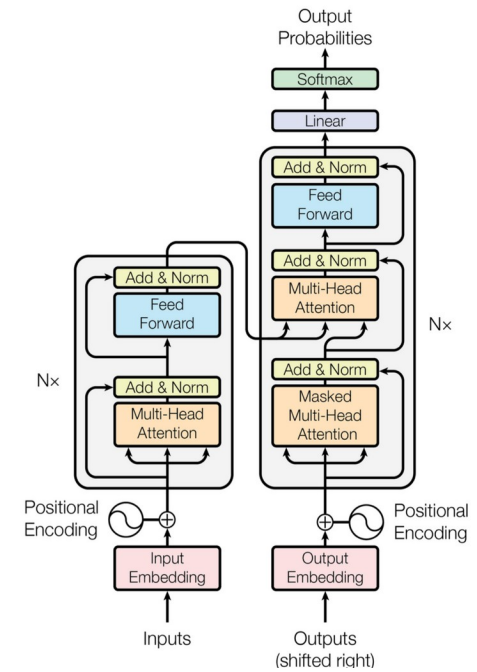
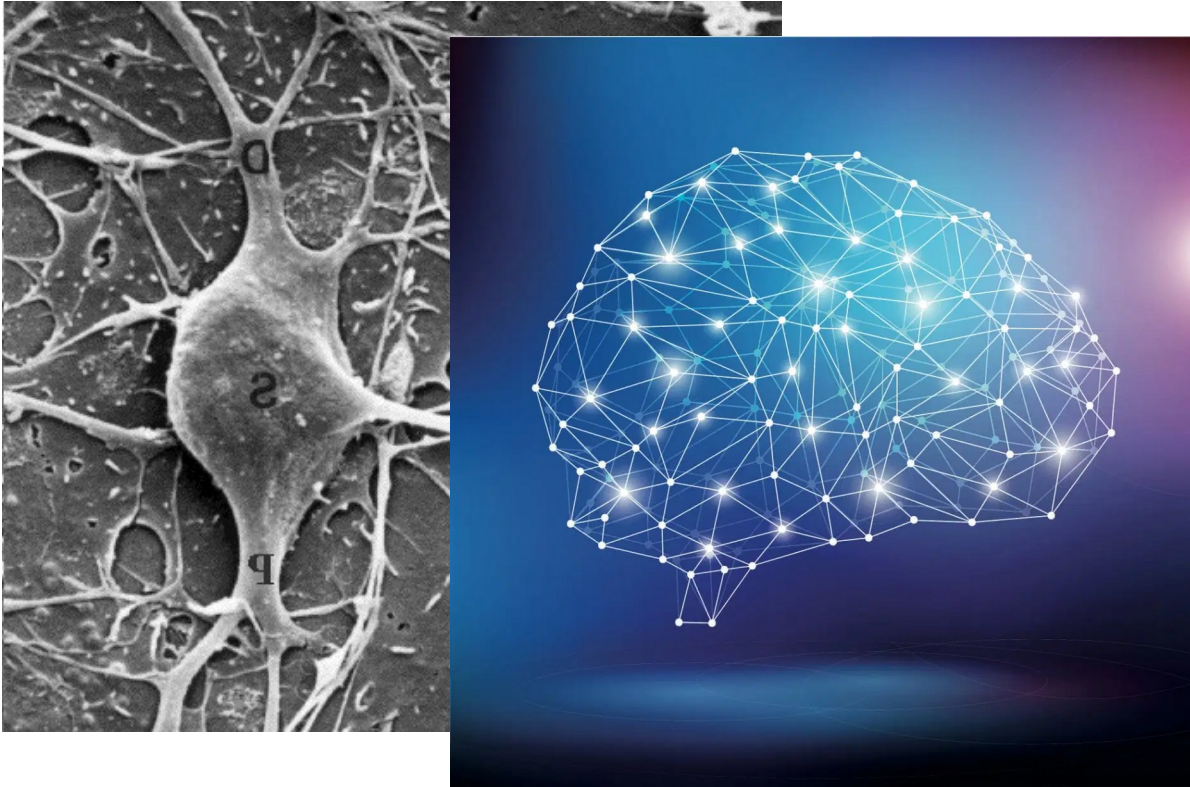


Una breve introducción a las Teorías de Redes Neuronales



Juan Valle Lisboa,
Sección Biofísica, 2022.

Estructura de la clase

1. El estudio de la mente. Breve repaso histórico.
Neurociencias, Psicología, y Computación.
2. El enfoque computacional de la mente.
3. Modelos de redes tempranos McCulloch & Pitts.
El problema del O-exclusivo
4. Modelos de redes que aprenden. El perceptron
y la crisis del perceptron.

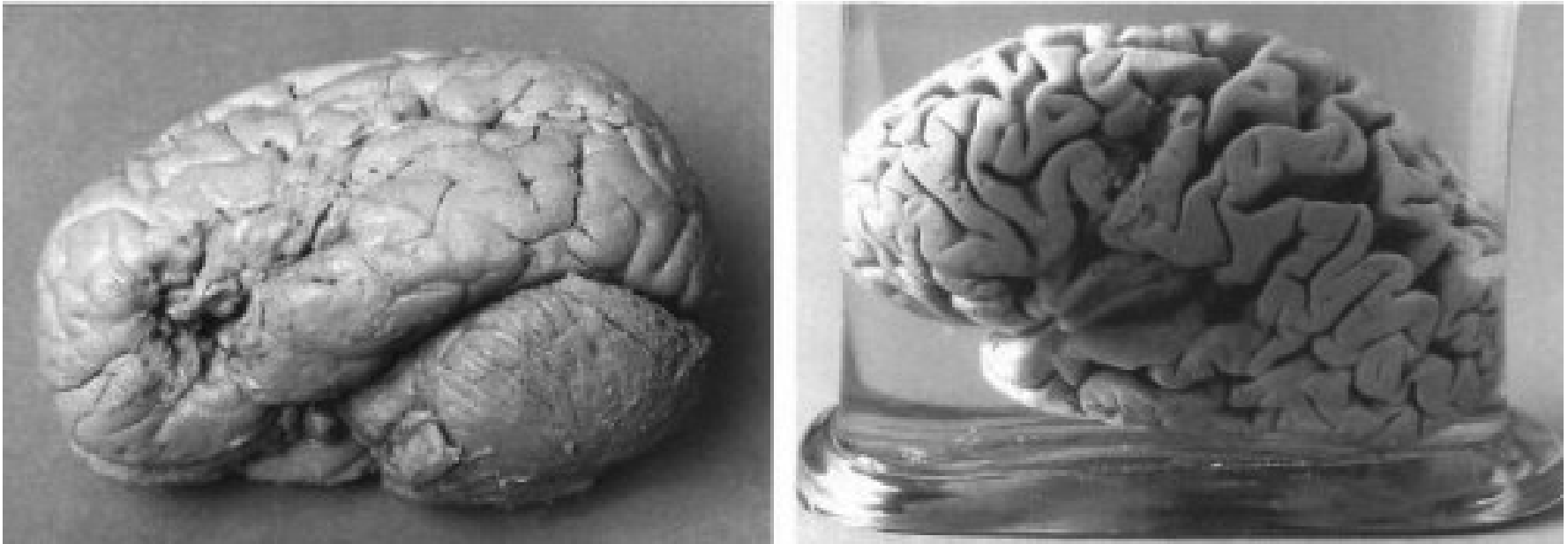
Estructura de la clase

1. El estudio de la mente. Breve repaso histórico.
Neurociencias, Psicología, y Computación.
2. El enfoque computacional de la mente.
3. Modelos de redes tempranos McCulloch & Pitts.
El problema del O-exclusivo
4. Modelos de redes que aprenden. El perceptron
y la crisis del perceptron.

¿Qué es la mente?

- Aristóteles pensaba que el cerebro era un órgano encargado de enfriar la sangre (De Somno et vigilia, Parva Naturalia, 350 AC)
- Para Galeno y otros (en base a la observación de la alteración producida por traumas encefálicos) el cerebro es la sede de las facultades mentales.
- Para Descartes existen facultades “mecánicas” pero hay una mente, otra sustancia, pero que interactúa con el cerebro (a nivel de la glándula pineal).

Neuropsicología y cerebro



El cerebro de Leborgne (izq) y el de Lelong (derecha) pacientes de Paul Broca (1824-1880) que mostraban tener una afasia, inicialmente llamada expresiva o motora hoy conocida como afasia de Broca

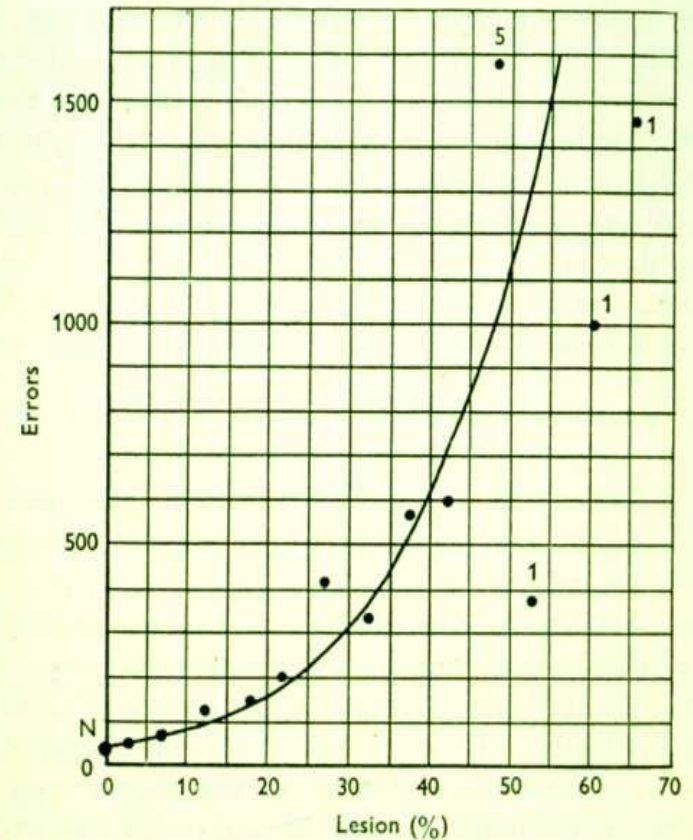
¿Reivindica eso la frenología?

- La frenología era la idea popular a fines del siglo XIX de que cada facultad mental -de alto nivel- reside en una zona precisa del cerebro.
- Para los frenólogos más espacio dedicado a una facultad era más talento para ello, era detectable al tacto y heredable.
- La versión más seria podría ser la teoría de la localización.
- Los resultados de Broca y Wernicke, Freud y Lichtheim se tomaron como apoyo a un cierto localizacionismo.



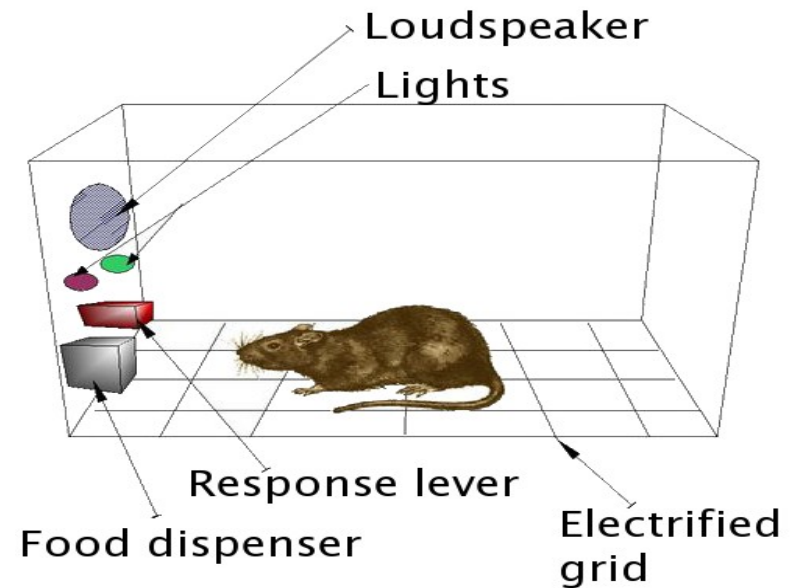
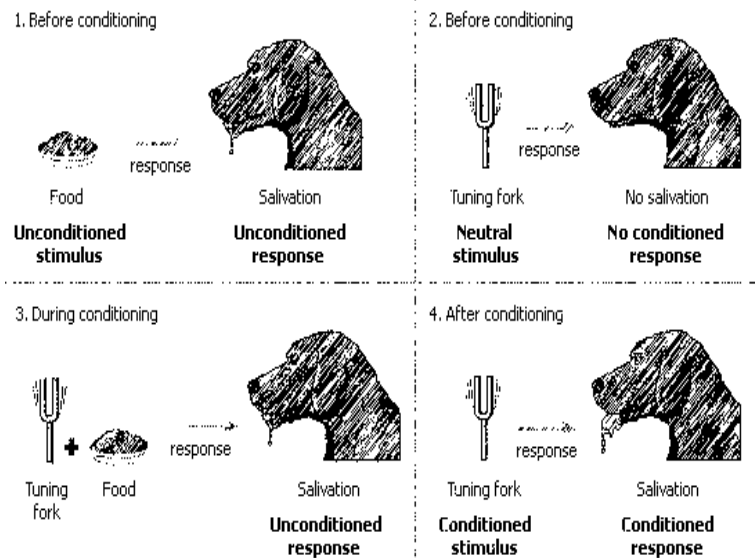
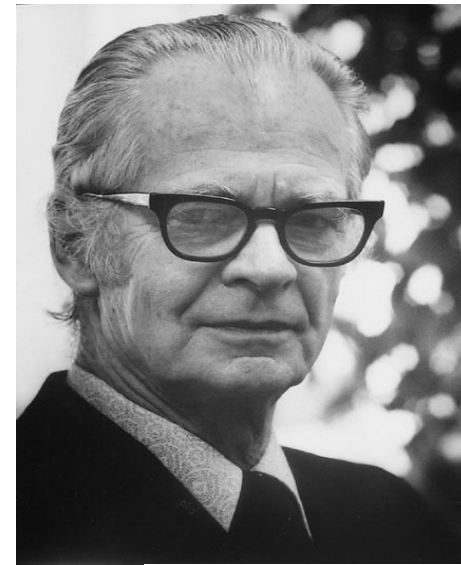
EN CUALQUIER CASO LOS RESULTADOS APOYAN LA IDEA DE GALENO DE QUE EL CEREBRO ES EL ÓRGANO DE LA MENTE

Karl Lashley buscando el engrama

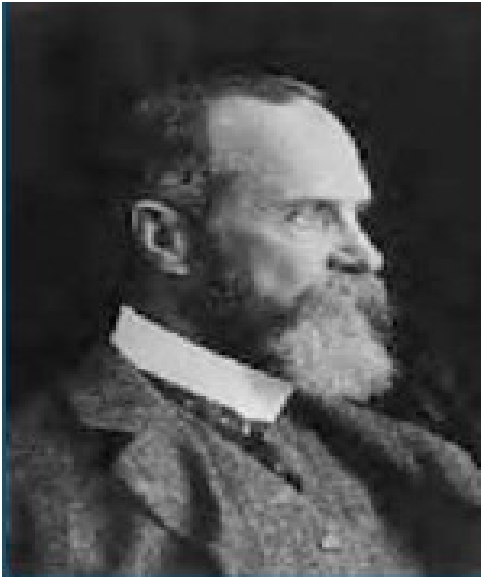


Text-fig. 8. The relation of errors in maze learning to extent of cerebral damage in the rat. The extent of brain injury is expressed as the percentage of the surface area of the isocortex destroyed. Data from 60 normal and 127 brain-operated animals are averaged by class intervals of 5% destruction. The curve is the best fitting one of logarithmic form. For lesions above 45% the number of cases (indicated by numerals on the graph) is too small for reliability. (After Lashley & Wiley, 1933.)

Pavlov, Watson y Skinner: asociacionismo y conductismo



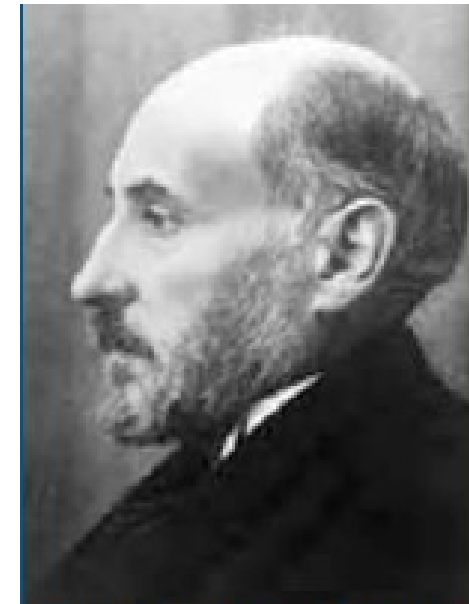
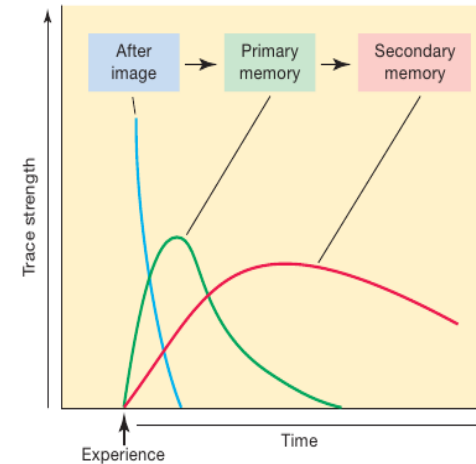
Precursores de la Neurociencia Cognitiva



William James

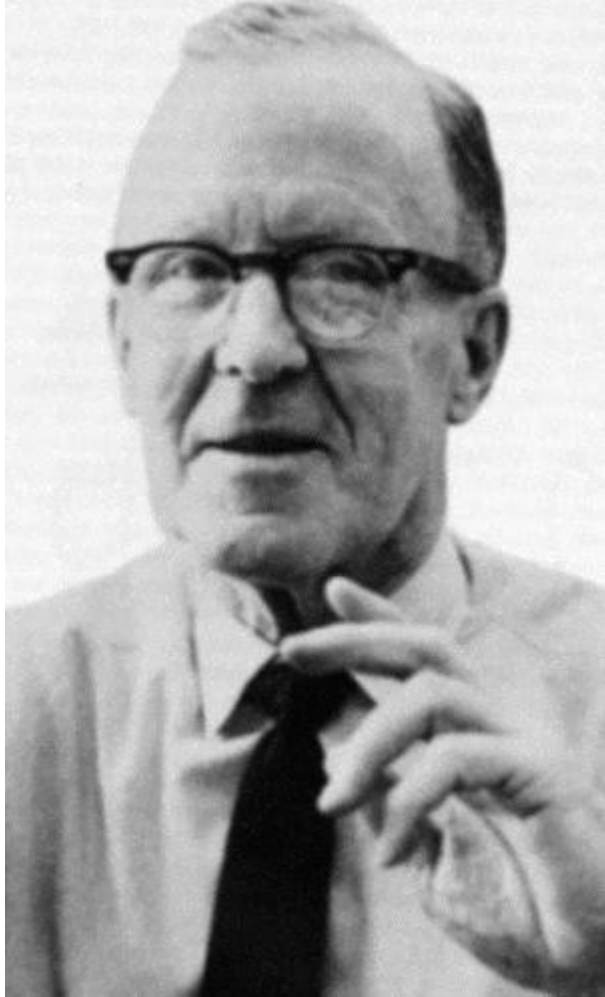
“What happens in the nerve-tissue is but an example of that plasticity or of semi-inertness, yielding to change . . .” (p. 655). Thus,

Las conexiones nerviosas no son, pues, ni definitivas ni inmutables, ya que se crean, por decirlo de algún modo, asociaciones de prueba destinadas a subsistir o a destruirse según circunstancias indeterminadas, hecho que demuestra, entre paréntesis, la gran movilidad inicial de las expansiones de la neurona (S. Ramón Y Cajal, “Histologie du système nerveux de l’homme et des vertébrés”, París, A. Maloine,



Santiago Ramón y Cajal

Hebb y la revitalización de la hipótesis sináptica



“Cuando un axón de una célula A está lo suficientemente cerca de una célula B, como para excitarla, y participa repetida o persistentemente en su disparo, ocurre algún proceso de crecimiento o cambio metabólico, en una o en ambas células, de modo tal que la eficacia de A, como una de las células que hacen disparar a B, aumenta”

Estructura de la clase

1. El estudio de la mente. Breve repaso histórico.

Neurociencias, Psicología, y Computación.

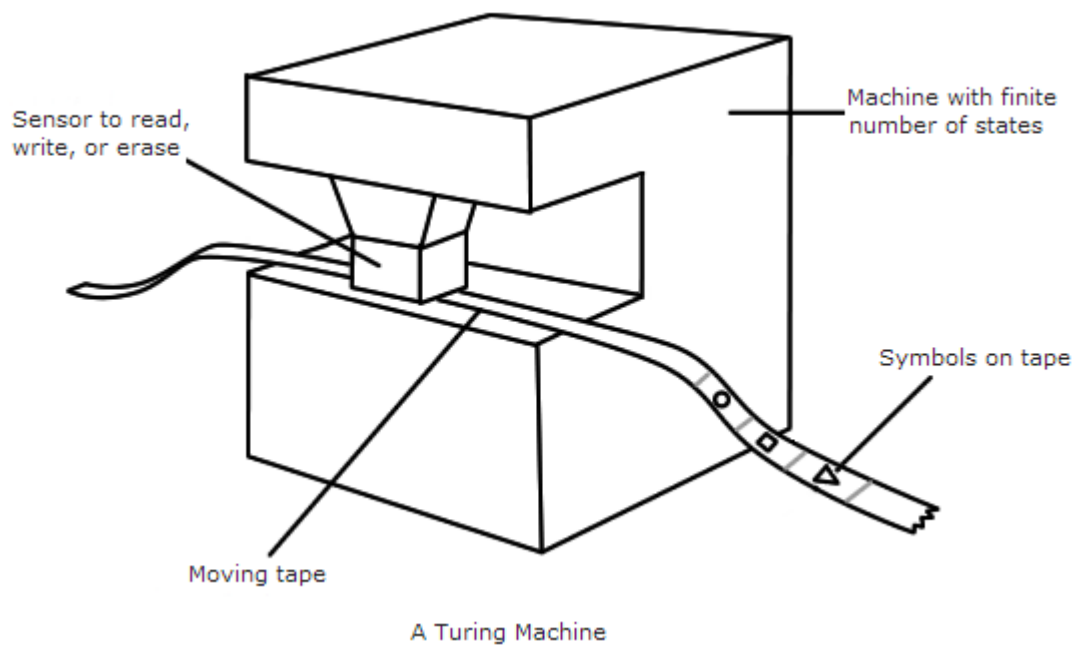
2. El enfoque computacional de la mente.

3. Modelos de redes tempranos McCulloch & Pitts.

El problema del O-exclusivo

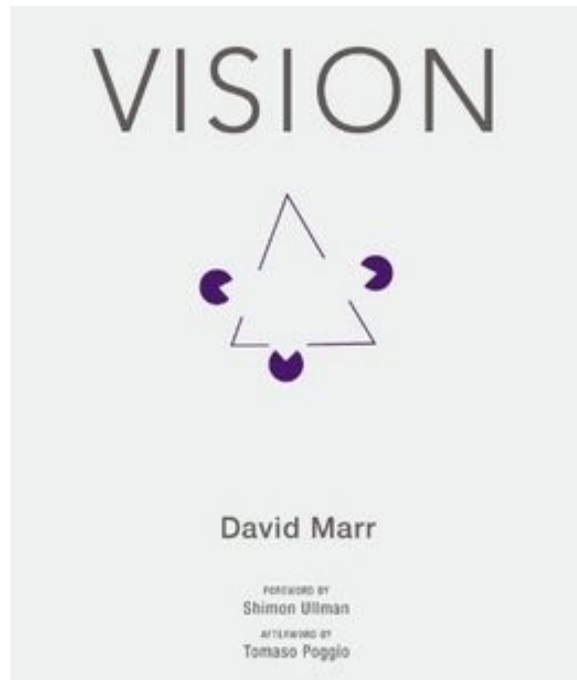
4. Modelos de redes que aprenden. El perceptron y la crisis del perceptron.

La teoría de la computación



En "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem" inventa la noción de máquina de Turing y de máquina universal (y prueba que no hay un procedimiento universal para la demostración de teoremas).

Enfoque computacional de la mente



Computational theory	Representation and algorithm	Hardware implementation
What is the goal of the computation, why is it appropriate, and what is the logic of the strategy by which it can be carried out?	How can this computational theory be implemented? In particular, what is the representation for the input and output, and what is the algorithm for the transformation?	How can the representation and algorithm be realized physically?

understand aerodynamics; only then do the structure of feathers and the different shapes of birds' wings make sense. More to the point, as we shall see, we cannot understand why retinal ganglion cells and lateral geniculate neurons have the receptive fields they do just by studying their anatomy and physiology. We can understand how these cells and neurons behave

Ejemplo: Navegación

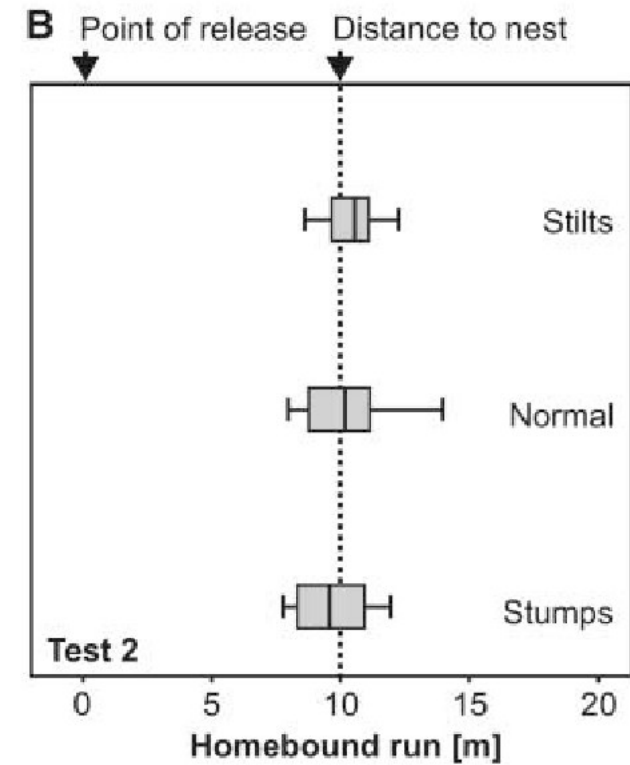
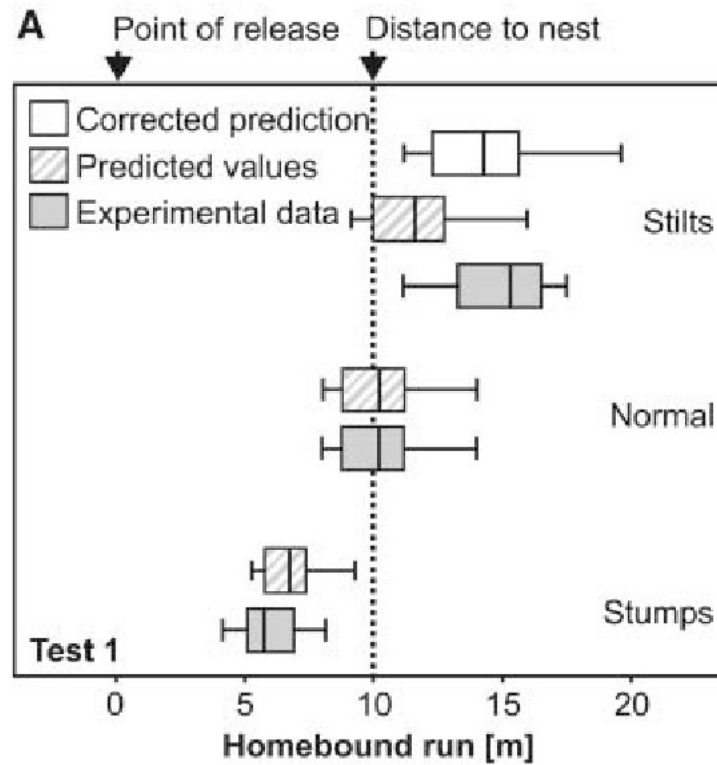
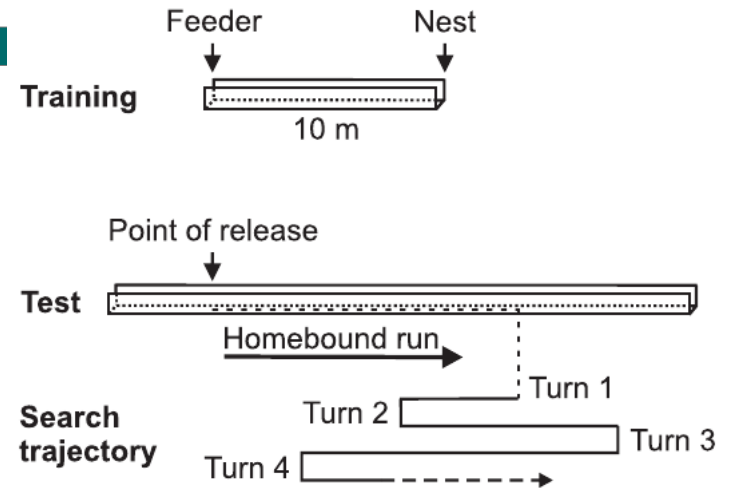
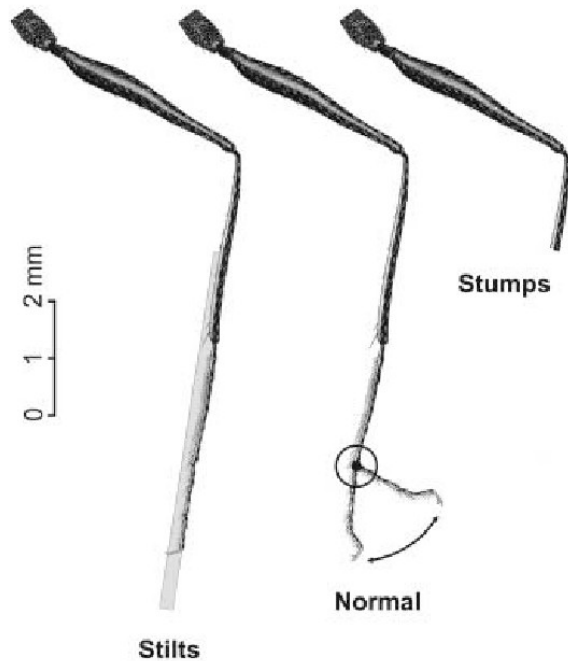


Las hormigas (abejas, ratas) hacen navegación.
¿Qué precisan? ¿Cómo lo hacen?

El pedómetro de las hormigas

The Ant Odometer: Stepping on Stilts and Stumps

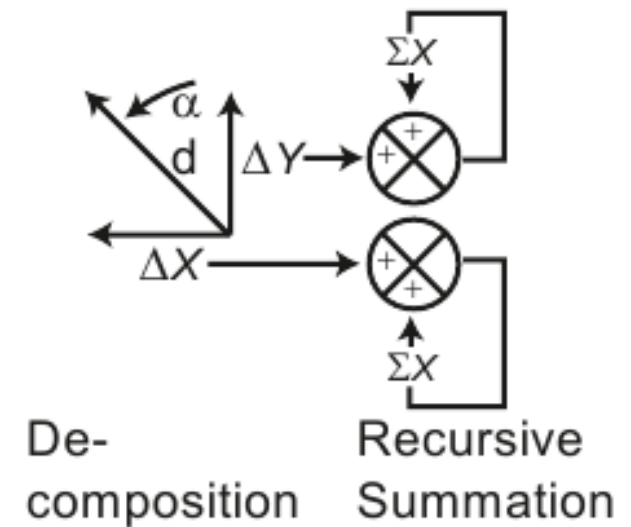
Matthias Wittlinger,^{1*} Rüdiger Wehner,² Harald Wolf¹



Algoritmo

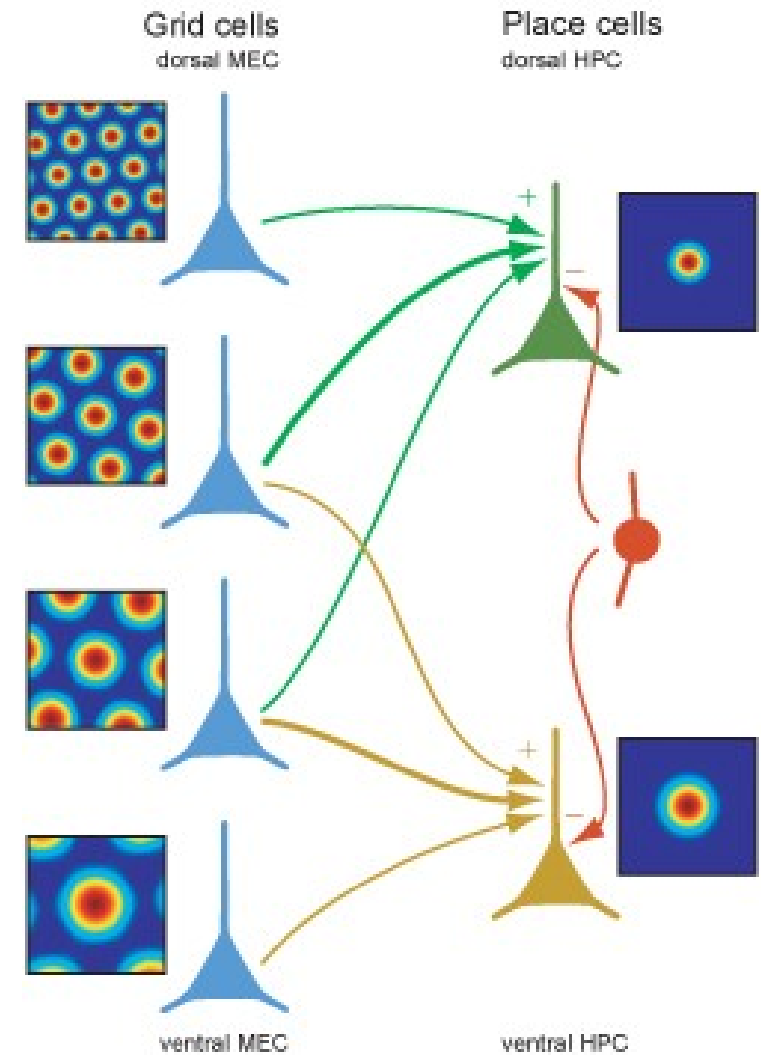
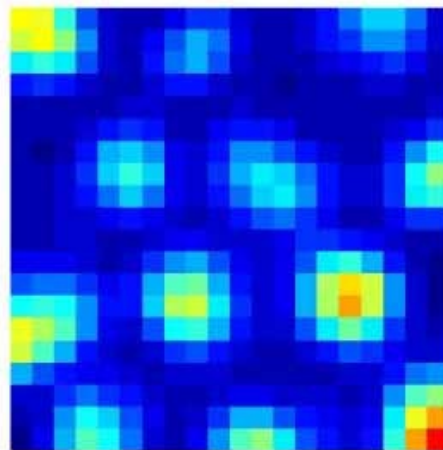
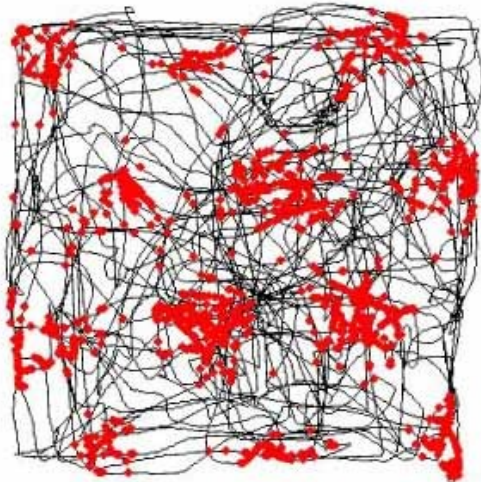
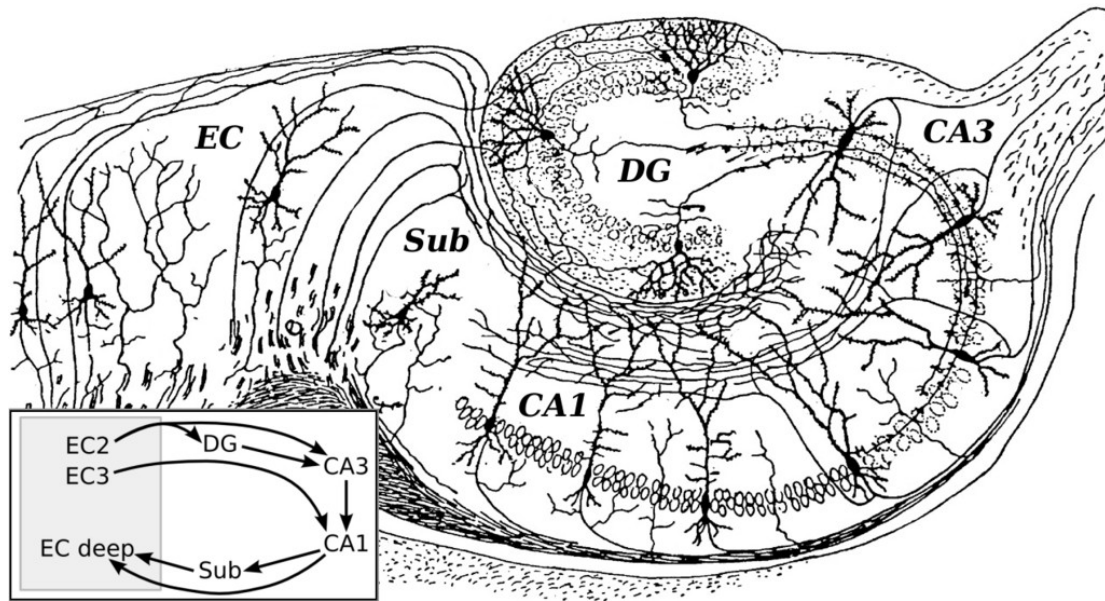


Function 1 Function 2



Integración de caminos.
Representación cartesiana.
Suma de incrementos.

La implementación (en mamíferos)



Estructura de la clase

1. El estudio de la mente. Breve repaso histórico.
Neurociencias, Psicología, y Computación.

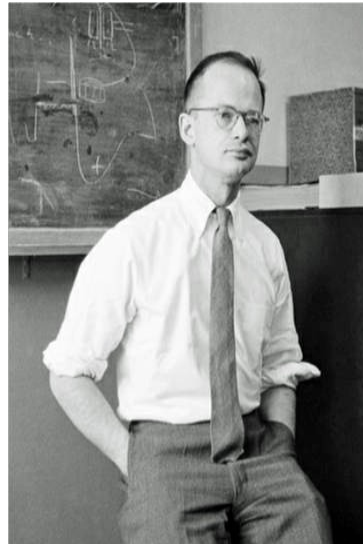
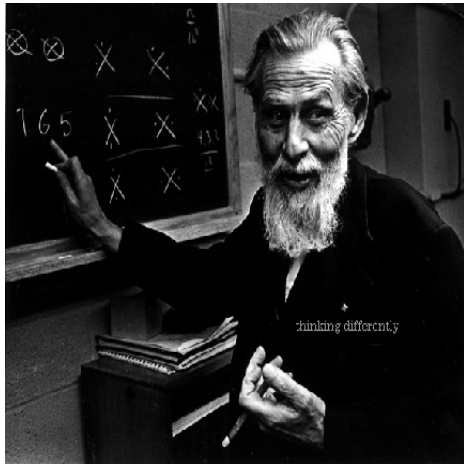
2. El enfoque computacional de la mente.

3. Modelos de redes tempranos McCulloch & Pitts.

El problema del O-exclusivo

4. Modelos de redes que aprenden. El perceptron
y la crisis del perceptron.

Las primeras redes neuronales



activity. Certainly for the psychiatrist it is more to the point that in such systems "Mind" no longer "goes more ghostly than a ghost." Instead, diseased mentality can be understood without loss of scope or rigor, in the scientific terms of neurophysiology. For

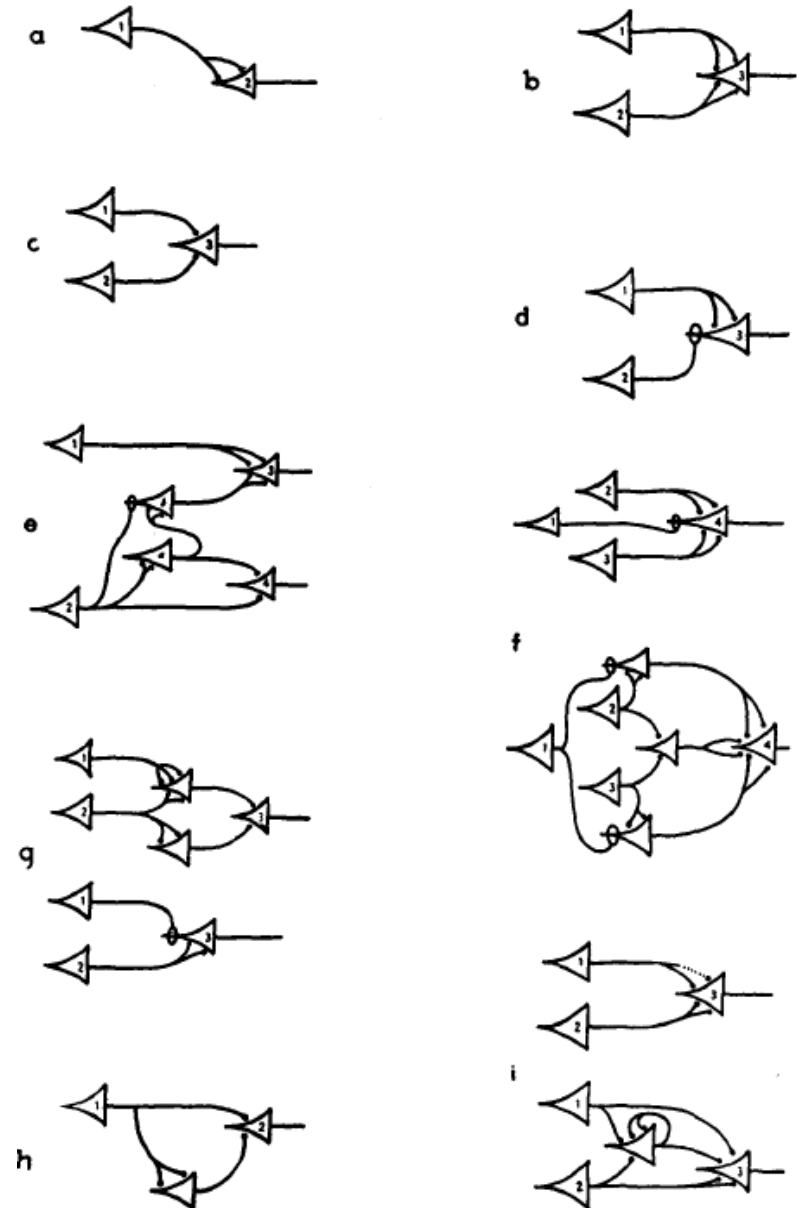
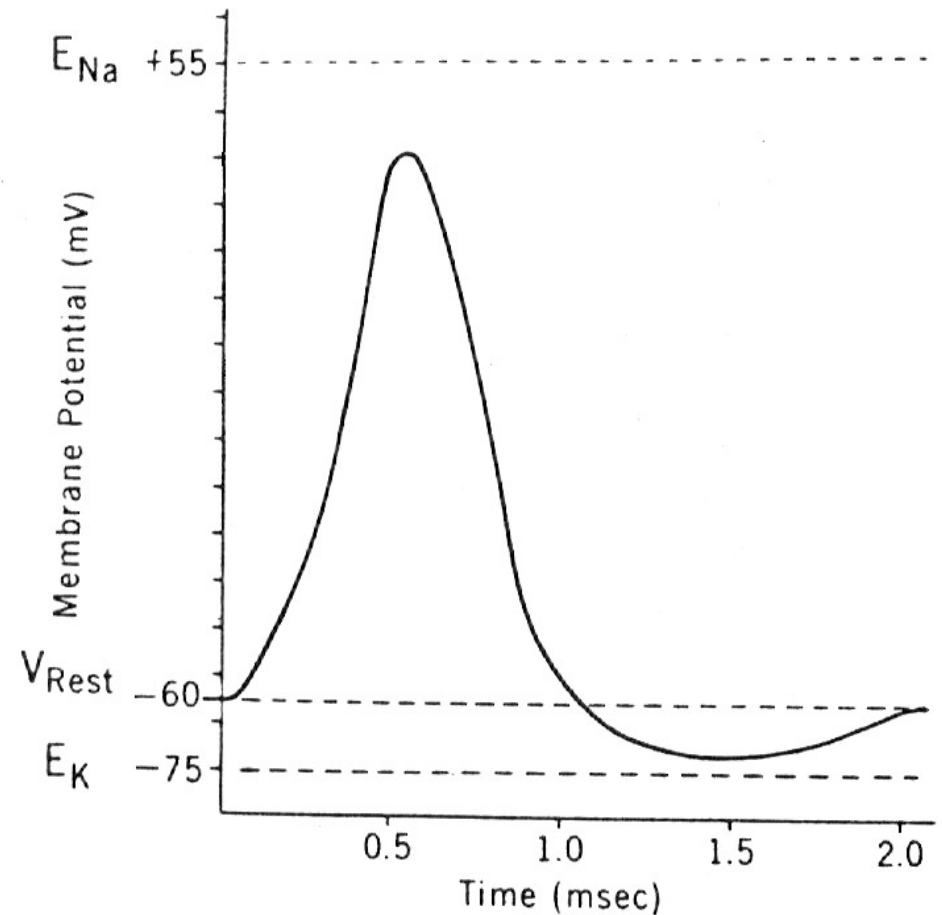


FIGURE 1

La neurona de McCulloch-Pitts

1. La integración de la información sináptica es de tipo aditivo.
2. Se colapsa la complejidad dendrítica en un número (peso sináptico) que representa que tanto influye una entrada sináptica en el disparo de la siguiente.
3. Se utiliza un intervalo de integración fijo.

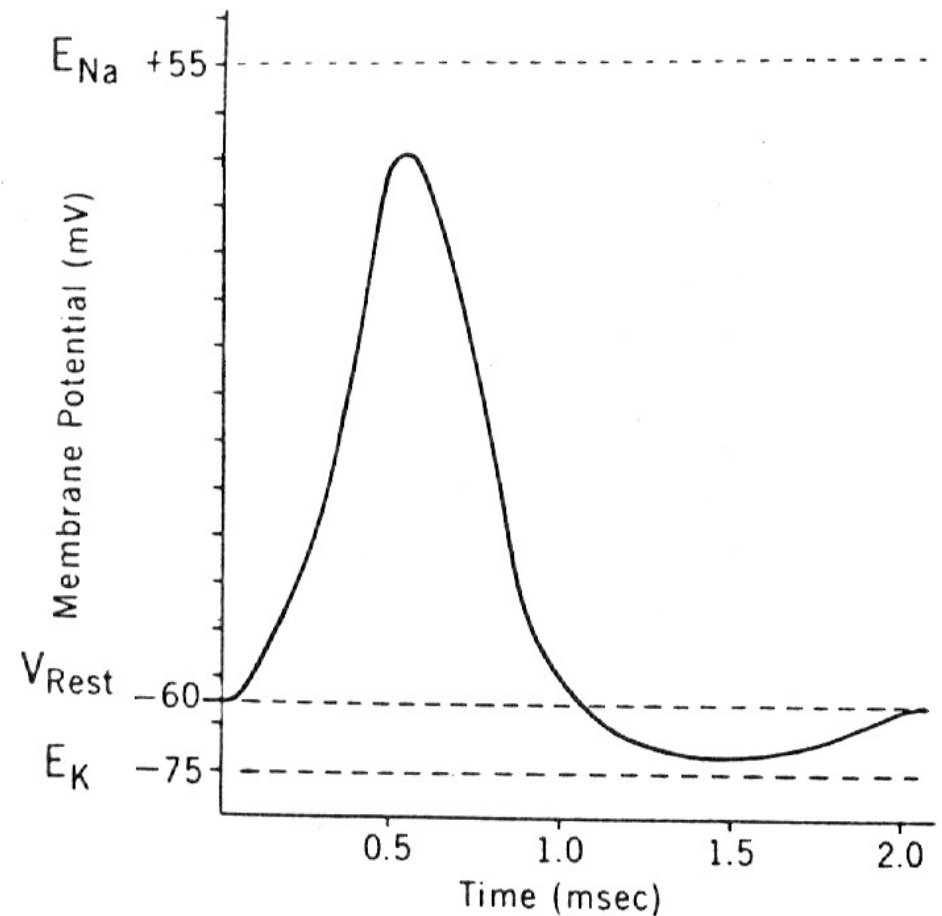


La neurona de McCulloch-Pitts

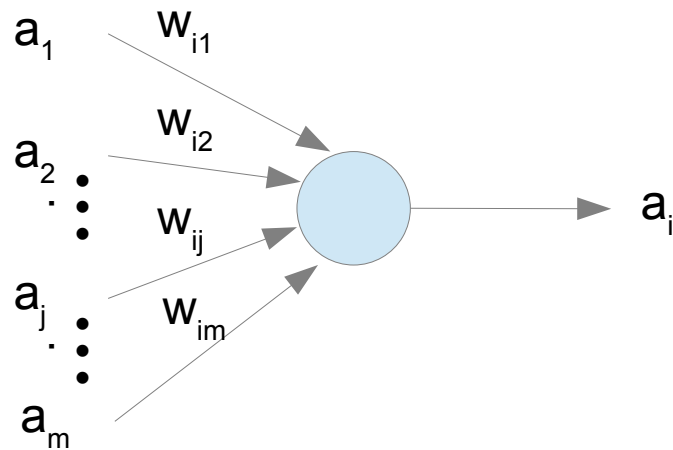
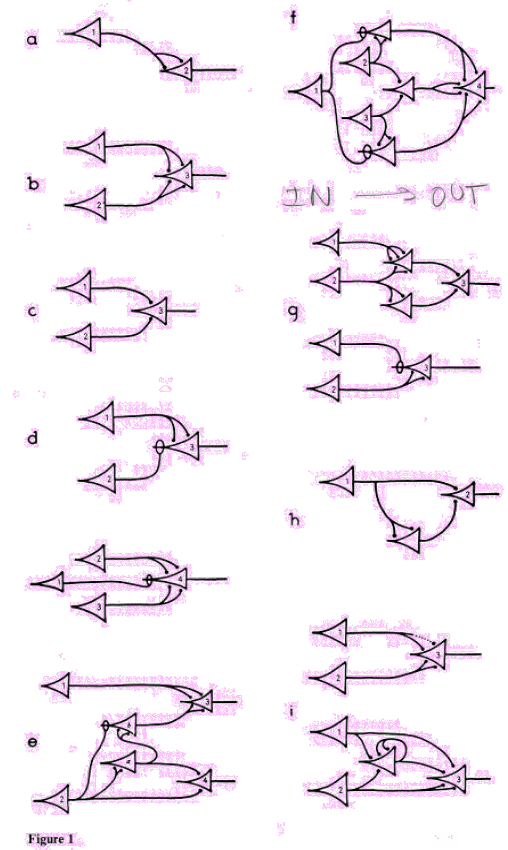
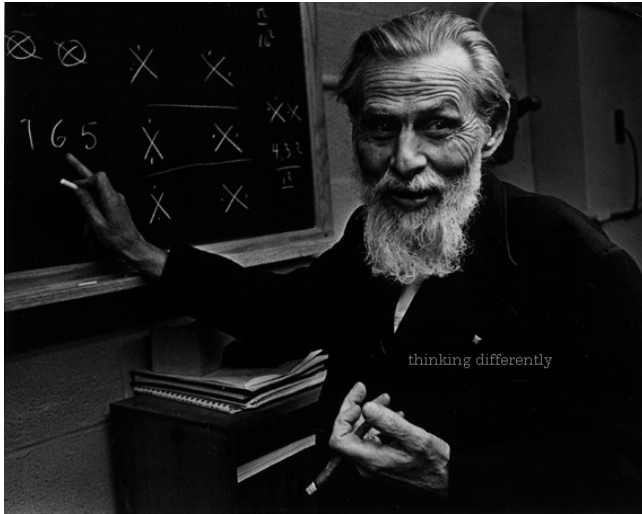
4. Luego de que hay actividad, pasado un intervalo de tiempo igual al de la integración, la neurona no está influida por su actividad pasada (no hay período refractario ni adaptación).

5. Las sinapsis no cambian su actividad en el corto plazo.

Esto permite representar a la actividad de la neurona usando una variable binaria..

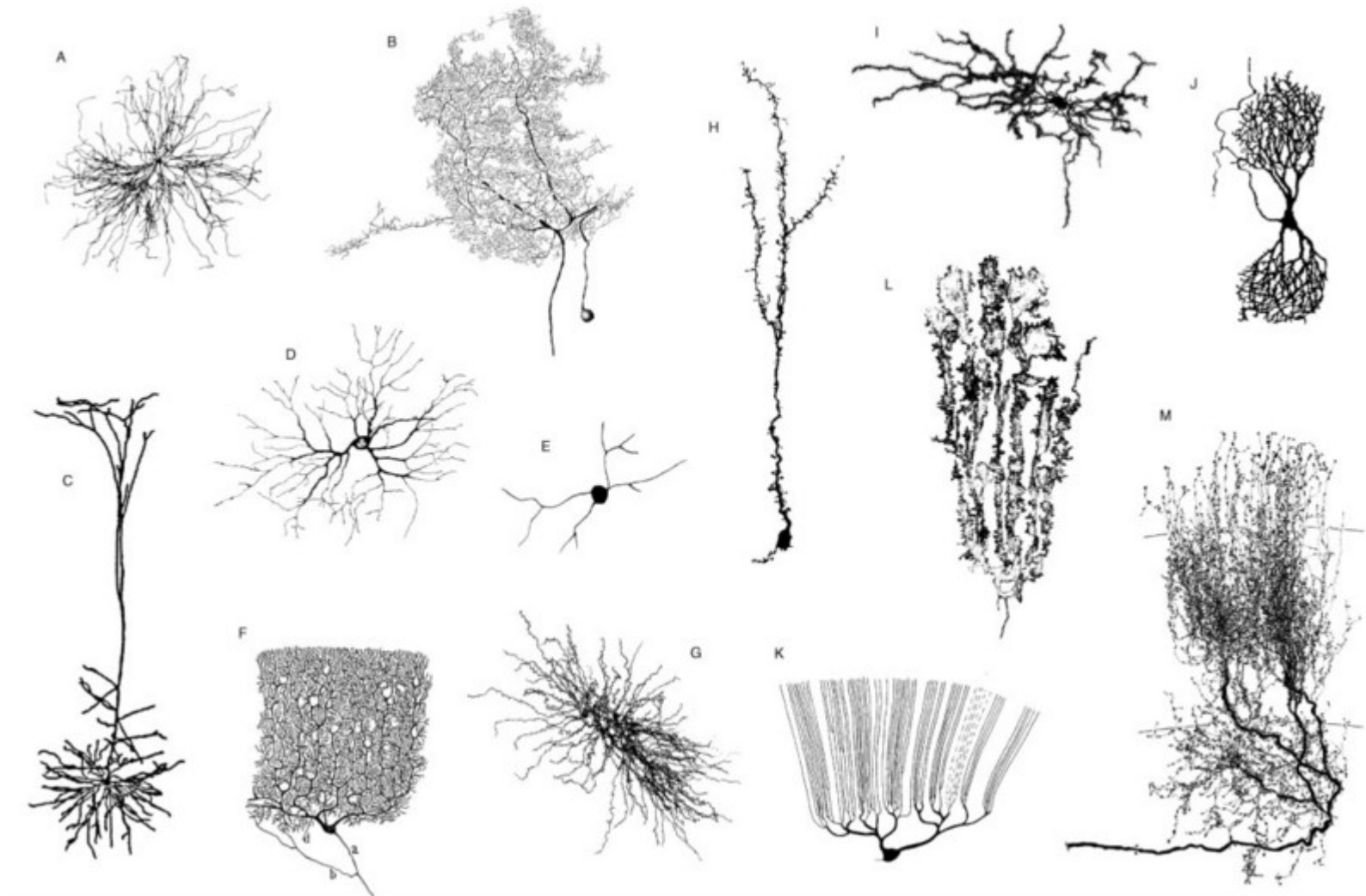


Neuronas lógicas: McCulloch & Pitts (1943)



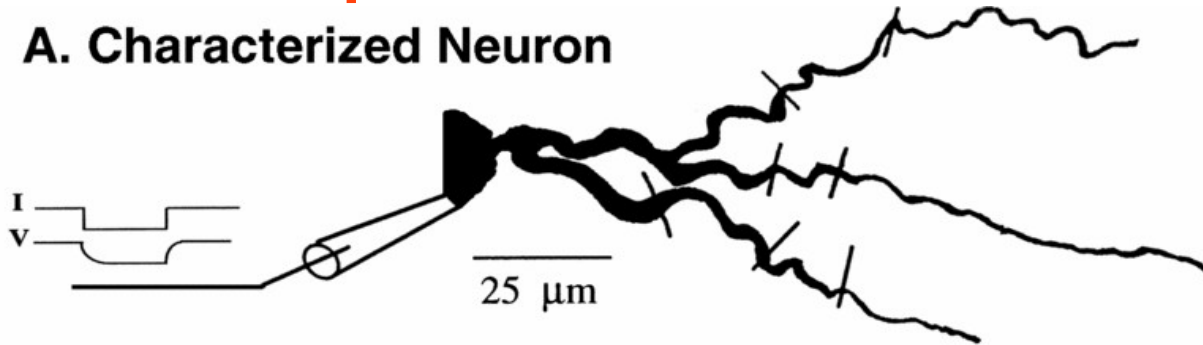
$$a_i(t+\tau) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_j w_{ij} a_j(t) \geq \theta \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Cosas más complejas: la computación dendrítica



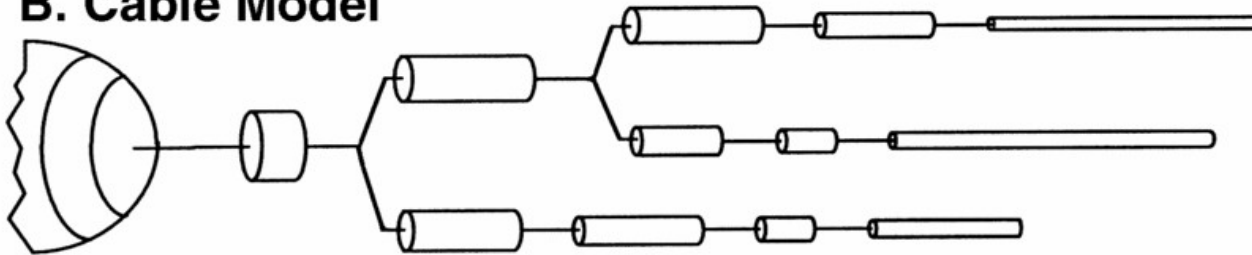
Cosas más complejas: la computación dendrítica

A. Characterized Neuron

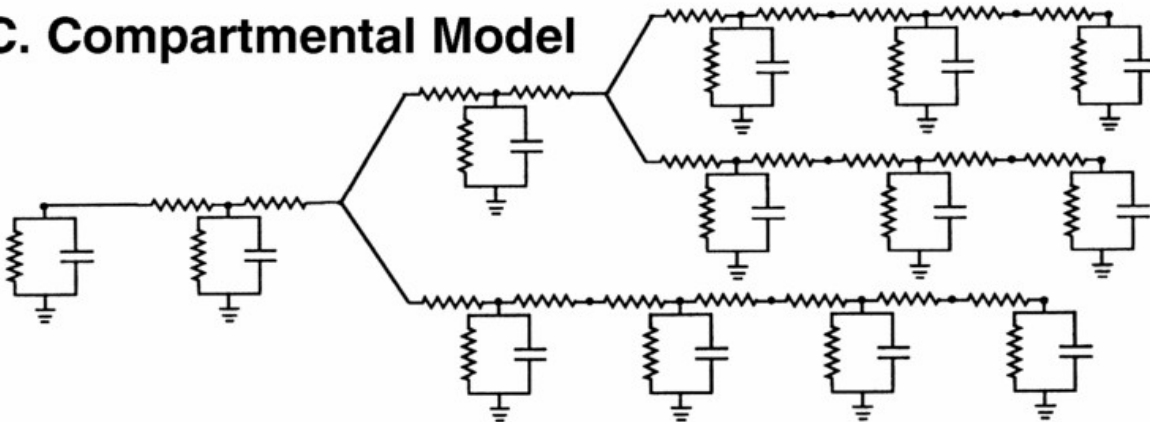


Esto puede dar lugar a patrones de actividad más compleja.

B. Cable Model



C. Compartmental Model



Cosas más complejas: la computación dendrítica

Direction selectivity is computed by active dendritic integration in retinal ganglion cells

Benjamin Sivyer Stephen R Williams

Nature Neuroscience 16, 1848–1856 (2013)

doi:10.1038/nn.3565

Cosas más complejas: períodos refractarios

Todas las complejidades de la actividad neuronal dan lugar a tipos de descarga que dependen complejamente de la actividad pasada.

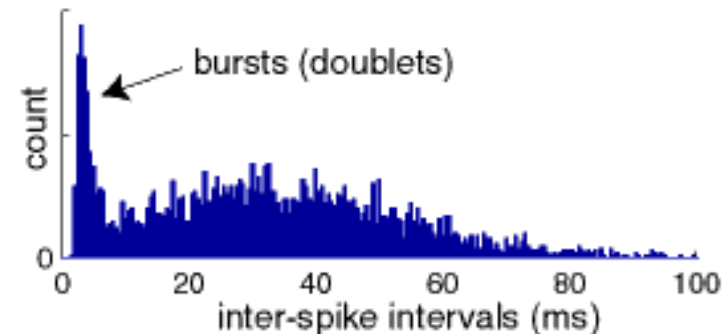
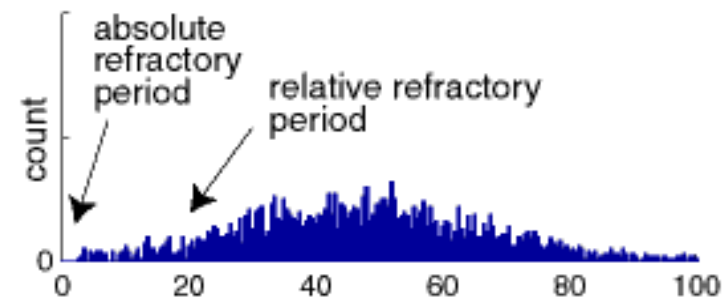
Nada de eso está en McCulloch & Pitts.

regular spiking (RS) neocortical neuron

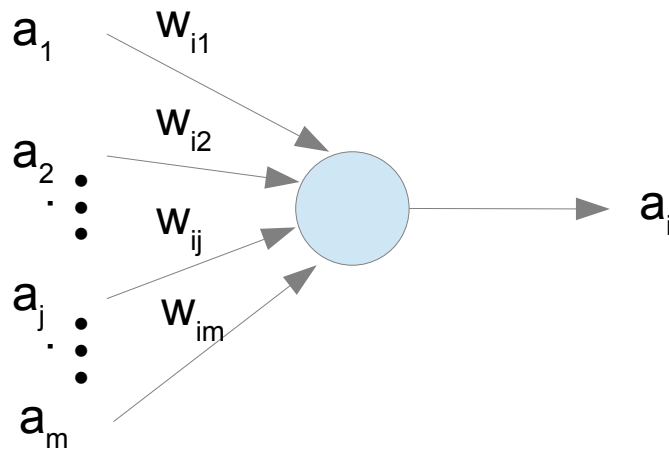


100 ms

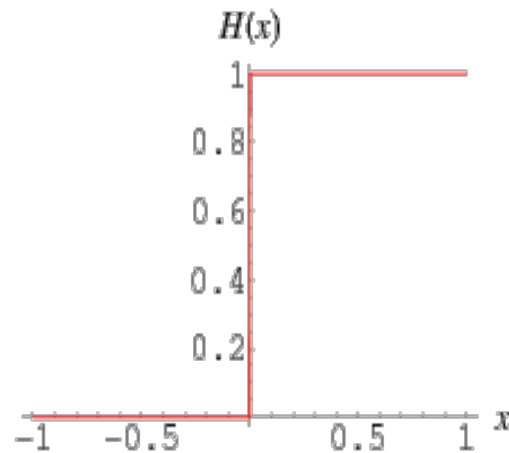
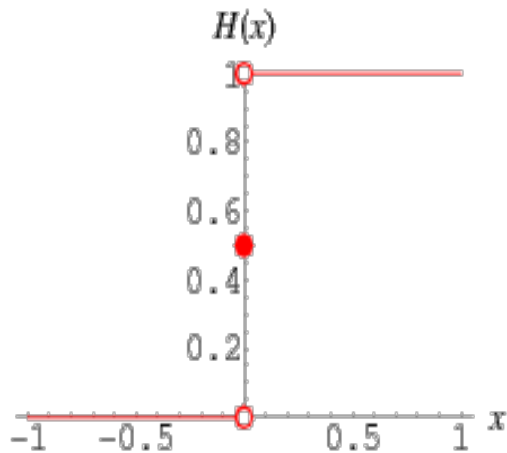
intrinsically bursting (IB) neocortical neuron



Neuronas lógicas: McCulloch & Pitts (1943)

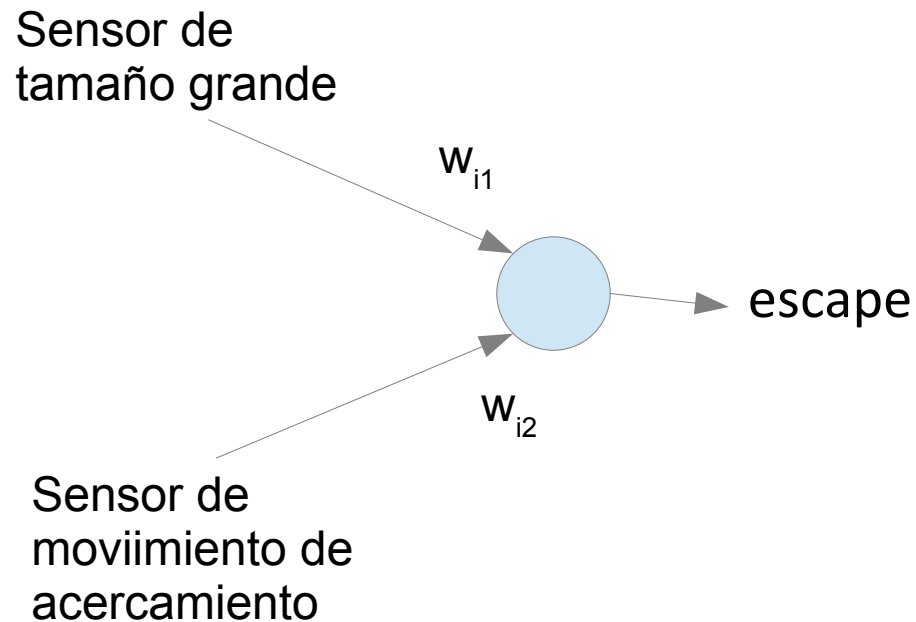
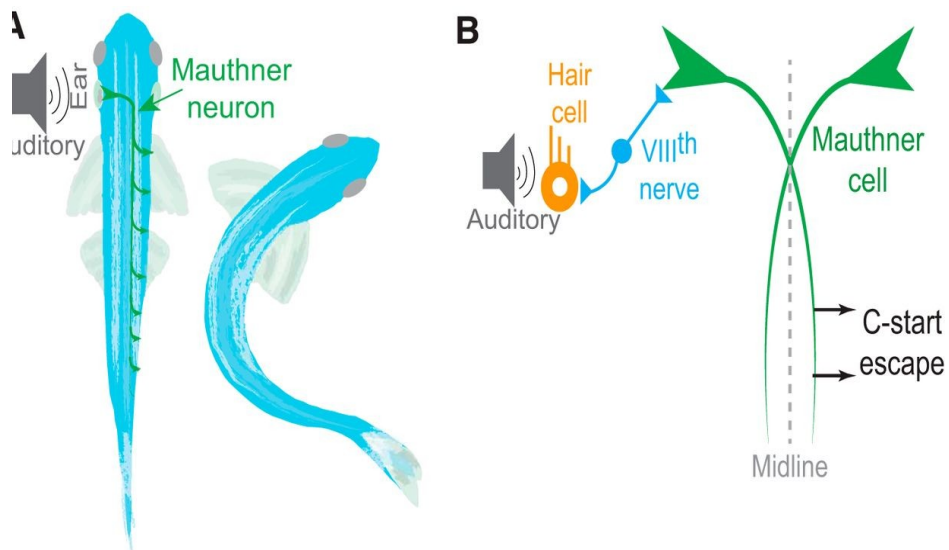


$$a_i(t+\tau) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_j w_{ij} a_j(t) \geq \theta \\ 0 & \text{\%en cualquier otro caso} \end{cases}$$



$$a_i(t+\tau) = H\left(\sum_j w_{ij} a_j(t) - \theta\right)$$

Por qué la lógica? Imaginemos un pez que escapa si detecta dos eventos simultáneos



tamaño	movimiento	escape
no	no	no
si	no	no
no	si	no
si	si	si

En la neurona digital
 Actividad $\in \{0,1\}$ (o $\{-1,1\}$)
 $\theta = 1$
 $w_1 = 0.6$
 $w_2 = 0.6$

La lógica proposicional: base del argumento

- Para poder implementar una máquina de Turing, McCulloch & Pitts precisaban unidades de cálculo lógico y un sistema de escritura y lectura en el “tape”.
- Por eso se concentran en la lógica.
- ¿Cuántas funciones lógicas hay?
- Las leyes del pensamiento

 Ediciones Trilce y DIRAC / SEGUNDA EDICIÓN

 **EN BUSCA DE LAS LEYES DEL PENSAMIENTO**
Una mirada desde la era de la información
de **Eduardo Mizraji**

Esta obra es una crónica de la exploración del vasto y misterioso territorio que es la mente humana. Es la búsqueda que emprende la ciencia en pos de las leyes del pensamiento. Las investigaciones científicas sobre el pensamiento revelan trayectorias fascinantes, complejas y tortuosas pero nuestra capacidad de comunicar los pensamientos, y la posibilidad de ser racionales, nos ha dado una vía para penetrar los códigos tras los que la naturaleza oculta sus secretos. El autor ilustra algunas etapas de estas trayectorias, comparte las peripecias de varios soñadores y exploradores del conocimiento y da pistas para saber cómo el pensamiento humano está siendo investigado en esta naciente era de la información. Este libro obtuvo el Premio Bartolomé Hidalgo 2010.

EDUARDO MIZRAJI (Montevideo, 1948), doctor en Medicina de la Universidad de la República, realizó estudios de posgrado en Matemáticas (Universidad de París V) y es profesor de biofísica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. Ha publicado *El segundo secreto de la vida* (Ediciones Trilce, 1999), que trata de la evolución de las ideas que fundaron la biología actual. Además es coautor de *Borges y la ciencia* (Eudeba, 1999), libro que indaga las relaciones entre las ciencias y la creación artística. Como investigador (es Grado 5 del PEDECIBA y Nivel III del SNI) ha centrado sus trabajos en los modelos de redes neuronales y el procesamiento de la información por parte de los sistemas biológicos.

Neuronas lógicas: McCulloch & Pitts (1943)

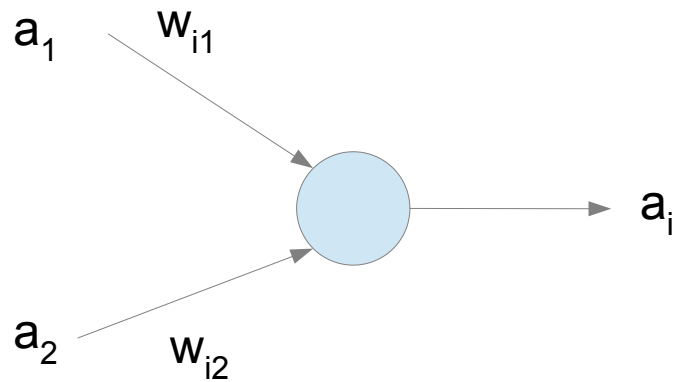
Lógica de proposiciones: Conectivas

Conectivas:

- Unarias (o monádicas):
 - Negación ($\neg p$)
- Binarias (o diádicas):
 - Conjunción (\wedge)
 - Disyunción (\vee)
 - Condicional (\rightarrow)
 - Bicondicional (\leftrightarrow)

p	q	$\neg p$	$p \wedge q$	$p \vee q$	$p \rightarrow q$	$p \leftrightarrow q$
F	F	V	F	F	V	V
F	V	V	F	V	V	F
V	F	F	F	V	F	F
V	V	F	V	V	V	V

Algunas funciones lógicas



$$a_i = H[w_{i1} a_1 + w_{i2} a_2 - \theta_i]$$

$$w_{i1}=1,1 \quad w_{i2}=1,1 \quad \theta_i=1$$

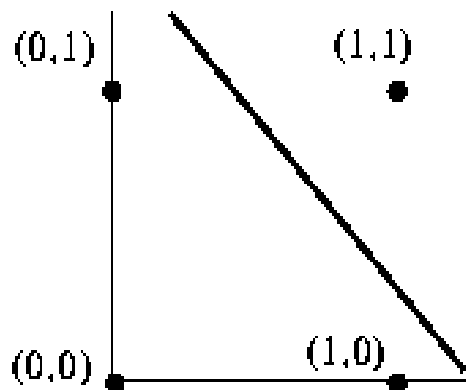
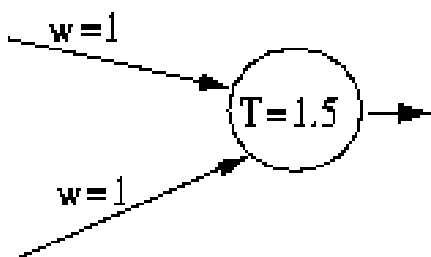
a1	a2	ai	
0	0	$H(1,1 \times 0 + 1,1 \times 0 - 1)$	$H(-1)=0$
1	0	$H(1 \times 1,1 + 1 \times 0 - 1)$	$H(0,1)=1$
0	1	$H(1,1 \times 0 + 1,1 \times 1 - 1)$	$H(0,1)=1$
1	1	$H(1,1 \times 1 + 1,1 \times 1 - 1)$	$H(1,2)=1$

$$w_{i1}=0,7 \quad w_{i2}=0,7 \quad \theta_i=1$$

a1	a2	ai	
0	0	$H(0,7 \times 0 + 0,7 \times 0 - 1)$	$H(-1)=0$
1	0	$H(0,7 \times 1 + 0,7 \times 0 - 1)$	$H(-0,3)=0$
0	1	$H(0,7 \times 0 + 0,7 \times 1 - 1)$	$H(-0,3)=0$
1	1	$H(0,7 \times 1 + 0,7 \times 1 - 1)$	$H(0,4)=1$

Algunas funciones lógicas

AND

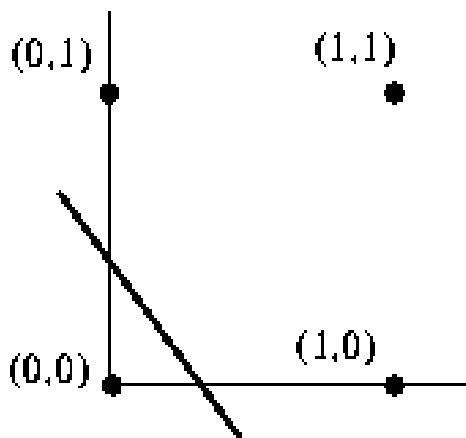
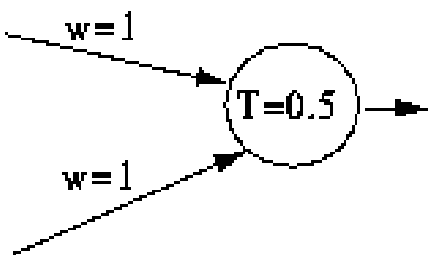


Línea divisoria es la igualdad:

$$0 = w_{i1} a_1 + w_{i2} a_2 - \theta_i$$

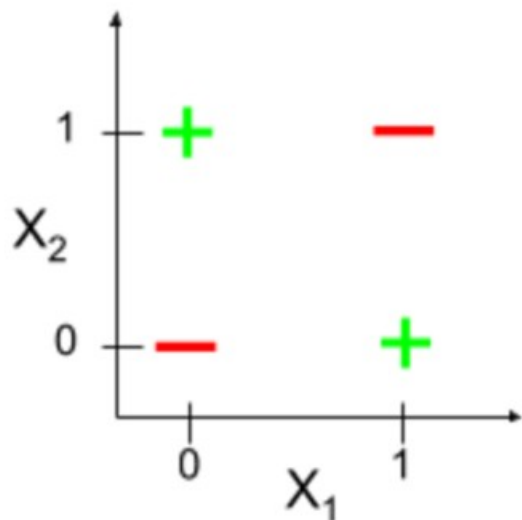
$$a_2 = \frac{-w_{i1}}{w_{i2}} a_1 + \frac{\theta_i}{w_{i2}}$$

OR



a1	a2	XOR
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Separabilidad lineal y el problema del XOR



$$a_2 = \frac{-w_{i1}}{w_{i2}} a_1 + \frac{\theta_i}{w_{i2}}$$

a1	a2	XOR
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

¿Existe alguna recta que separe los casos positivos de los negativos?

En n dimensiones, una neurona de McCulloch Pitts de n entradas representa un plano en el espacio de n dimensiones.

En n=2 hay 16 funciones booleanas y 14 LS (87,5 %)

En n=3, hay 256 y 104 LS (40,6 %)

En n=4, hay 65536, 1882 LS (2,9 %)

En n=5, hay 4294967296 y 94572 LS (0,0022 %)

Estructura de la clase

1. El estudio de la mente. Breve repaso histórico.

Neurociencias, Psicología, y Computación.

2. El enfoque computacional de la mente.

3. Modelos de redes tempranos McCulloch & Pitts.

El problema del O-exclusivo

4. Modelos de redes que aprenden. El perceptron y la crisis del perceptron.

Perceptrones primer enfoque dirigido a remedar el aprendizaje neural

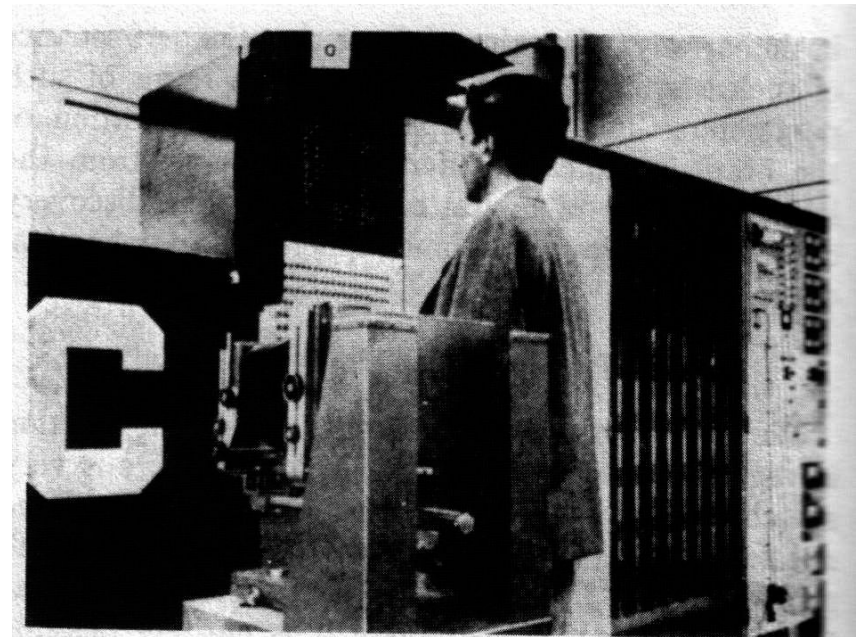
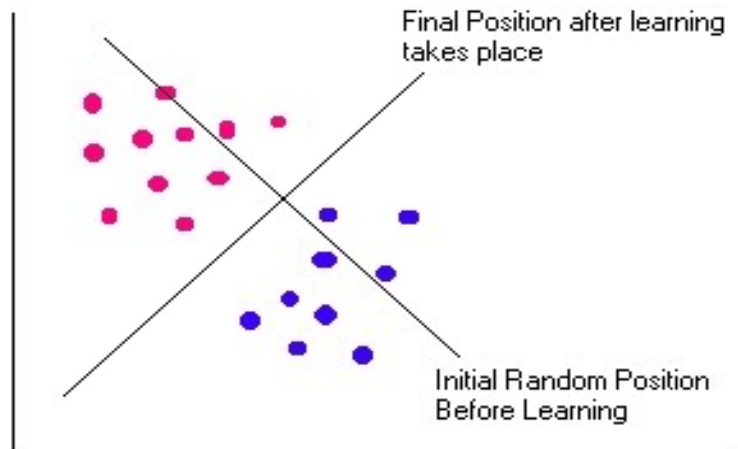
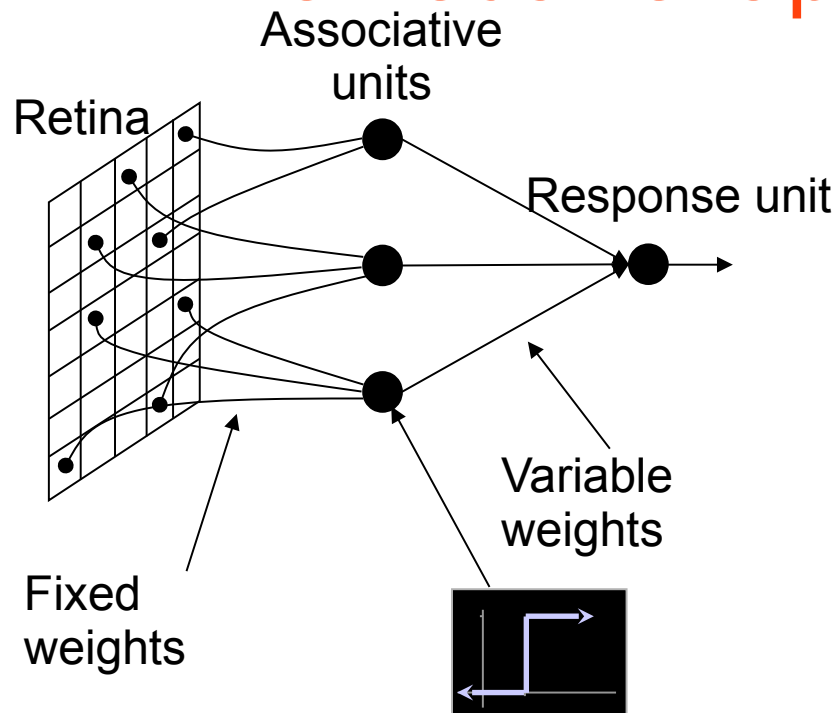
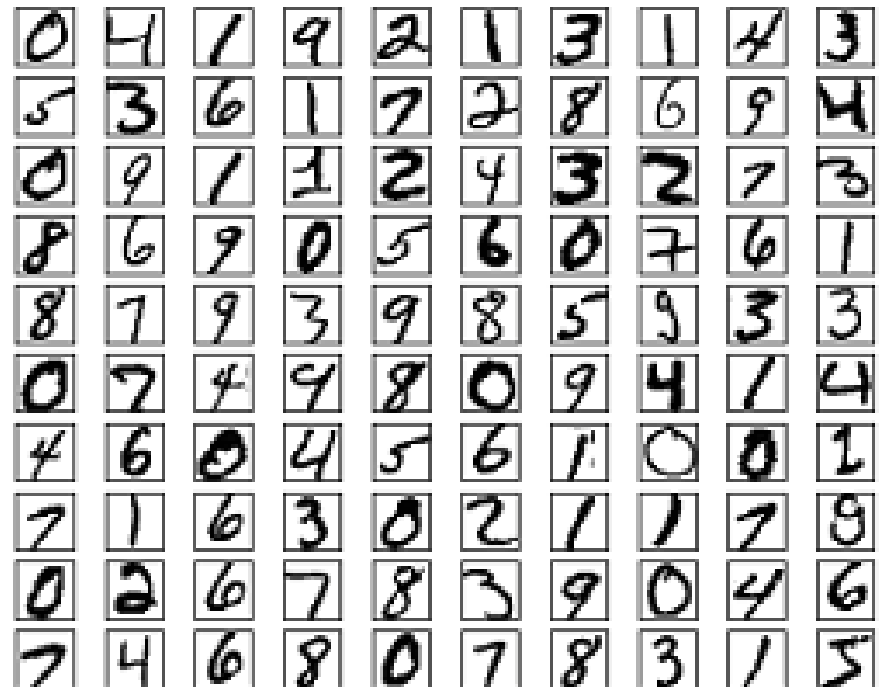
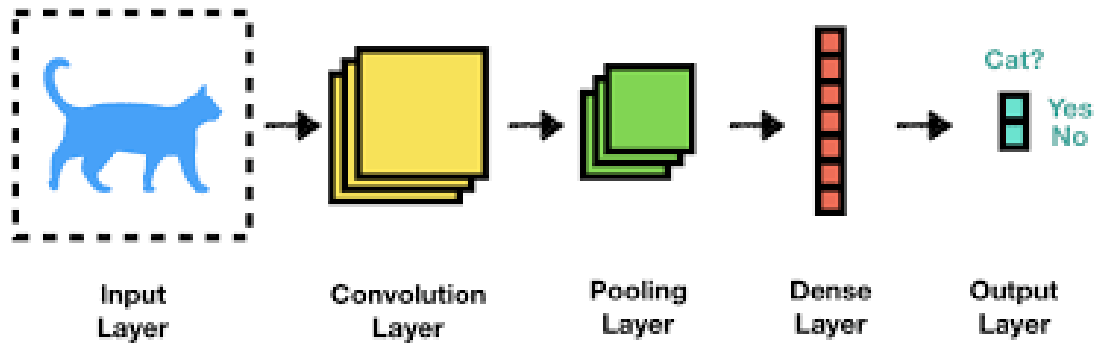


FIG. 3. Mark I Perceptron at Cornell Aeronautical laboratory. (a) Overall view with sensory input at left, association units in center, and control panel and response units at far right. The sensory to associator plugboard, shown in (b) is located behind the closed panel to the right of the operator. The image of the letter "C" on the front panel is a repeater display, for monitoring sensory inputs.



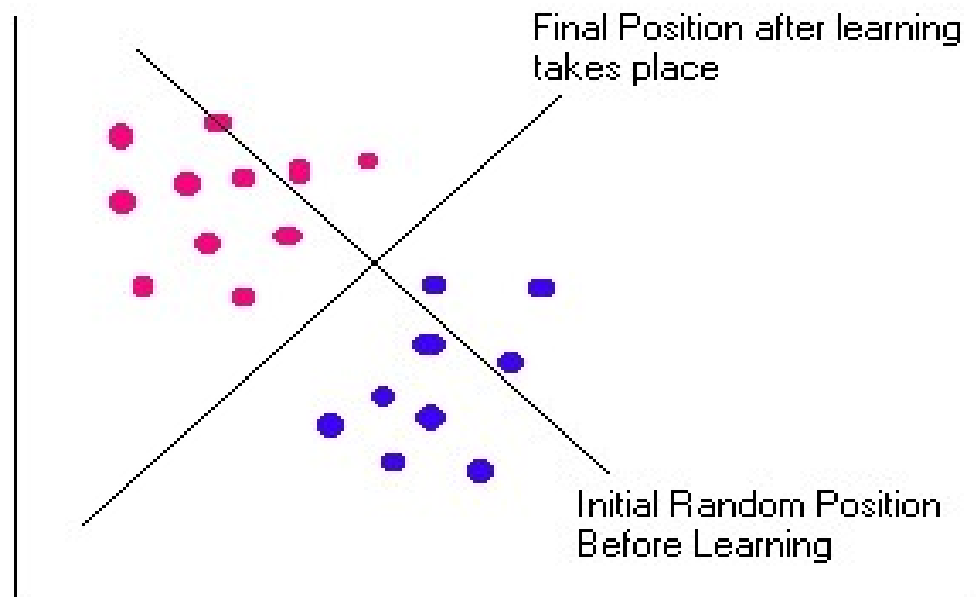
Idea fundamental de las redes neuronales: en lugar de programar aprender



La regla del perceptron

Ejemplos positivos: si está bien clasificado no se hace nada. Si está mal, subir $|c|$ los pesos positivos y bajar $|c|$ los pesos negativos.

Ejemplos negativos: si está bien clasificado no se hace nada. Si está mal, bajar $|c|$ los pesos positivos y subir $|c|$ el valor absoluto de los pesos negativos.



La crisis del perceptron

