

COMPUTACION INTELIGENTE

(PRIMERA PARTE: INTRODUCCION)

Jose Aguilar
Cemisid, Facultad de Ingeniería
Universidad de los Andes
Mérida, Venezuela
aguilar@ula.ve

COMPUTACIÓN INTELIGENTE

***METODOLOGÍA COMPUTISTA QUE
FRECUENTEMENTE ES DISEÑADA PARA
EMULAR UNO O MAS ASPECTOS DE LOS
SISTEMAS BIOLÓGICOS O SOCIALES, CON
EL FIN DE REPRODUCIR SUS
COMPORTAMIENTOS***

¿POR QUÉ COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

- ***DE LA CIENCIA DE LO NATURAL A LA CIENCIA DE LO ARTIFICIAL.***
- ***EMULACION DE LA CAPACIDAD DEL SER HUMANO DE TOMAR DECISIONES SENSATAS EN UN ENTORNO IMPRECISO, INCIERTO***
- ***CONSTRUIR MAQUINAS CON UN COEFICIENTE ELEVADO DE INTELIGENCIA***

PORQUE COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

- ***TEORÍA QUE EXPLIQUE QUE ES INTELIGENCIA, COMO ELLA PROCESA INFORMACIÓN IMPRECISA, Y GUARDA, RECUPERA, CORRELACIONA, INFIERE Y EXTRAE VALORES PRECISOS.***
- ***TECNOLOGÍA QUE CON POCA CANTIDAD DE RECURSOS, PUEDA PROCESAR UNA GRAN CANTIDAD DE INFORMACIÓN IMPRECISA EN CORTO TIEMPO Y PROVEA BUENOS RESULTADOS***

PORQUE COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

Entrada

***Conoc.
Humano***

***Conoc.
Estructurado***

Datos

***Sist.
Biológ.***

***Sist.
Artificial***

***Sistemas
Compt.***

***Intelig.
Biológ.***

***Inteligencia
Artificial***

***Compt.
Intelig.***

Nivel Organizacional

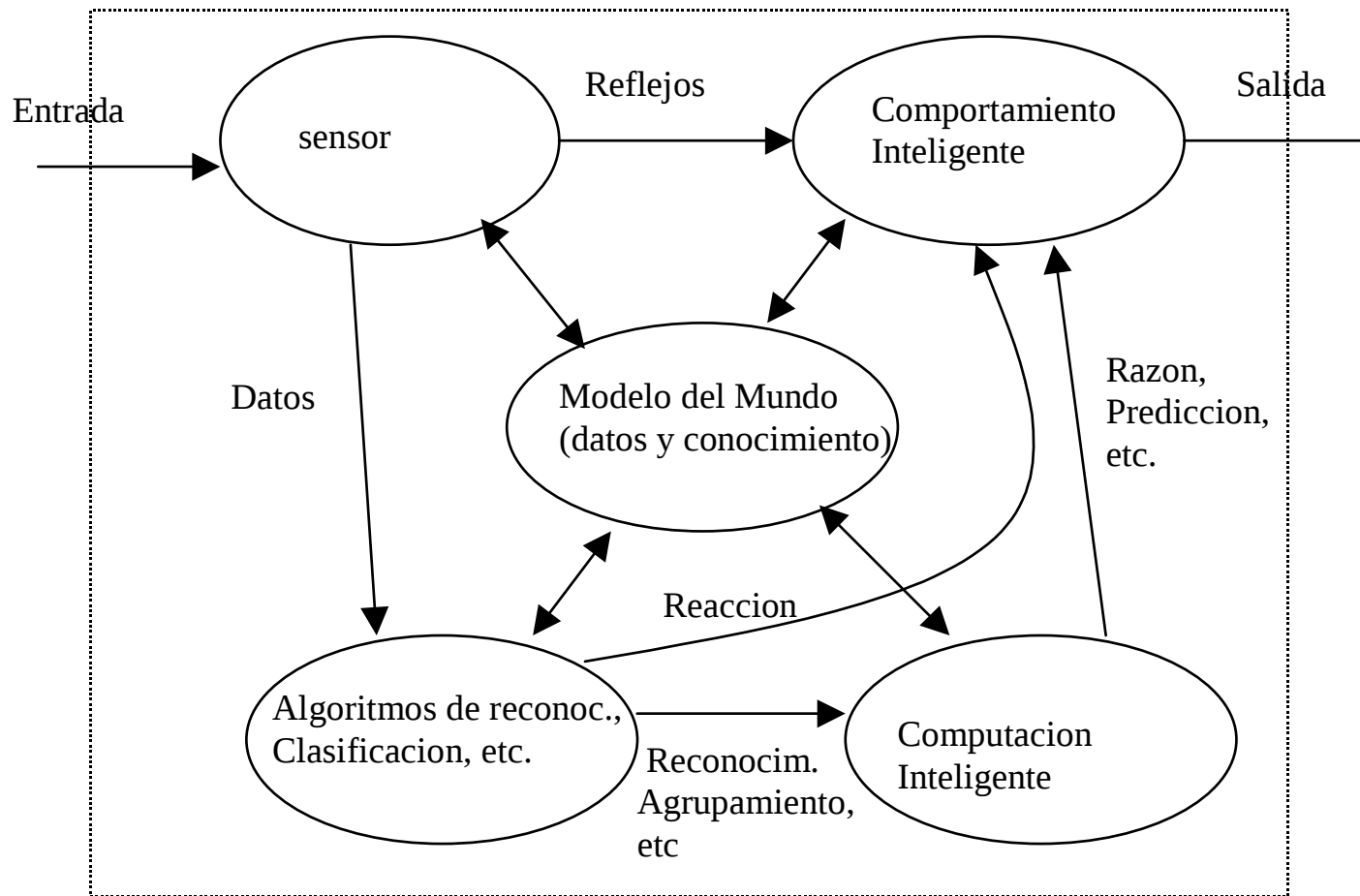
Orgánico

Simbólico

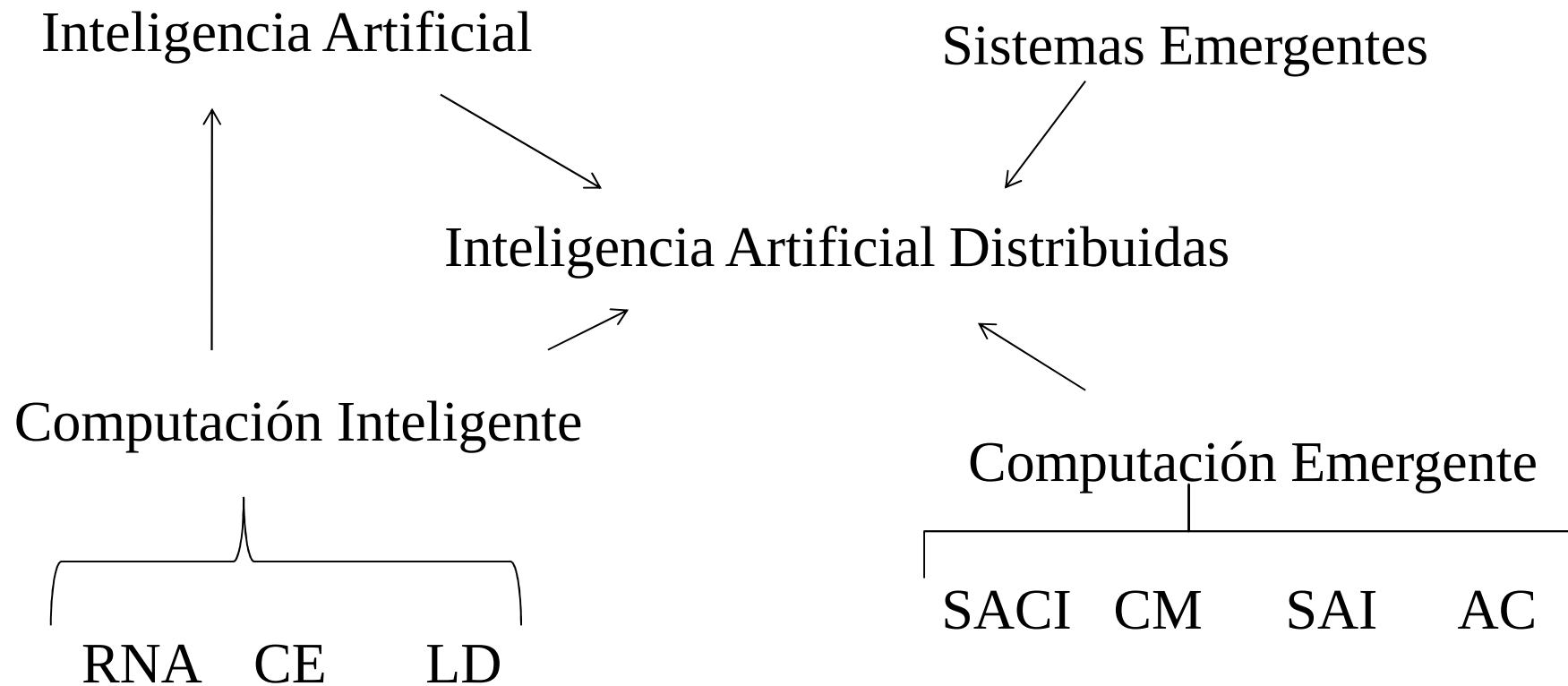
Numérico



COMPUTACIÓN INTELIGENTE



¿POR QUÉ COMPUTACIÓN INTELIGENTE?



¿POR QUÉ COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

- ***CONVERGENCIA DE VARIAS TECNICAS, ALGUNAS DE
ELLAS:***
 - ***REDES NEURONALES***
 - ***COMPUTACION EVOLUTIVA***
 - ***LOGICA DIFUSA***

Redes Neuronales Artificiales

contenido

- Introducción
- Aprendizaje
- Modelos de redes neuronales artificiales

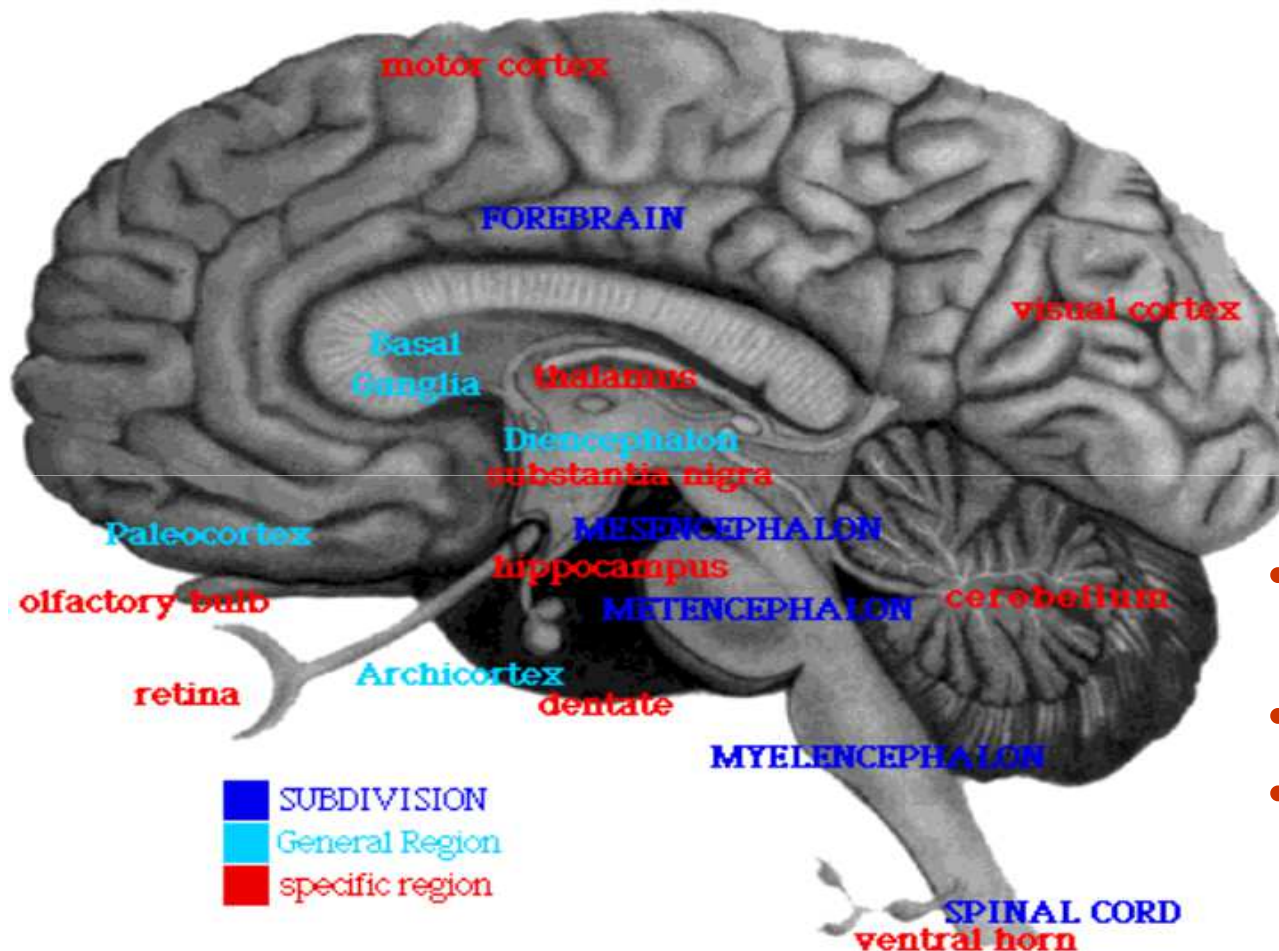
REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las Redes Neuronales Artificiales están basadas en el funcionamiento de las neuronas biológicas que componen el cerebro de los animales. El cerebro es el órgano central del sistema nervioso animal y contiene de 50 a 100 mil millones de neuronas con funciones especializadas, de las cuales aproximadamente 10 mil millones son células piramidales corticales, las cuales transmiten señales por medio de 1000 billones de conexiones sinápticas. Recibe información proveniente de los sentidos, la cual es procesada con una gran velocidad mediante la combinación de la información almacenada dando respuestas que controlan y regulan las acciones y reacciones del cuerpo.

INTRODUCCIÓN A LAS RNAs

El SISTEMA NEURONAL TIENE COMO PROPOSITO EL CONTROL CENTRALIZADO DE VARIAS FUNCIONES BIOLOGICAS, POR EJEMPLO EL ABASTECIMIENTO DE ENERGIA, FUNCIONES MOTORAS Y SENSORIALES, ETC.

Cerebro Humano



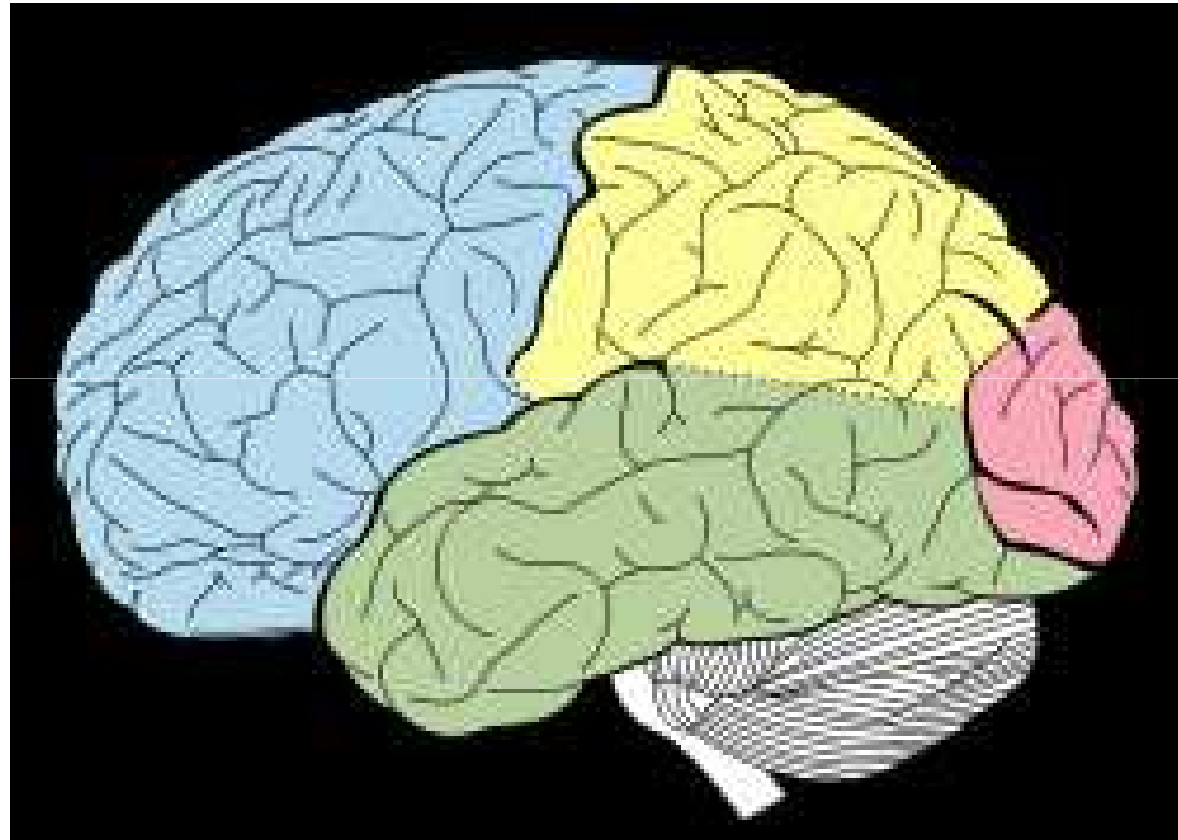
- 10^{11} Neuronas (procesadores)
- Poder desconocido
- 1000 – 10000 conecciones por neurona

RN

Lobulo
frontal

Lobulo
Parietal

Lobulo
temporal



Lobulo
occipital

MODELO BIOLOGICO

- ***SISTEMA NEURONAL***

***=> CONTROL CENTRALIZADO DE
FUNCIONES BIOLOGICAS***

- ***CEREBRO = 10 BILLONES DE NEURONAS Y
60 TRILLONES DE CONEXIONES***

MODELO BIOLOGICO

- ***NEURONAS: CELULAS VIVAS***
- ***CARACTERISTICAS:***
 - ***ELEMENTOS SIMPLES INTERCONECTADOS***
 - ***FUNCIONAMIENTO EN PARALELO, ASINCRÓNICAS Y NO ALGORÍTMICAS***
 - ***INTERACCIONES COMPLEJAS***

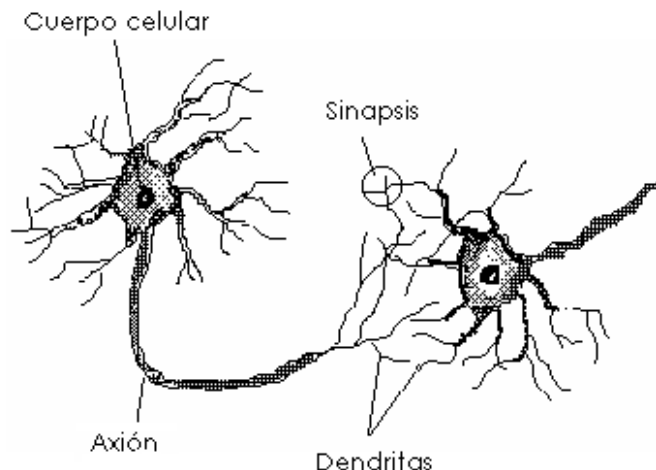
. NEURONA BIOLÓGICA

Una neurona biológica está conformada por tres elementos principales:

Soma o cuerpo de la neurona el cual contiene el núcleo y tiene forma piramidal o esférica, mide entre 10 y 80 micras y es en este lugar donde se ejecutan las transformaciones necesarias para la vida de la neurona.

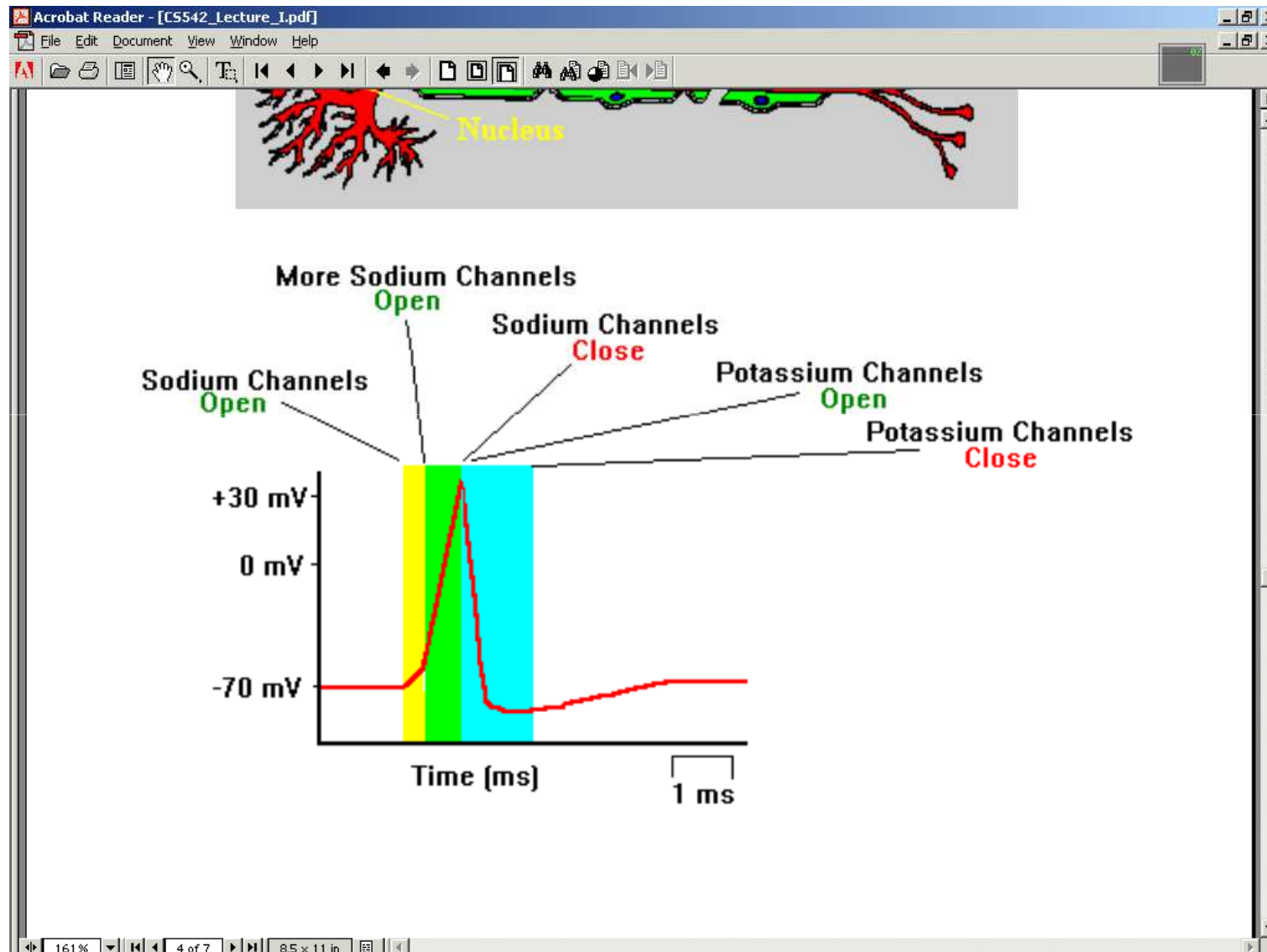
Axón es el elemento que lleva la salida de información de la neurona a las dendritas de otras neuronas. Es una prolongación larga y delgada, mide desde 10 micras hasta 1 m de longitud, y conduce la información desde el cuerpo celular hacia las dendritas de otras neuronas.

Dendritas o ramas de extensión utilizadas para recibir las entradas de información, son un conjunto de ramificaciones que salen del cuerpo celular de la neurona. Son receptoras y reciben señales eléctricas a través de conexiones sinápticas.



La sinapsis es una estructura especial donde se forma la conexión entre las neuronas y se transfieren señales de tipo eléctrico o químico

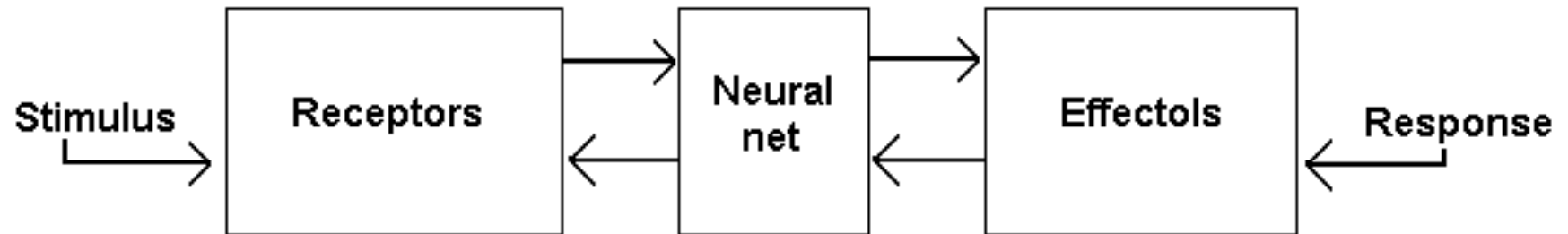
Neuronas



RED NEURONAL BIOLÓGICA

- ***CONJUNTO DE MUCHAS NEURONAS INTERCONECTADAS***
- ***PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASADA EN LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MISMA***

SISTEMA NERVIOSO



RN biológica

- ◆ Se nace con alguna estructura neural
- ◆ Se crean nuevas conexiones y otras se gastan; se desarrollan a través del aprendizaje propio de la etapa de crecimiento.
- ◆ La estructura neural cambia a través de la vida. Esos cambios consisten en reforzamiento o debilitamiento de las junturas sinápticas.
- ◆ Se forman nuevas memorias al modificar o reforzar algunas sinápsis.
- ◆ Por ejemplo, memorizar la cara de una persona que nos presentan, consiste en alterar varias sinápsis.

PROPIEDADES DE LAS REDES NEURONALES

- ***MUCHAS CONEXIONES PARALELAS ENTRE NEURONAS***
- ***MUCHAS CONEXIONES PARALELAS PROVEEN MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN PARA ELLA U OTRAS***
- ***ALGUNAS NEURONAS PUEDEN EXCITAR UNAS NEURONAS MIENTRAS INHIBEN A OTRAS***
- ***EJECUTAN UN PROGRAMA QUE ES DISTRIBUIDO***
- ***TIENEN PARTES PRE-HECHAS Y OTRAS QUE EVOLUCIONAN***

PROPIEDADES DE LAS REDES NEURONALES

- ***SON SINCRÓNICAS***
- ***EJECUTAN UN PROGRAMA QUE ES
DISTRIBUIDO***

RED NEURONAL

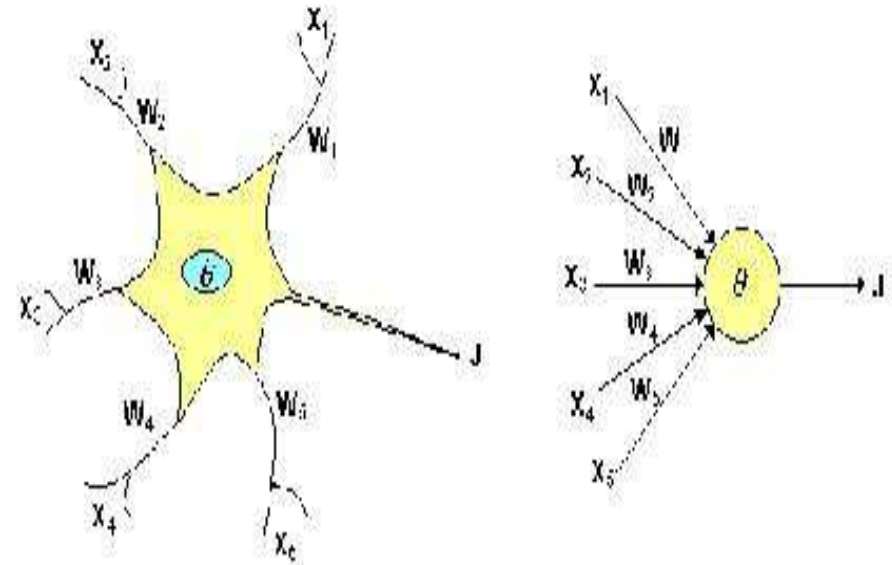
- Capacidad de procesamiento paralelo.
- Capacidad adaptativa.
- Capacidad asociativa.
- Capacidad de auto-organización.
- Capacidad de generalización, clasificación, extracción y optimización.
- Tolerancia a Fallas
- Operación en tiempo real

INTRODUCCIÓN A LAS RNAs

- ***COMO LA RED NEURONAL HUMANA ES DISEÑADA?***
- ***COMO EL CEREBRO PROCESA LA INFORMACIÓN?***
- ***CON QUE ALGORITMOS Y ARITMÉTICA EL CEREBRO CALCULA?***
- ***COMO PUEDE EL CEREBRO IMAGINAR?***
- ***COMO PUEDE EL CEREBRO INVENTAR?***
- ***QUE ES PENSAR?***
- ***QUE ES SENTIR?***

Definiciones de RNA

- ✓ Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos.
- ✓ Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales en niveles.
- ✓ Son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica.



Modelo de una RNA vs. el Modelo Biológico

Otras definiciones RNA

Sistema computacional hecho por un gran numero de elementos simples de procesamiento, muy interconectados, los cuales procesan información como respuesta entradas externas (Hecht 1988)

Redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica, que intentan interconectar con el mundo real como el sistema nervioso biológico (Kohonen, 1988)

Otra Definición de una RNA

Una RNA es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento de forma experimental y lo hace disponible para su uso.

Se parece al cerebro humano en dos aspectos:

- ✓ El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso de aprendizaje.
- ✓ Los pesos sinápticos o fuerza con que están interconectados las neuronas se utilizan para almacenar la información.

Similaridades claves entre las redes neurales biológicas y las artificiales:

- ❖ los bloques que las constituyen son dispositivos computacionales sencillos que están altamente interconectados. La conexión de neuronas establece la función de toda la red neural.
- ❖ Las ANN no copian la complejidad del cerebro.
- ❖ Aunque las neuronas biológicas son muy lentas comparadas a los circuitos eléctricos, el cerebro biológico es capaz de realizar muchas tareas más rápido que cualquier computador convencional, debido en parte a su estructura masivamente paralela, donde sus neuronas están operando simultáneamente.

REDES NEURONALES ARTIFICIALES – ANALOGÍA

Neurona Biológica	Neurona Artificial
Señales que llegan a la sinapsis	Entradas a la neurona
Carácter excitador o inhibidor de la sinapsis de entrada	Pesos de entrada
Estimulo total de la neurona	Sumatoria de pesos por entradas
Activación o no de la neurona	Función de activación
Respuesta de la neurona	Función de salida

RNA

	Cerebro	Computador
Velocidad Procesamiento	10^{-2} seg	10^{-9} seg
Tipo procesamiento	Paralelo	Secuencial
Numero procesadores	10^{11}	Pocos
Conexiones	10000 por neurona	Pocas
Almacenamiento conocimiento	Distribuido	Direcciones fijas
Tipo control de proceso	Auto-organizado	centralizado
Tolerancia a Fallas	Amplia	nula

RNA

Inteligencia Artificial (sistemas expertos)

Enfoque Descendente

Basado en la Psicología, ciencias cognitivas, etc.

Qué hace el ser humano
(cerebro)

Reglas

Sistemas programados

Lógica, conceptos

Arquitectura Von Newman

Redes Neuronales

Enfoque Ascendente

Basado en la Biología

Cómo lo hace el cerebro

Generalización a partir de
ejemplos

Sistemas entrenados

Reconocimiento de patrones

Arquitecturas distribuidas-
paralelas, auto-organización

RED NEURONAL (historia)

- ***El primer modelo matemático sobre el funcionamiento del cerebro (años 40).***

McCulloch y Pitts.

- ***Hebb probó en 1949 que la conectividad del cerebro esta enteramente en evolución de la misma manera que un organismo aprende. Mas adelante, Hebb postuló que la activación repetida de una neurona por otra, a través de una sinápsis en particular, aumenta su conductancia.***

RERED NEURONAL (historia)

- ***Decada 50 los investigadores se confrontaron con el problema de consistencias del modelo al no poder explicar el funcionamiento del cerebro a partir de este.***
- ***Primer modelo sólido fue presentado por Rosenblatt en 1958 (Perceptrón).***
- ***1era RN Comercial (ADALINE) propuesta por WIDROW Y HOFF en 1959***

RED NEURONAL (historia)

- ***1969 MINSKY-PAPERT => determinan problemas del PERCEPTRÓN***
- ***En los años 80, Hopfield, Kohonen, Grossberg y otros han ayudado al avance en esta área.***
- ***Cohen y Grossberg desarrollaron un modelo de poblaciones biológicas y de evoluciones macromoleculares.***

RED NEURONAL (aplicaciones)

- *Tareas cognitivas (reconocimiento de formas, aprendizaje, guía, sistemas expertos, etc.),*
- *Control adaptativo (robótica, inspección automática, etc.),*
- *Procesamiento de conocimiento difuso (sistemas financieros, etc.),*
- *Optimización, predicción, modelado,*
- *Procesamiento de señales, de la visión y de la palabra,*
- *Gestión de la información*

RED NEURONAL (aplicaciones)

- ***Evaluar las probabilidades de formaciones geológicas y petrolíferas.***
- ***Previsión del tiempo.***
- ***Previsión de la evolución de los precios, para valorar los riesgos de los créditos, para interpretar firmas, etc.***
- ***Controlar la producción, que inspeccionan la calidad, etc.***
- ***En el área médica, para diagnosticar y tratar a partir de datos analíticos y/o síntomas,***

NEURONA

- **UNIDAD FUNDAMENTAL DEL SISTEMA NERVIOSO**
- **PROCESADOR DE SEÑALES ELÉCTRICAS Y BIOQUÍMICAS**
- **RECIBE Y COMBINA SEÑALES DESDE MUCHAS NEURONAS**
- **SINAPSIS: UNIDAD FUNCIONAL QUE INTERRELACIONA LAS NEURONAS**
- **POTENCIAL POSTSINÁPTICA: PUEDE SER POSITIVO (EXCITACIÓN) O NEGATIVO (INHIBICIÓN)**
- **NEUROTRANSMISOR: GENERA POLARIZACIÓN PARA LA MEMBRANA POSTSINÁPTICA**

NEURONA

La función de la neurona es transmitir información.

Esa información se transmite en la forma de impulsos nerviosos.

El impulso viaja en una sola dirección: se inicia en las dendritas, se concentra en el soma y pasa a lo largo del axón hacia otra neurona, músculo o glándula.

El impulso nervioso es de naturaleza electroquímica, o sea, que es una corriente eléctrica producida por gradientes de concentraciones de sustancias químicas que tienen cargas eléctricas.

El proceso global de transmisión de un impulso nervioso puede ser dividido en varias fases:

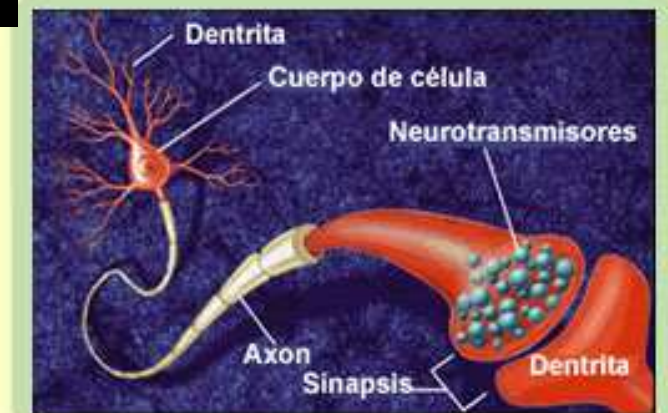
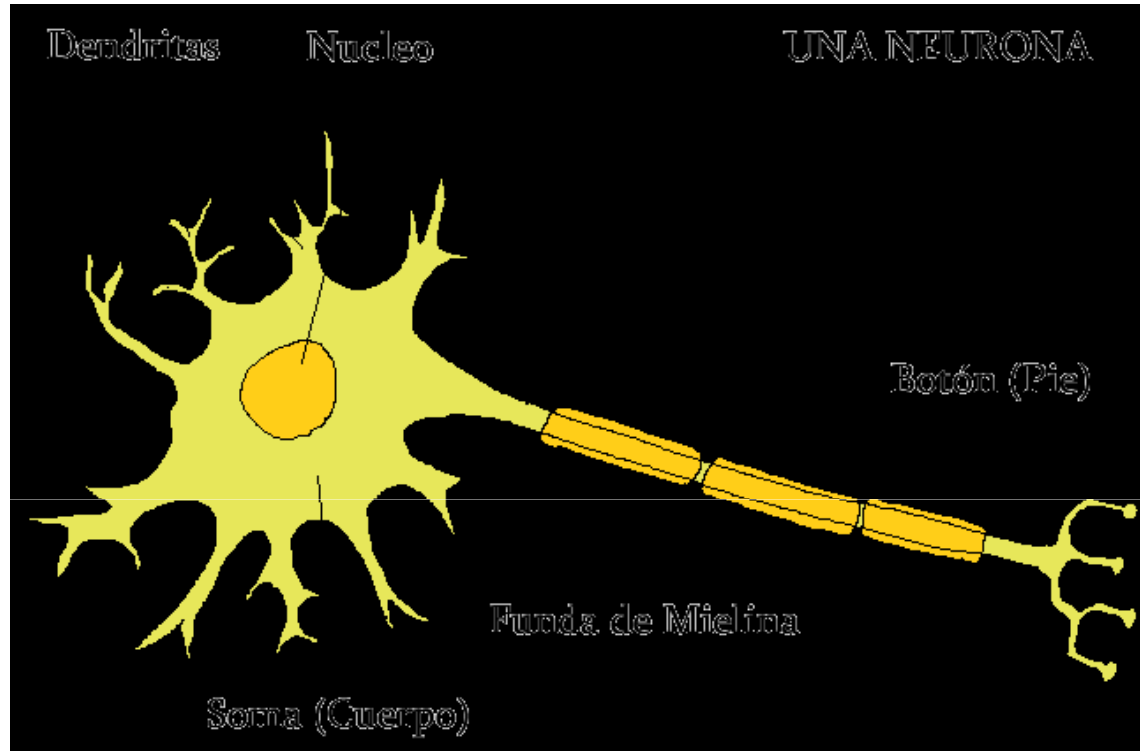
- El potencial de reposo,

- El potencial de acción,

- El desplazamiento del potencial de acción a lo largo del axón y

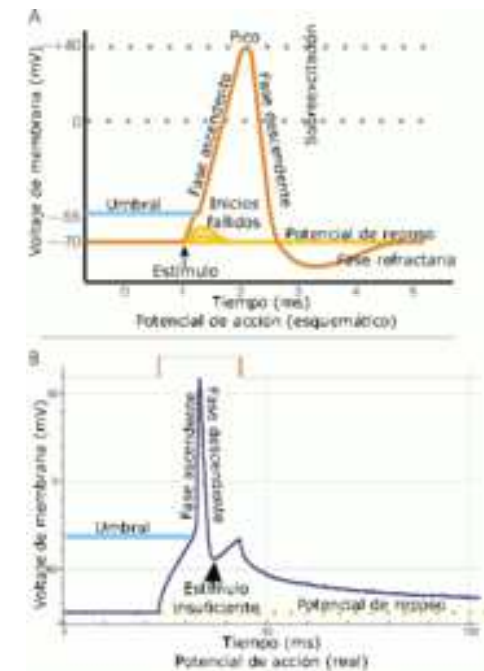
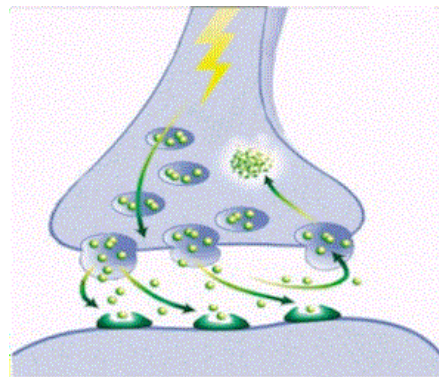
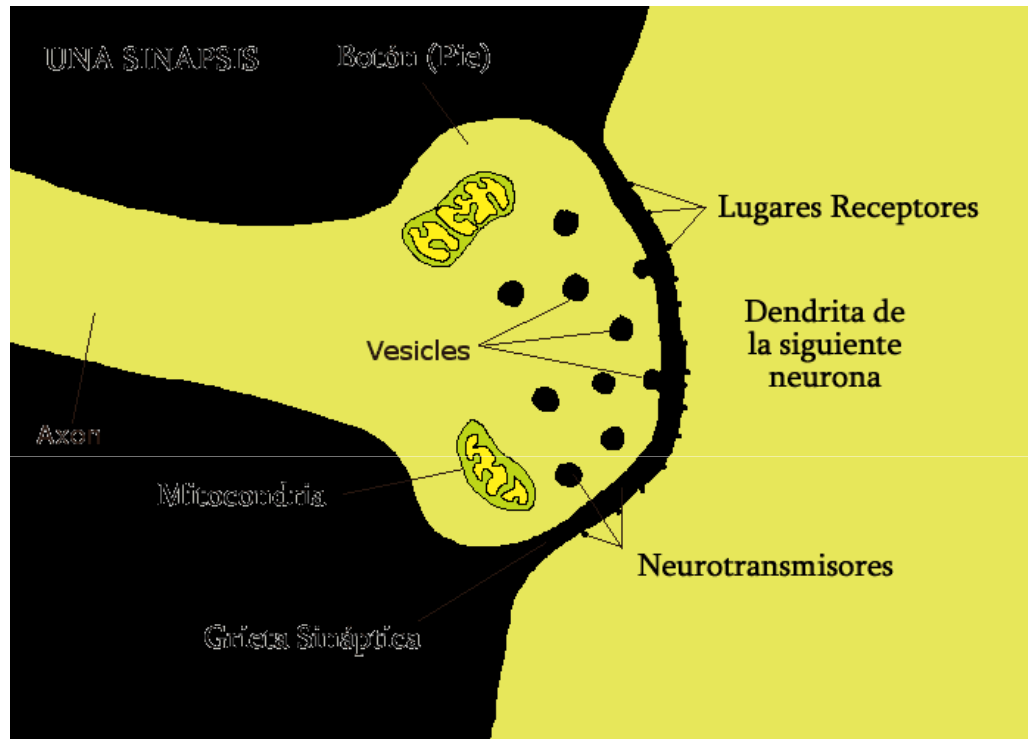
- La transmisión sináptica.

NEURONA

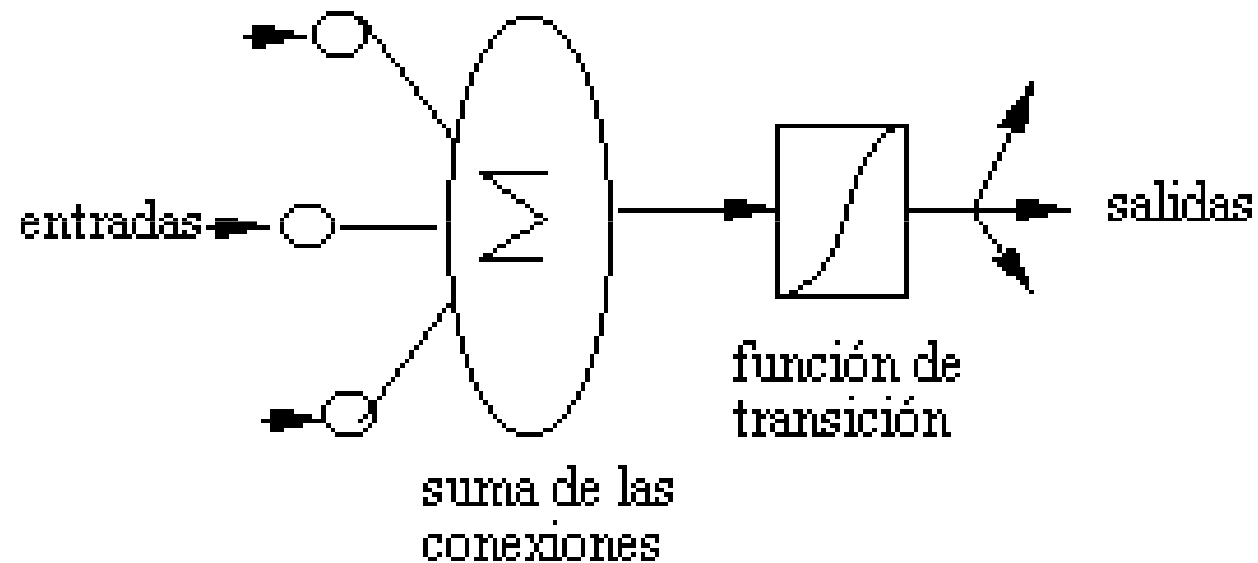


J. AGUILAR

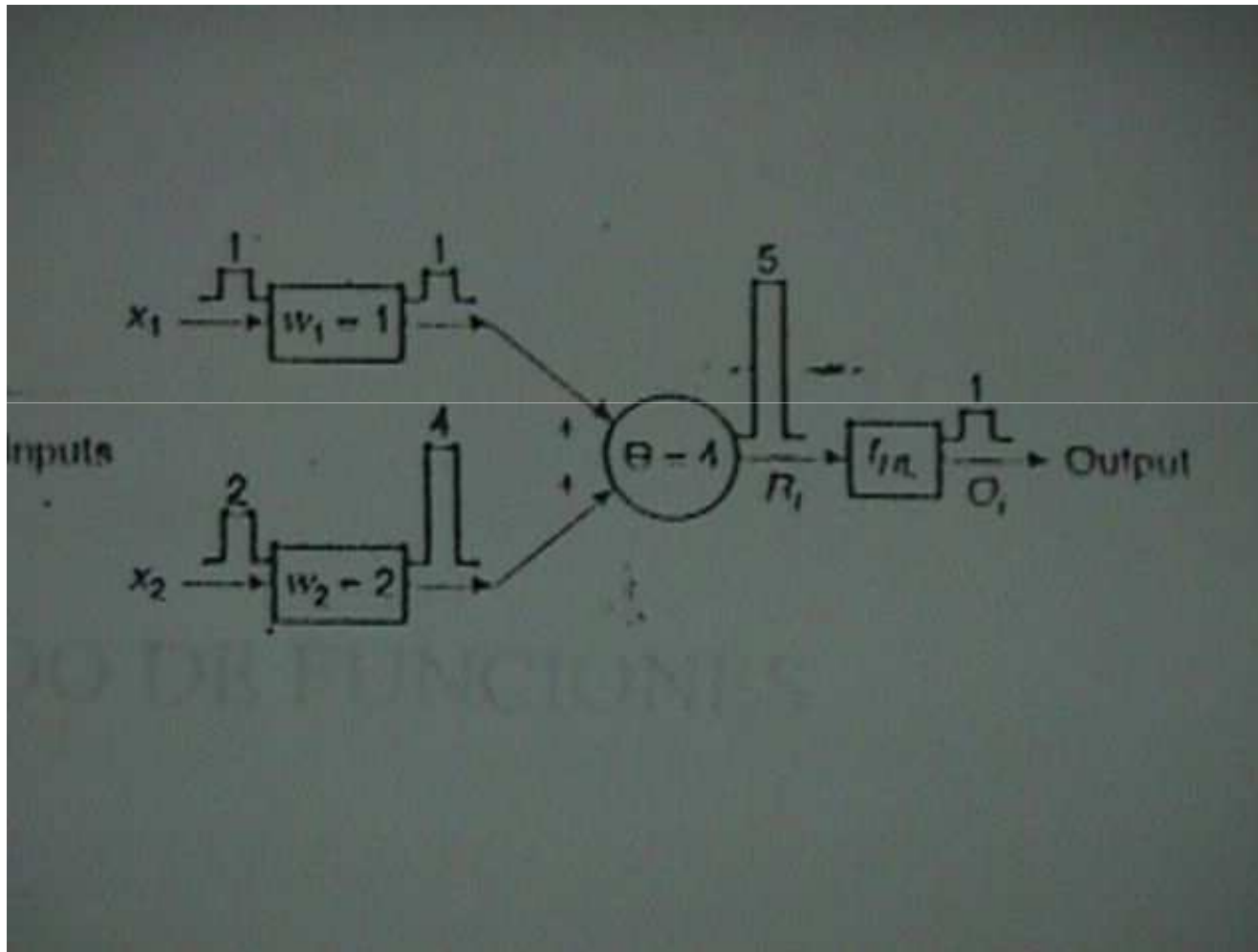
NEURONA



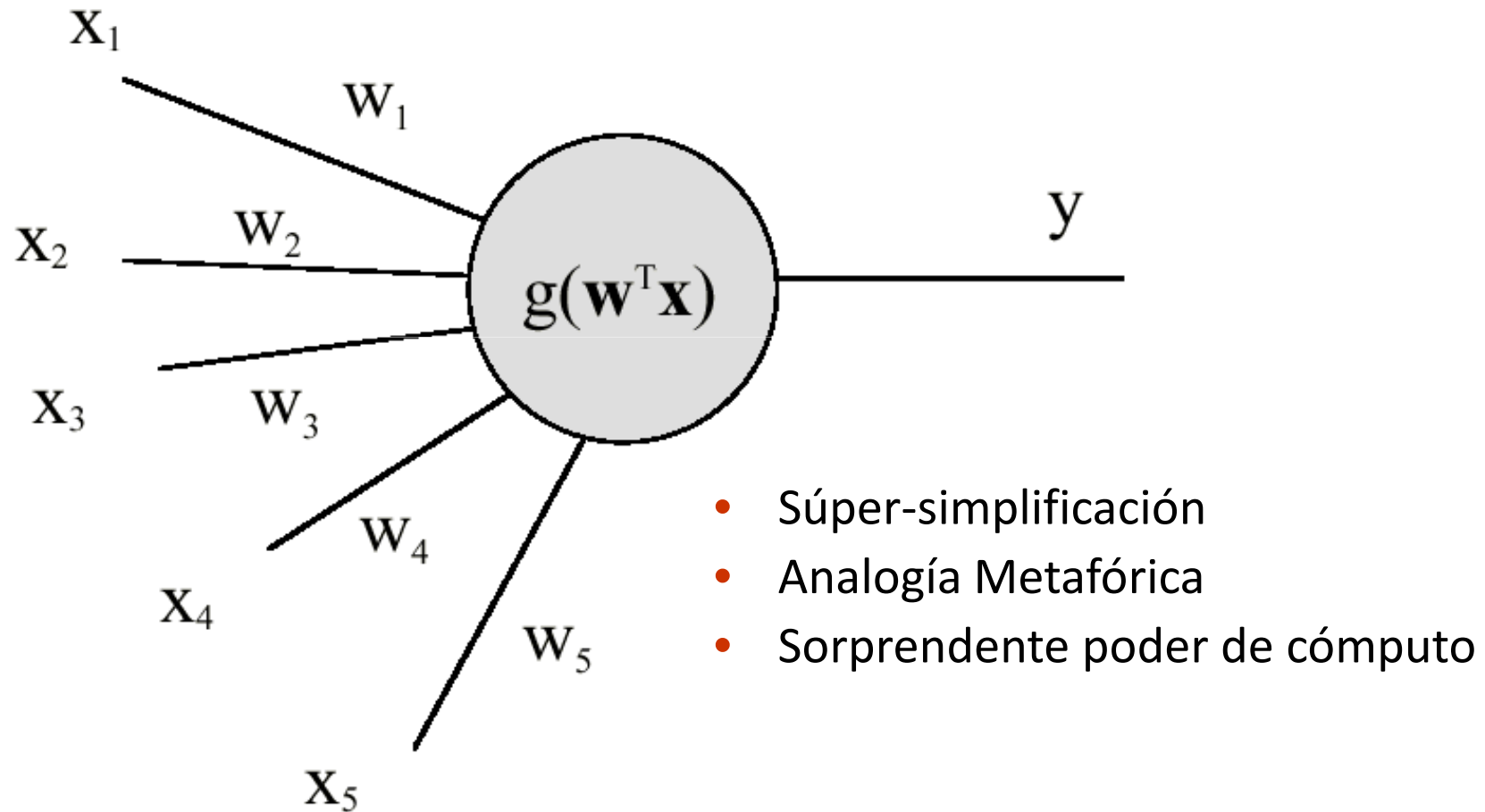
COMO TRABAJA UNA NEURONA



COMO TRABAJA UNA NEURONA

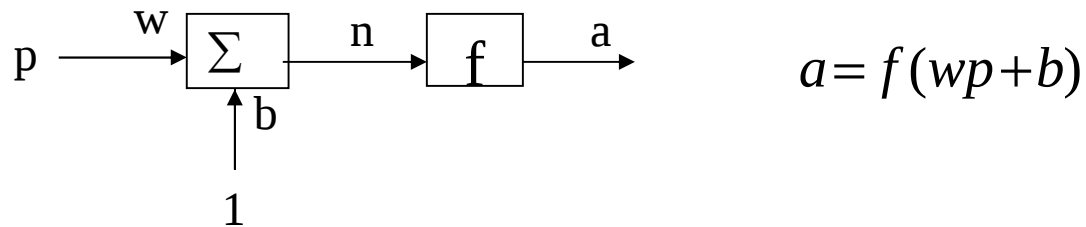


Neuronas Artificiales



Modelo matemático de la neurona

Neurona de una entrada



La entrada escalar p se multiplica por el peso escalar w para formar wp , un término que entra al sumador.

Otra entrada 1 , que se multiplica por un sesgo (offset) b , también va al sumador.

La salida del sumador n , que se conoce como entrada de red va a la función de transferencia f (función de activación), la cual produce la salida escalar a de la neurona.

Correspondencia con la neurona biológica

El peso w se corresponde con el efecto de la sinápsis, el cuerpo de la célula se representa por la sumatoria y la función de transferencia, y la salida a de la neurona representa la señal sobre el axón.

La salida depende de la función de transferencia que se escoja.

El sesgo b es un peso con una entrada constante de valor 1, (se puede omitir).

W y b son los parámetros ajustables de la neurona.

La función de transferencia la escoge el diseñador.

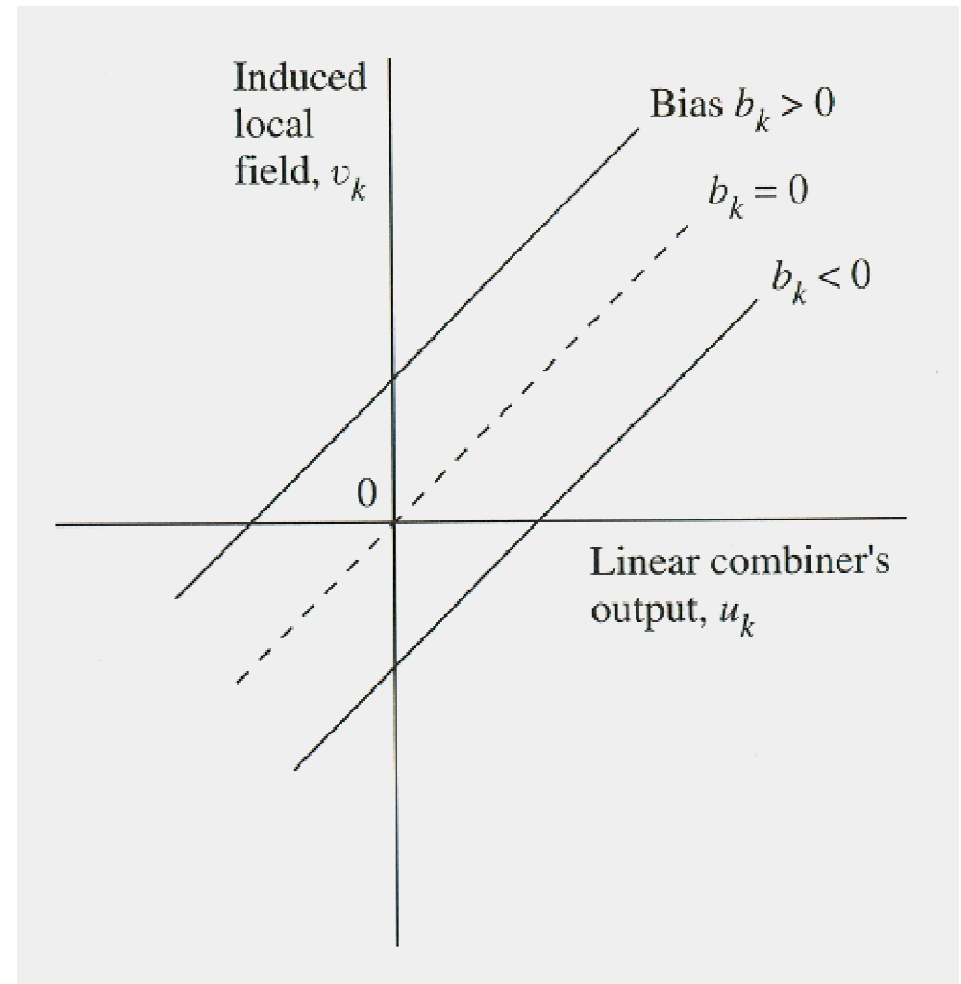
Los parámetros w y b se ajustan de acuerdo a una **regla de aprendizaje** de tal manera que la relación entrada/salida de la neurona debe alcanzar algún objetivo.

Sesgo (Bias)

Se pueden escoger las neuronas con o sin sesgo. El sesgo es una variable extra.

Las redes con sesgo son más poderosas que las que no lo tienen.

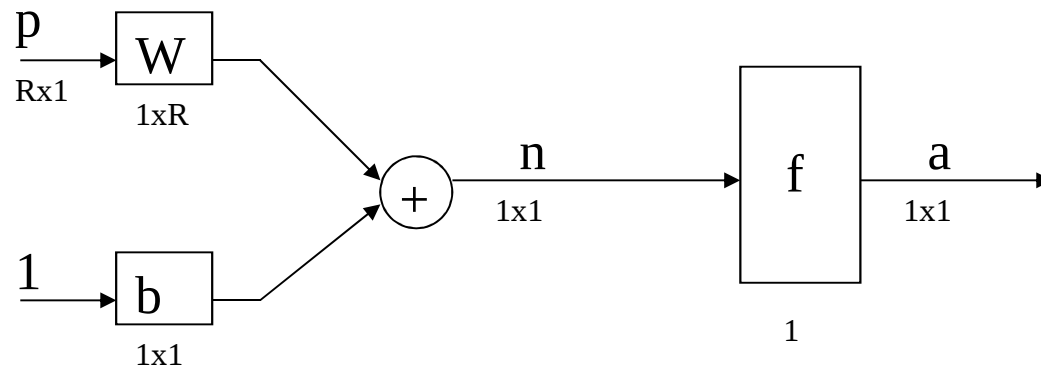
Por ejemplo, una neurona sin sesgo siempre tendrá una entrada de red n cero, cuando las entradas P son cero. En algunos casos esto es no deseable y se puede evitar por el uso del sesgo.



Modelo matemático de la neurona

Neurona de múltiples entradas

Típicamente una neurona tiene más de una entrada.



$$n = w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + \dots + b$$

$$n = Wp + b$$

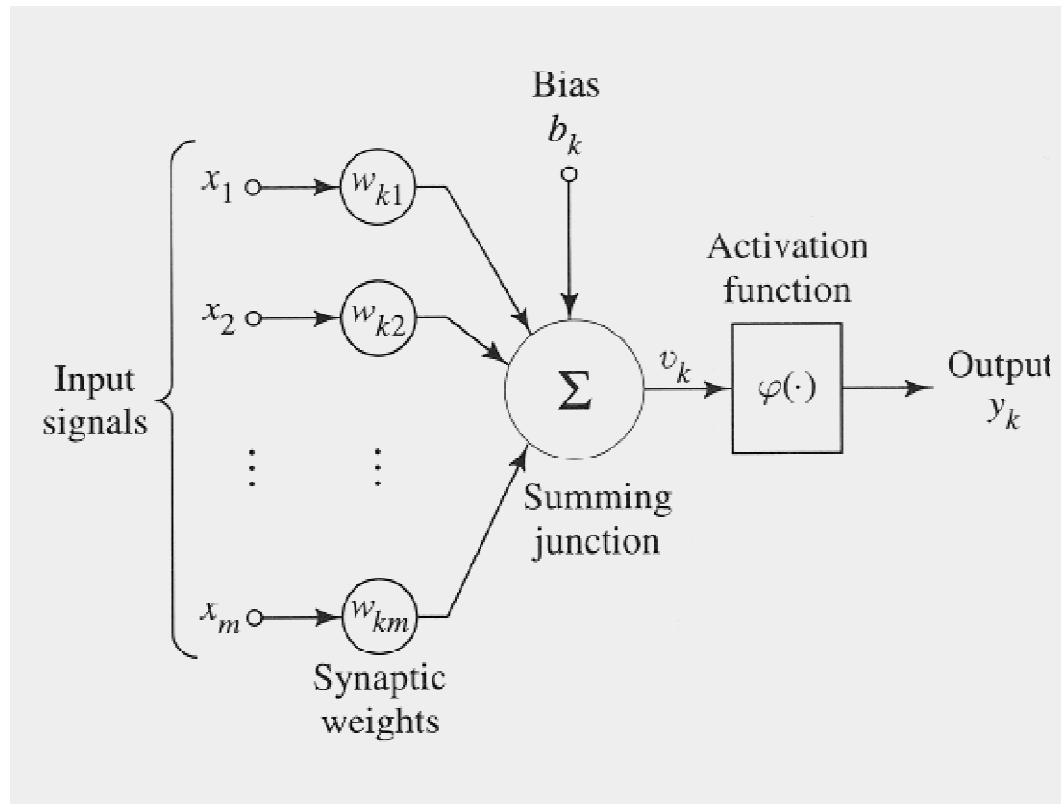
La salida de la neurona se
escribe ahora como:

$$a = f(Wp + b).$$

El número de entradas a la red depende del problema.

Por ejemplo, si se desea predecir las condiciones para volar las entradas podrían ser la temperatura del aire, la velocidad del viento y la humedad (la red necesitará tres entradas).

Modelo de una Neurona



$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

$$v_k = u_k + b_k$$

COMO TRABAJA UNA NEURONA

- ***El estado interno o de activación de las neuronas:*** Los estados del sistema en un tiempo t se representan por un vector $A(t)$. Los valores de activación pueden ser continuos o discretos, limitados o ilimitados

El funcionamiento de una neurona se caracteriza por dos estados: inhibitorio o inactivo y excitatorio o activo, donde la determinación de este estado se da por medio de una función de transferencia.

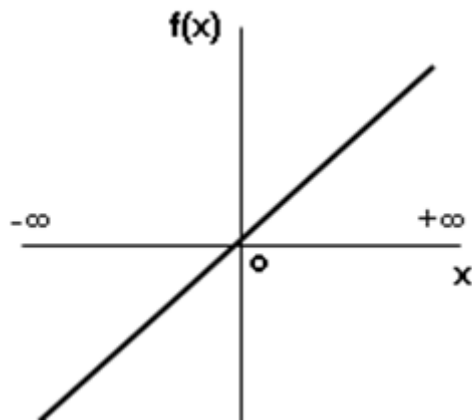
- ***Función de Salida o de Transferencia:*** Asociada con cada unidad hay una función de salida, que transforma el estado actual de activación en una señal de salida. Funciones de transferencia típicas:
 - Función Escalón
 - Función Lineal y Mixta
 - Sigmoidal
 - Función Gaussiana

FUNCIONES DE ACTIVACIÓN

Función identidad o función

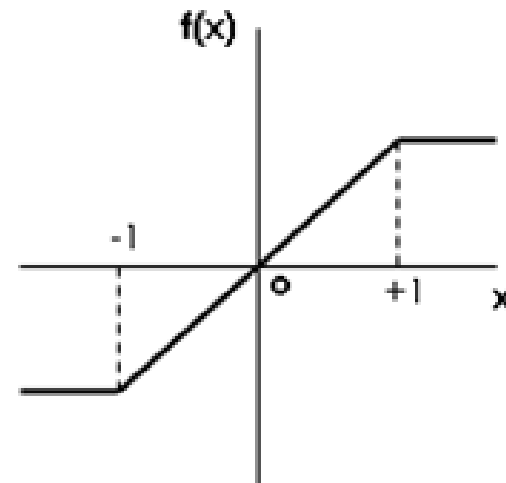
lineal: Es una función continua. La entrada de la neurona es igual a la salida. Su rango es $[-\infty, +\infty]$ y la representación matemática es

$$f(x) = x$$



Función lineal por tramos: Es similar a la función lineal y su rango es $[-1, +1]$.

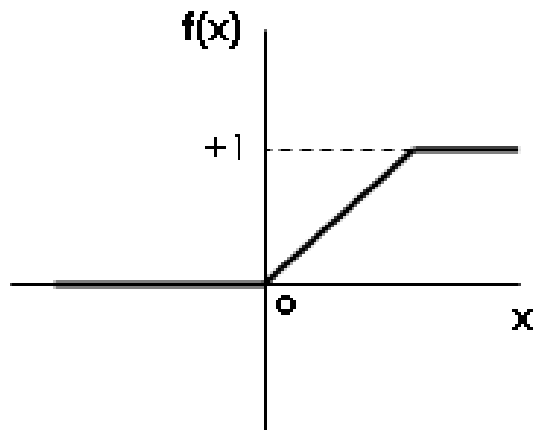
$$f(x) = \begin{cases} -1, & x < -1 \\ x, & -1 \leq x \leq +1 \\ +1, & x > +1 \end{cases}$$



FUNCIONES DE ACTIVACIÓN

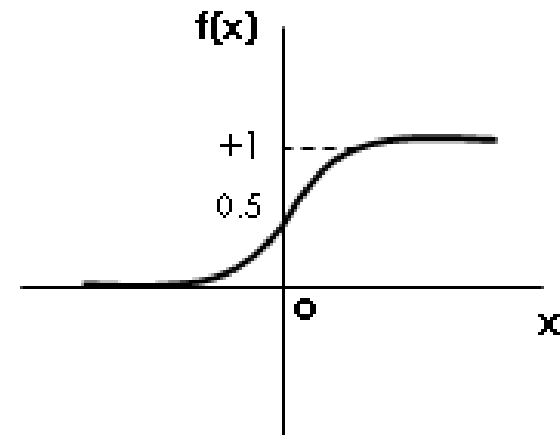
Función escalón: es una función discreta que puede tomar los valores entre 0 y 1. También se le denomina función paso.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$



Función logística o sigmoideal: es una función continua acotada entre 0 y 1. Este tipo de función es comúnmente utilizada en problemas de predicción.

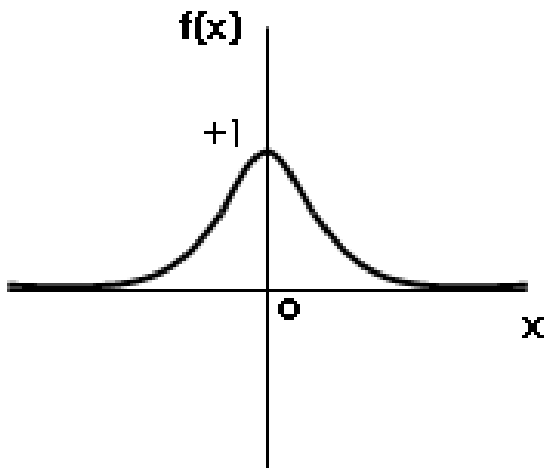
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



FUNCIONES DE ACTIVACIÓN

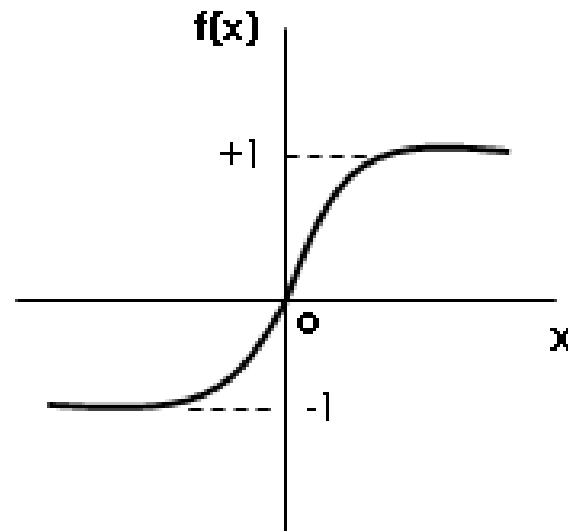
Función gaussiana: es una función continua acotada entre 0 y 1. Se emplea en Redes Neuronales de Funciones de Base Radial.

$$f(x) = Ae^{-Bx^2}$$



Función tangencial hiperbólica: es una función continua acotada similar a la sigmoidea, pero el rango es $[-1, +1]$.

$$f(x) = \tanh(x)$$



Estructura de una RNA

Las conexiones entre las neuronas.

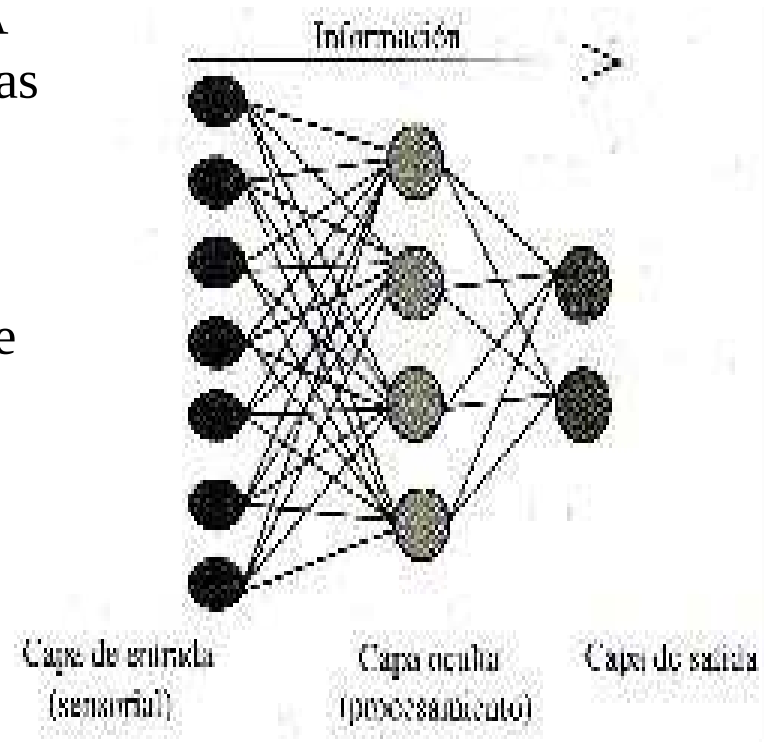
La conectividad entre los nodos de una RNA esta relacionada con la forma en que la salidas de las neuronas están canalizadas para convertirse en entradas de otras neuronas.

Las conexiones que unen a las neuronas que forman una RNA tiene asociado un peso, que es el que hace que la red adquiera conocimiento

Formas de conexión entre neuronas:

- Conexión autorrecurrente
- Propagación hacia delante
- Propagación hacia atrás

Las conexiones con el ambiente.



COMO TRABAJA UNA NEURONA

- ✓ *Tipo de Asociación entre las Informaciones de Entrada y Salida:* Las RNA son sistemas que almacenan cierta información aprendida; esta información se registra de forma distribuida en los pesos asociados a las conexiones entre neuronas de entrada y salida.

AL APLICARLE UNA ENTRADA LA RN RESPONDE CON UNA SALIDA ASOCIADA A DICHA INFORMACIÓN DE ENTRADA

- ✓ Este mecanismo da lugar a dos tipos de RNA:
 - **Red Heteroasociativa:** es aquella que computa cierta función, entre un conjunto de entradas y un conjunto de salidas, correspondiendo a cada posible entrada una determinada salida.
 - **Red Autoasociativa:** es una red cuya misión es reconstruir una determinada información de entrada que se presenta incompleta o distorsionada.

MEMORIAS ASOCIATIVAS

HETEROASOCIATIVAS:

- 1. RED APRENDE PAR DE DATOS (A_i , B_i)***
- 2. SI SE PRESENTA A_i , RN RESPONDE B_i***
- 3. POR LO MENOS DOS CAPAS***
- 4. TODOS LOS TIPOS DE APRENDIZAJE***

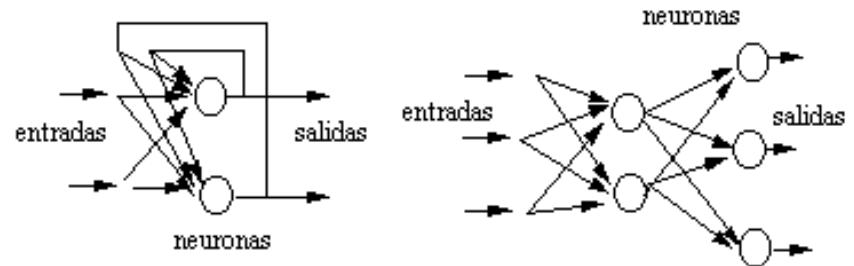
MEMORIAS ASOCIATIVAS

AUTOASOCIATIVA

- 1. RED APRENDE A_i***
- 2. SI SE PRESENTA A_i , RN RESPONDE A_i***
- 3. ASOCIA INFORMACION DE ENTRADA CON LO MAS PARECIDO QUE TENGA GUARDAD***
- 4. PUEDE SER DE 1 CAPA***
- 5. APRENDIZAJE NO SUPERVISADO $\Rightarrow 0$
CONEXIONES RECURRENTE Y/O LATERALES***

COMO TRABAJA UNA NEURONA

- ***La regla de propagación***



- ***La topología o arquitectura de la red:*** La topología de una red neuronal artificial es una estructura que está determinada por el número de capas y la conexión entre ellas.

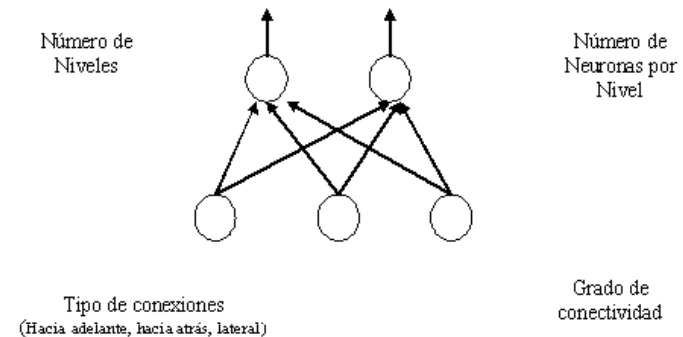
- conexión total (todas las neuronas interconectadas)
- conexión parcial (por ejemplo, las redes de capas).

- ***La regla de aprendizaje:***

El aprendizaje puede ser comprendido como la modificación de comportamiento inducido por la interacción con el entorno y como resultado de experiencias conduce al establecimiento de nuevos modelos de respuesta a estímulos externos.

Topología o arquitectura

- ✓ **Niveles o capas de Neuronas:** En general las neuronas se suelen agrupar en unidades estructurales que se denominan capas. El conjunto de una o mas capas constituye la red neuronal. Se distinguen tres tipos de capas: de entrada, de salida y ocultas.



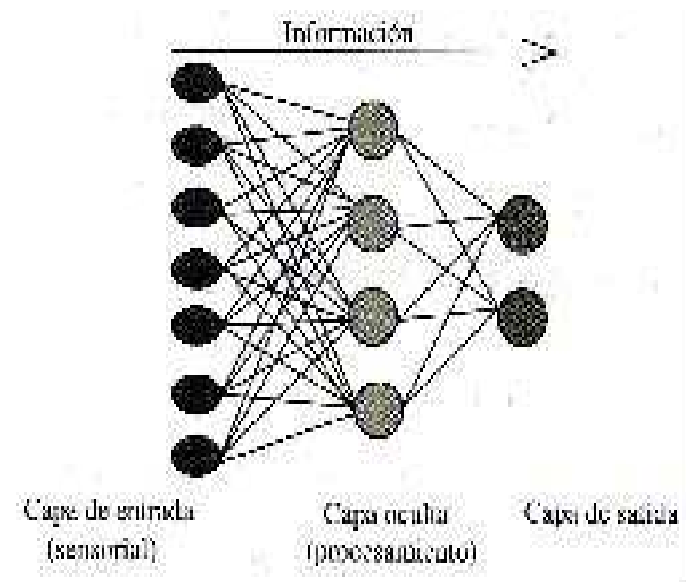
Parámetros de una RNA

Redes monocapa: son redes con una sola capa. Para unirse las neuronas crean conexiones laterales, cruzadas o autorrecurrentes entre las neuronas que pertenecen a la única capa que constituye la red

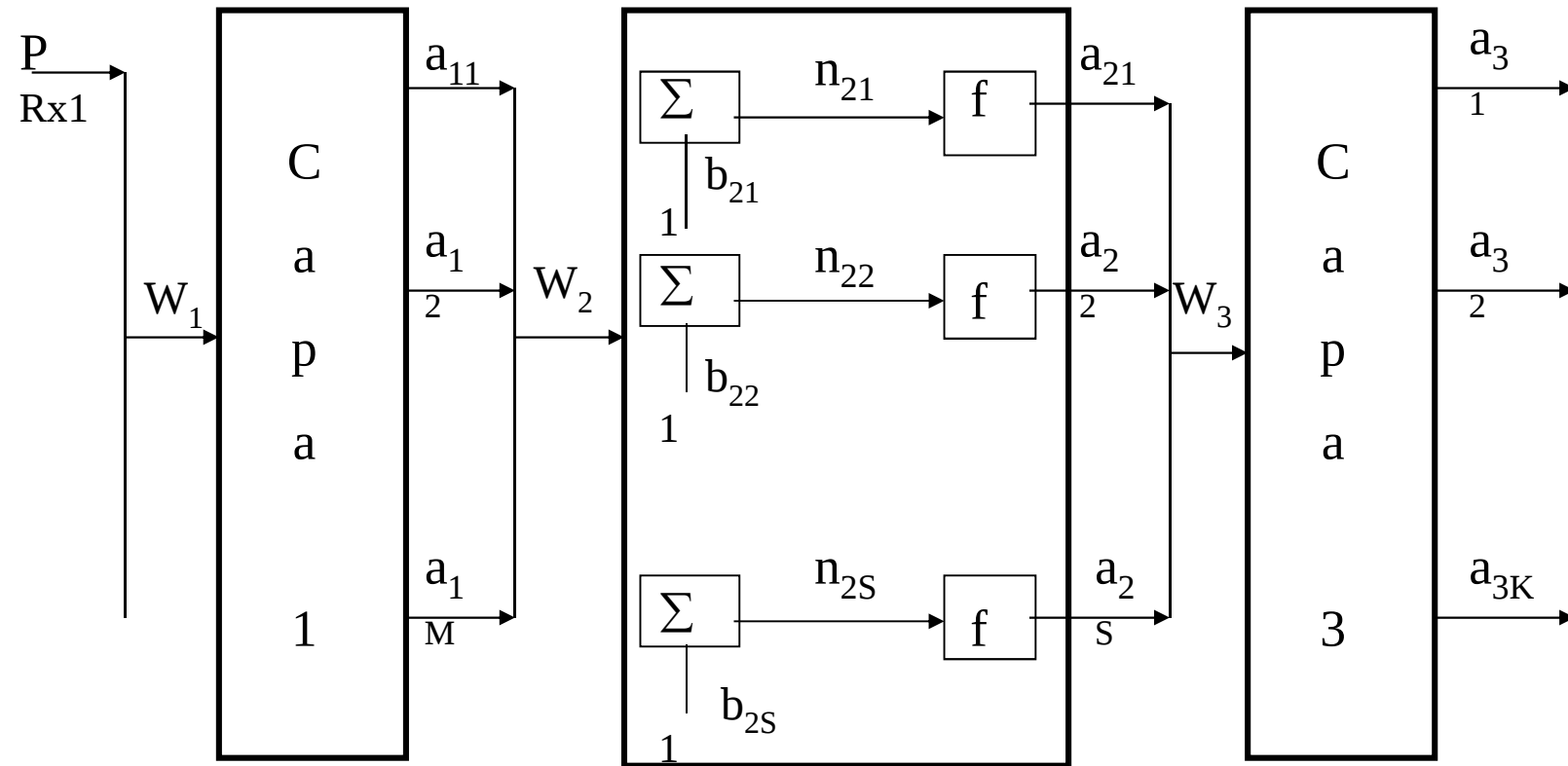
Redes multicapas: son una generalización de las anteriores donde existe un conjunto de capas intermedias entre la entrada y la salida llamadas capas ocultas. Disponen de conjuntos de neuronas agrupadas en varios niveles o capas.

RNA Multicapa

- ✓ Número de niveles o capas.
- ✓ Número de neuronas por nivel.
- ✓ Patrones de conexión intra-nivel inter-nivel.
- ✓ Flujo de Información.



Múltiples capas de neuronas



Múltiples capas de neuronas

En una red con varias capas, cada capa tiene su propia matriz de pesos W , su propio vector de sesgo b , un vector de entradas de red n y un vector de salidas a .

Hay R entradas, M neuronas en la primera capa, S neuronas en la segunda capa, K neuronas en la tercera.

Las salidas de la capa uno son las entradas para la capa dos, etc. En consecuencia, la capa 2 se puede pensar como una red de una capa con $R = M$ entradas, y S neuronas y una matriz de pesos con dimensiones $S \times M$.

Una capa cuya salida es la salida de la red, se llama capa de salida. Las otras capas se llaman capas ocultas.

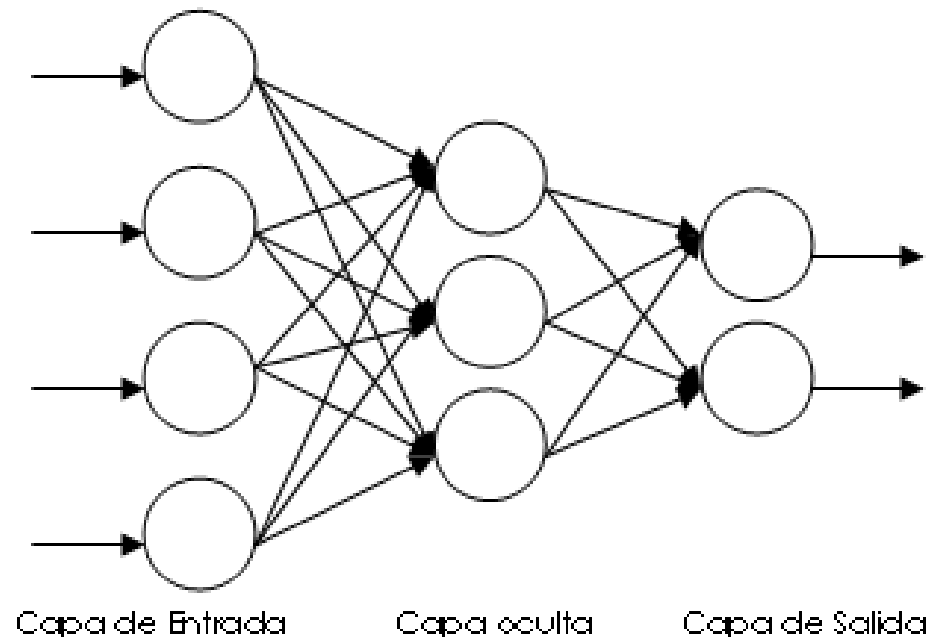
Las redes multicapas son más poderosas que las redes de una capa. Por ejemplo, una red de dos capas, con la primera capa sigmoideal y la segunda lineal, se puede entrenar para aproximar gran cantidad de funciones.

RNA Multicapa

Capa de Entrada: está constituida por los nodos de entrada, que reciben directamente la información de las fuentes externas a la red.

Capas Ocultas: no tienen contacto con el exterior ya que se encuentran ubicadas entre la capa de entrada y la capa de salida. La cantidad de capas ocultas dependerá del problema en estudio y deben especificarse en la arquitectura.

Capa de Salida: está constituida por los nodos que transfieren la información a la salida de la red y de acuerdo al tipo de problema en estudio se determinará el número de neuronas de salida.



Escogencia de arquitecturas

El número de entradas y salidas de una red está determinado por especificaciones del problema.

Si hay cuatro variables externas, hay cuatro neuronas que reciben esas entradas.

Si hay siete salidas de la red, deben haber siete neuronas en la capa de salida.

Las características deseadas de las señales de salida de la red, ayudan a seleccionar la función de transferencia para la capa de salida.

Hay pocos problemas para los cuales se puede predecir el número de neuronas óptimo en una capa oculta. Todo un campo de investigación.

Para resolver muchos problemas el número de capas usado es de dos o tres.
Lo contrario es raro.

Conexión entre neuronas

Propagación hacia adelante: son aquellas donde la propagación de las señales se efectúa en un solo sentido, es decir, de los nodos de salida de una capa hacia los nodos de entrada de la siguiente capa; por ende no hay retroalimentaciones.

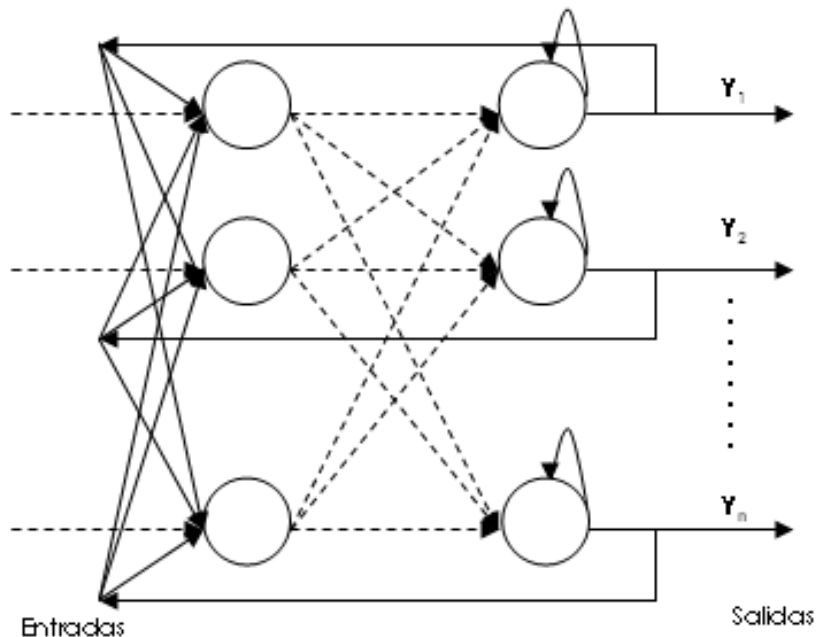
Propagación hacia atrás: Se caracteriza por la existencia de lazos de retroalimentación, es decir, la salida de las neuronas de una capa pueden ser entrada de las neuronas de la misma capa o de capas anteriores. Pueden ser:

Redes recurrentes

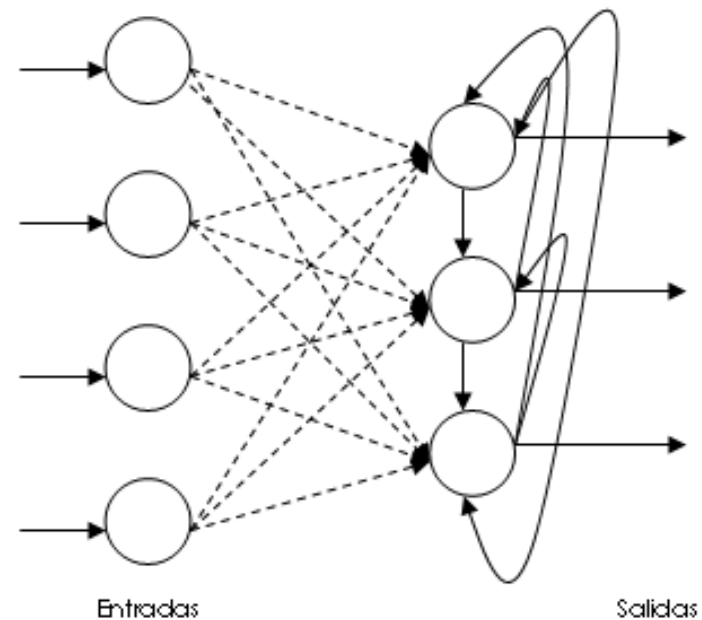
Redes de alimentación lateral

Conexión entre neuronas

Redes recurrentes: son aquellas redes donde la salida de un nodo es la entrada del mismo nodo, son redes de propagación hacia atrás con lazos cerrados.



Redes de alimentación lateral: se caracterizan porque las salidas de las neuronas pueden ser entradas de neuronas de la misma capa.



Modelos Neuronales

BUSQUEDA DE LA MEJOR EMULACION CEREBRAL

PROGRAMA DISTRIBUIDO DE ALMACENAMIENTO DE SINAPSIS

ALGUNOS MODELOS

PERCEPTRON

BOLTZMAN

HOPFIELD

KOHONEN

ART (ADAPTIVE RESONANCE THEORY)

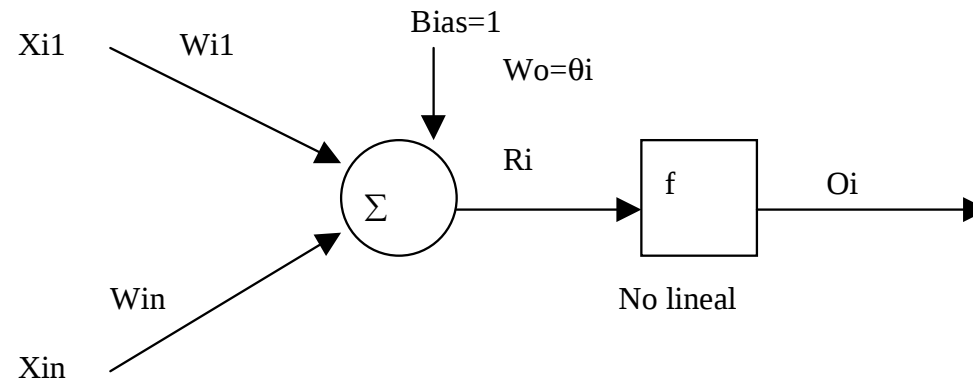
ADALINE

RBF (RADIAL BASIC FUNCTION)

M ODELO NEURONAL ALEATORIO

Y MUCHOS MAS

MODELO DE McCULLOCH-PITTS

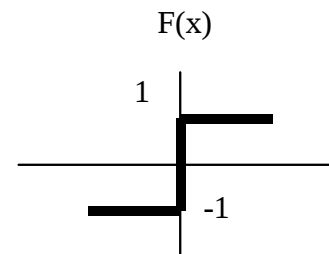
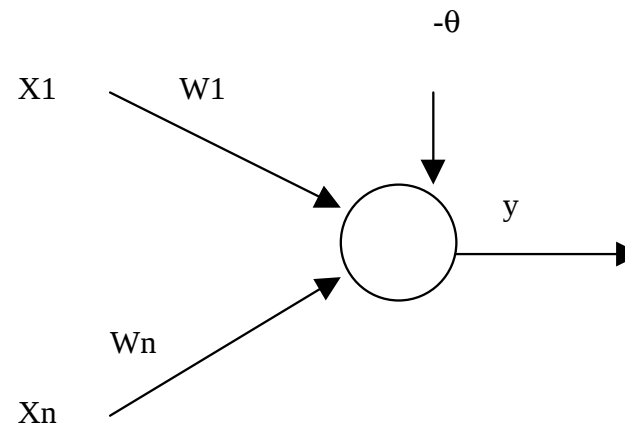


$$O_i = f\left(\sum_{j=1}^N (x_{ij} w_{ij}) - \Theta_i\right)$$

PERCEPTRÓN

- 1^{ER} MODELO DE RED DE NEURONAS ARTIFICIALES (ROSEMBLATT 1958)
- APRENDE PATRONES SENCILLOS (2 CLASES)
- DOS CAPAS Y CAPA DE SALIDA CON 1 NEURONA

- ✓ Es un modelo unidireccional compuesto por dos capas de neuronas, una de entrada y otra de salida, con 1 neurona.
- ✓ Se aplica en el calculo del AND, OR, XOR, pero no resuelve el OR-exclusivo



$$Y = F(\sum W_i X_i - \theta)$$

PERCEPTRÓN

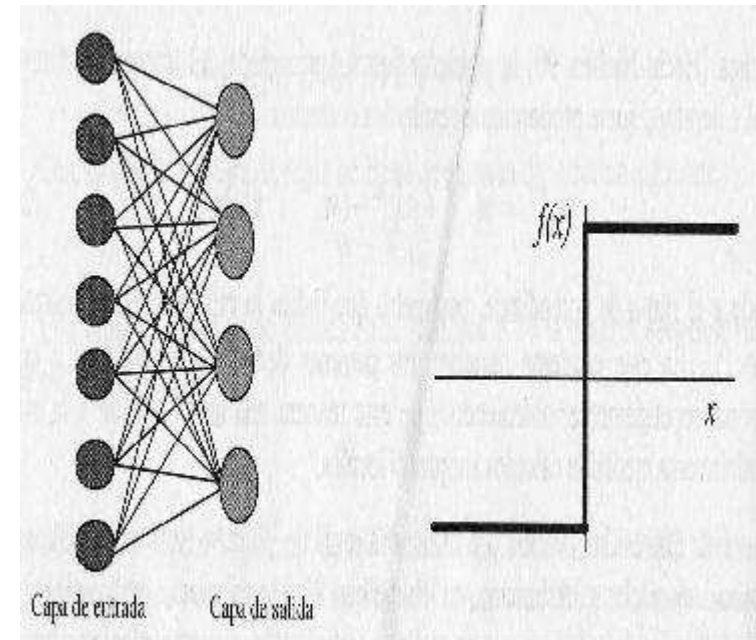
- REGIONES QUE INDICA A QUE PATRÓN PERTENECE CADA CLASE SEPARADAS POR UN HIPERPLANO

=> PATRONES SEPARABLES GEOMÉTRICAMENTE

=> DOS ENTRADAS LINEA RECTA

$$x_2 = w_1 x_1 / w_2 + \theta / w_2$$

=> TRES ENTRADAS PLANO

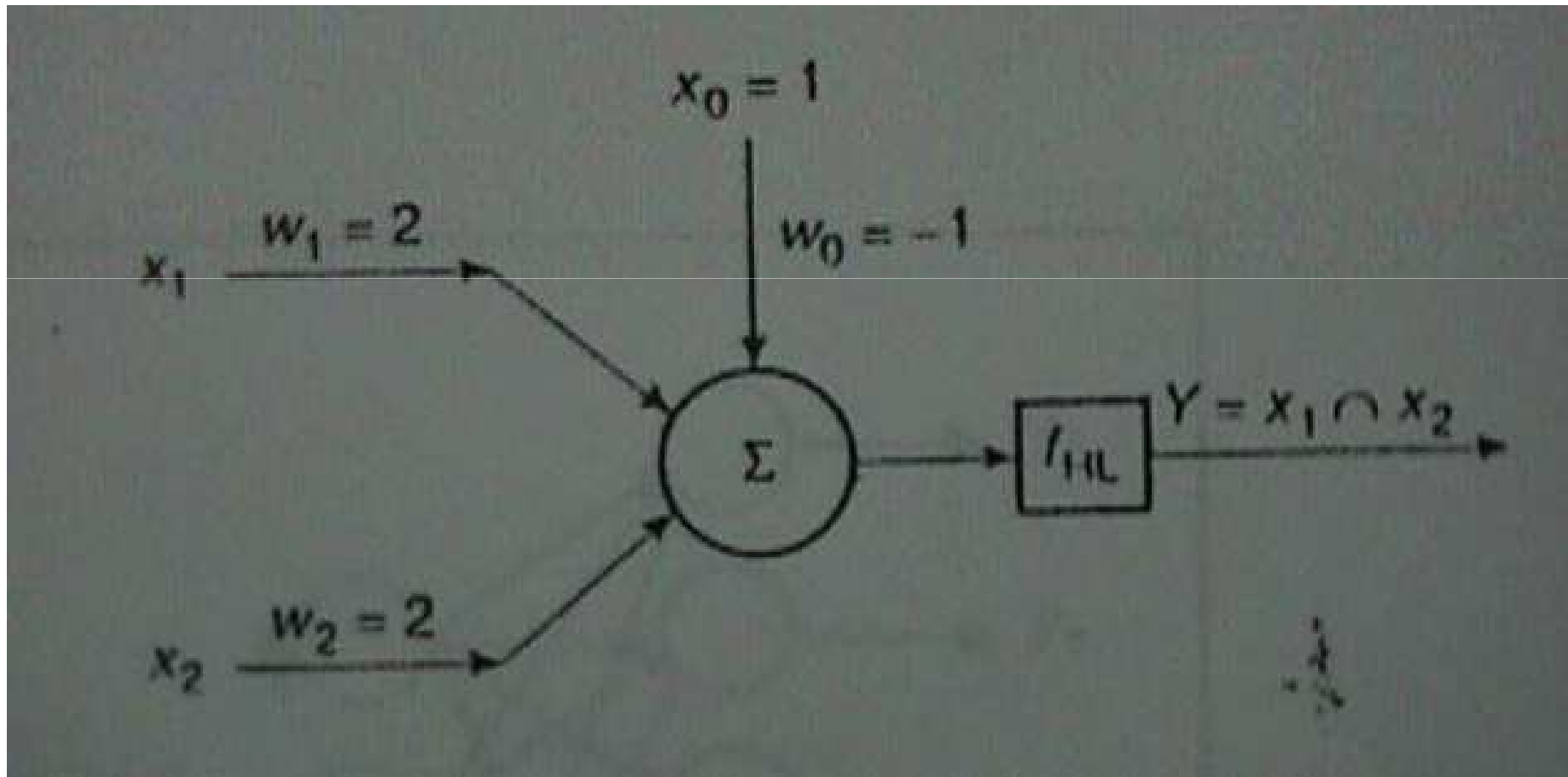


PERCEPTRÓN

- APRENDIZAJE: SUPERVISADO
- ALGORÍTMO:
 1. INICIAR PESO Y UMBRAL
 2. PRESENTAR PAR ENTRADA-SALIDA
 3. CALCULAR SALIDA ACTUAL
 $Y(t)$
 4. ADAPTAR LOS PESOS
 $W_i(t) = W_i(t) + \alpha[d(t) - Y(t)]X_i(t)$
HASTA QUE $d(t) - y(t)^2$ valor pequeño
 5. REGRESAR AL PASO 2

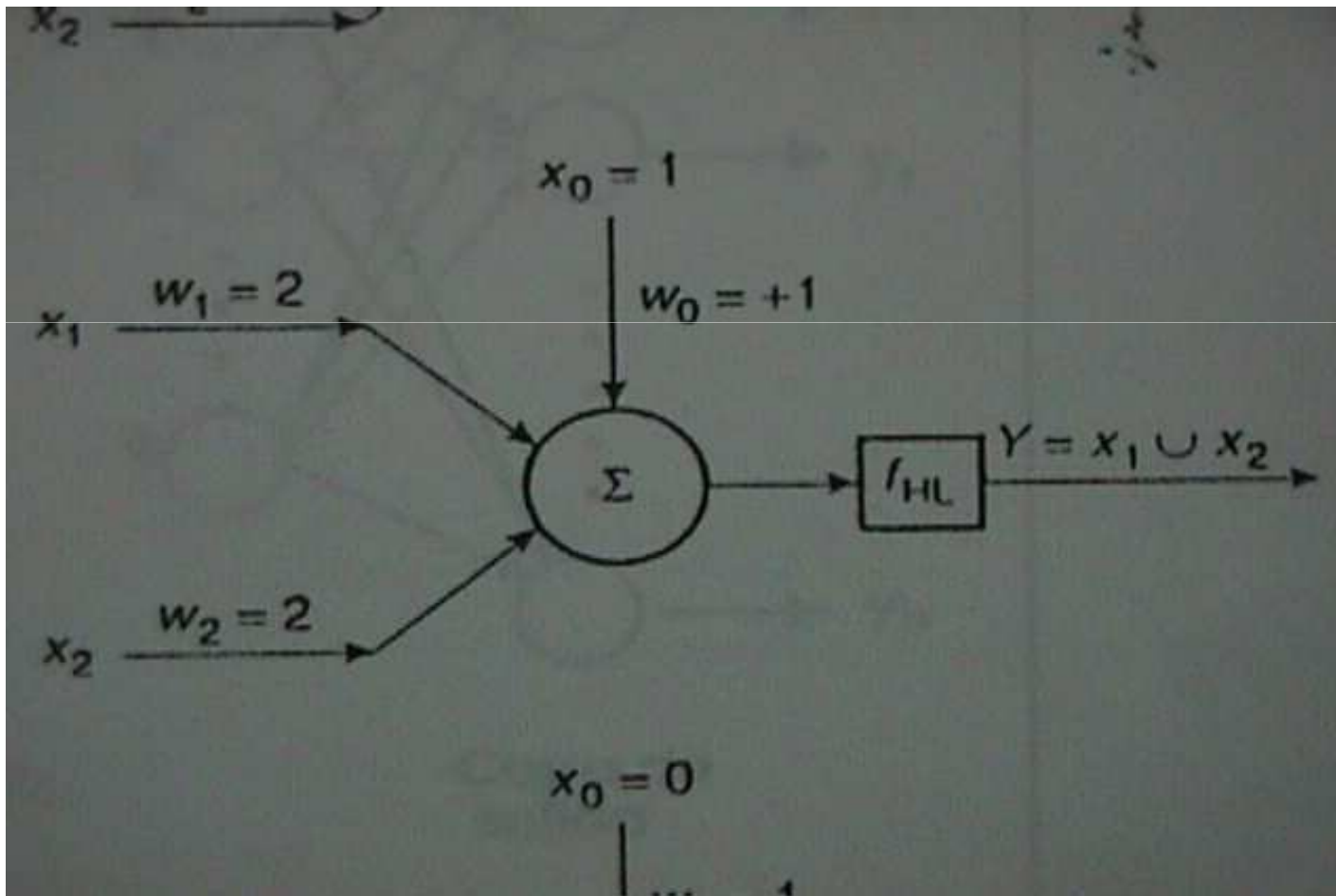
PERCEPTRÓN (APLICACIÓN)

CÁLCULO DEL AND



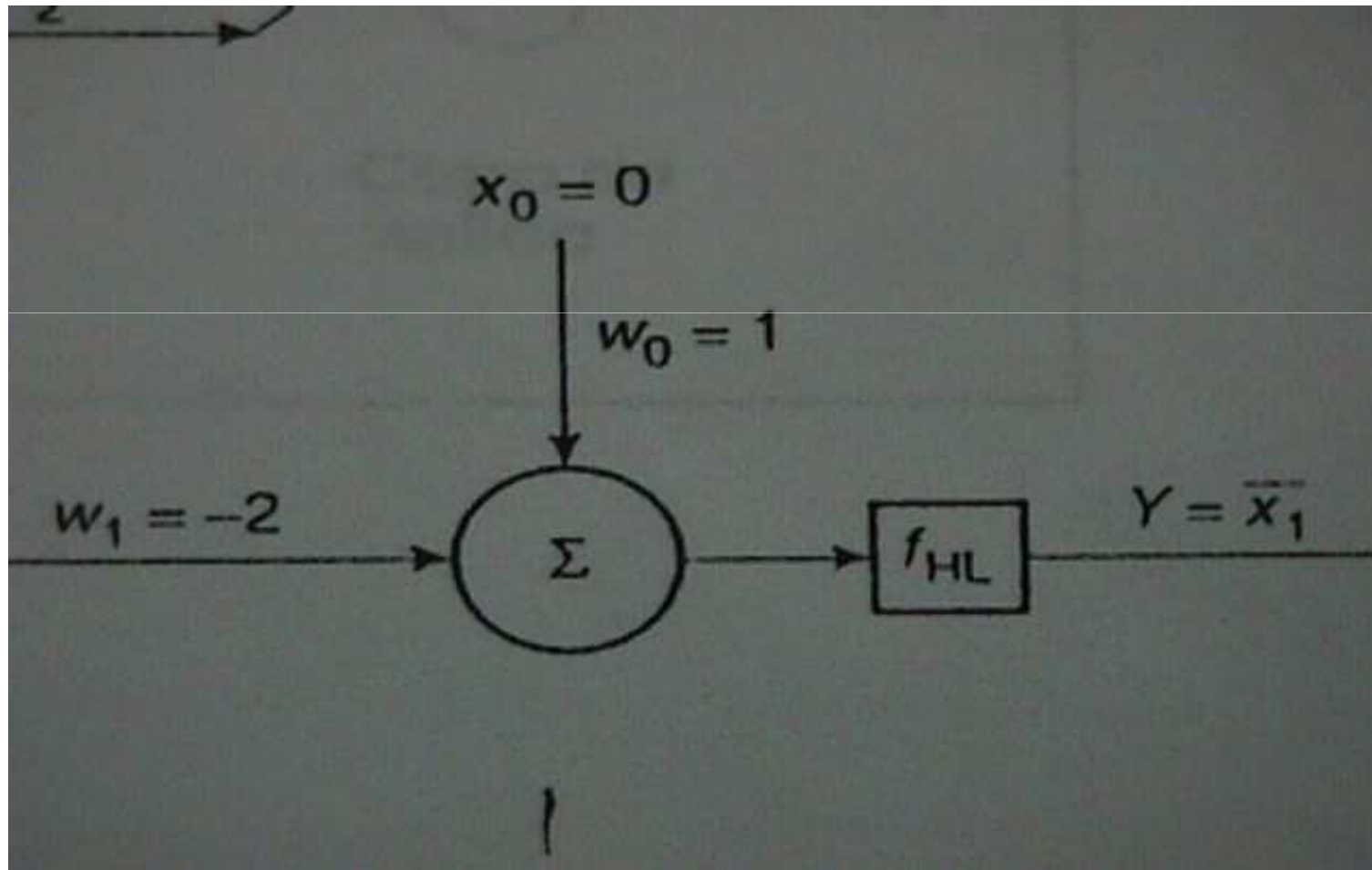
PERCEPTRÓN (APLICACIÓN)

CÁLCULO DEL OR



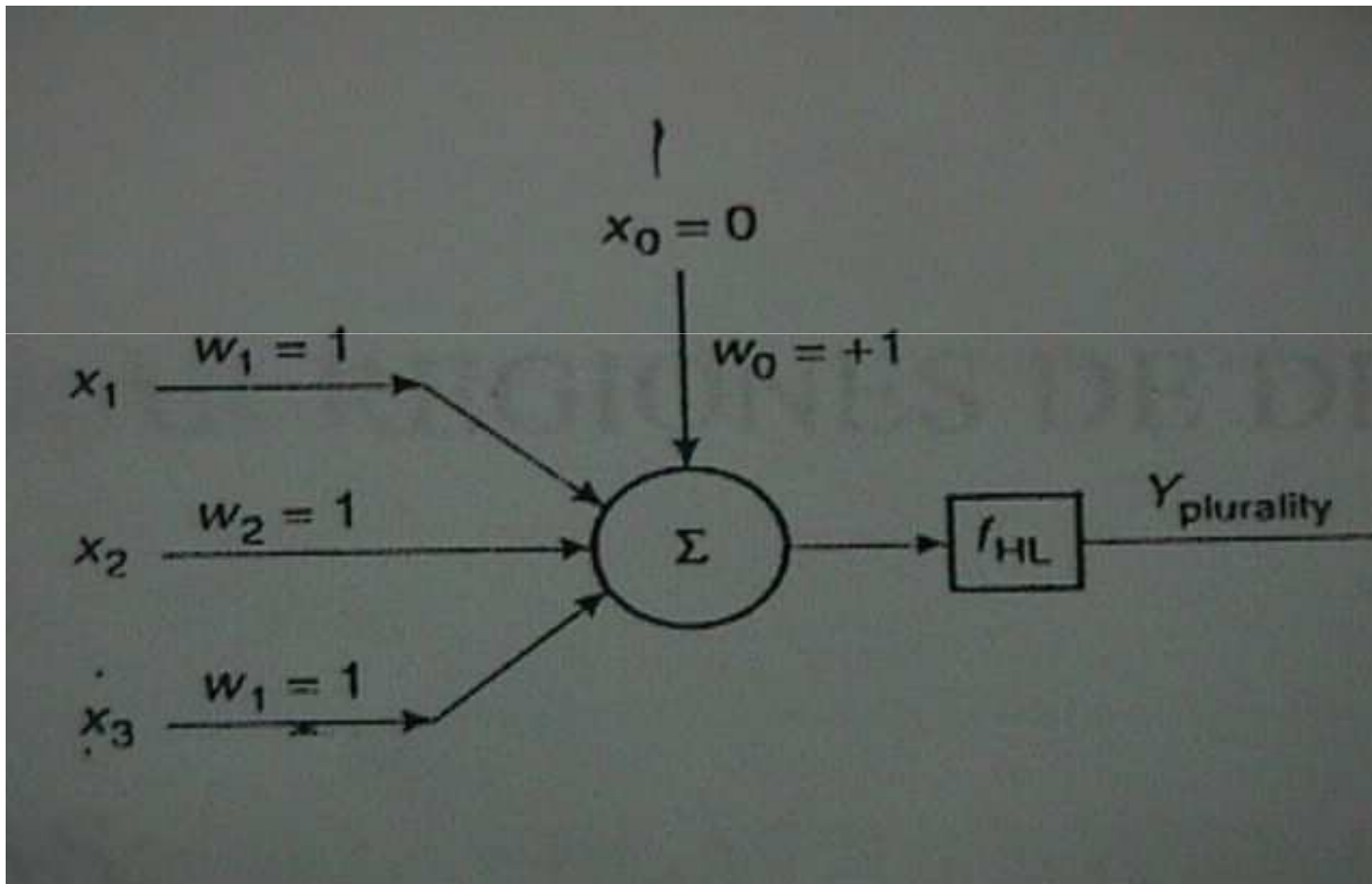
PERCEPTRÓN (APLICACIÓN)

CÁLCULO DEL NOT



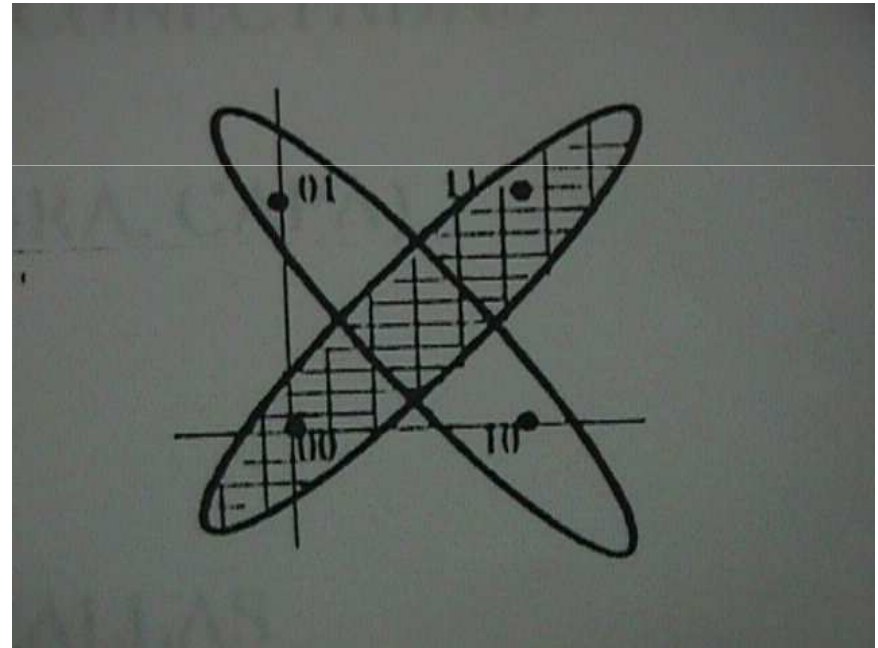
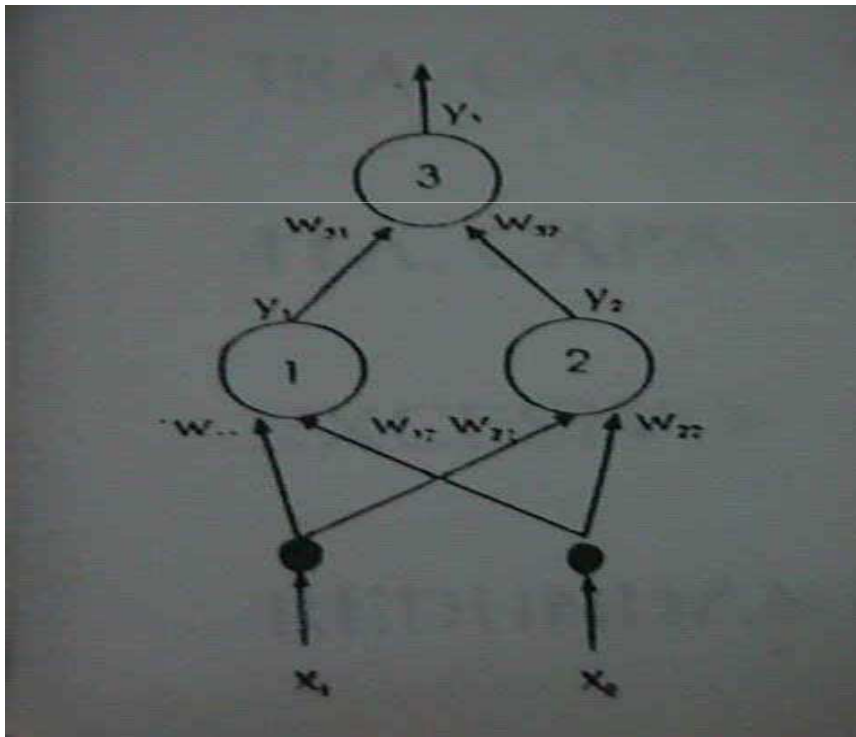
PERCEPTRÓN (APLICACIÓN)

CÁLCULO DEL $X_1 \cup X_2 \cup X_3$



PERCEPTRÓN (APLICACIÓN)

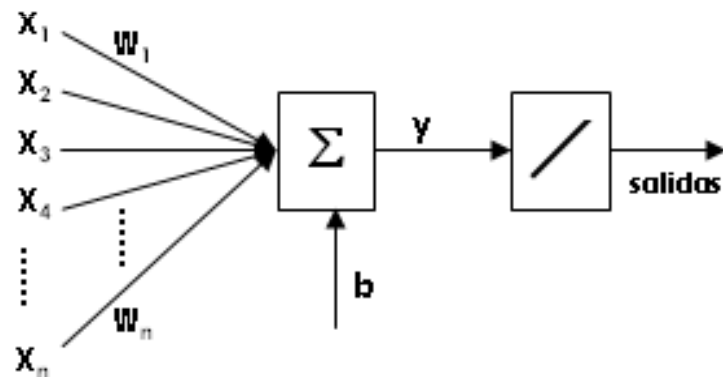
RESOLUCIÓN PROBLEMA XOR



Arquitecturas de RNAs

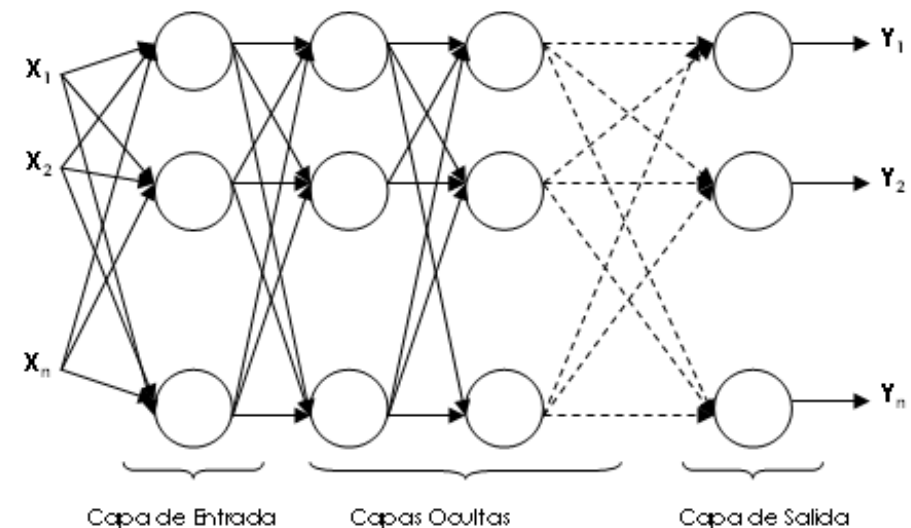
Redes Lineales. Sus principales características son:

- Función de transferencia lineal.
- Algoritmo de entrenamiento que tiene en cuenta la magnitud del error.
- Aproximan funciones lineales.



Redes Perceptrónicas Multicapa (MLP).

Son comúnmente utilizadas para predicción, codificación de información, reconocimiento de caracteres, entre otros. La topología de una MLP está constituida por una capa de entrada, un conjunto de capas ocultas y una capa de salida, conectadas en secuencia.

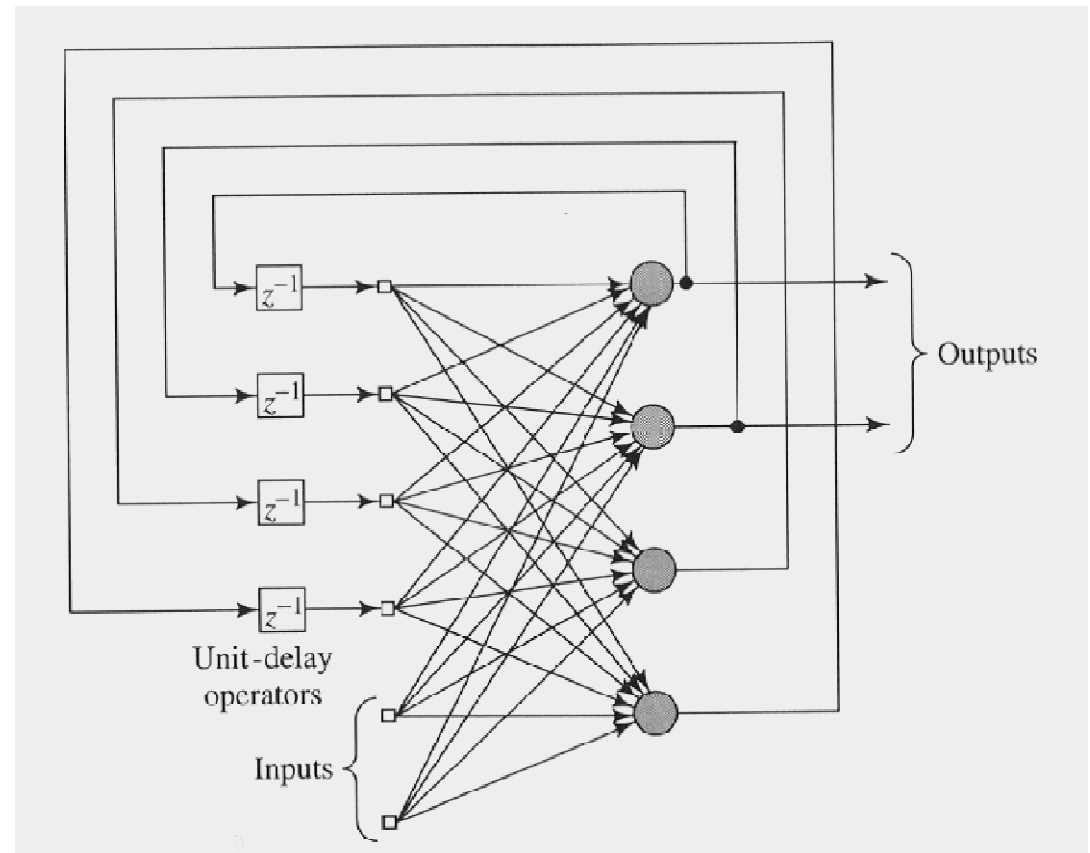
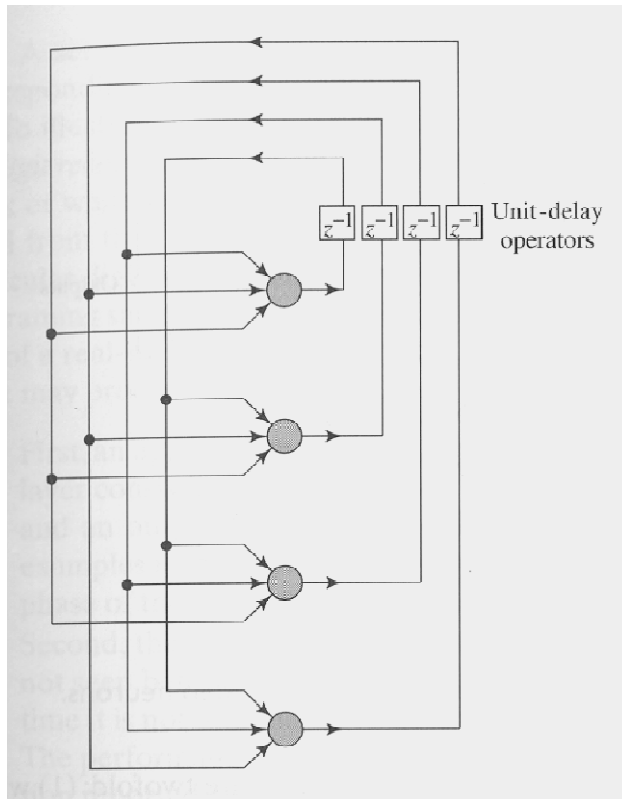


PERCEPTRÓN MULTINIVEL

- PROPAGACIÓN HACIA DELANTE
- CON CUATRO CAPAS PUEDE GENERAR REGIONES DE DECISION SUFICIENTEMENTE COMPLEJAS
- NÚMERO DE NEURONAS POR CAPAS:
 - 2da. CAPA = NÚMERO REGIONES DESCONECTADAS
 - 3ra. CAPA $> 3 \times$ (NÚMERO NEURONA 2da. CAPA)
- EXCESIVO $\Rightarrow$ RUIDO
- REDUNDANTE $\Rightarrow$ TOLERANTE A FALLAS

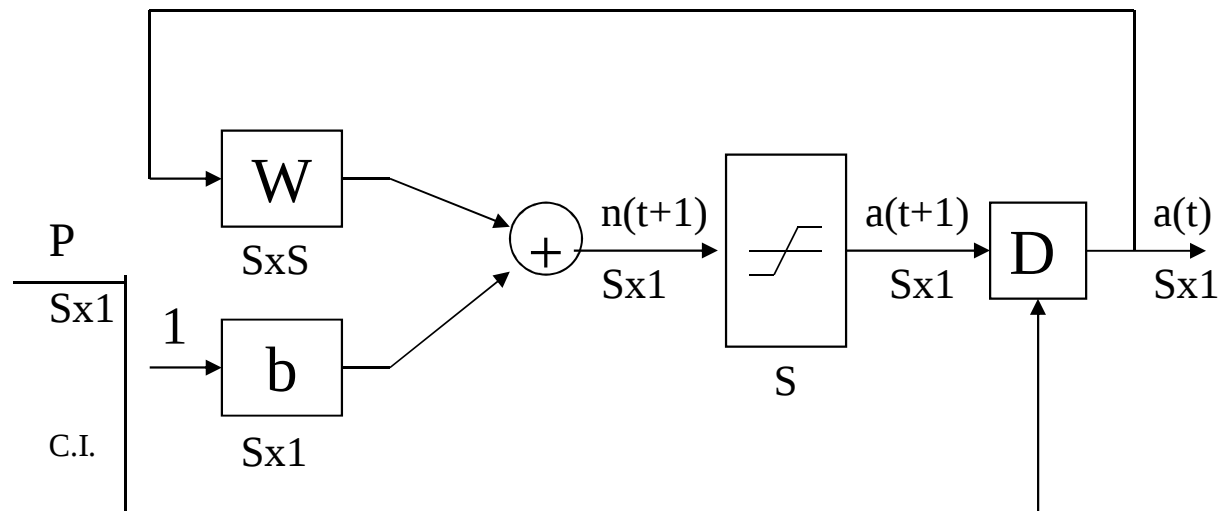
Arquitecturas de RNAs

- Redes Recurrentes



Redes Recurrentes

Una red recurrente es una red con retroalimentación, donde algunas de sus salidas están conectadas a sus entradas.



$$a(0)=P$$

$$a(t+1) = \text{satlins}(Wa(t)+b)$$

Redes Recurrentes

En esta red el vector p proporciona las condiciones iniciales ($a(0)=p$).

Las salidas futuras de la red se calculan de las salidas pasadas:

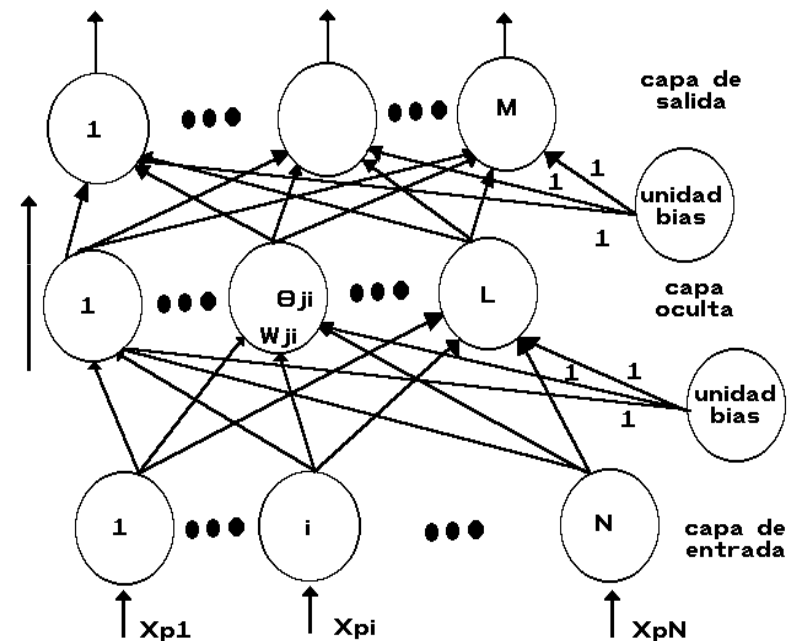
$$a(1) = \text{satlins}(Wa(0)+b)$$

$$a(2) = \text{satlins}(Wa(1)+b)$$

Las redes recurrentes son potencialmente más poderosas que las redes de conexión hacia adelante y pueden exhibir comportamiento temporal.

Backpropagation

- ✓ Fue propuesto por Rumelhart, Hinton y Williams, 1986.
- ✓ Aprendizaje pares de Entrada- Salida.
- ✓ Capacidad de autoadaptación pesos capas escondidas
- ✓ Al aplicar un patrón a la entrada de la red como estímulo, este se propaga desde la primera capa a través de las capas superiores de la red, hasta generar una salida.
- ✓ Se aplica en la codificación de información, traducción de texto en lenguaje hablado, clasificación de señales electrocardiográficas y en la comprensión y descompresión de los datos.



Modelo de Backpropagation

**CAPACIDAD DE AUTOADAPTACIÓN PESOS CAPAS ESCONDIDAS
=> GENERALIZACIÓN**

BACKPROPAGATION

- **ALGORÍTMO:**
 1. INICIAR PESOS
 2. PRESENTAR PAR ENTRADA-SALIDA
 3. CALCULAR SALIDA RED

CAPA OCULTA:

$$net_{nj}^k = \sum_{i=1}^N w_{ji}^k x_{pi} + \Theta_j^k \quad ; y_{nj} = f_j^k(net_{nj}^k)$$

n: capa n-esima

p: patrón p

j: neurona j de la capa n

BACKPROPAGATION

CAPA SALIDA:

$$net_{pk}^o = \sum_{i=1}^I w_{ij}^o y_{ji} + \Theta_k^o$$
$$y_{pk} = f_k^o(net_{pk}^o)$$

o: capa de salida

4. CALCULAR ERROR PARA TODAS LAS NEURONAS

CAPA DE SALIDA:

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk}) f_k^o'(net_{pk}^o)$$

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk}) \quad f_k^o = 1$$

$$\delta_{pk}^o = (d_{pk} - y_{pk}) * y_{pk}(1 - y_{pk}) \quad f_k^{o'} = f_k^o(1 - f_k^o) = y_{pk}(1 - y_{pk})$$

f_k^o' derivable lineal sigmoidal

BACKPROPAGATION

CAPA OCULTA

$$\delta_{Rj}^k = f_j^k(\text{net}_{Rj}^k) \sum_k \delta_{Pk}^o w_{Rj}^o$$

$$\delta_{Rj}^k = x_{Rj}(1 - x_{Rj}) \sum_k \delta_{Pk}^o w_{Rj}^o$$

5. ACTUALIZAR PESOS

CAPA SALIDA

$$w_{Rj}^o(t+1) = w_{Rj}^o(t) + \Delta w_{Rj}^o(t+1) \quad ;$$

$$\Delta w_{Rj}^o(t+1) = \alpha \delta_{Pk}^o y_{Rj}$$

CAPA OCULTA

$$w_{ji}^k(t+1) = w_{ji}^k(t) + \Delta w_{ji}^k(t+1)$$

$$\Delta w_{ji}^k(t+1) = \alpha \delta_{Rj}^k x_{Pi}$$

BACKPROPAGATION

6. REPETIR PROCESO HASTA QUE

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M e_{pk}^2$$

M: número neuronas salidas
PARA CADA PATRÓN

BACKPROPAGATION (aplicación)

- COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE DATOS

