UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Introducción a la Inteligencia Artificial

Jose Aguilar

COMPUTACIÓN INTELIGENTE

METODOLOGÍA COMPUTISTA QUE TIENE LA HABILIDAD DE APRENDER O TRATAR NUEVAS SITUACIONES.

ELLA FRECUENTEMENTE ES DISEÑADA PARA EMULAR UNO O MAS ASPECTOS DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS O SOCIALES

¿POR QUE COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

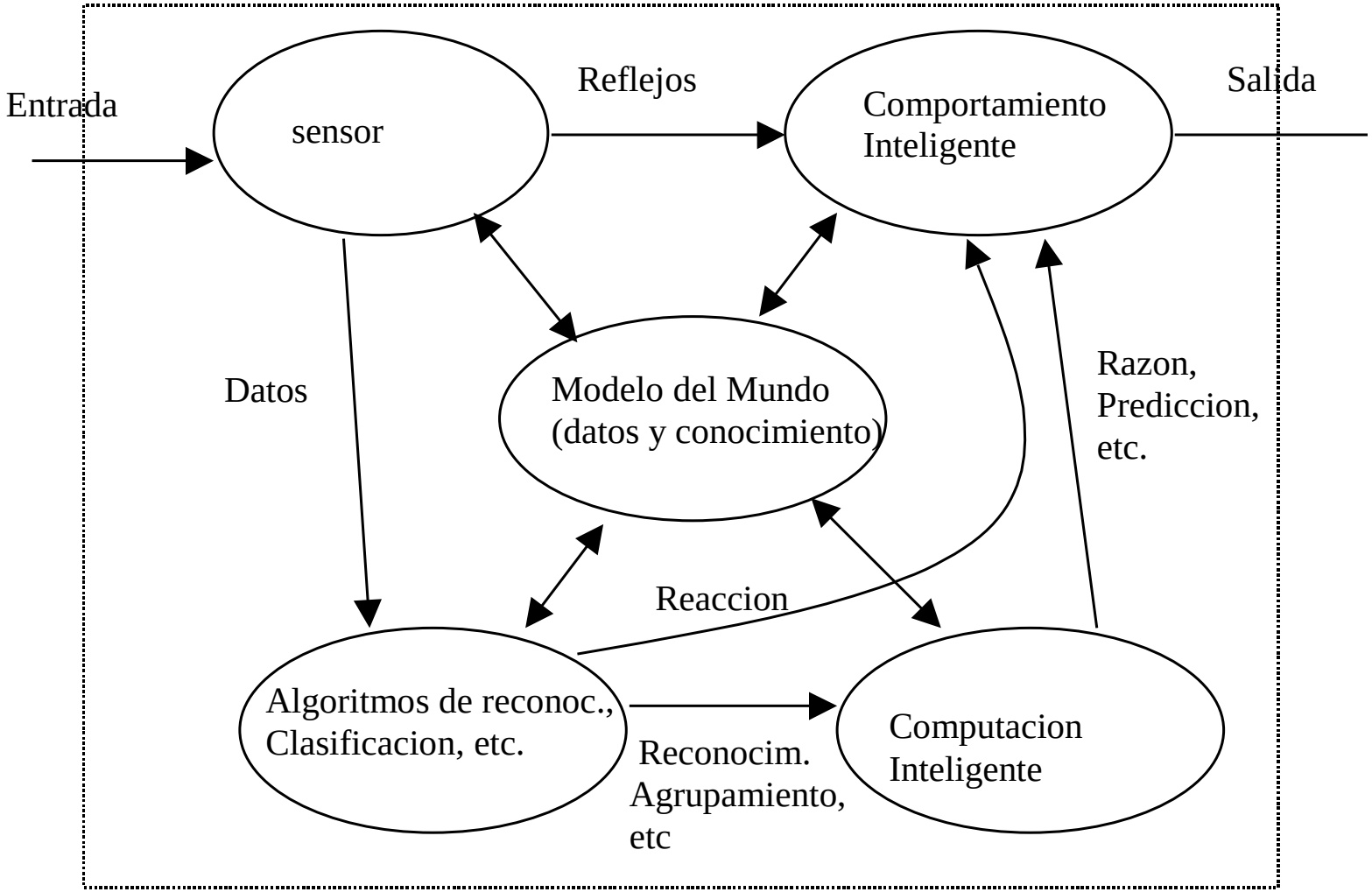
- ***TEORÍA QUE EXPLIQUE QUE ES INTELIGENCIA, COMO ELLA PROCESA INFORMACIÓN IMPRECISA, Y GUARDA, RECUPERA, CORRELACIONA, INFIERE Y EXTRAE VALORES PRECISOS.***

- ***TECNOLOGÍA QUE CON POCA CANTIDAD DE RECURSOS, PUEDA PROCESAR UNA GRAN CANTIDAD DE INFORMACIÓN IMPRECISA EN CORTO TIEMPO Y PROVEA BUENOS RESULTADOS***

¿ POR QUE COMPUTACIÓN INTELIGENTE?

Entrada			*Nivel Organizacional*
Conoc. Sist.	*Intelig.*	*Orgánizac*	
Humano	*Biológ.*	*Biológ.*	
Conoc.	*Sist.*	*Inteligencia*	*Simbólico*
Estructurado	*Artificial*	*Artificial*	
Datos	*Sistemas*	*Compt.*	*Numérico*
	Compt.	*Intelig.*	

COMPUTACIÓN INTELIGENTE



Inteligencia Artificial

Inteligencia: capacidad de adquirir y usar conocimiento

¿Cómo el cerebro percibe, entiende, predice y manipula?

$\Rightarrow$Actuar, Aprender, Comunicarse y Razonar

- *La Inteligencia Artificial trata de conseguir que los computadores* ***simulen en cierta manera la inteligencia humana****.*
- *Se acude a sus técnicas cuando es necesario* ***incorporar*** *en un sistema informático,* ***conocimiento*** *o* ***características*** *propias del* ***ser humano****.*

Aspectos y Características de la Inteligencia Artificial

Envuelve entender cómo el *conocimiento* es adquirido, representado y almacenado; cómo el *comportamiento inteligente* es generado y aprendido; cómo *motivos, emociones, y prioridades* son desarrolladas y usadas; cómo *señales sensoriales* son transformadas en símbolos; cómo los símbolos son manipulados para *actuar lógicamente, razonar, planear;* y cómo los mecanismo de inteligencia producen *fenómenos* de ilusión, creencia, esperanza, temor y sueños

Algunos objetivos de la Investigación en Inteligencia Artificial

- Emulación de la forma de **razonamiento humano**: los sistemas expertos, la resolución de problemas,
- Interés en el **control automático**.
- **Reconocimiento de patrones** que abarca la comprensión y la síntesis del habla, de imágenes y la visión artificial.
- **Representación del conocimiento**, conceptualización cognoscitiva, procesamiento del lenguaje natural.
- **Emulación de comportamientos y sistemas biológicos**: cerebro, proceso evolutivo, etc.
- Estudio de la **inteligencia colectiva** (técnicas bio-inspiradas): Colonias de Hormigas, …

Aplicaciones

Es inimaginable

En todas las áreas pueden ser usadas

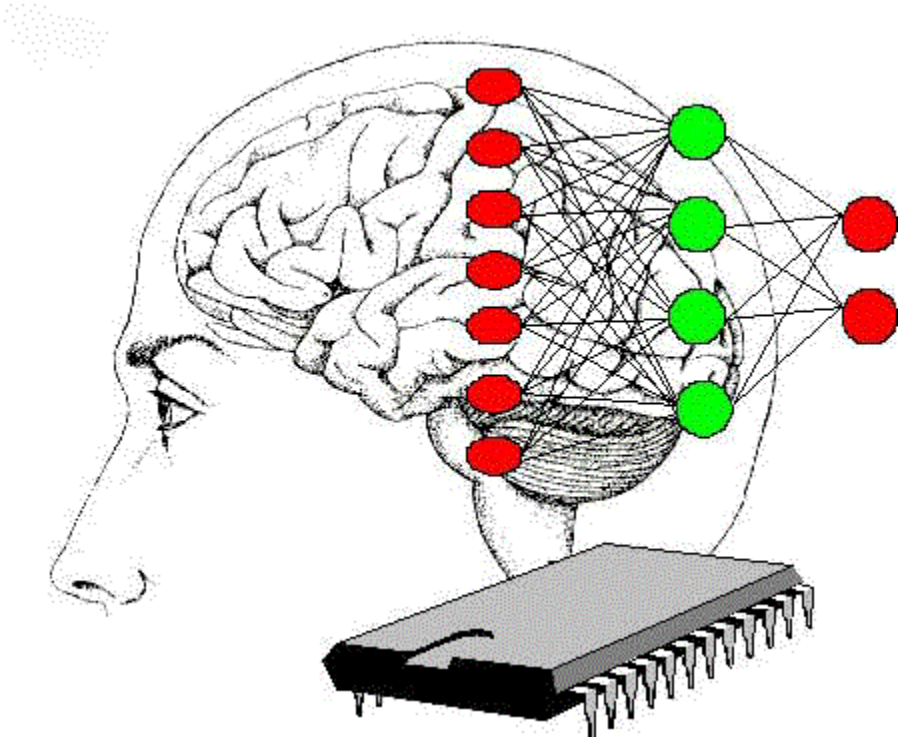
Reconocimiento

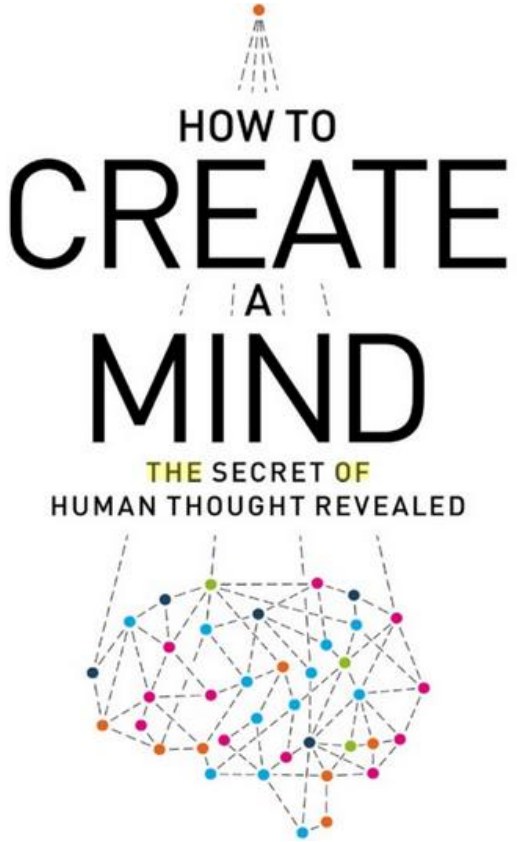
Predicción

Optimización

Planificación

Retos





RETOS

- Hacer programas que razonen racionalmente
- Hacer programas que aprendan y descubran
- Hacer programas que jueguen
- Hacer programas que se comuniquen naturalmente con los humanos
- Hacer programas que muestren signos de vida
- Hacer programas que se comporten inteligentemente

Características de la Inteligencia Artificial

- **Uso de símbolos no matemáticos**. Otros tipos de programas como los compiladores y sistemas de bases de datos, también procesan símbolos.
- **El comportamiento de los programas no es descrito explícitamente por el algoritmo**. El programa especifica cómo encontrar la secuencia de pasos necesarios para resolver un problema dado (programa declarativo).
- **Las conclusiones** de un programa declarativo **no son fijas** y son determinadas parcialmente por las conclusiones intermedias alcanzadas durante las consideraciones al problema específico.

Características de la IA

- El **razonamiento basado en el conocimiento**, implica que estos programas incorporan factores y relaciones del mundo real y del ámbito del conocimiento en que ellos operan.

- Los programas de IA pueden distinguir entre el **programa de razonamiento o motor de inferencia y la base de conocimientos**.

- **Aplicabilidad a datos y problemas mal estructurados**. Un ejemplo es en planificación: con poca información, incierta.

Áreas

- **Inteligencia Artificial**
  - Teoría de agentes
  - Sistemas multiagentes

- **Técnicas Inteligentes clásicas**
  - Redes neuronales artificiales
  - Lógica difusa
  - Computación Evolutiva

- **Técnicas Inteligentes distribuidas**
  - Algoritmos inspirados en colonias de insectos: PSO, SAH, etc.
  - Algoritmos inspirados en fenómenos físicos: Flujo de Agua, de gas, TS, etc.
  - Algoritmos inspirados en sistemas biológicos: SIA, etc.

- **Técnicas avanzadas autónomas:**
  - Sistemas emergentes y auto-organizados
  - Computación autonómica

Agentes

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

Agente

Definición de la real academia de la lengua española (www.rae.es):

Persona o cosa que produce un efecto y que obra con poder de otra.

Tres elementos fundamentales;

1. **Produce** un efecto,
2. **Obra** (ejecuta alguna acción)
3. Lo hace **en función de otro**.

Agente

Es cualquier cosa que pueda percibir su ambiente a través de *sensores*, y actuar sobre él a través de *actuadores*

- **Agente Humano**: ojos, oídos, manos, brazos, etc.,
- **Agente Robot**: cámaras, sensores y varios motores actuadores

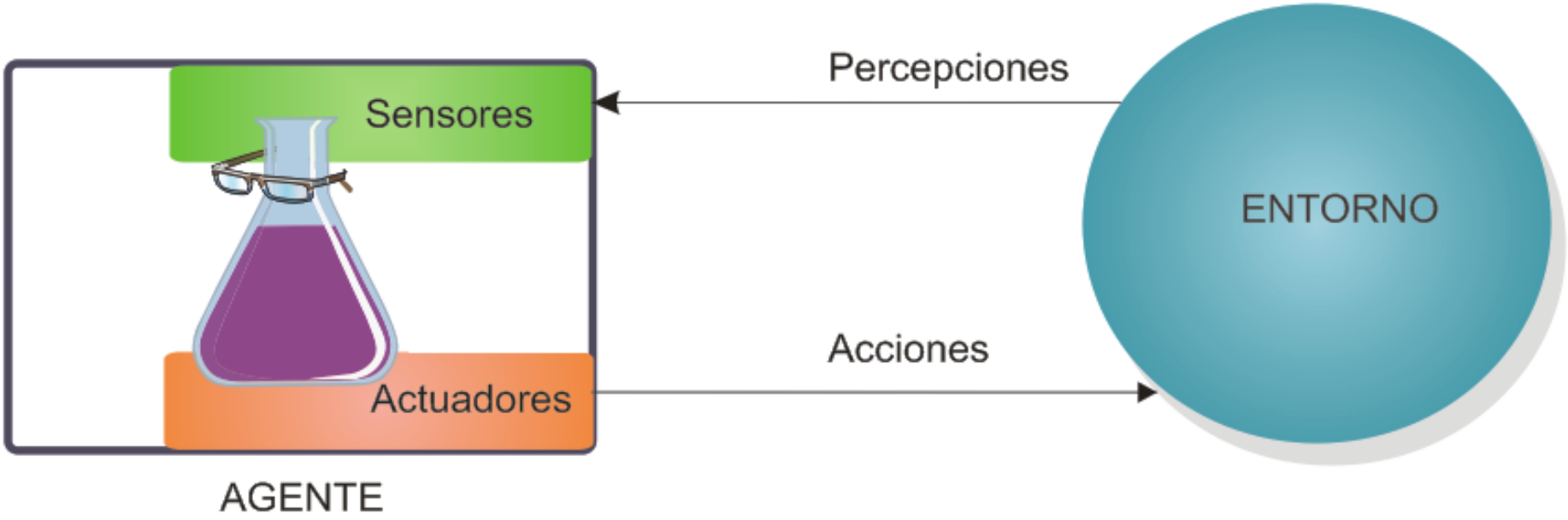
Agente

Es un sistema computacional que está *situado en un entorno*, que es capaz de realizar *acciones autónomas* flexibles en ese entorno para *alcanzar sus objetivos*

- Caracterizado por:
  - SU ESTRUCTURA (ARQUITECTURA)
  - SUS ACCIONES (COMPORTAMIENTO)

Arquitectura+programa

Agentes

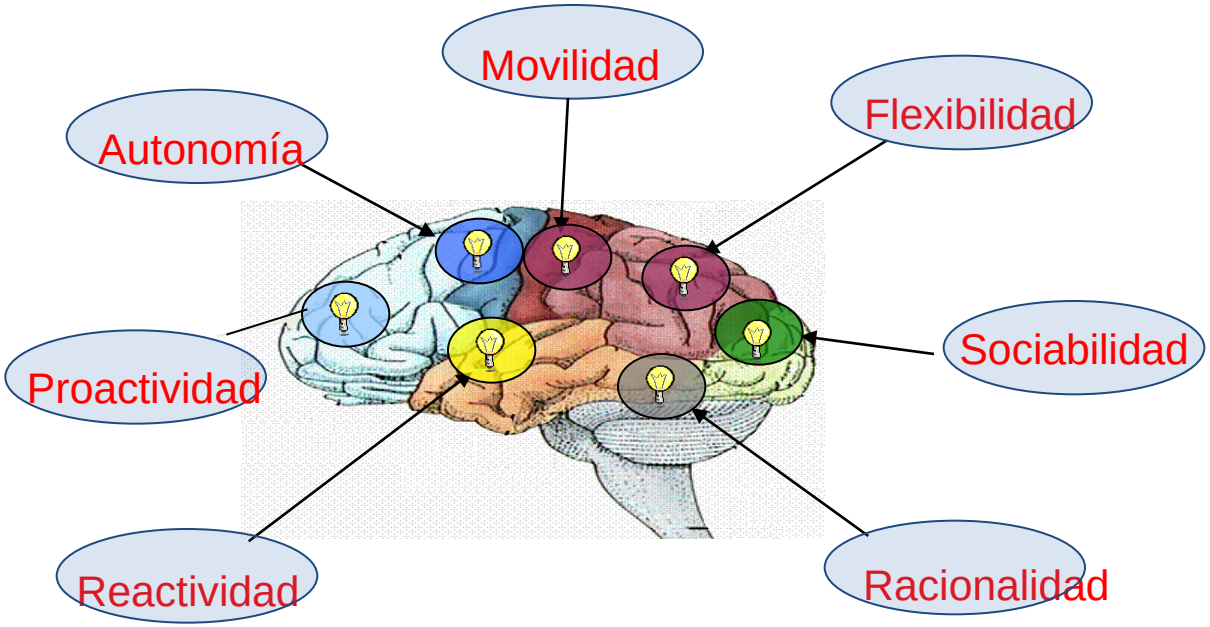

Sensores
Actuadores
AGENTE
Percepciones
Acciones
ENTORNO

Agentes

- Ejemplos de Agentes:
  - Agente Humano: ojos, oídos, manos, brazos, etc.,
  - Agente Robot: cámaras, sensores y varios motores actuadores

propiedades

de un agente



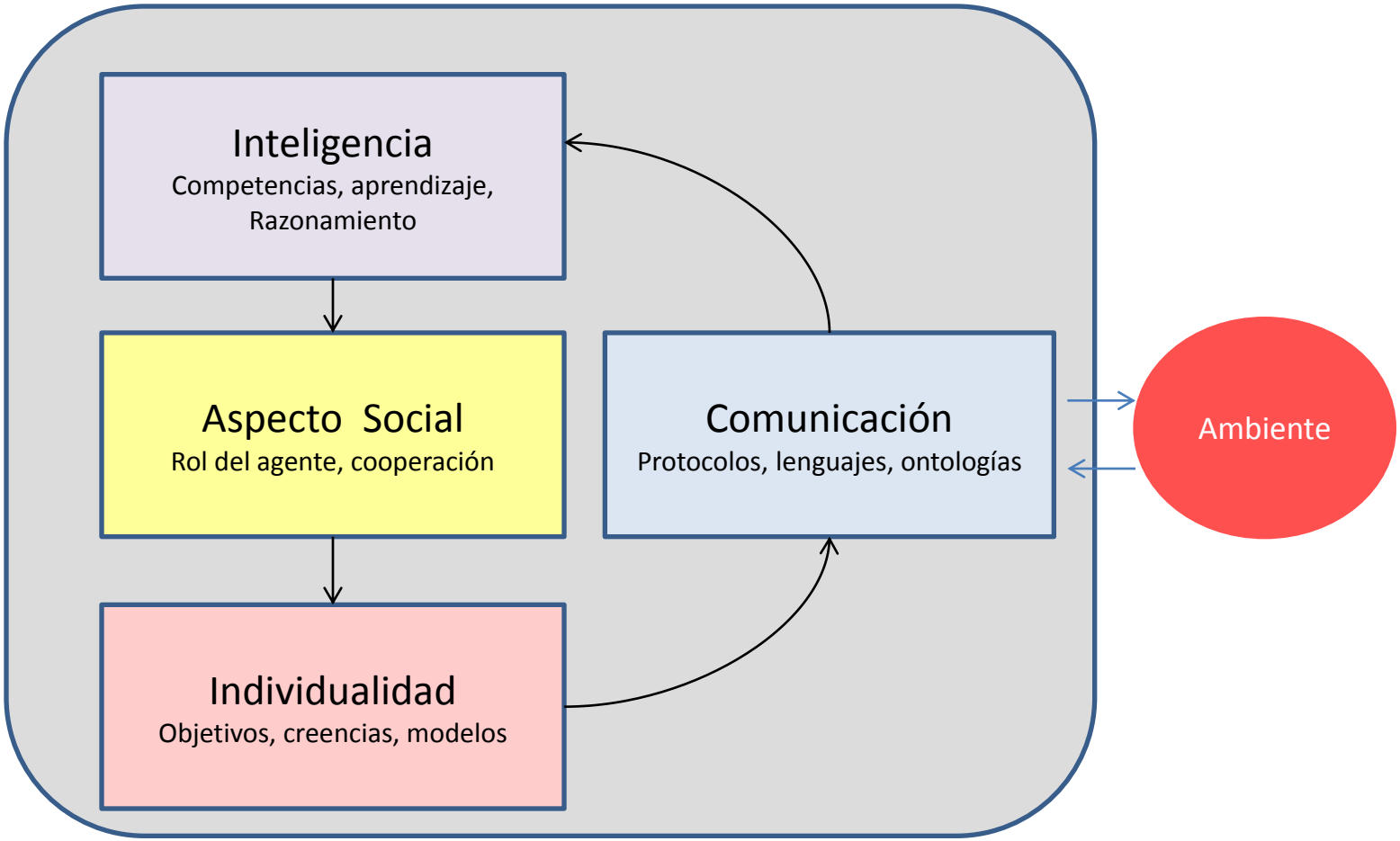
J. Aguilar

AGENTES

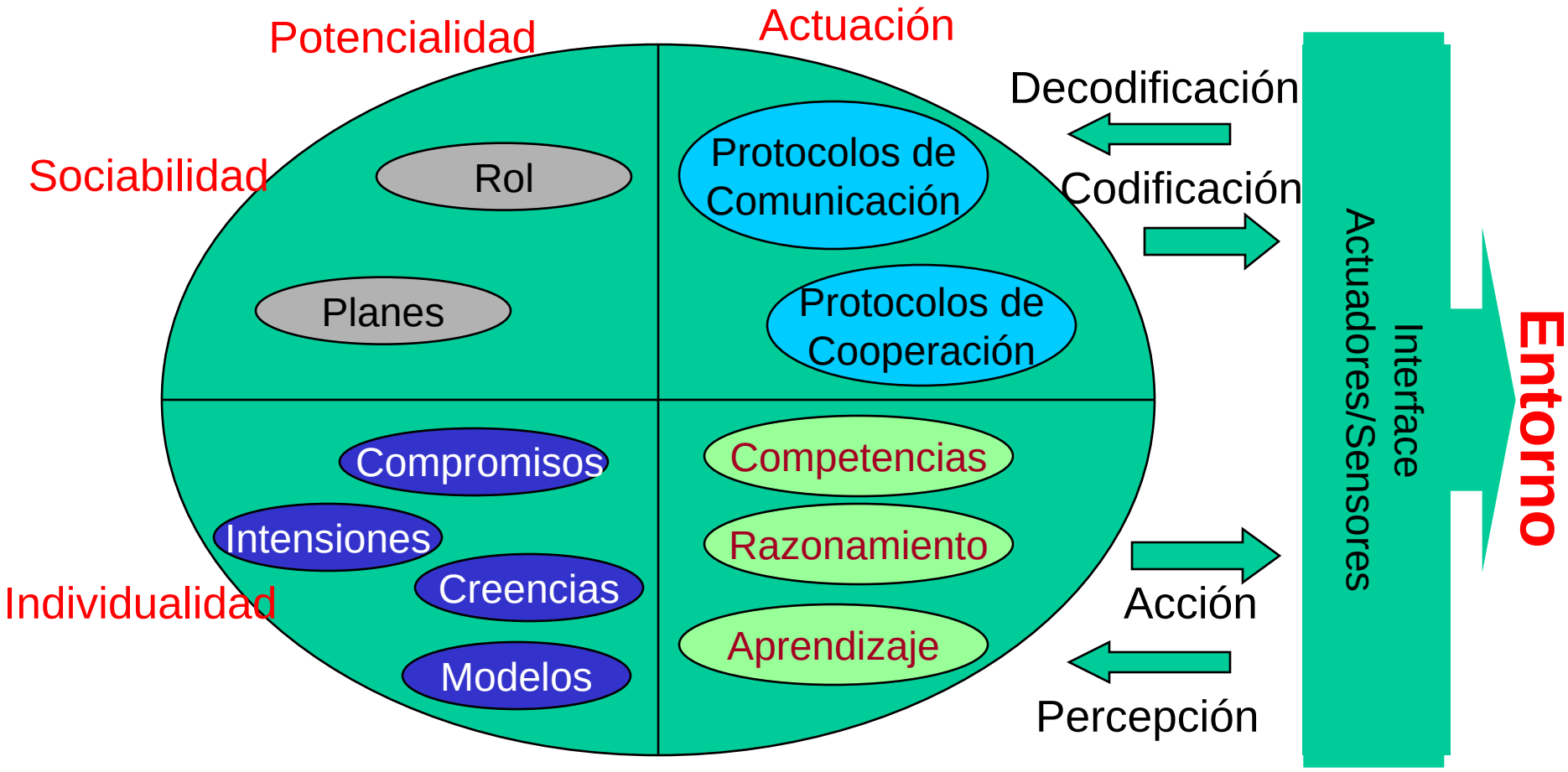
Propiedades

Autonomía	Comportamiento propio, y reacción en base a su estado interno
Adaptabilidad	Ajustarse a las necesidades del ambiente.
Reactividad	Percibir el entorno y responder a los cambios que ocurren en él
Proactividad	Reaccionar por iniciativa propia
Comunicación	Capacidad de cada agente de conversar utilizando un lenguaje basado en ontologías
Sociabilidad	Interactuar con otros agentes
Razonamiento	Decidir qué actividad realizar, cómo actuar, ordenar ideas
Racionalidad	Decidir cual acción seguir y en qué momento ejecutarla
Inteligencia	Analizar, ordenar ideas y conocimiento
Movilidad	Capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática
Veracidad	Asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito
Benevolencia	Un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propios objetivos
Asincronismo	Un agente puede ejecutar sus acciones sin estar acoplado a otros agentes

Arquitectura de un Agente



Arquitectura de los Agentes



Agentes vs. Objetos

- Un Agente puede ser **autónomo**
- Un Agente es capaz de generar **comportamientos flexibles** (reactivos, proactivos)
- Un Agente puede **convivir en una comunidad** de ellos de forma racional (social)
- Desde el punto de vista de implantación, cada agente es un **elemento activo** (al menos un hilo de ejecución).

Esqueleto de un Agente

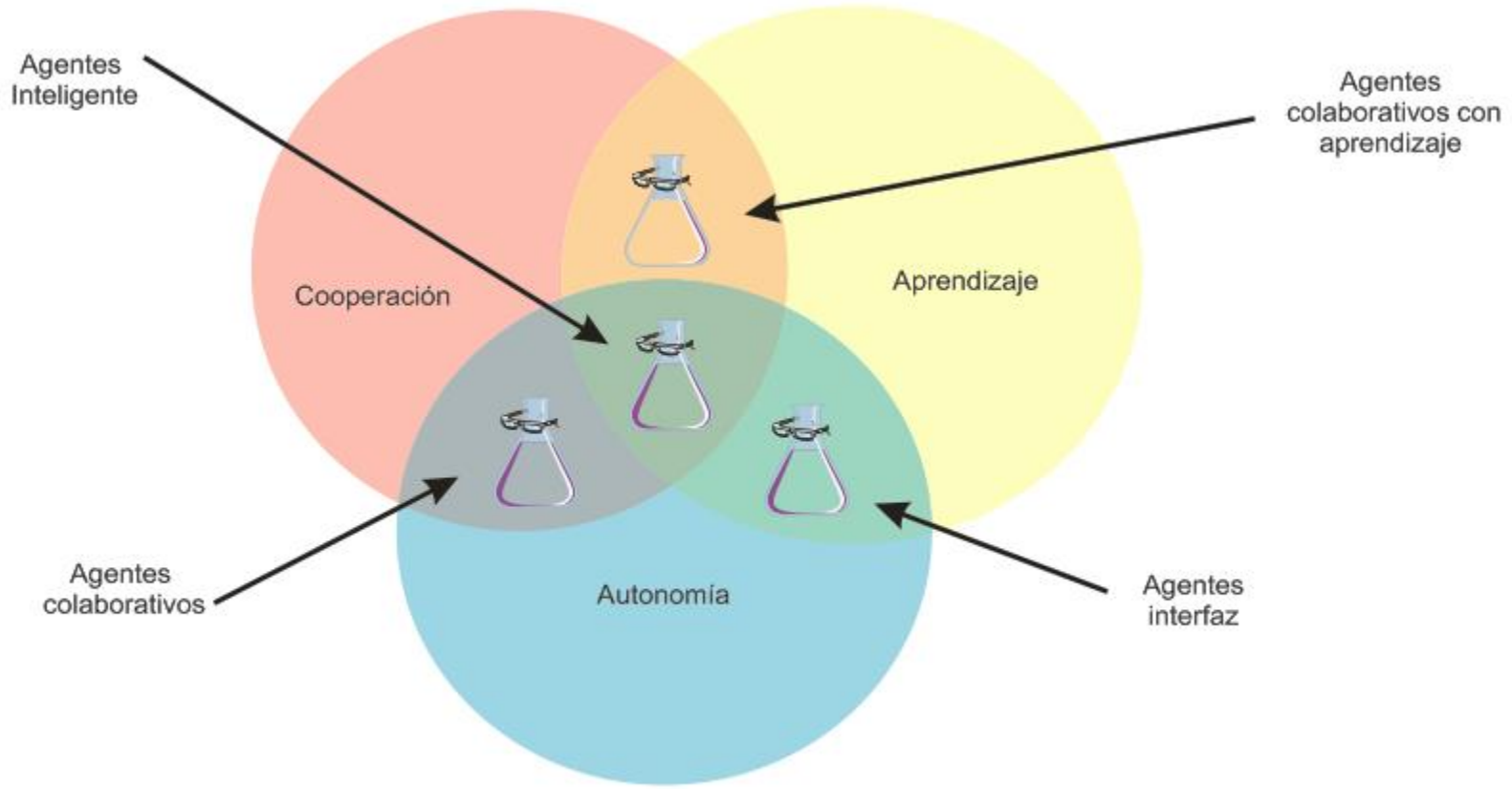
Procedimiento de base:

1. Percibo (Actualiza *Memoria*)
2. Decido (Escoge *Acción*)
3. Actúo (Actualiza *Memoria*)

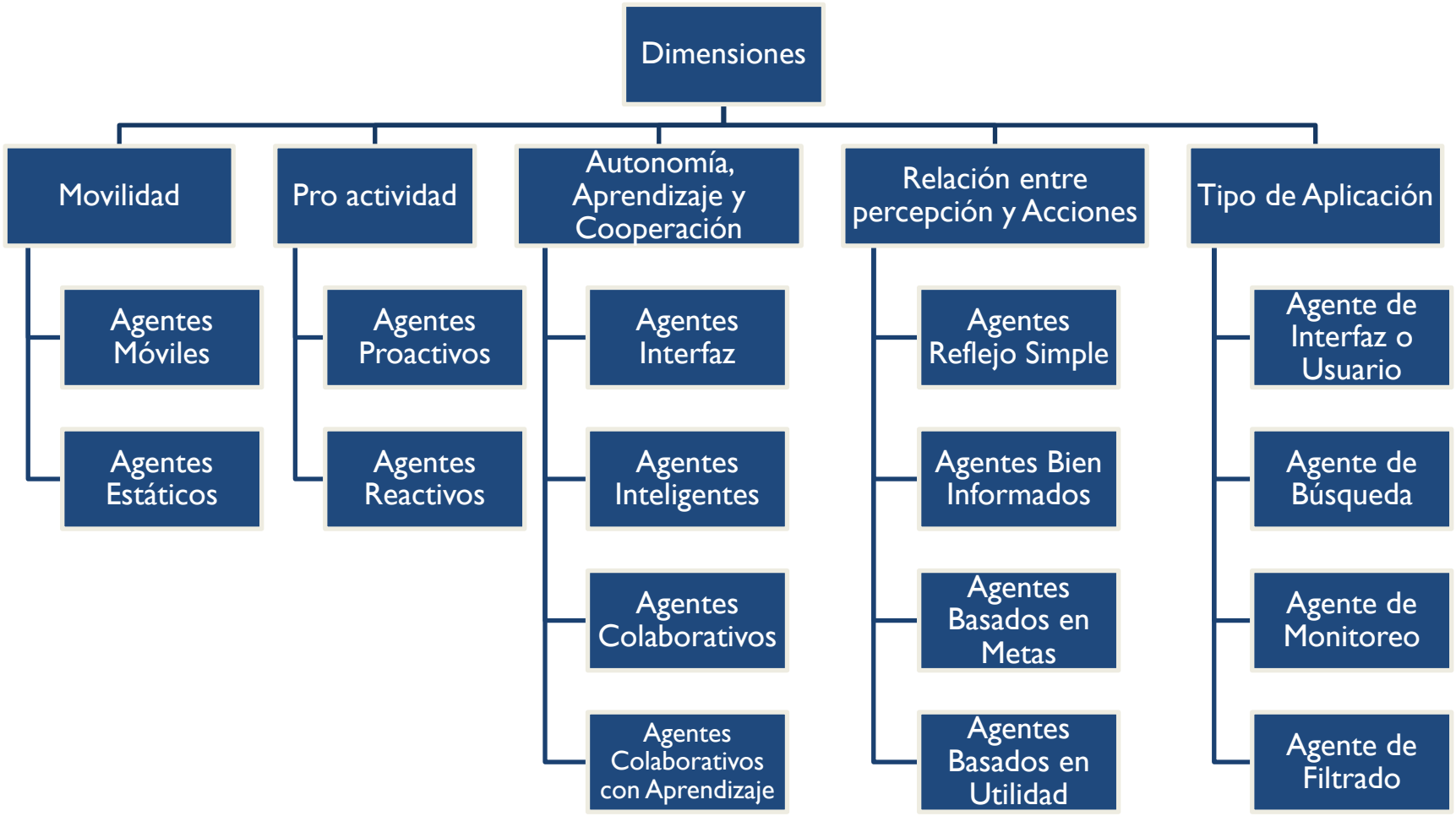
Descripción práctica de un agente:

Sus Tareas.
Sus Conocimientos.
Su Comunicación

Tipos de agentes según sus propiedades



Tipos de Agente



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

Otros aspectos importantes a considerar en los Agentes

- Mecanismos para **resolver un problema**
- Mecanismo para **planificar sus actividades /tareas**
- Mecanismos para **representar el conocimiento**
- Mecanismo de **razonamiento**
- Mecanismos de **aprendizaje**
- Mecanismos para **tomar decisiones bajo incertidumbre**
- Mecanismos de **percepción**
- Mecanismos para **comunicarse**

Agentes para la solución de problemas

Son agentes *basados en metas* que *determinan que deberán hacer* por medio de *secuencias de acciones* que les permitan obtener *estados deseables*.

Pasos para la solución de problemas:

1. **Formulación de objetivos/metas:** se establece el objetivo
2. **Formulación del problema:** se decide que acciones y estados habrán de considerarse.
3. **Búsqueda:** evaluación de las posibles secuencias de acciones que le llevan a la meta y elección de la más apta.
4. **Ejecución:** se llevan adelante la solución que presenta la búsqueda.

Agentes y Búsqueda

Partes

- Formulación del Objetivo (edo. actual, medida de rend.)
- Formulación del Problema (acciones y edos. a considerar)
- Algoritmo de Búsqueda de Solución
- Ejecutar

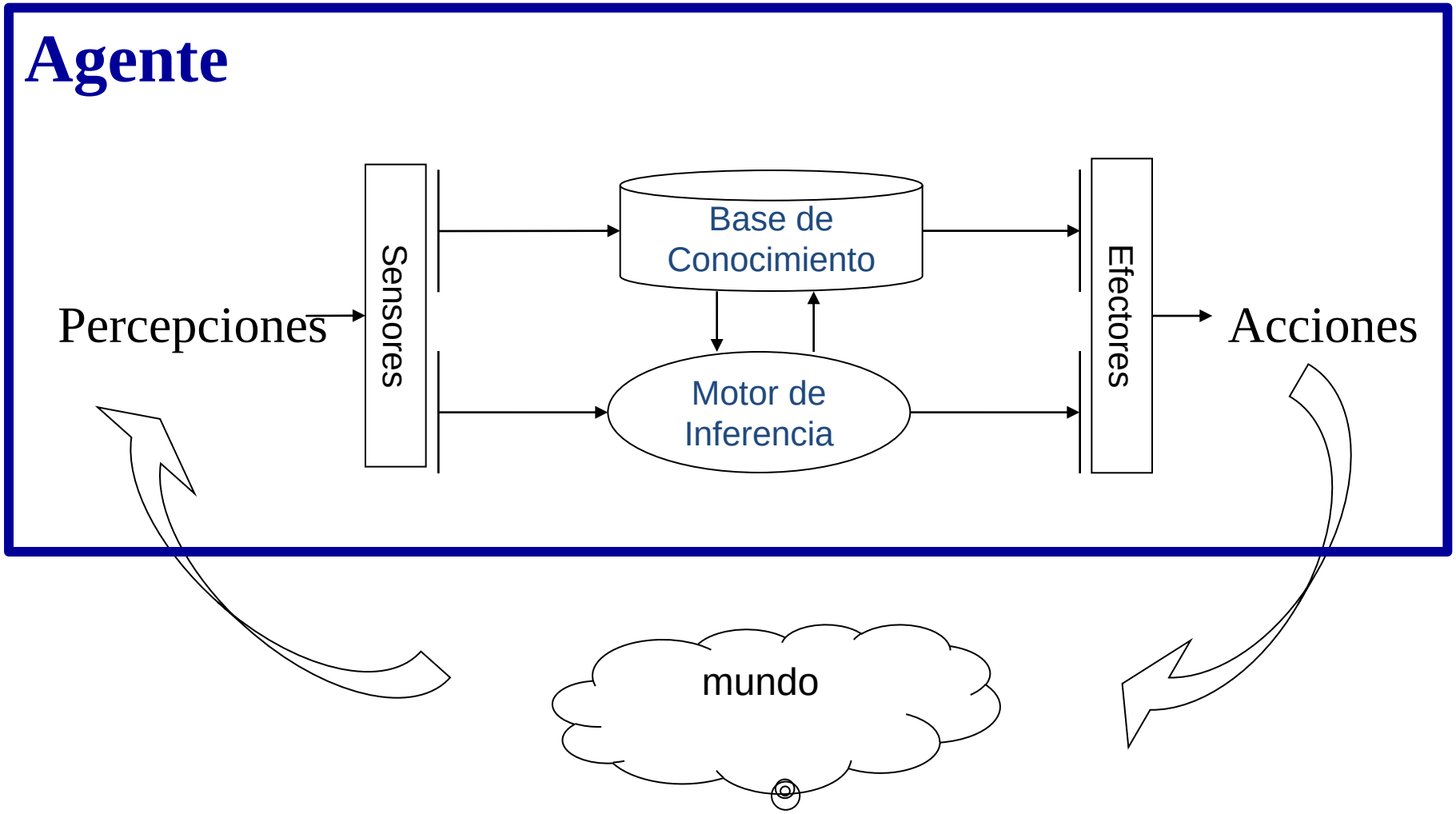
```
function SIMPLE-PROBLEM-SOLVING-AGENT( percept) returns an action
   static: seq, an action sequence, initially empty
           state, some description of the current world state
           goal, a goal, initially null
           problem, a problem formulation

   state ← UPDATE-STATE(state, percept)
   if seq is empty then do
        goal ← FORMULATE-GOAL(state)
        problem ← FORMULATE-PROBLEM(state, goal)
        seq ← SEARCH( problem)
   action ← FIRST(seq)
   seq ← REST(seq)
   return action
```

Agentes Basado en Conocimiento

- Un Agente Basado en Conocimiento (ABC) posee **conocimiento** de su mundo, y es **capaz de razonar** sobre las posibles acciones que puede tomar para cambiar su mundo.

- El agente posee un conjunto de **sentencias**, representadas mediante un **lenguaje de representación de conocimiento.**

Agentes Basado en Conocimiento



Elementos de un ABC

- Lenguaje de representación de conocimiento.
  - Lenguaje formal de representación: lógica proposicional, de predicados, temporal, etc.
  - El conocimiento se representa mediante sentencias.
- Mecanismos de razonamiento: Inferencia.
  - Es la derivación de nuevas sentencias a partir de las sentencias almacenadas y nuevas percepciones.
    - Adición de nuevo conocimiento (aprender)
    - Consultas a la BC (razonar)

Lenguaje + Inferencia = Lógica

Un Genérico ABC

Indicar(BC, percepción_sentencia(percibido,t))

Acción<- Preguntar(BC,consulta(t))

Indicar(BC, Acción_sentencia (Acción,t))

t+1

Regresa(Acción)

Inferencia

Según la filosofía, existen tres modos básicos de razonamiento

- Deducción. inferencia desde las causas hacia los efectos, o desde lo universal hacia lo particular.
- Inducción. Recorre el camino inverso.
- Abducción o retroducción. Relacionado con la génesis de la hipótesis

<table>
<tr><td rowspan="3">Inferencia</td><td colspan="2">Deductiva o analítica</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sintética</td><td>Inducción</td></tr>
<tr><td>Hipótesis</td></tr>
</table>

Razonamiento

1	Todos los hombres son mortales	∀x hombre(x) -> mortal (x)	Implicación (sentencia)
2	Juan es hombre	hombre(Juan)	hecho
3	Juan es mortal	mortal(Jean)	conclusión

- Si tenemos 1 y 2, entonces podemos concluir (deducción).
- Si tenemos 2 y 3, entonces necesitamos encontrar una regla (inducción, aprendida desde ejemplos)
- Si tenemos 1 y 3 y no tenemos hipotesis (2), entonces necesitamos encontrarla (abducción, donde encontramos las causas de las consecuencias usando reglas. Tipicamente es del dominio de diagnóstico)

Planificación

Planificar: consiste en concebir un conjunto de acciones (un plan) de manera de alcanzar un objetivo

La planificación consiste en razonar sobre las acciones posibles a realizar para concebir planes

La planificación es un proceso mediante el cual un agente busca un plan para lograr cierto objetivo.

Planificación en Agentes

El plan es una series de acciones a tomar para, partiendo de un estado inicial, cumplir el objetivo.

Lo dicho suena muy parecido a la resolución de problemas, pero se considera a la planificación diferente,

- Utilizan una manera distinta para representar las acciones, objetivos y estados.
- Difieren en la forma de construir y representar el curso de las acciones (secuencia de acciones).

Generalidades de la Planificación

- Para representar problemas de planificación se utiliza un lenguaje particular (más restringido que la lógica de primer orden)
- El algoritmo que permite operar sobre dicho lenguaje se denomina planificador.
- La utilización de un lenguaje más restringido se debe, entre otras cosas, a propósitos de eficiencia.
- De todas maneras seguimos hablando de lenguajes formales (p.e. STRIPS)

Un simple Agente de Planificación

Indicar(BC, sentencia_percepción(percibido, t))
actual <- Estado_Descripto(BC, t)
Si P=NoPlan entonces
    O<- Preguntar(BC, consulta_objetivo(t))
    P<-Planificar(actual, O, BC)
Si P=NoPlan Entonces
    Acción<-NoPosible
de lo contrario
    Acción<-Primero(P)
    P<-resto(P)
Indicar(BC, Acción_sentencia(Acción, t+1))

Aprendizaje

Por mas formalismos de representación y razonamiento, nunca se abarca **todo el conocimiento posible**

- Comportamiento inteligente: capacidad de adaptarse o aprender de experiencias

Un sistema aprende cuando es *capaz de* experimentar *modificaciones estructurales y/o funcionales*, de acuerdo con la *experiencia*, en vista a conseguir *mayor eficacia* en su interacción con el medio

G. Pajare, M. Santos

Tipos de Aprendizaje

Aprendizaje inductivo

Basados en observaciones o ejemplos

- Ejemplo:
  - El pedazo de pan número 1 me alimento cuando yo lo comí.
  - El pedazo de pan número 2 alimentaba cuando yo lo comí.
  - El pedazo de pan número 3 alimentaba cuando yo lo comí.
  - El pedazo de pan número 100 alimentaba cuando yo lo comí.

  - Por lo tanto,

    todos los pedazos de pan me alimentan cuando los como (P)

Tipos de Aprendizaje

Aprendizaje deductivo

Basado en explicaciones, hipótesis, premisas

- Ejemplo:
  - dada una regla sintáctica en un lenguaje de una oración (O=S+V)=>Premisa,
  - y conociendo otras reglas (por ejemplo la concordancia de genero, la posibilidad de varios sujetos, etc.)=>BC,
  - el objetivo es encontrar una mejor definición de la oración (O(C)) que tenga más sentido en el contexto dado

- **Otros tipos de Aprendizaje**
  - Por analogía
  - Basado en casos
  - Por imitación
  - Multiestrategías

REDES NEURONALES ARTIFICIALES

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

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, las cuales transmiten señales por medio de 1000 billones de conexiones sinápticas.

- Reciben 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.

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

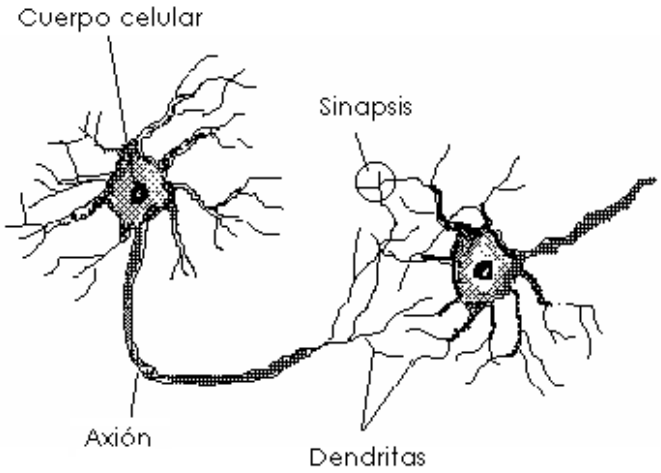
NEURONA BIOLÓGICA

Tres elementos principales:

Soma o cuerpo de la neurona el cual contiene el núcleo, y tiene forma piramidal o esférica, y es donde se ejecutan las transformaciones necesarias para la vida de la neurona.

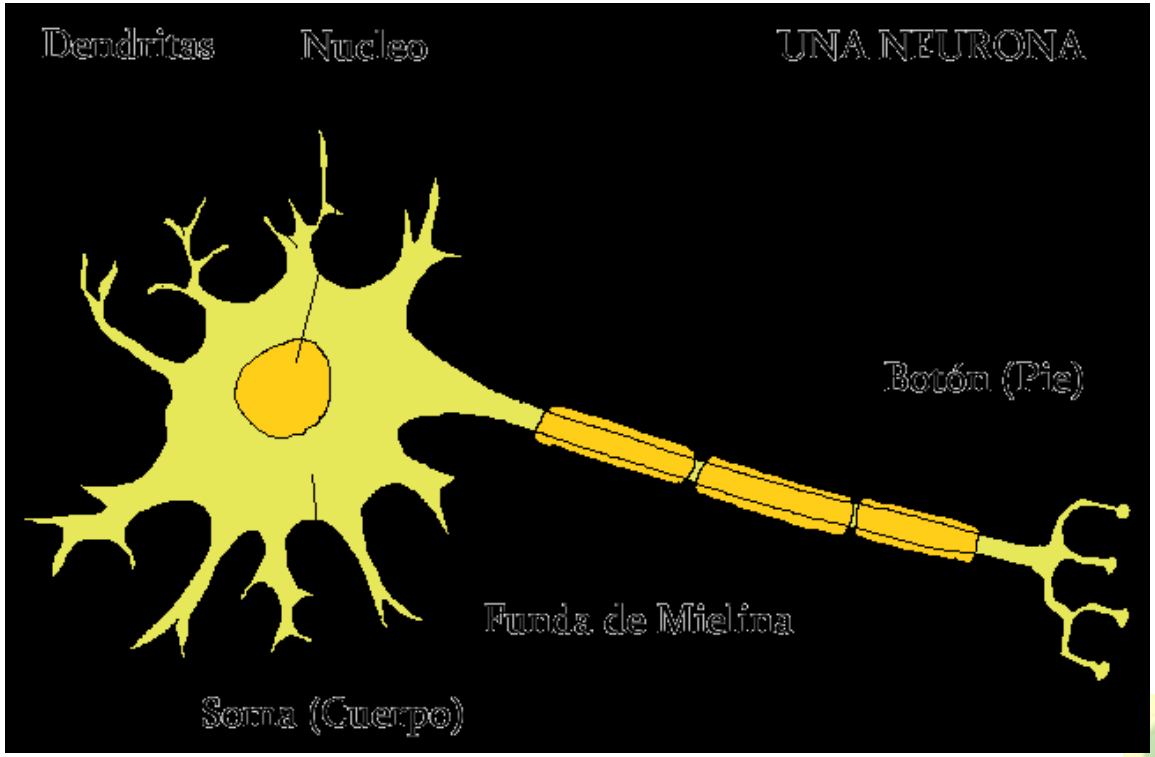
Axón es el elemento que lleva la salida de información de la neurona a las dendritas de otras neuronas. Es una prolongación larga y delgada, y conduce la información desde el cuerpo celular hacia las dendritas de otras neuronas.

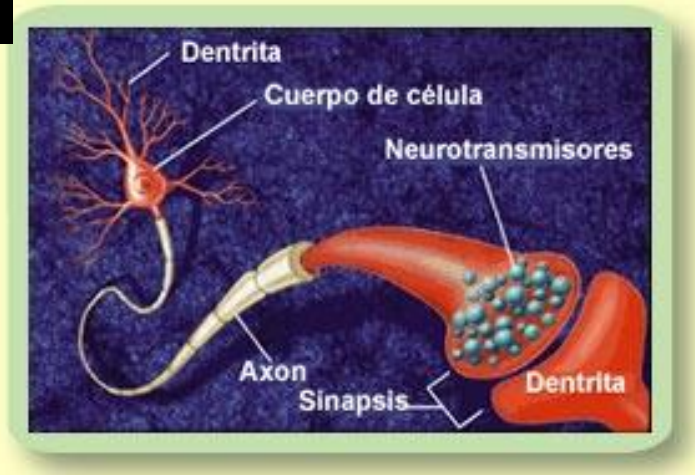
Dendrítas o ramas de extensión utilizadas para recibir las entradas de información, son un conjunto de ramificaciones que salen del cuerpo celular de la neurona. Son receptoras y reciben señales eléctricas a través de conexiones sinápticas.



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

NEURONA


Dendritas
Nucleo
UNA NEURONA
Botón (Pie)
Funda de Mielina
Soma (Cuerpo)

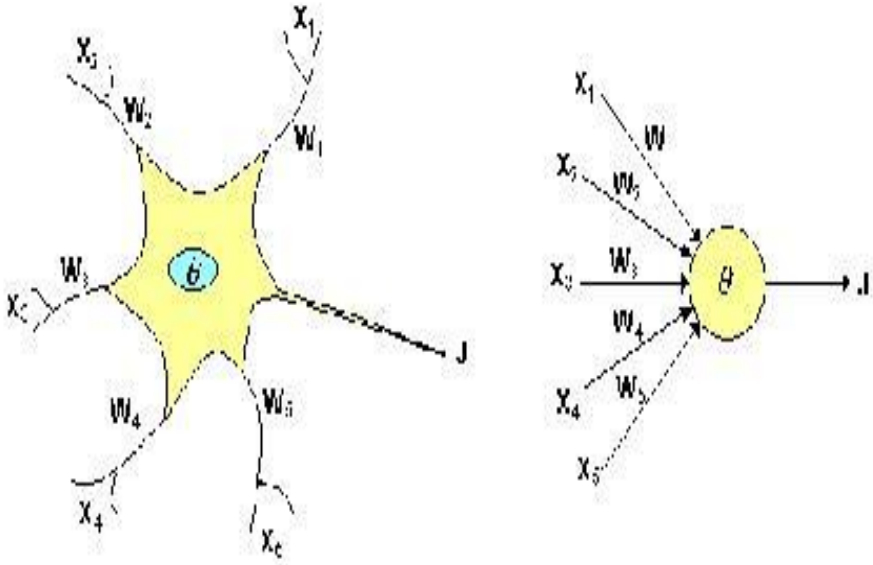

Dentrita
Cuerpo de célula
Neurotransmisores
Axon
Sinapsis
Dentrita

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

Definición de RNA

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



Modelo de una RNA vs. el Modelo Biológico

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

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***

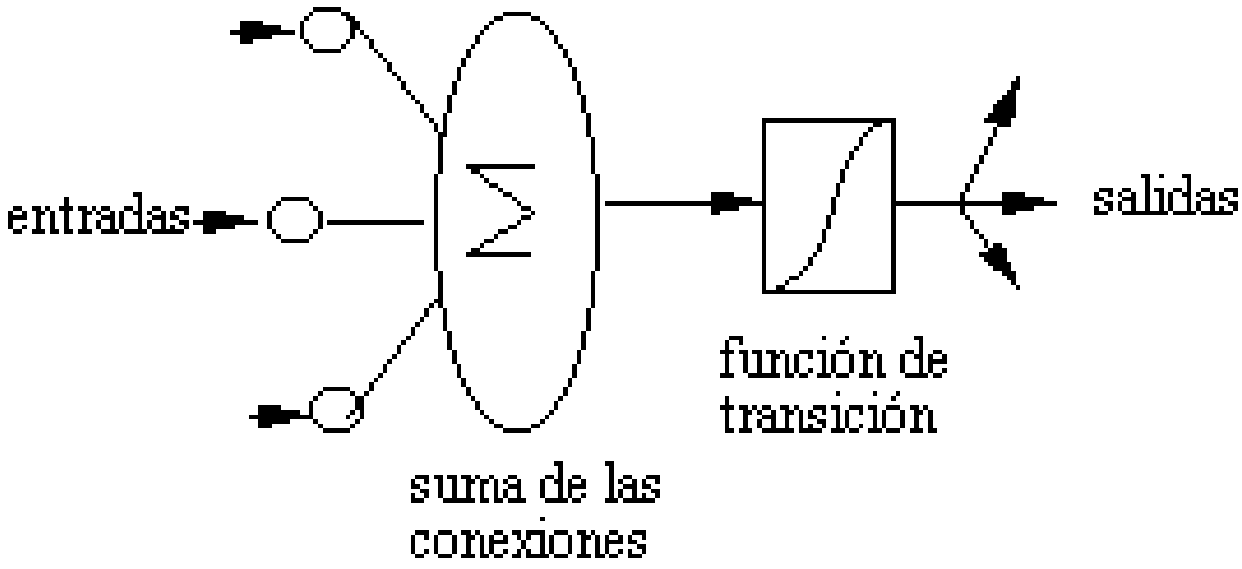
RED NEURONAL (aplicaciones)

- ***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,***

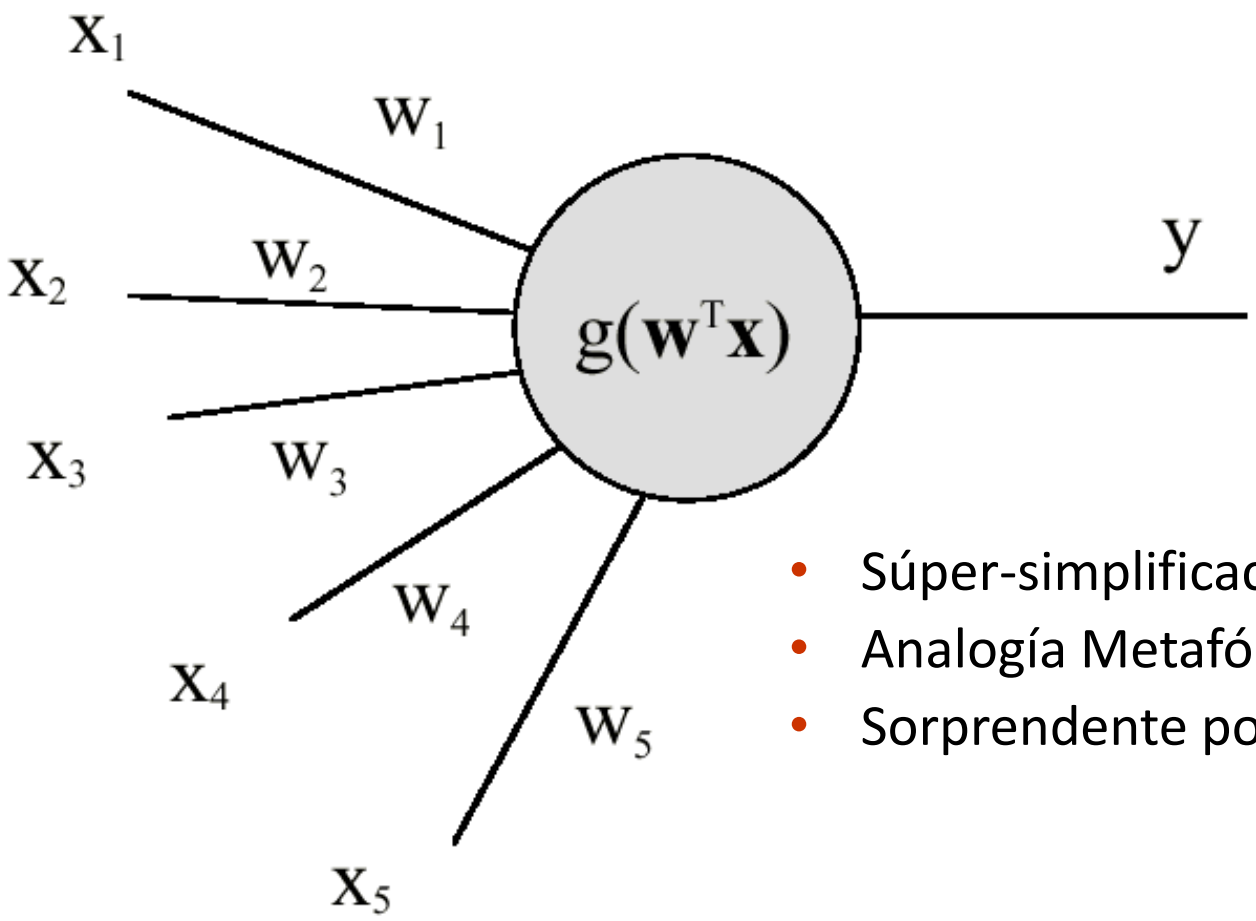
NEURONA

- ***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***

COMO TRABAJA UNA NEURONA



Neuronas Artificiales



- Súper-simplificación
- Analogía Metafórica
- Sorprendente poder de cómputo

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.

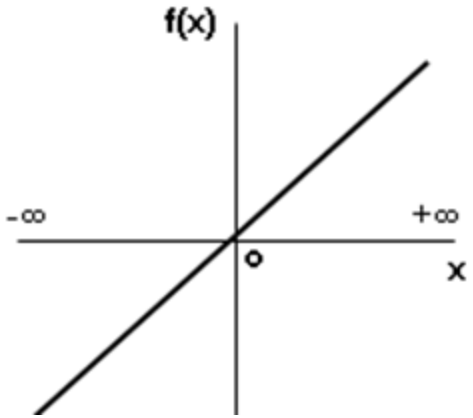
- ***Función de Salida o de Transferencia***: Asociada con cada unidad hay una función de salida, que transforma el estado actual de activación en una señal de salida. Funciones de transferencia típicas:

  - Función Escalón
  - Función Lineal y Mixta
  - Sigmoidal
  - Función Gaussiana

FUNCIONES DE SALIDA

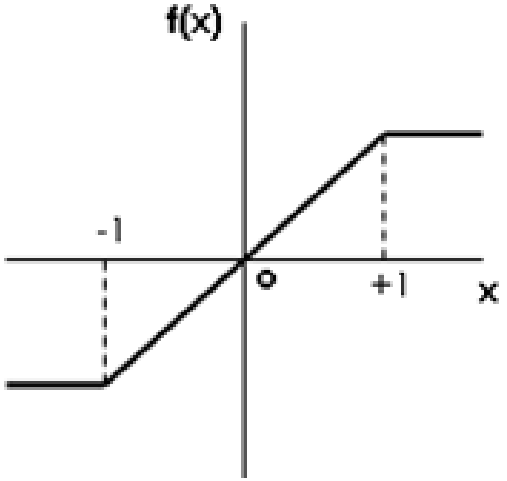
Función identidad o función lineal: Es una función continua. La entrada de la neurona es igual a la salida. Su rango es [-∞, +∞] y la representación matemática es

$$f(x) = x$$



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

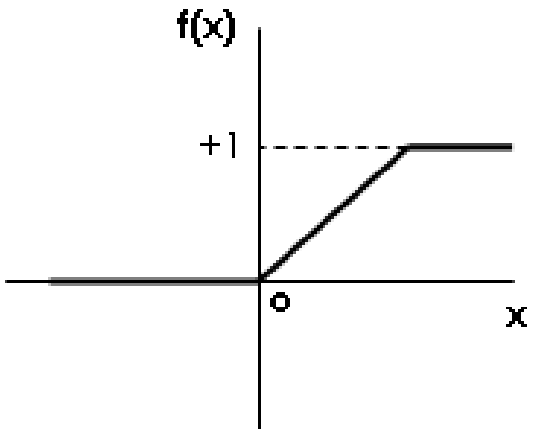
$$f(x) = \begin{cases} -1, x < -1 \\ x, +1 \le x \le -1 \\ +1, x > +1 \end{cases}$$



FUNCIONES DE SALIDA

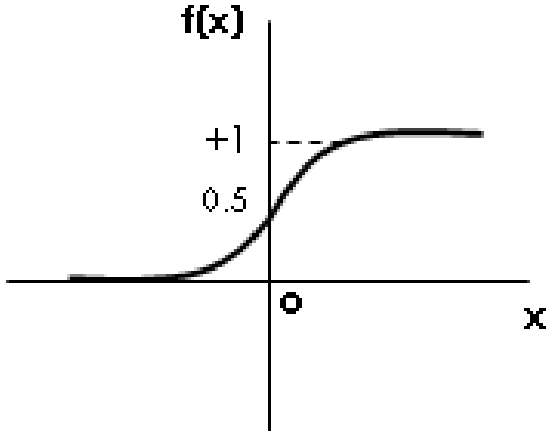
Función escalón: es una función discreta que puede tomar los valores entre 0 y 1. También se le denomina función paso.

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



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

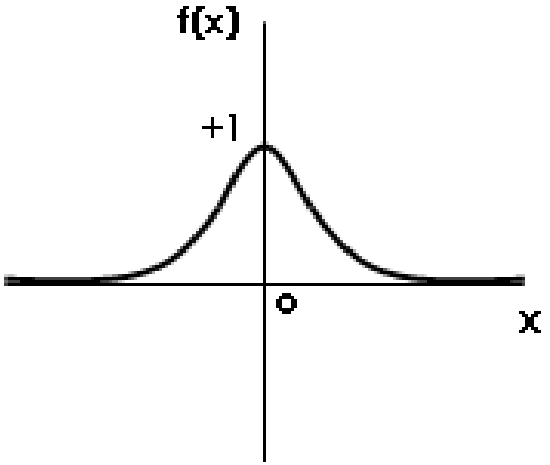
$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}$$



FUNCIONES DE SALIDA

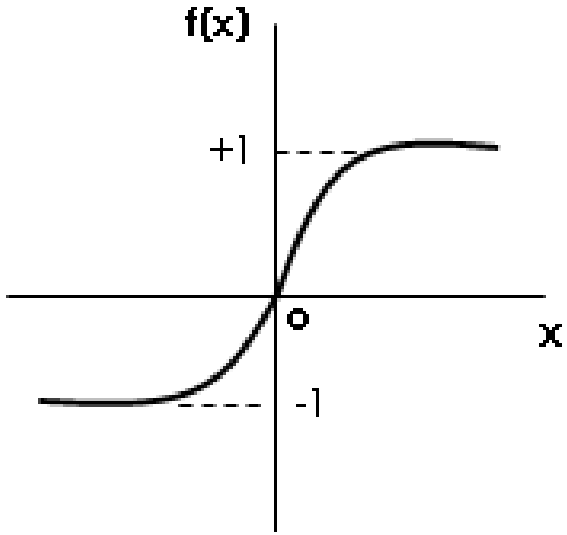
Función gaussiana: es una función continua acotada entre 0 y 1. Se emplea en Redes Neuronales de Funciones de Base Radial.

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



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

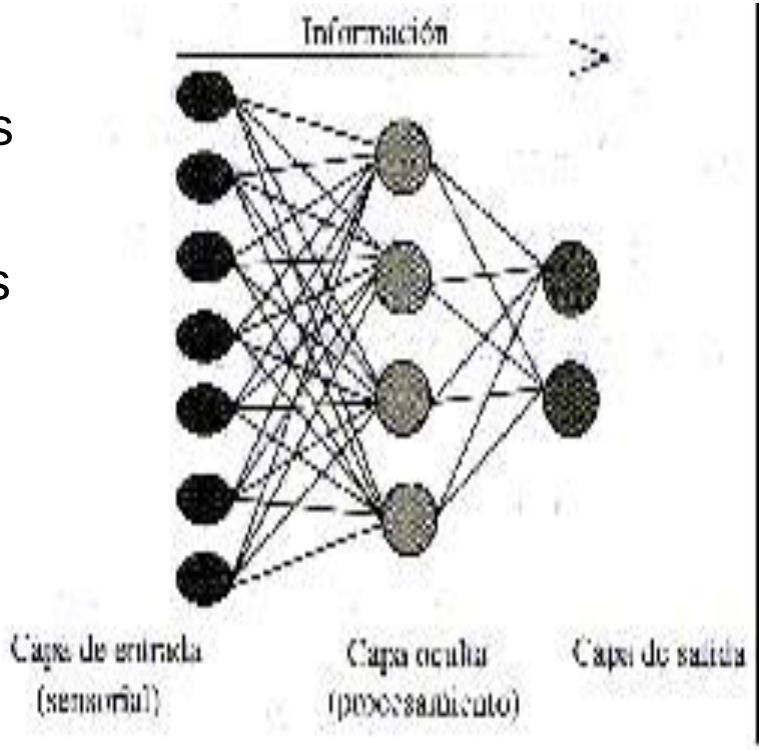
$$f(x) = \tanh(x)$$



Estructura de una RNA

Las conexiones entre las neuronas, 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

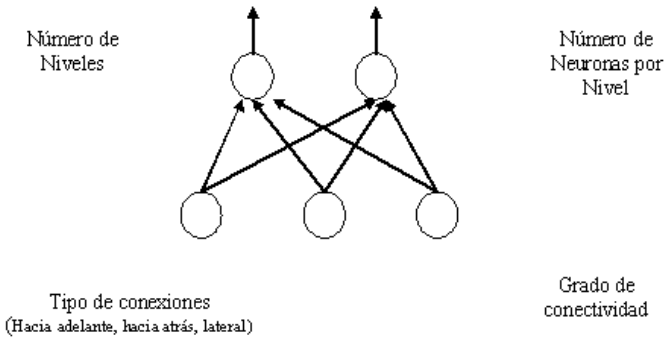


Formas de conexión entre neuronas:

- Conexión autorrecurrente
- Propagación hacia delante
- Propagación hacia atrás

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.



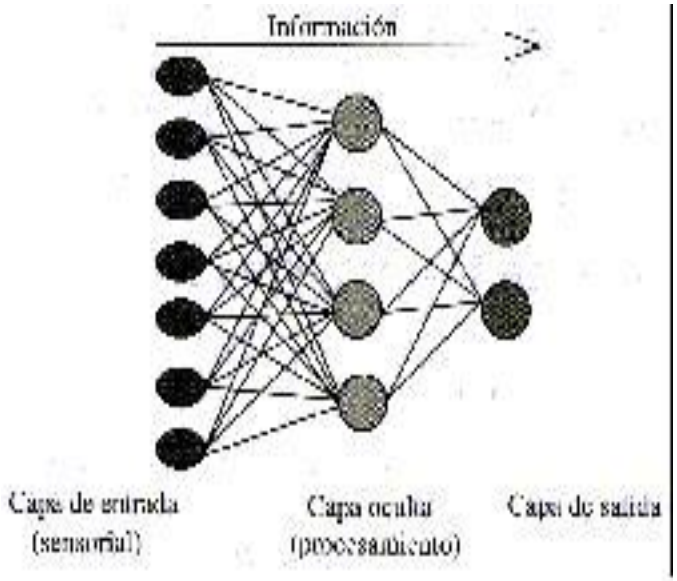
Parámetros de una RNA

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.

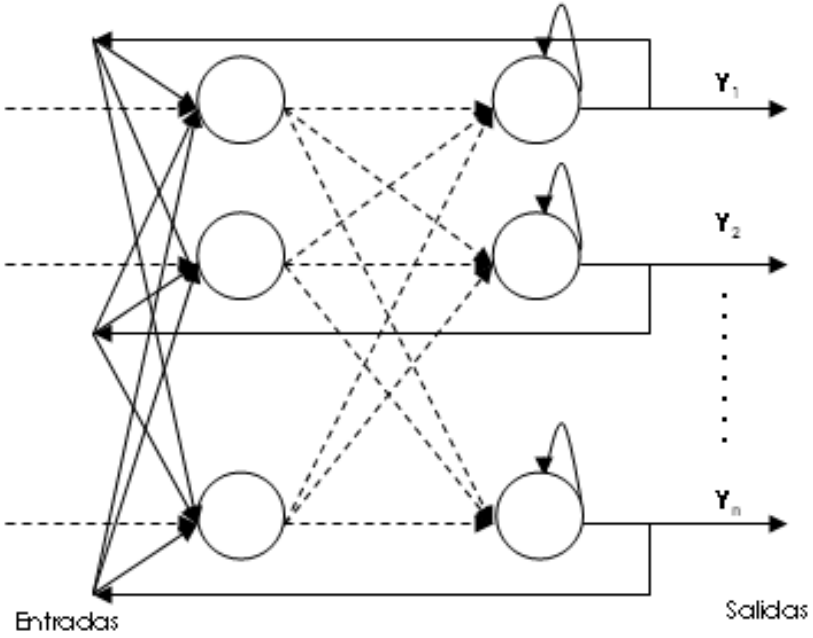
RNA Multicapa

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

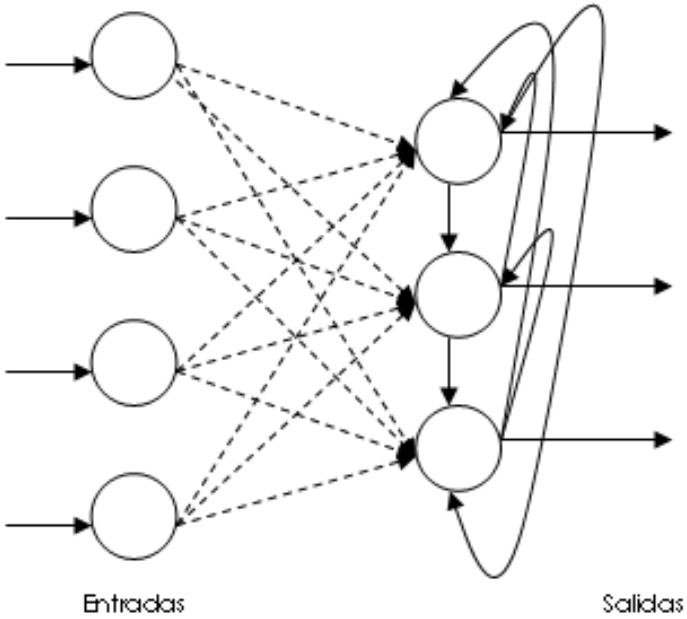


Conexión entre neuronas

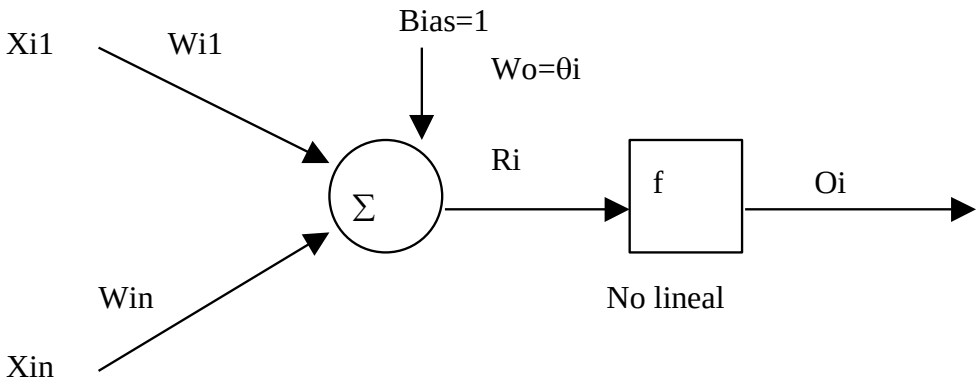
Redes recurrentes: son aquellas redes donde la salida de un nodo es la entrada del mismo nodo, son redes de propagación hacia atrás con lazos cerrados.



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



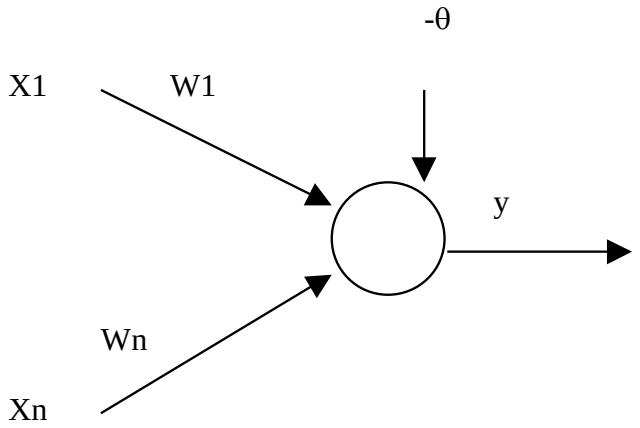
MODELO DE McCULLOCH-PITTS



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

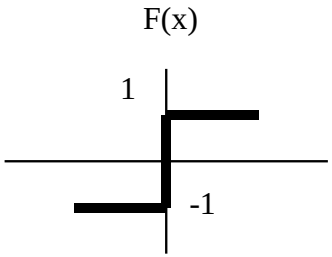
PERCEPTRÓN

- 1ER 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



$Y=F(\sum WiXi-\theta)$

PERCEPTRÓN

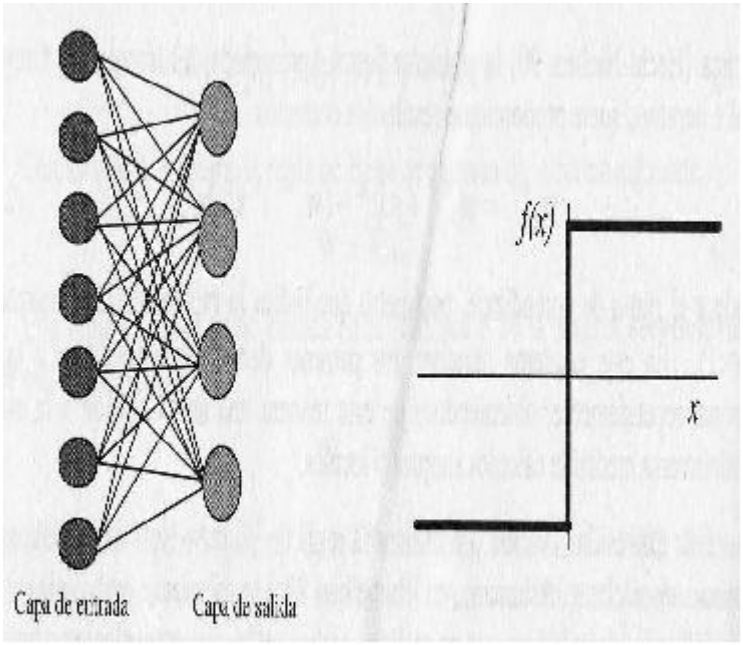
- REGIONES QUE INDICA A QUE PATRÓN PERTENECE CADA CLASE SEPARADAS POR UN HIPERPLANO

  => PATRONES SEPARABLES GEOMÉTRICAMENTE

  => DOS ENTRADAS LINEA RECTA

  $X2=W1X1/W2+\theta/W2$

  $\Rightarrow$TRES ENTRADAS PLANO



PERCEPTRÓN

- APRENDIZAJE: SUPERVISADO
- ALGORÍTMO:

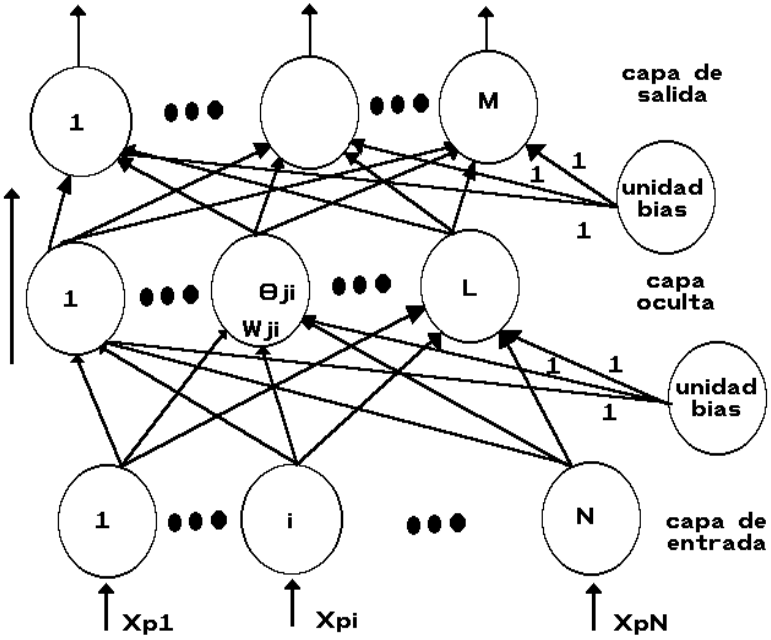
1. INICIAR PESO Y UMBRAL
2. PRESENTAR PAR ENTRADA-SALIDA
3. CALCULAR SALIDA ACTUAL
   Y(t)
4. ADAPTAR LOS PESOS
   $Wi(t)=Wi(t)+\alpha[d(t)-Y(t)]Xi(t)$

HASTA QUE $d(t)-y(t)^2$ valor pequeño

5. REGRESAR AL PASO 2

Backpropagation

- ✓ Fue propuesto por Rumelhat, 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:

$$net_{pj}^{k} = \sum_{i=1}^{N} w_{ji}^{k} x_{pi} + \Theta_{j}^{k} \qquad ; y_{pj} = f_{j}^{k}\left(net_{pj}^{k}\right)$$

n: capa n-esima

p: patrón p

j: neurona j de la capa n

BACKPROPAGATION

CAPA SALIDA:

$$net_{pk}^{o} = \sum_{i=1}^{I} w_{kj}^{o} y_{pj} + \Theta_{k}^{o}$$

$$y_{pk} = f_{k}^{o}\left(net_{pk}^{o}\right)$$

o: capa de salida

4. CALCULAR ERROR PARA TODAS LAS NEURONAS

CAPA DE SALIDA:

$$\delta_{pk}^{o} = \left(d_{pk} - y_{pk}\right) f_{k}^{o}\left(net_{pk}^{o}\right)$$

$$\delta_{pk}^{o} = \left(d_{pk} - y_{pk}\right) \qquad f_{k}^{o} = 1$$

$$\delta_{pk}^{o} = \left(d_{pk} - y_{pk}\right)^{*} y_{pk}\left(1 - y_{pk}\right) \qquad f_{k}^{o'} = f_{k}^{o}\left(1 - f_{k}^{o}\right) = y_{pk}\left(1 - y_{pk}\right)$$

f_ko' derivable lineal sigmoidal

BACKPROPAGATION

CAPA OCULTA

$$\delta_{pj}^{k} = f_j^{k}\left(net_{pj}^{k}\right)\sum_{k}\delta_{pk}^{o} w_{kj}^{o}$$

$$\delta_{pj}^{k} = x_{pj}\left(1 - x_{pj}\right)\sum_{k}\delta_{pk}^{o} w_{kj}^{o}$$

5. ACTUALIZAR PESOS

CAPA SALIDA

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

$$\Delta w_{kj}^{o}\left(t+1\right) = \alpha\delta_{pk}^{o} y_{pj}$$

CAPA OCULTA

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

$$\Delta w_{ji}^{k}\left(t+1\right) = \alpha\delta_{pj}^{k} x_{pi}$$

BACKPROPAGATION

6. REPETIR PROCESO HASTA QUE

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

M: número neuronas salidas

PARA CADA PATRÓN

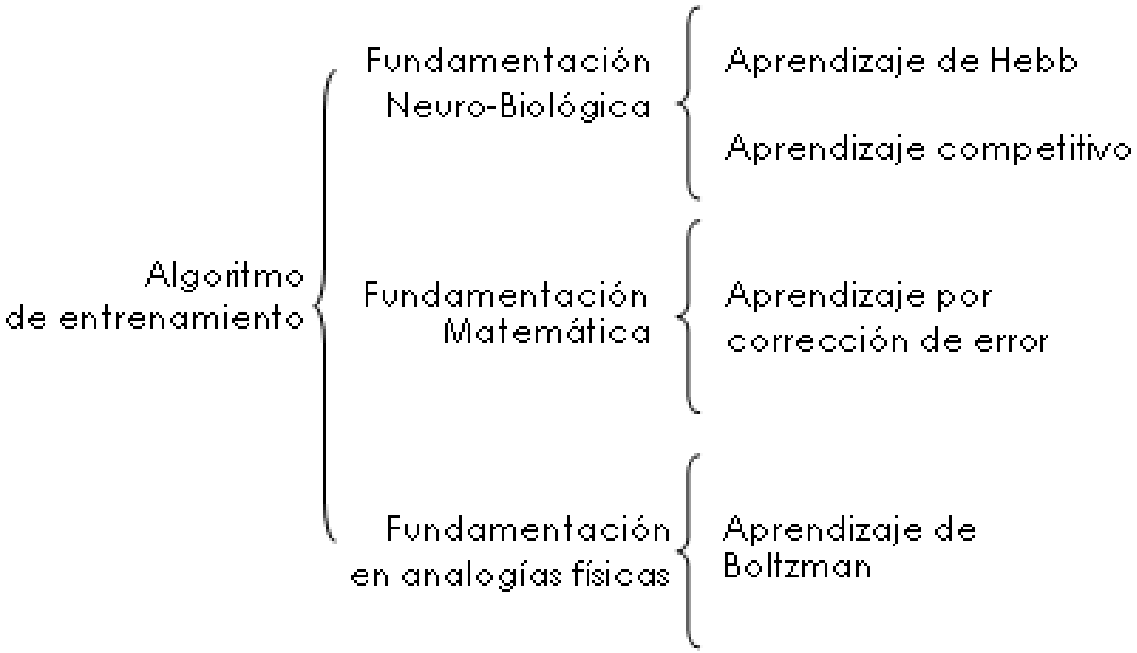
APRENDIZAJE

- ***REDES NEURALES:***
  - ***CAPACIDAD PARA APRENDER***
  - ***OPTIMIZA SU RENDIMIENTO ASI***

APRENDIZAJE: *MODIFICAR PESOS DE LAS CONEXIONES DE LAS NEURONAS (CREAR, DESTRUIR, MODIFICAR)*

$$Wij = Wij + \Delta Wij$$

APRENDIZAJE



Clasificación de los algoritmos de entrenamiento basados en su fundamentación conceptual

Modelos Neuronales

Clasificación por tipo de aprendizaje y arquitectura

Híbridos

Supervisados

- Realimentados
- Unidireccionales

No supervisados

- Realimentados
- Unidireccionales

Reforzados

Computación Evolutiva

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

COMPUTACION EVOLUTIVA

- ENFOQUES ALTERNATIVOS DE BUSQUEDA Y APRENDIZAJE BASADOS EN MODELOS COMPUTACIONALES DE PROCESOS EVOLUTIVOS
- *IDEA:* BUSQUEDA ESTOCASTICA EVOLUCIONANDO A UN CONJUNTO DE ESTRUCTURAS Y SELECCIONANDO DE MODO ITERATIVO A LAS MAS APTAS

***FINALIDAD*: SUPERVIVENCIA DEL MAS APTO**

***MODO*: ADAPTACION AL ENTORNO**

COMPUTACION EVOLUTIVA

- Los esfuerzos de la CE han consistido en relacionar algunos conceptos de la teoría de la evolución con un conjunto de técnicas computacionales

- El principal aporte de la CE ha sido el uso de mecanismos de selección de soluciones potenciales y de construcción de nuevas candidatas por recombinación de características de otras ya existentes.

COMPUTACION EVOLUTIVA

- EMULACION DE PROCESOS EVOLUTIVOS:
  - POBLACION DE POSIBLES SOLUCIONES => INDIVIDUOS
  - PROCESO DE SELECCIÓN => APTITUD DE LOS INDIVIDUOS
  - PROCESO DE TRANSFORMACION => GENERACION DE NUEVOS INDIVIDUOS

COMPUTACION EVOLUTIVA

- FENOMENOS NATURALES SIMULADOS:
  - HERENCIA GENETICA
  - LUCHA POR LA SUPERVIVENCIA
- INSPIRACIONES TEORICAS:
  - EVOLUCION DE DARWIN
  - SELECCIÓN DE WEISMANN
  - GENETICA DE MENDELL

Aspectos generales de la computación evolutiva

El propósito genérico de los algoritmos en la CE es guiar una búsqueda estocástica haciendo evolucionar un conjunto de estructuras, seleccionando de modo iterativo las mas adecuadas.

COMPUTACION EVOLUTIVA

- OBJETIVOS CONFLICTIVOS QUE SE SIGUEN:
  - EXPLOTAR LAS MEJORES SOLUCIONES
  - EXPLORAR EL ESPACIO DE BUSQUEDA
- PARADIGMAS:
  - ALGORITMOS GENETICOS (HOLLAND)
  - PROGRAMAS EVOLUTIVOS (MICHALEWICZ)
  - PROGRAMACION GENETICA (KOZA)
  - ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS (RECHENBERG SCHWEFEL)
  - PROGRAMACION EVOLUTIVA (FOGEL)

COMPUTACION EVOLUTIVA

- MACROALGORITMO:

  1.- POBLACION INICIAL

  2.- EVALUACION DE LOS INDIVIDUOS

  3.- REPRODUCCION INICIAL

  4.- REEMPLAZO

  5.- CONDICION DE FINALIZACION O REGRESA A PASO 2

COMPUTACION EVOLUTIVA

- ASPECTOS DE IMPLEMENTACION:
  - REPRESENTACION DE LOS INDIVIDUOS
  - MEDIDAS DE ADAPTACION (FUNCION ADAPTATIVA)
  - MECANISMOS DE SELECCIÓN Y REMPLAZO
  - INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS
  - PARAMETROS Y VARIABLES QUE CONTROLAN EL PROCESO
  - OPERADORES GENETICOS A UTILIZAR

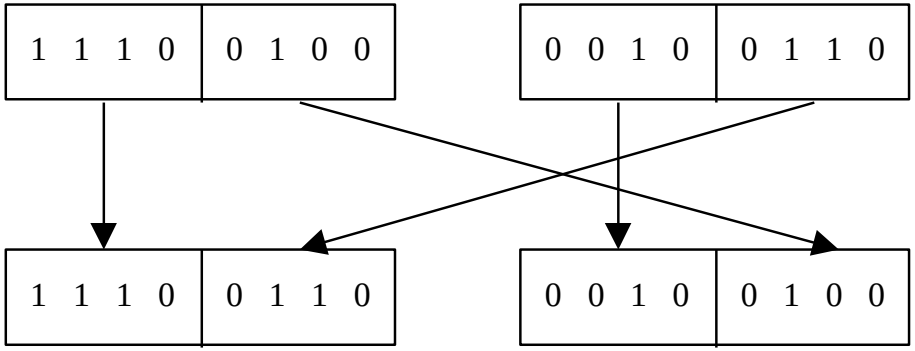
Operadores Genéticos

- Mecanismos de transformación que se utilizan para recorrer el espacio de las soluciones de un problema.

  realizan los cambios de la población durante la ejecución de un algoritmo evolutivo.

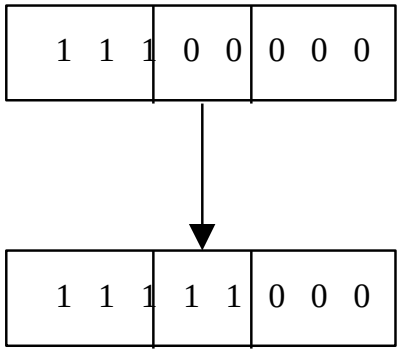
- En general, se basan en los operadores genéticos biológicos.
- Operadores genéticos clásicos:
  - Mutación
  - Cruce

Operador Cruce



- Tipos:
  - Cruce multipunto
  - Cruce segmentado
  - Cruce uniforme

Operador de Mutación



- Tipos
  - Mutaciones sobre genes
  - Mutaciones no estacionarias
  - Mutaciones no uniformes

Mecanismos de funcionamiento de los algoritmos evolutivos

- Estrategias de selección de los individuos susceptibles a reproducirse.
- Estrategia de apareamiento de los individuos en la fase de reproducción.
- Estrategia de reemplazo.

Mecanismos de Selección

- Políticas empleadas para la conformación de los progenitores.
- Tipos:
  - elitesca
  - aleatoria
  - Por sorteo
  - universal (por ruleta)
  - Por torneos

Mecanismos de Reemplazo

- Tipos:
  - Padre por hijo, o Reemplazo directo
  - Por similitud
  - Por inserción (,), p.e., peores por mejores
  - Por inclusión (+)

Estrategia de Apareamiento

- Que individuos con que individuos aparear en la fase de reproduccion

- Tipos:
  - Aleatorio,
  - Autofertilizacion,
  - etc.

Aplicaciones

- Planeación: enrutamiento, planificación, enpaquetamiento
- Diseño: sistemas digitales y electronicos, redes neuronales, reactores, estructuras, aviones, compt. paralela
- Simulación e Identificación: modelo-comportamiento, determinar modelos
- Control: controlador, optimizador,
- Clasificación:economía, biología, procesamiento de imágenes, juegos

COMPUTACION EVOLUTIVA

- OPTIMIZACION
- ADAPTACION
- MAQUINAS INTELIGENTES
- BIOLOGIA
- CONSTRUCCION DE PATRONES

Ejemplos de Aplicación

Búsqueda en un espacio de soluciones

- Supongamos que se desea maximizar la función: $F(x) = Sen(x\pi/256)$ en el intervalo [0,255].
- *Codificación*. Como las soluciones varían entre 0 y 255, se pueden utilizar cadenas binarias de longitud 8. Por ejemplo, 00010100.

Ejemplos de Aplicación

- *Función de evaluación*. La función de evaluación es la misma función dada, y se utilizar a como función de aptitud la diferencia entre el valor máximo (1) y el valor para la función dada: g(x)=1-F(x).
- *Población inicial*.

Individuo	**x**	**F(x)**
10111101	189	0.733
11011000	216	0.471
01100011	99	0.937
11101100	236	0.243