

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

## TEMA I: INTRODUCCIÓN

# TEMA I

- 1.1 Introducción al aprendizaje automático
  - 1.1.1 Concepto de aprendizaje
  - 1.1.2 Aprendizaje natural
  - 1.1.3 Tipos de aprendizaje automático
- 1.2 Aprendizaje inductivo
  - 1.2.1 Introducción al aprendizaje inductivo
  - 1.2.2 Representaciones del conocimiento

# TEMA I

- **I.1 Introducción al aprendizaje automático**
  - I.1.1 Concepto de aprendizaje
  - I.1.2 Aprendizaje natural
  - I.1.3 Tipos de aprendizaje automático
- **I.2 Aprendizaje inductivo**
  - I.2.1 Introducción al aprendizaje inductivo
  - I.2.2 Representaciones del conocimiento

# I.I INTRODUCCIÓN

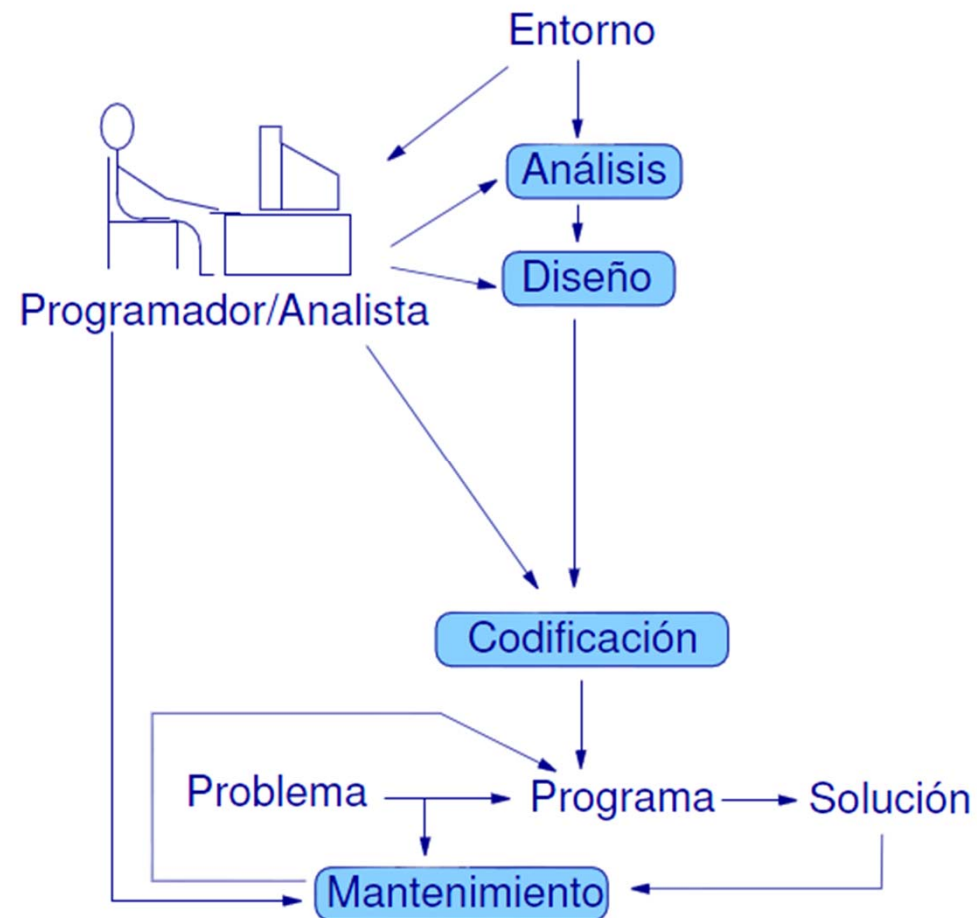
- Motivación:
  - El desarrollo de software es un cuello de botella
    - Programación
  - ¿Y si podemos desarrollar sistemas *sin programarlos*?
    - Sistemas que se desarrollen solos: *aprendan*
    - Para que aprendan, es necesario mostrarles el conocimiento a través de ejemplos
  - Introducir conocimiento a través de ejemplos es atractivo

# I.I INTRODUCCIÓN

- Motivación:
  - Introducir conocimiento a través de ejemplos es atractivo
  - Especialmente cierto en los problemas:
    - en los que no existen algoritmos
      - No se pueden programar
    - mal definidos
    - propuestos informalmente

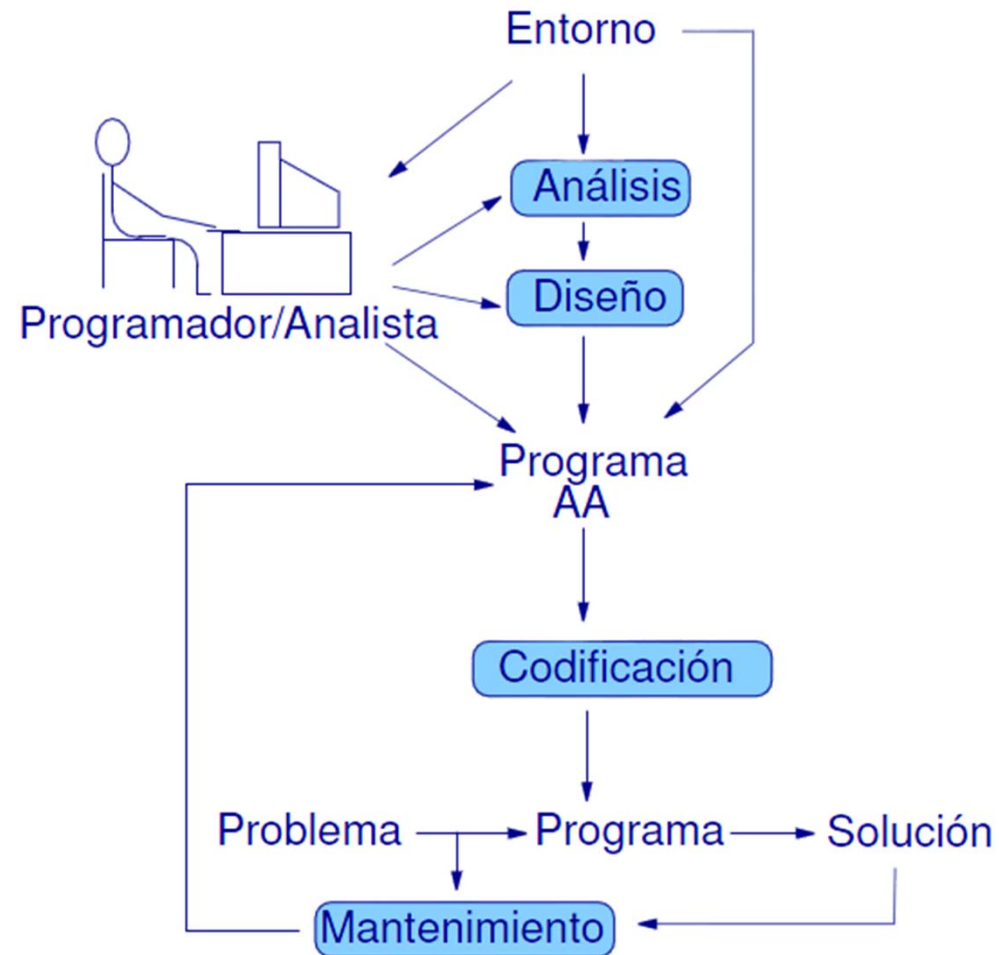
# I.I INTRODUCCIÓN

- Programación “clásica”:



# I.I INTRODUCCIÓN

- Programación automática:



# I.I INTRODUCCIÓN

- Algunos ejemplos:
  - Sanidad: cómo diagnosticar mejor una enfermedad
  - Domótica: cómo autorregular eficientemente el consumo de energía, cómo limpiar el suelo
  - Banca: por qué conceder un crédito hipotecario, cuándo aceptar el cargo a una tarjeta
  - Marketing: qué tipo de personas compran cerveza los viernes, qué perfil de compra tiene la familia Martínez
  - Personalización: qué tipo de noticias le gusta leer los viernes por la mañana al usuario
  - Seguridad: qué perfil de uso de Linux tiene un determinado usuario, cuándo se produce una entrada ilegal
  - Videojuegos: en qué orden le gusta explorar el terreno al usuario



# I.I INTRODUCCIÓN

- Algunos ejemplos:
  - ...
- La sociedad de la información genera una explosión de datos
  - No hay suficiente gente que pueda analizar tal cantidad de datos
- Necesario conocimiento a base de ejemplos!!!
  - El sistema debe **aprender** de los mismos

## I.I.I CONCEPTO DE APRENDIZAJE

- Definiciones del concepto de aprendizaje:
  - “Aprender es construir o modificar representaciones de aquello con lo que se está experimentando” [McCarthy]
  - “El aprendizaje denota cambios en el sistema que permiten que se realice la misma tarea más eficiente y eficazmente la próxima vez” [Simon]
  - “Aprender es hacer cambios útiles en nuestra mente” [Minsky]

## I.I.I CONCEPTO DE APRENDIZAJE

- Definiciones del concepto de aprendizaje:
  - “Aprender es un fenómeno que abarca muchas facetas como son: la adquisición de conocimiento declarativo, el desarrollo de habilidades cognitivas a través de la práctica, la organización del conocimiento adquirido dentro de un entorno genérico, la representación efectiva y el descubrimiento de nuevos hechos y teorías por medio de la observación y la experimentación” [Carbonell y otros]

## I.I.I CONCEPTO DE APRENDIZAJE

- Definiciones del concepto de aprendizaje:
  - “Un sistema se dice que aprende si puede modificar su comportamiento después de un conjunto de **experiencias**, de forma que pueda realizar la tarea con mayor precisión o más eficientemente o realizar tareas más allá de sus capacidades previas” [Carbonell]

## I.1.1 CONCEPTO DE APRENDIZAJE

- Definiciones del concepto de aprendizaje:
  - “Un sistema organizado puede definirse como aquel que transforma un cierto mensaje de entrada en uno de salida, de acuerdo con algún principio de transformación. Si tal principio está sujeto a un criterio de validez de funcionamiento y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema de acuerdo con ese criterio, se dice que el sistema aprende” [Wiener]

# I.I.I CONCEPTO DE APRENDIZAJE

- Definiciones del concepto de aprendizaje:
  - Resumiendo:
    - Sistema que interactúa con un entorno o que lo observa.
    - Modificación del comportamiento del sistema o de su representación interna.
    - Mejora del sistema de acuerdo a algún criterio de evaluación.
  - ¿Cómo funciona el aprendizaje en los animales?

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Aprendizaje natural:
  - Difícil definirlo, mejor describirlo
  - Desde distintas perspectivas:
    - Conductista
    - Fisiológica
    - Aprendizaje humano

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación
  - Aprendizaje asociativo
  - Impronta
  - Imitación



## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación:
    - El sistema aprende a no prestar atención de ciertos inputs y nos habituamos a ello y no lo consideramos importante.
    - Es muy complicado en sistemas artificiales decidir cuáles aspectos son importantes y hemos de prestarles atención.
  - Aprendizaje asociativo
  - Impronta
  - Imitación

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación
  - Aprendizaje asociativo:
    - Aprenden asociando elementos que llegan a estar asociados
    - Varios tipos:
      - Condicionamiento clásico
      - Prueba y error
      - Aprendizaje latente
  - Impronta
  - Imitación

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación
  - Aprendizaje asociativo:
    - Aprenden asociando elementos que llegan a estar asociados
    - Varios tipos:
      - Condicionamiento clásico:
        - Consiste en responder a un estímulo con la misma acción que se utilizaría en respuesta al estímulo asociado.
        - Ejemplo: Paulov: perro, comida y campanilla.
  - Impronta
  - Imitación

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación
  - Aprendizaje asociativo:
    - Aprenden asociando elementos que llegan a estar asociados
    - Varios tipos:
      - Prueba y error:
        - Consiste en realizar acciones aleatoriamente hasta encontrar la acción asociada a la recompensa buscada.
  - Impronta
  - Imitación

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva conductista:
  - Habitación
  - Aprendizaje asociativo:
    - Aprenden asociando elementos que llegan a estar asociados
    - Varios tipos:
      - Aprendizaje latente:
        - No se obtiene una asociación con una respuesta inmediata, sino un conocimiento del entorno que permite aprender posteriormente de una forma mucho más rápida
  - Impronta
  - Imitación

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- **Perspectiva conductista:**
  - **Habitación**
  - **Aprendizaje asociativo**
  - **Impronta:**
    - Es un proceso biológico de aprendizaje, por el cual las crías se identifican con los adultos de su especie y aprenden de ellos, mediante observación e imitación, los distintos métodos de supervivencia, búsqueda de alimento y refugio, así como modelos de defensa, ataque, convivencia, apareamiento....
    - Durante un periodo de cierto tiempo de su vida todo lo que el ser ve lo sigue como a una madre.
    - No existe dentro de la inteligencia artificial.
    - En las primeras fases de la vida la impronta es más fuerte que en las fases posteriores
  - **Imitación**



## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- **Perspectiva conductista:**
  - **Habitación**
  - **Aprendizaje asociativo**
  - **Impronta**
  - **Imitación:**
    - Importante en sistemas biológicos.
    - Consiste en imitar el comportamiento de otro ser.
    - No existe dentro de sistemas artificiales.

## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva fisiológica:
  - Conexionismo
    - Consiste en estudiar la estructura del sistema nervioso de los animales y su capacidad de aprendizaje y almacenamiento de conocimientos mediante las características del conexionado de neuronas
  - Aprendizaje genético
    - Estudia la evolución de las especies por medio de cruces y mutaciones en los cromosomas de los individuos.
    - La adaptación al medio funciona como criterio de selección a la hora de evaluar el fruto de los cambios genéticos de los individuos





## I.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva del aprendizaje humano:
  - Aprendizaje deductivo
  - Aprendizaje inductivo
  - Aprendizaje por analogía

## 1.1.2 APRENDIZAJE NATURAL

- Perspectiva del aprendizaje humano:
  - Aprendizaje deductivo
    - Capacidad de obtener nuevos conocimientos a partir de una información previa por medio de razonamientos lógicos
  - Aprendizaje inductivo
    - Consiste en la obtención de conceptos y relaciones a partir de una serie de ejemplos y contraejemplos
  - Aprendizaje por analogía
    - Se basa en la capacidad de afrontar nuevas situaciones estudiando la analogía con otras situaciones ya conocidas, adaptando un conocimiento previo a la nueva situación

## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la información respecto al comportamiento deseado
  - Aprendizaje supervisado
  - Aprendizaje no supervisado
  - Aprendizaje por refuerzo

## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la información respecto al comportamiento deseado
  - Aprendizaje supervisado:
    - El comportamiento deseado se representa por medio de un conjunto de ejemplos.
    - Estos ejemplos permiten definir un criterio para evaluar el comportamiento real del sistema

## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la información respecto al comportamiento deseado
  - Aprendizaje no supervisado:
    - Sin ningún tipo de señal que indique un comportamiento deseado para el sistema.
    - El criterio de evaluación se basa en la regularidad de los grupos de datos identificados

## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la información respecto al comportamiento deseado
  - Aprendizaje por refuerzo:
    - El comportamiento deseado no se representa mediante ejemplos sino mediante una cierta evaluación sobre los resultados que genera el sistema en su entorno



## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la representación del conocimiento obtenido
  - Aprendizaje simbólico
  - Aprendizaje no simbólico
  - Aprendizaje mixto



## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la representación del conocimiento obtenido
  - Aprendizaje simbólico:
    - Se trata de adquirir conocimiento que permita representaciones de conceptos (reglas lógicas, valores de atributos, ...)



## I.1.3 TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

- Clasificación en base a la representación del conocimiento obtenido
  - Aprendizaje no simbólico:
    - Se trata de adquirir un conocimiento representado por medio de factores numéricos no relacionados directamente con un concepto determinado
    - Por ejemplo:
      - Pesos en una red neuronal
      - Cromosomas en un sistema genético
  - Aprendizaje mixto:
    - Se trata de adquirir conceptos expresados por medio de factores numéricos

# TEMA I

- 1.1 Introducción al aprendizaje automático
  - 1.1.1 Concepto de aprendizaje
  - 1.1.2 Aprendizaje natural
  - 1.1.3 Tipos de aprendizaje automático
- **1.2 Aprendizaje inductivo**
  - 1.2.1 Introducción al aprendizaje inductivo
  - 1.2.2 Representaciones del conocimiento

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

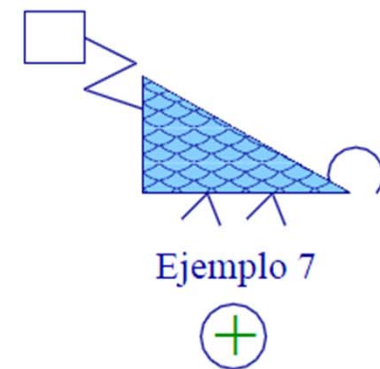
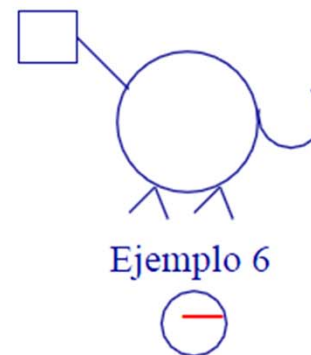
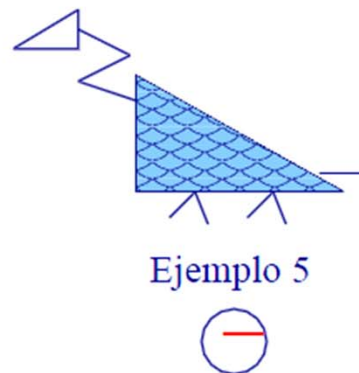
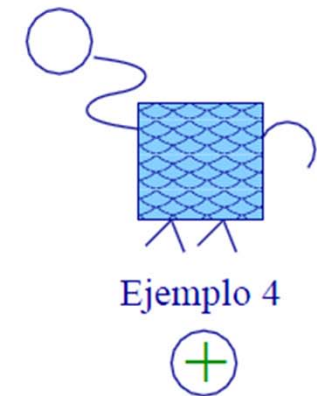
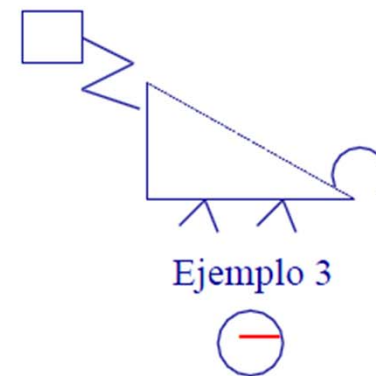
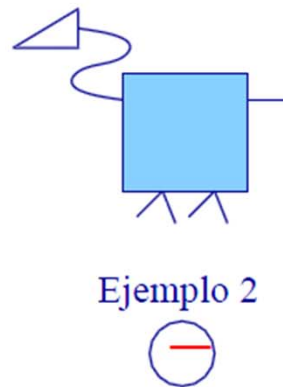
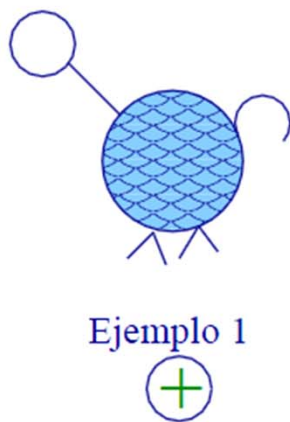
- Consiste en la adquisición de un nuevo conocimiento por la inferencia inductiva sobre los datos del entorno
- Inducir es suponer que lo que vemos es siempre así:
  - Si vemos que un gato tiene 4 patas, todos los gatos tienen 4 patas.

## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Consiste en la adquisición de un nuevo conocimiento por la inferencia inductiva sobre los datos del entorno
- Inducir es suponer que lo que vemos es siempre así:
  - Si vemos que un gato tiene 4 patas, todos los gatos tienen 4 patas.
  - Si vemos un número suficiente de gatos con 4 patas, todos los gatos tienen 4 patas.

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:



## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Algunas definiciones:
  - Atributo: característica que define a un elemento de un conjunto
  - Instancia: colección de valores de atributos
  - Clase: cada uno de los subconjuntos disjuntos en los que se quiere dividir el conjunto de instancias
  - Ejemplo (positivo) de una clase: instancia que pertenece al subconjunto definido por la clase
  - Ejemplo (negativo) de una clase: instancia que no pertenece al subconjunto definido por la clase
  - Generalización de un conjunto de ejemplos de una clase (**hipótesis**): descripción que representa al subconjunto de instancias de la clase y no representa a instancias de las otras clases



## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Formalizando:
      - 5 atributos, 2 clases, 7 instancias:

Ej.	Cabeza	Cuello	Forma Cuerpo	Color Cuerpo	Cola	Clase
1	Círculo	Recto	Círculo	Rayado	Abajo	+
2	Triángulo	Curvo	Cuadrado	Negro	Recta	-
3	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Blanco	Abajo	-
4	Círculo	Curvo	Cuadrado	Rayado	Abajo	+
5	Triángulo	Triangular	Triángulo	Rayado	Recta	-
6	Cuadrado	Recto	Círculo	Blanco	Arriba	-
7	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Rayado	Abajo	+

## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- El aprendizaje inductivo se basa en la siguiente hipótesis:
  - Si una hipótesis describe bien el concepto, de acuerdo a un número suficientemente grande/significativo de ejemplos de aprendizaje, también describirá bien el concepto en futuros ejemplos





## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Por lo tanto:
  - Si se consigue desarrollar una hipótesis que describa bien el concepto, de acuerdo a un número suficientemente grande/significativo de ejemplos de aprendizaje, esa hipótesis también describirá bien el concepto en futuros ejemplos

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Por lo tanto:
  - Si se consigue desarrollar un Sistema AA que describa bien el concepto, de acuerdo a un número suficientemente grande/significativo de ejemplos de aprendizaje, es Sistema AA también describirá bien el concepto en futuros ejemplos

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Inducción / Deducción:
  - Deducción = razonamiento de lo general a lo específico
    - Preserva la verdad
    - Siempre es correcto
  - Inducción = razonamiento desde lo específico a lo general
    - el inverso de la deducción
    - No preserva la verdad
    - Puede haber evidencia estadística

### DEDUCCIÓN

Todos los hombres son mortales

Sócrates es un hombre

---

Sócrates es mortal

### INDUCCIÓN

Sócrates es mortal

Sócrates es un hombre

---

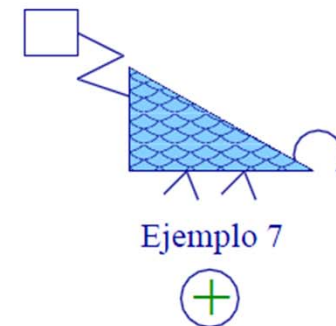
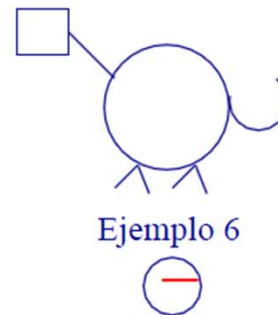
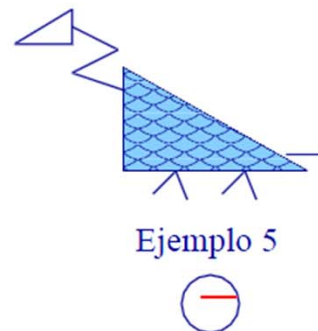
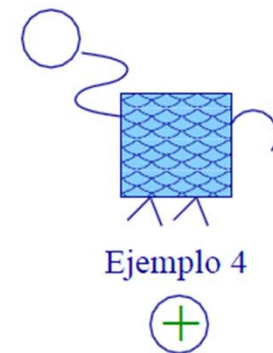
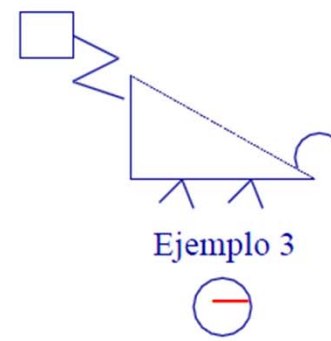
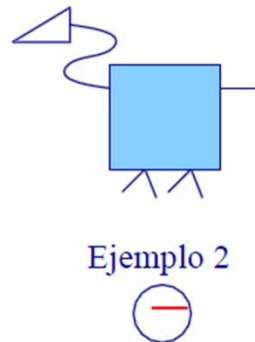
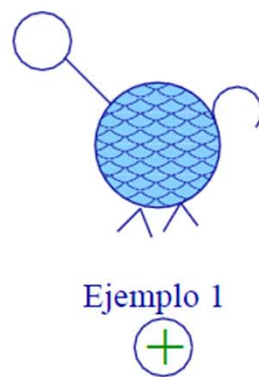
Todos los hombres son mortales

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Proceso:
  - Inductivo:
    - Aprendizaje / entrenamiento: Desarrollar un sistema de AA que describa bien el concepto para un número suficientemente significativo de ejemplos
  - Deductivo:
    - Aplicar ese sistema de AA a nuevos ejemplos

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:



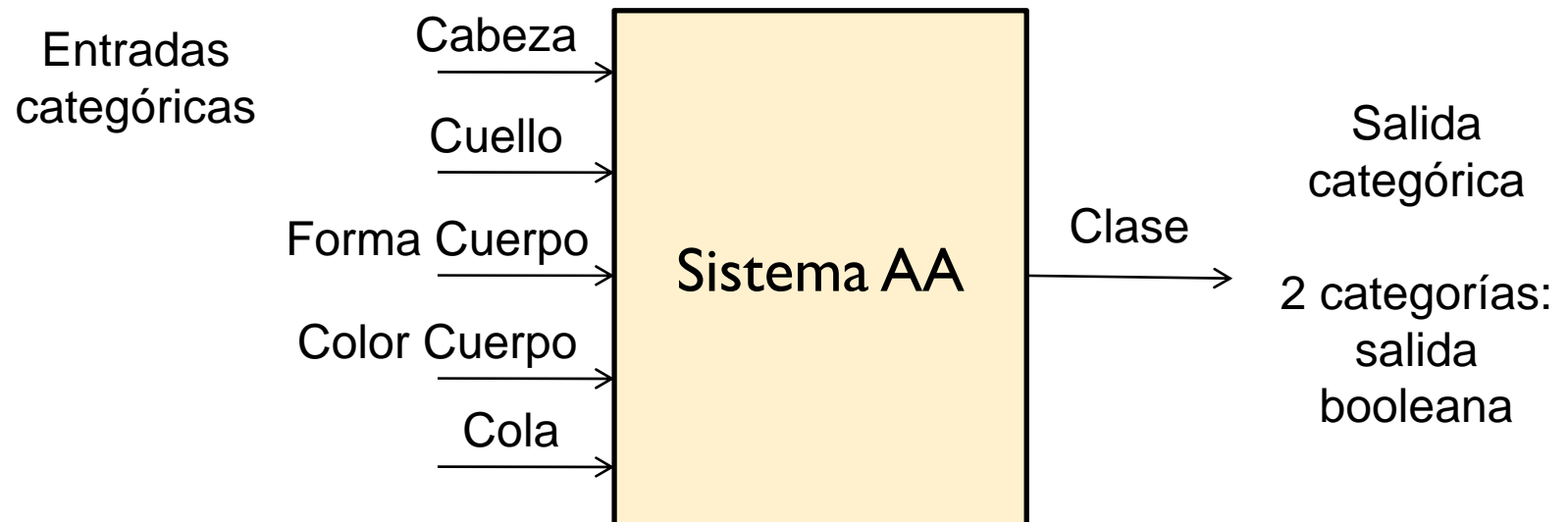
## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo: Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Formalizando:
      - 5 atributos, 2 clases, 7 instancias:

Ej.	Cabeza	Cuello	Forma Cuerpo	Color Cuerpo	Cola	Clase
1	Círculo	Recto	Círculo	Rayado	Abajo	+
2	Triángulo	Curvo	Cuadrado	Negro	Recta	-
3	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Blanco	Abajo	-
4	Círculo	Curvo	Cuadrado	Rayado	Abajo	+
5	Triángulo	Triangular	Triángulo	Rayado	Recta	-
6	Cuadrado	Recto	Círculo	Blanco	Arriba	-
7	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Rayado	Abajo	+

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Desarrollar el sistema de AA que realice la siguiente operación:





## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
  - Problema: pocas instancias:

Ej.	Cabeza	Cuello	Forma Cuerpo	Color Cuerpo	Cola	Clase
1	Círculo	Recto	Círculo	Rayado	Abajo	+
2	Triángulo	Curvo	Cuadrado	Negro	Recta	-
3	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Blanco	Abajo	-
4	Círculo	Curvo	Cuadrado	Rayado	Abajo	+
5	Triángulo	Triangular	Triángulo	Rayado	Recta	-
6	Cuadrado	Recto	Círculo	Blanco	Arriba	-
7	Cuadrado	Triangular	Triángulo	Rayado	Abajo	+

- ¿Las reglas generadas son válidas para nuevas instancias?



## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

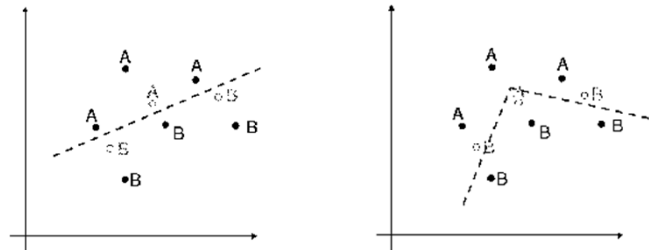
- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Problema: pocas instancias:
      - ¿Las reglas generadas son válidas para nuevas instancias?
        - «Si vemos un número suficiente de gatos con 4 patas, todos los gatos tienen 4 patas»
          - ¿¿¿Cuántos gatos es necesario observar???
          - ¿Es suficiente con observar 144.234.234 gatos?
            - ¿Es esta cantidad lo más importante?

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Problema: pocas instancias:
      - ¿Las reglas generadas son válidas para nuevas instancias?
        - «Si vemos un número suficiente de camellos con 2 jorobas, todos los camellos tienen 2 jorobas»
        - Observamos (en Asia) 763.231.921 camellos con 2 jorobas
          - ¿Todos los camellos tienen 2 jorobas?
            - ¡¡¡Los camellos africanos (dromedarios) no!!!
          - Se ha intentado aplicar la hipótesis en un entorno distinto de aquél donde pertenecen los datos observados (conjunto de entrenamiento)

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
  - Problema: pocas instancias:
    - ¿Las reglas generadas son válidas para nuevas instancias?
    - ¿Qué ocurre si se presentan patrones en alguna región donde en el entrenamiento no hubo patrones?



- ¿Qué ocurre si se presentan como patrones camellos africanos a un sistema que sólo ha aprendido a trabajar con camellos asiáticos?

## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Problema: pocas instancias:
      - ¿Las reglas generadas son válidas para nuevas instancias?
        - El conjunto de entrenamiento debe:
          - **Ser significativo:**
            - Número suficiente de ejemplos
            - Si el conjunto de entrenamiento es reducido, el modelo no será capaz de resolver el problema de forma eficaz
          - **Ser representativo:**
            - Ejemplos diversos: todas las regiones del espacio de estados deben estar suficientemente cubiertas.

## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Además, necesario escoger el método AA
      - Cada método acepta las entradas / salidas y codifica el conocimiento de una manera distinta

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Escoger el método de AA:
      - ¿Y si el sistema de AA no acepta entradas/salidas categóricas?
        - Necesario codificar esa entrada o salida
          - 2 formas de hacerlo:
            - Como números naturales
            - Como valores booleanos

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Codificar esa entrada o salida
      - Como números naturales
        - Se asigna a cada posible valor de la categoría un número natural distinto
          - Números consecutivos
          - Ejemplo: Cabeza:
            - Círculo: 1
            - Triángulo: 2
            - Cuadrado: 3
    - Apropiado cuando existe una ordenación en el mundo real
      - Asignar los números naturales siguiendo un orden similar



## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Codificar esa entrada o salida
      - Como valores booleanos
        - Más común
        - 2 posibilidades:
          - 2 categorías ( A/-A, -/+, A/B, etc. )
          - Más de 2 categorías (**one-hot encoding**)



## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Codificar esa entrada o salida
      - Como valores booleanos
        - 2 posibilidades:
          - 2 categorías ( A/-A, -/+ , A/B, etc. )
            - Se cambia la entrada / salida por un valor booleano
            - Ejemplo: salida: 1/0

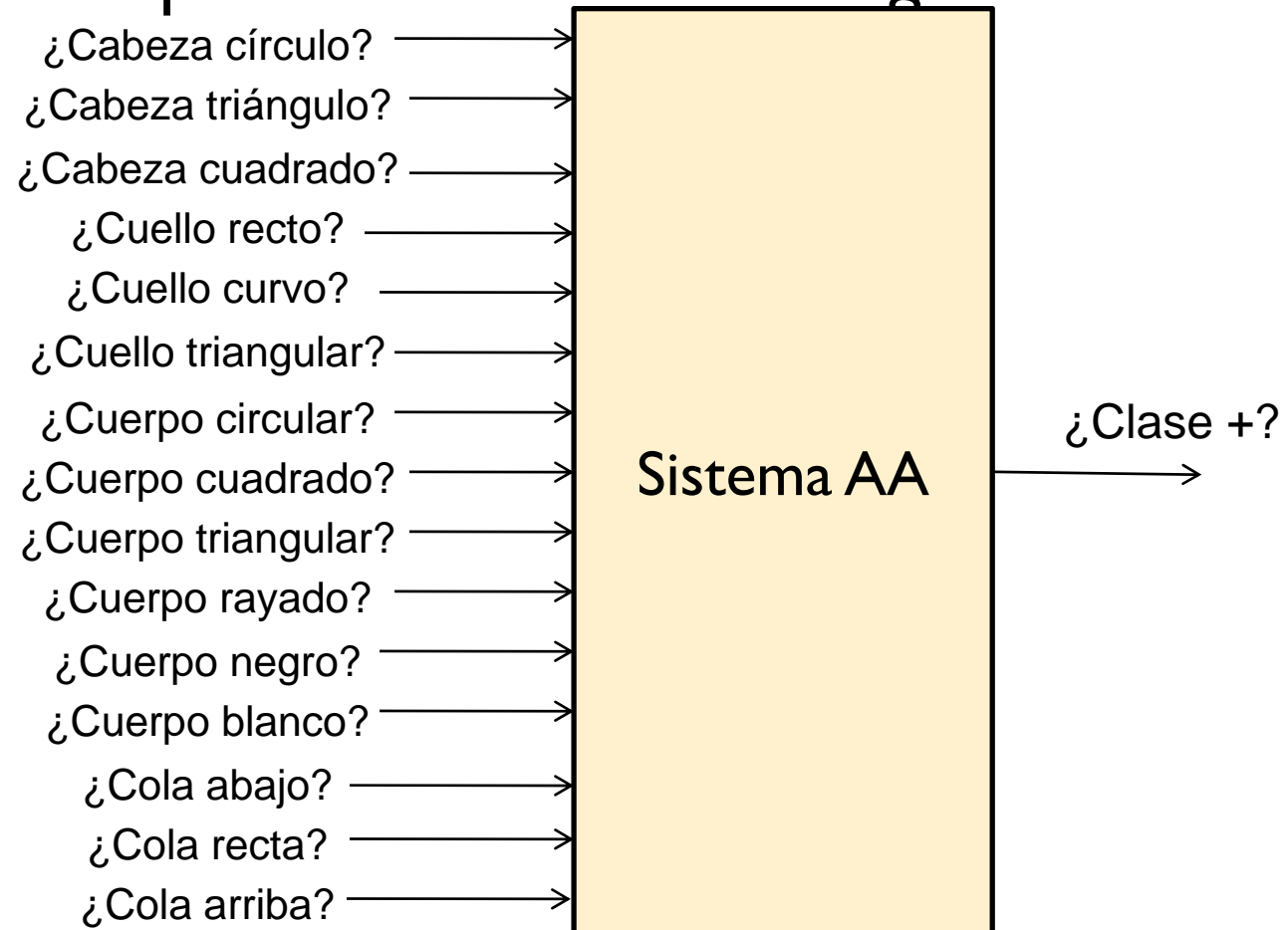
## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:
  - Caracterizar los ejemplos positivos para distinguirlos de los negativos:
    - Codificar esa entrada o salida
      - Como valores booleanos
        - 2 posibilidades:
          - Más de 2 valores (**one-hot encoding**)
            - Cada entrada / salida se cambia por un conjunto de variables booleanas, una para cada valor que puede tomar
            - Cada variable toma el valor 1 si esa instancia toma el valor correspondiente, 0 en caso contrario
            - Ejemplo: Cabeza:
              - Círculo: (1, 0, 0) Triángulo: (0, 1, 0) Cuadrado: (0, 0, 1)

## I.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Ejemplo:Anterior:

- Si no acepta entradas/salidas categóricas:

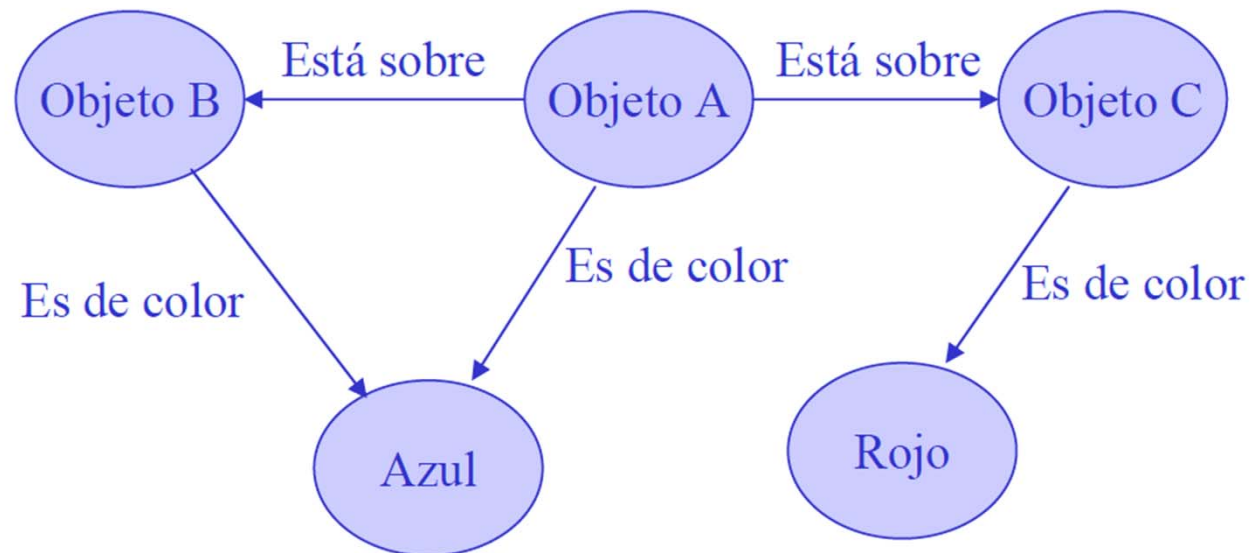


## 1.2.1 APRENDIZAJE INDUCTIVO

- Uno de los principales problemas de todo método de aprendizaje automático es el lenguaje elegido para representar o codificar el conocimiento
- Todo sistema de aprendizaje automático asume un lenguaje de representación:
  - Redes semánticas
  - Árboles y/o reglas
  - Funciones (lineales o no lineales)
  - Redes de Neuronas
  - Funciones de densidad de probabilidad
  - Vectores de soporte

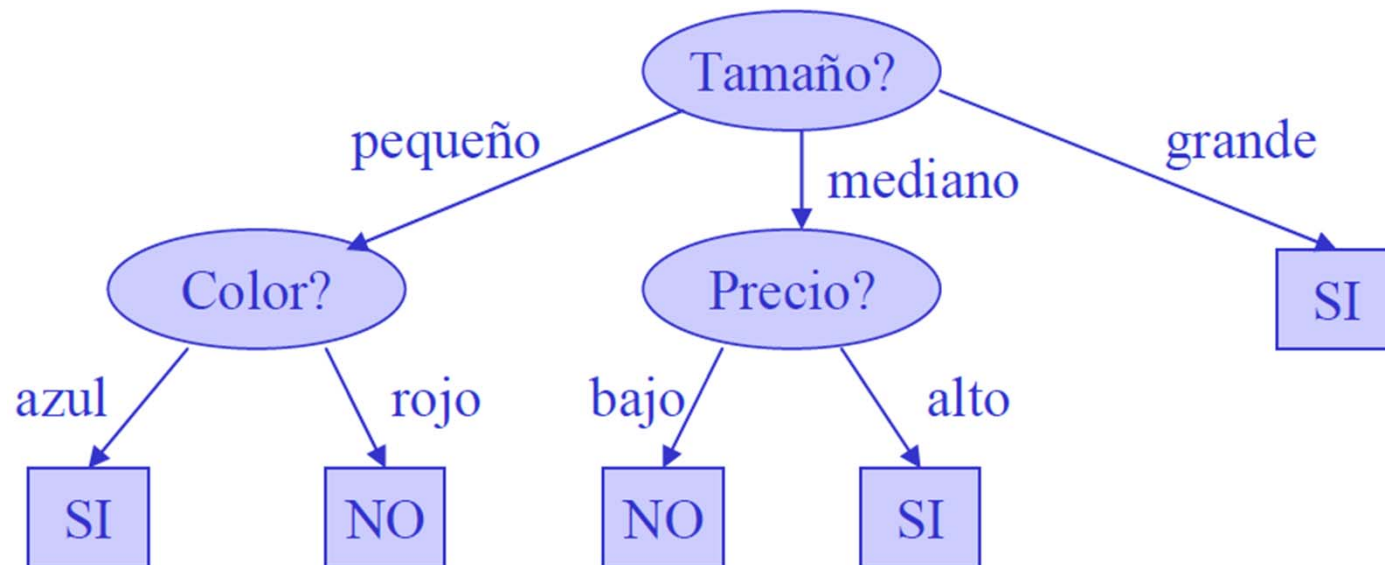
## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Redes semánticas:
  - Nodos: objetos o conceptos del dominio del problema
  - Arcos: relaciones o asociaciones entre los nodos
  - Se utilizan para representar conceptos
  - El aprendizaje puede consistir en crear o eliminar nodos y arcos



## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Árboles de decisión:
  - Permiten clasificar ejemplos basados en valores de atributos
  - Los nodos hoja representan una clasificación
  - Los nodos internos se refieren a una cuestión respecto al valor de un atributo y las ramificaciones corresponden a los diferentes valores
  - El aprendizaje consiste en la creación y modificación de estos árboles





## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Reglas de clasificación:
  - Reglas IF-THEN en las que el consecuente es la elección de una clase
  - El antecedente de las reglas se refiere a valores de atributos y suelen ser una conjunción de selectores
  - Un selector es una condición de la forma atributo relación valor
  - El aprendizaje consiste en la creación y modificación de estas reglas

- Si núcleos = 2 Y antenas = 0 ENTONCES clase = normal
- Si antenas = 2 ENTONCES clase = cancerígena
- Si núcleos = 0 ENTONCES clase = normal

## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

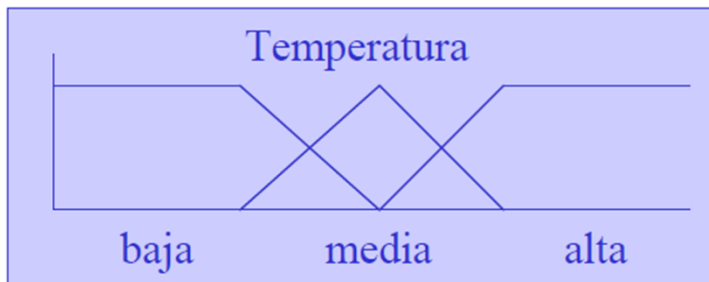
- Programación lógica
  - Basada en lógica de predicados
  - La representación del conocimiento se compone de una base de reglas y hechos
  - El mecanismo de inferencia es la deducción automática
  - El aprendizaje consiste en la construcción de hechos y reglas de forma automática a partir de ejemplos (Programación Lógica Inductiva)

- divide(2,6).
- divide(2,4).
- divide(2,12).
- divide(3,6).
- divide(3,12).
- divide(6,X) :- divide(2,X), divide(3,X).



## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

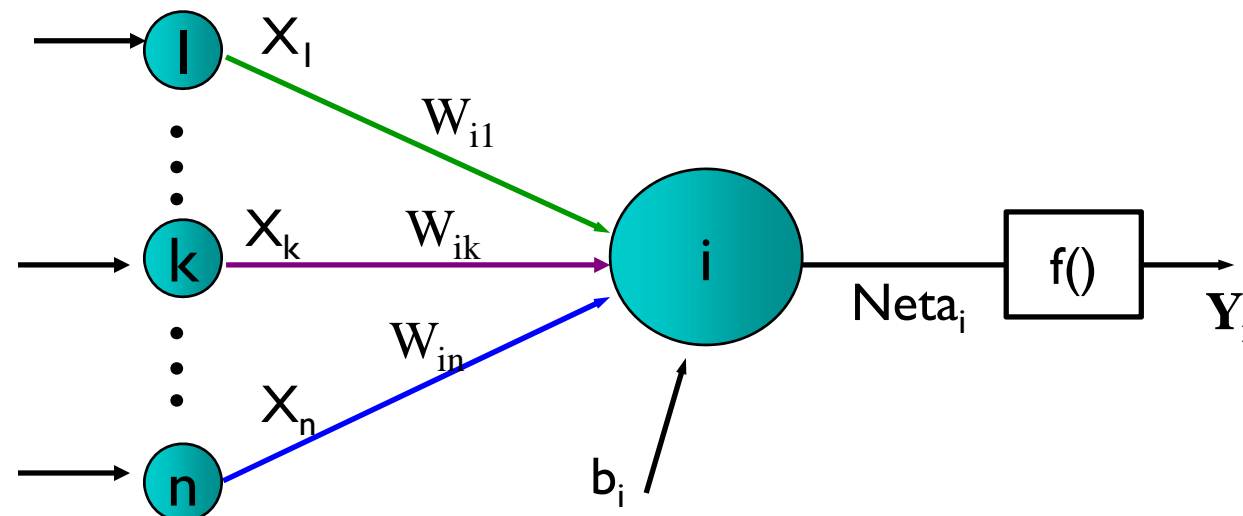
- Sistemas difusos
  - Los conjuntos difusos son conjuntos en los que la pertenencia puede tomar un valor continuo entre 0 y 1.
  - Puede utilizar reglas IF-THEN basadas en conceptos descritos por conjuntos difusos.
  - El aprendizaje consiste tanto en la construcción y modificación de reglas (aprendizaje simbólico) como en la de los conjuntos difusos (aprendizaje subsimbólico)



- SI temperatura = alta  
ENTONCES acción = parar
- SI temperatura = baja Y presión = media  
ENTONCES acción = acelerar

## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Redes neuronales
  - Formadas por elementos de procesamiento simple (neuronas) con conexiones que poseen un peso asociado
  - El aprendizaje consiste en la modificación de los pesos para adaptar el comportamiento de la red



## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Cada sistema de aprendizaje automático tiene una forma distinta de representar el conocimiento
  - Cada uno es adecuado para determinados tipos de problemas
  - Teorema “*No free lunch*” en minería de datos (Wolpert y MacReady, 1996):
    - Por cada par de algoritmos de búsqueda, hay tantos problemas en el que el primer algoritmo es mejor que el segundo como problemas en el que el segundo algoritmo es mejor que el primero.
    - Una consecuencia de ello es que si no introducimos ningún conocimiento suplementario del dominio del problema en nuestro algoritmo, es tan probable que trabaje peor que la búsqueda aleatoria, como que trabaje mejor.

## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Teorema “*No free lunch*” en minería de datos (Wolpert y MacReady, 1996):
  - Aplicando algoritmos de búsqueda a todos los tipos de problemas existentes, todos los algoritmos se comportan igual en promedio.
  - O sea, que si comparamos un algoritmo con otro, o incluso con búsqueda aleatoria, y el primero se comporta mejor en cierto tipo de problemas, siempre habrá otro tipo de problemas donde se comporte peor.
  - Uno no puede elegir entre dos algoritmos sólo basándose en lo bien que trabajaron con anterioridad (sin conocer nada sobre el dominio del problema).
  - Por ello es importante tener conocimiento del tipo de problema, antes de aplicarle un algoritmo.

## I.2.2 REPRESENTACIONES DEL CONOCIMIENTO

- Teorema “*No free lunch*” en minería de datos (Wolpert y MacReady, 1996):
  - Los teoremas NFL aparentemente echan por tierra la esperanza de conseguir el gran algoritmo inteligente que sirva para resolver todo tipo de problemas.
  - Por más que nos esforcemos en diseñar algoritmos inteligentes, fallarán para la mitad de los problemas que les planteemos.
  - No hay un algoritmo de aprendizaje que en cualquier dominio siempre induzca el clasificador más preciso
    - Cada algoritmo converge a una solución diferente y falla bajo diferentes circunstancias
    - Aunque se afine para un conjunto de validación, puede haber muestras en las que no sea preciso
    - Quizá en esas muestras hay otro algoritmo que sí es bueno
    - Buscar algoritmos que tomen diferentes decisiones para que se complementen