

# Métodos de Inteligencia Artificial

---

L. Enrique Sucar (INAOE)

[esucar@inaoep.mx](mailto:esucar@inaoep.mx)

[ccc.inaoep.mx/esucar](http://ccc.inaoep.mx/esucar)

Tecnologías de Información

UPAEP

# Agentes que Aprenden: Tareas, Técnicas y Aplicaciones

- Tareas de aprendizaje
- Otras técnicas
  - Redes neuronales
- Aplicaciones
- Retos

# Tareas de Aprendizaje

- Clasificación
- Regresión
- Segmentación
- Aprendizaje de dependencias
- Detección de desviaciones
- Mejor acción
- Optimización

# Clasificación

- Los datos son objetos caracterizados por atributos que pertenecen a diferentes clases (etiquetas discretas). La meta es inducir un modelo para poder predecir una clase dados los valores de los atributos. Se usan por ejemplo, árboles de decisión, reglas, SVM, etc.

# Regresión

- Las clases son continuas. La meta es inducir un modelo para poder predecir el valor de la clase dados los valores de los atributos. Se usan por ejemplo, árboles de regresión, regresión lineal, redes neuronales, LWR, etc.

# Segmentación

- Separación de los datos en subgrupos o clases interesantes. Las clases pueden ser exhaustivas y mutuamente exclusivas o jerárquicas y con traslapes. Se usan algoritmos de *clustering*, SOM (*self-organization maps*), EM (*expectation maximization*), *k-means*, etc.

# Aprendizaje de dependencias

- El valor de un elemento puede usarse para predecir el valor de otro. La dependencia puede ser probabilística, puede definir una red de dependencias o puede ser funcional (leyes físicas). Se pueden utilizar redes Bayesianas, redes causales y reglas de asociación.

# Detección de desviaciones

- Detección de desviaciones, casos extremos o anomalías: Detectar los cambios más significativos en los datos con respecto a valores pasados o normales. Sirve para filtrar grandes volúmenes de datos que son menos probables de ser interesantes. El problema está en determinar cuando una desviación es significativa para ser de interés.



# Aprendizaje de acciones

- Aprendizaje de la mejor acción a tomar a partir de experiencia: Esto involucra búsqueda y exploración del ambiente. Esto está relacionado principalmente con aprendizaje por refuerzo, pero también con técnicas como aprendizaje de macro-operadores, *chunking* y EBL.

# Optimización

- Existen una gran cantidad de algoritmos de búsqueda tanto determinística como aleatoria, individual como poblacional, local como global, que se utilizan principalmente para resolver algún problema de optimización. Aquí podemos incluir a los algoritmos genéticos, recocido simulado, *ant-colony*, técnicas de búsqueda local, enjambres, etc.

# Otras técnicas

- A continuación veremos brevemente algunas otras técnicas de aprendizaje para resolver algunas de las tareas anteriores

# Técnicas de aprendizaje

- Árboles de decisión y regresión
- Reglas de clasificación
- Reglas de asociación
- Programación lógica inductiva
- Aprendizaje basado en grafos
- Aprendizaje bayesiano

# Técnicas de aprendizaje

- Redes bayesianas
- Aprendizaje basado en instancias y casos
- *Clustering*
- Aprendizaje por refuerzo
- Redes neuronales
- Algoritmos genéticos

# Otras técnicas

- Aprendizaje basado en *Kernels*
- *Support Vector Machines*
- Ensamblajes de clasificadores
- Selección de atributos
- Aprendizaje semi-supervisado
- Aprendizaje por transferencia

# Aprendizaje basado en instancias (vecino más cercano)

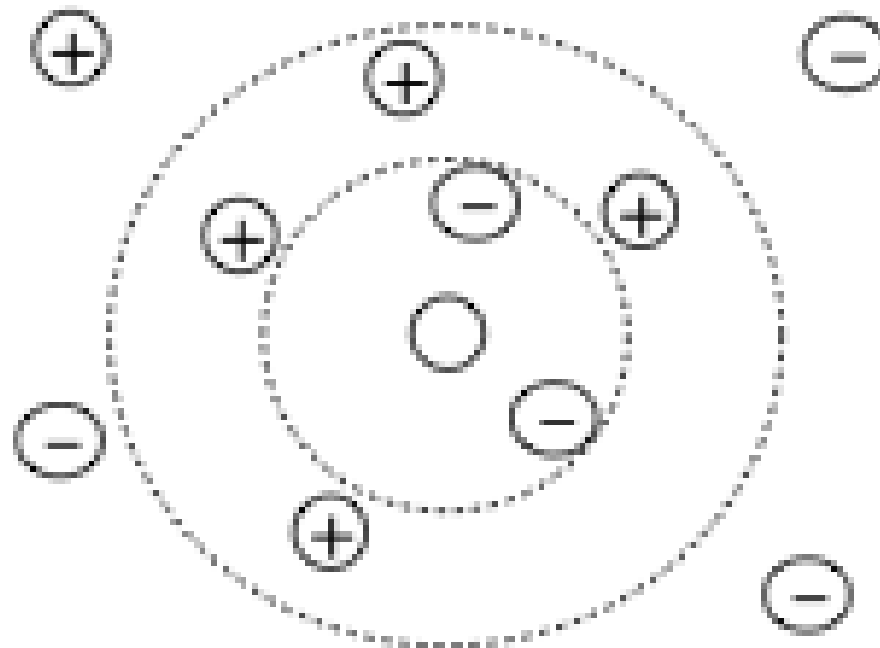


Figura: Aprendizaje basado en instancias.

# Clustering

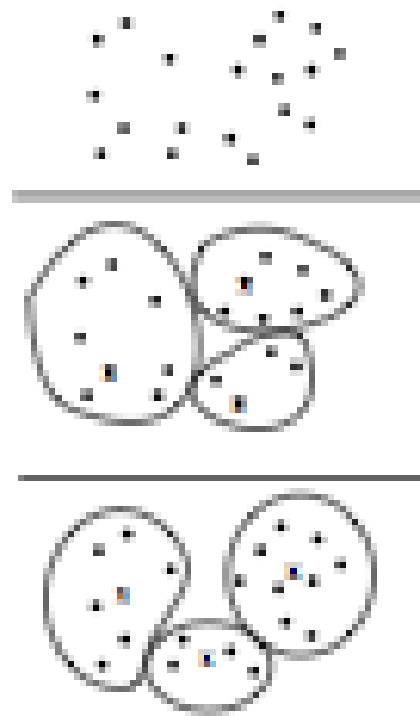


Figura: Ejemplo de Clustering.

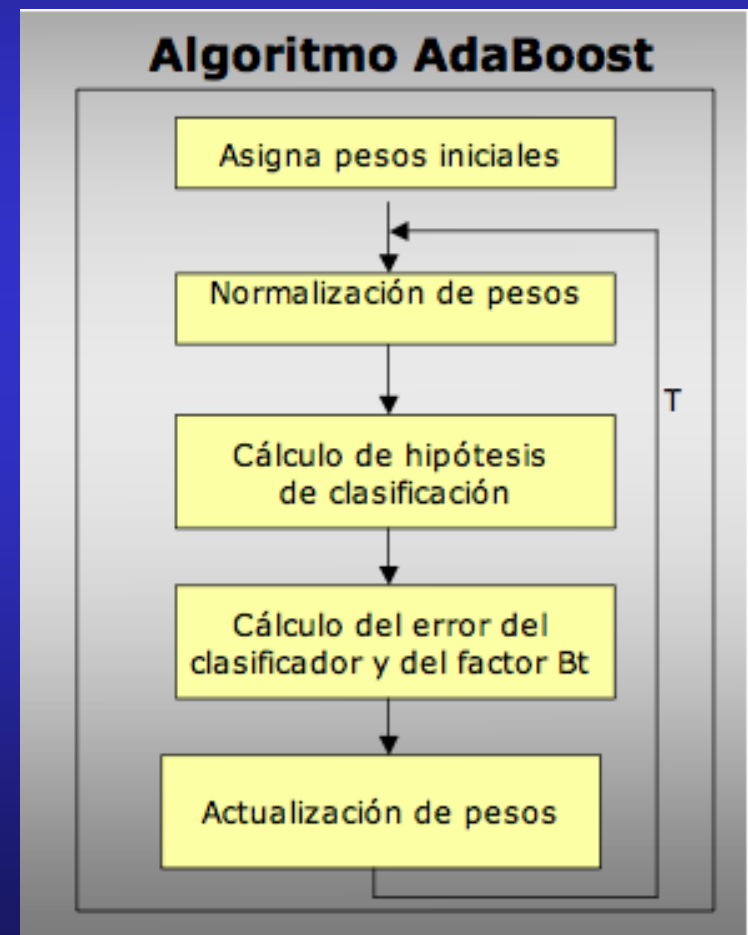
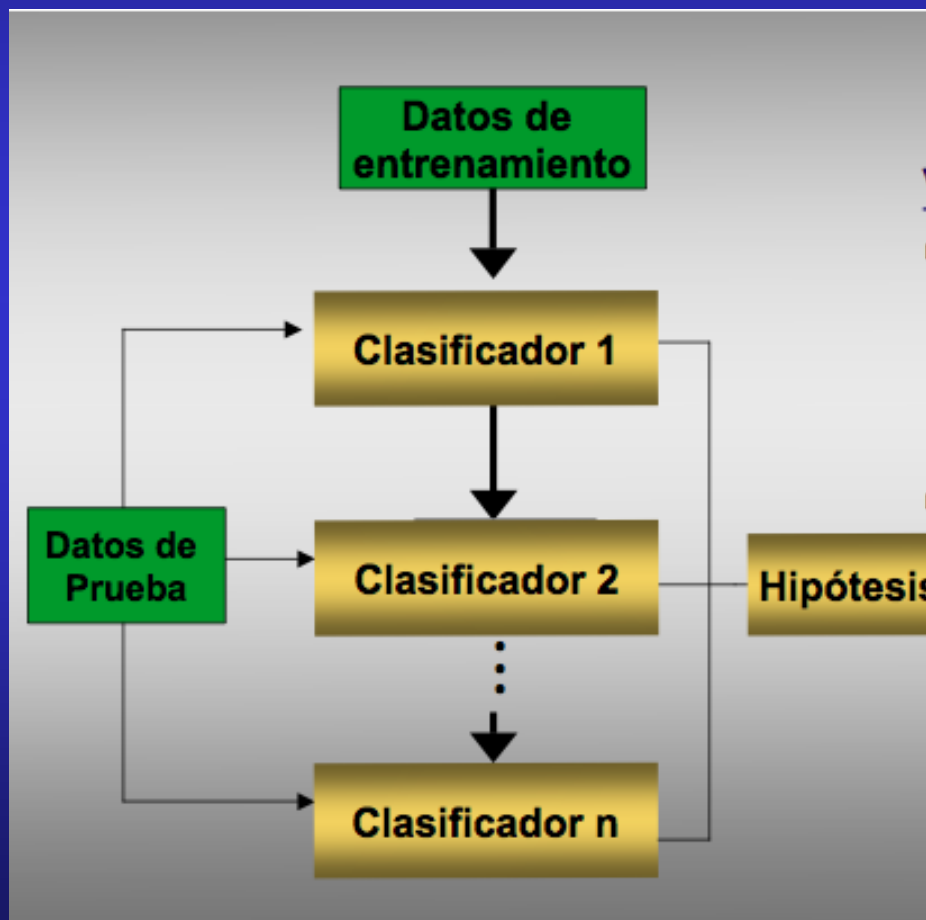


# Reglas de asociación

- Relacionan pares atributo-valor con otros pares atributo-valor

$edad(X, 20 \dots 29) \wedge ingresos(X, 20K \dots 29K)$   
 $\Rightarrow compra(X, CD)$   
[soporte = 2 %, confianza = 60 %]

# Ensamble de clasificadores



# Redes Neuronales

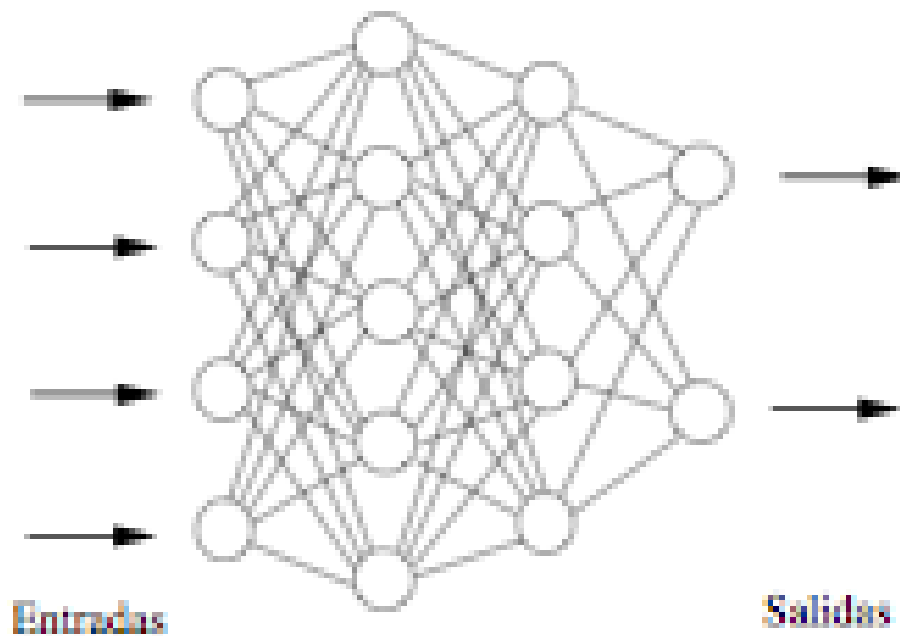


Figura: Red Neuronal prototípica.

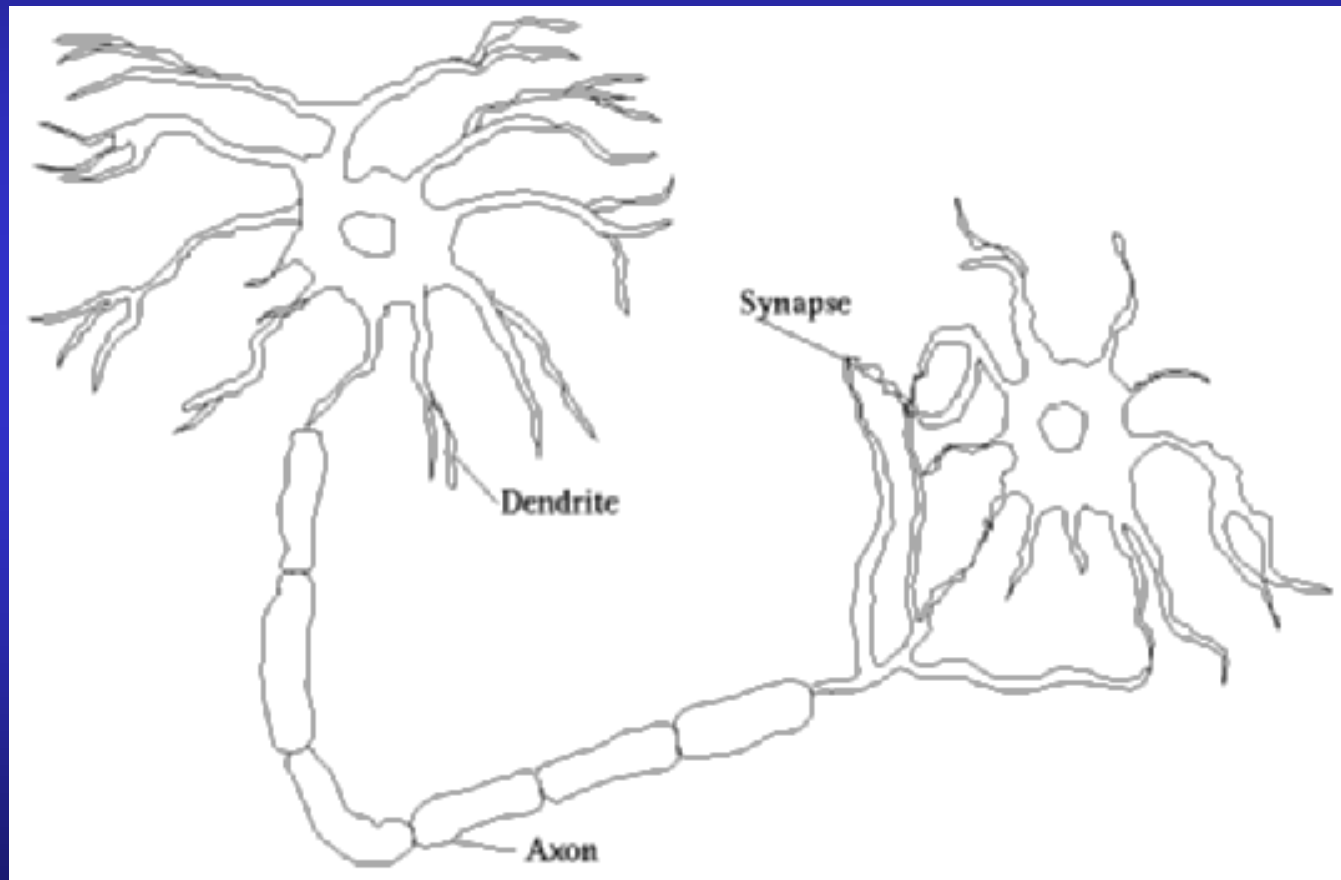
# Redes neuronales

- Estructura inspirada en un modelo simplificado de las neuronas biológicas
- Se forma de un conjunto de elementos sencillos (neuronas) que tiene varias entradas y una salida

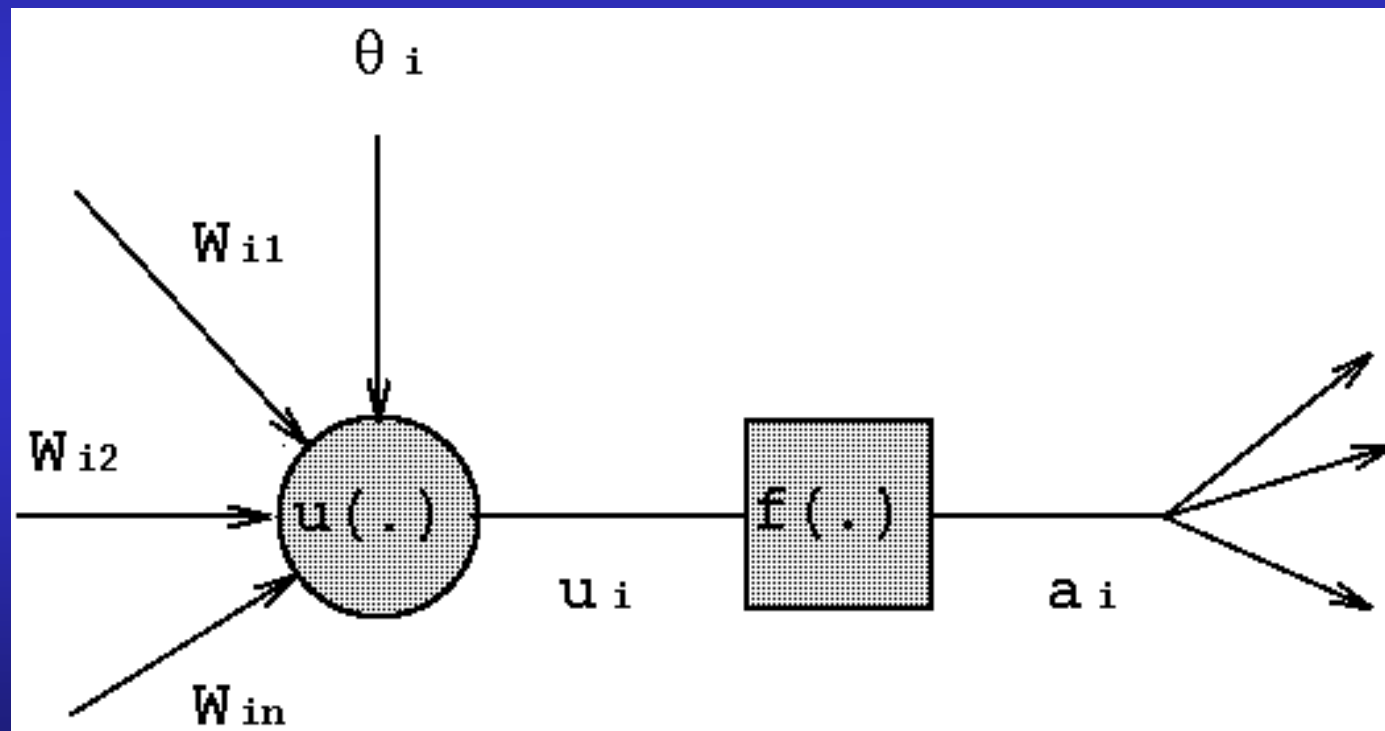
$$\text{Salida} = f \left( \sum W_i E_i \right)$$

- Estos elementos se interconectan entre si para formar redes (red neuronal)
- Las RN se entrenan para aprender relaciones de entrada-salida mediante la presentación de ejemplos, modificando los pesos

# Neuronas biológicas



# Neuronas artificiales



# Neuronas artificiales

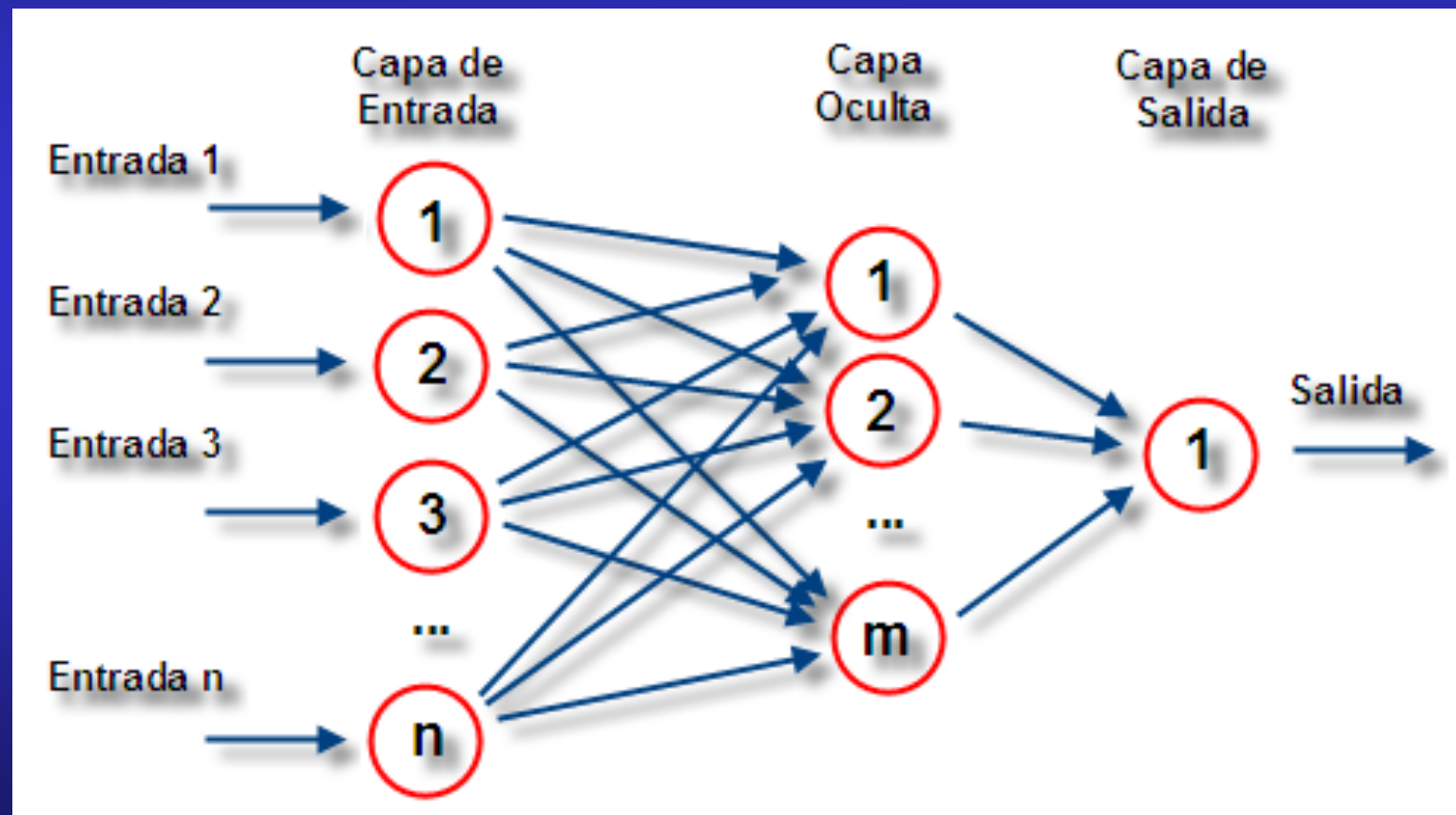
- Funciones base

$$U = \sum w_i x_i$$

- Función de activación

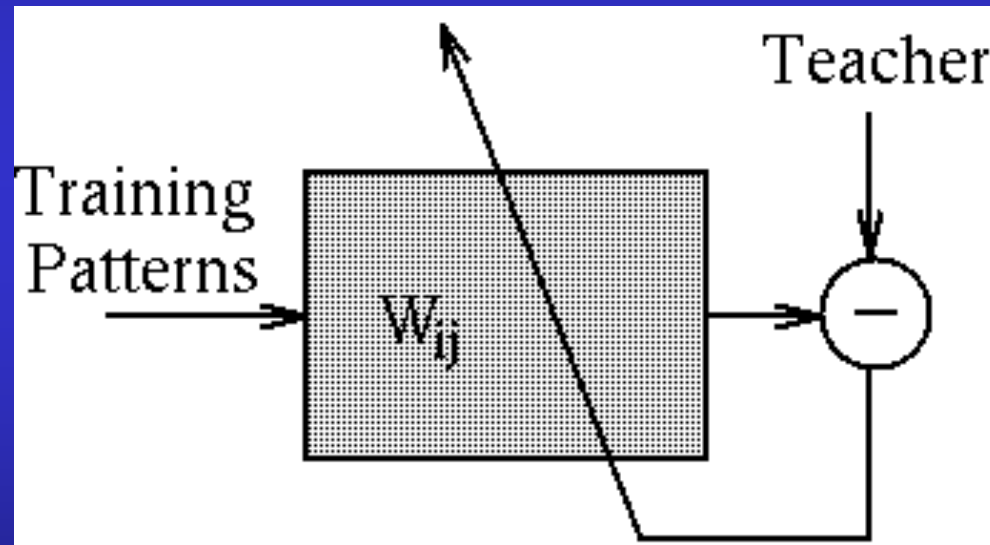
$$f(U) = 1 / ( 1 + e^{-U/\sigma} )$$

# Red Neuronal - Feedforward





# Aprendizaje - *backpropagation*



# Aprendizaje - *backpropagation*

- Se compara la salida “deseada” con la salida “actual” y se genera un error
- Se utiliza dicho error para modificar los “pesos” en las neuronas de salida

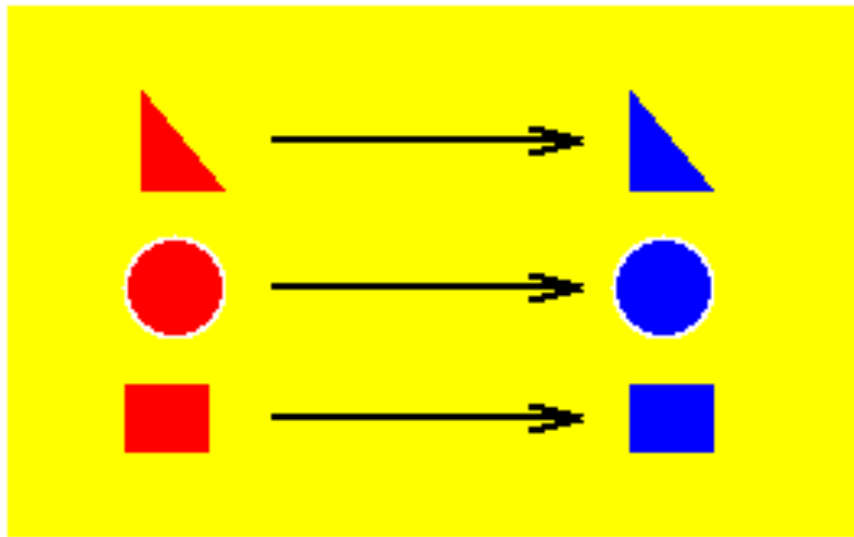
$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \Delta_{ij}(k)$$

- Se propaga dicho error hacia atrás, modificando los pesos en las demás neuronas en la red

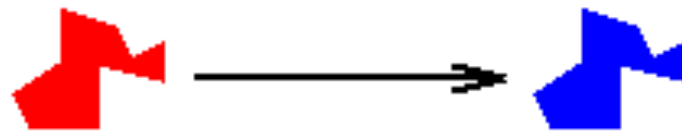
# Aplicaciones

- Una vez entrenada, la red neuronal se puede utilizar para diversas tareas:
  - Clasificación
  - Clasificación no-supervisada
  - Asociación
  - Complementar patrones

# Aplicaciones



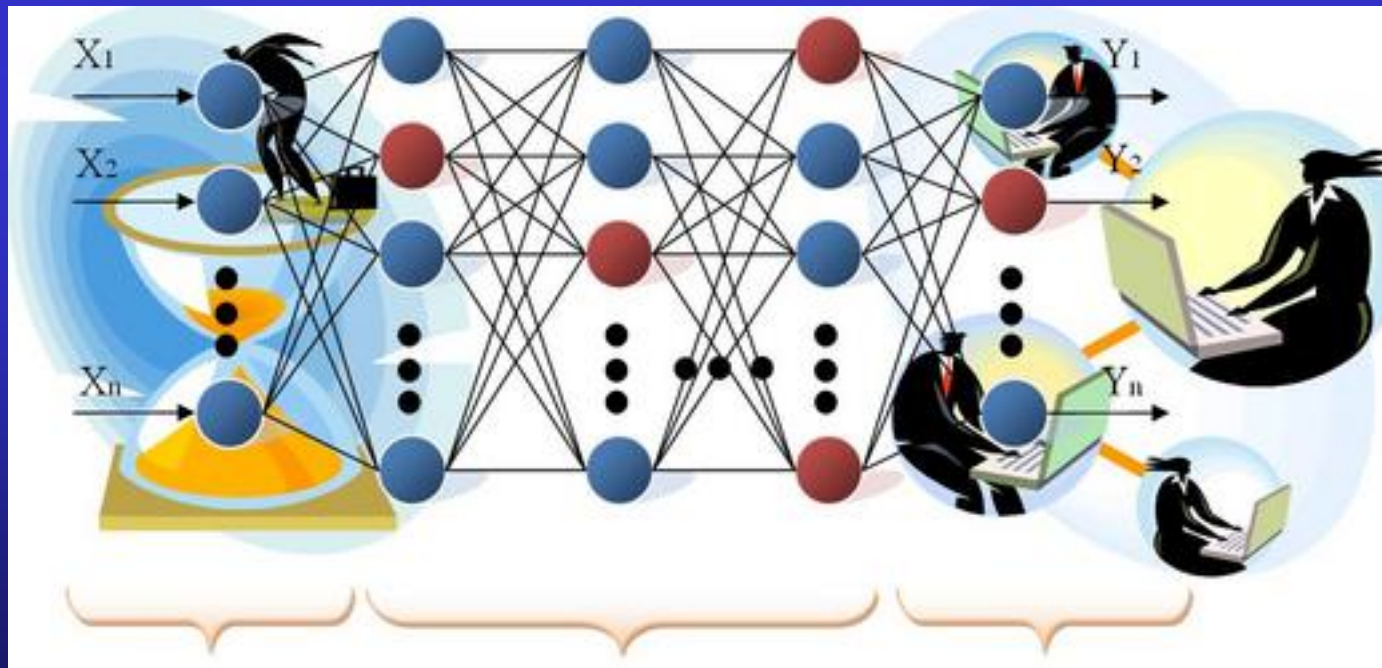
Training



Testing

# Aplicaciones

- Predicción de demanda en cajeros automáticos



# Aplicaciones

- astronomía
- biología molecular
- aspectos climatológicos
- medicina
- industria y manufactura
- mercadotecnia
- inversión en casas de bolsa y banca
- detección defraudes y comportamientos inusuales
- análisis de canastas de mercado
- aprendizaje de tareas en robótica
- ...

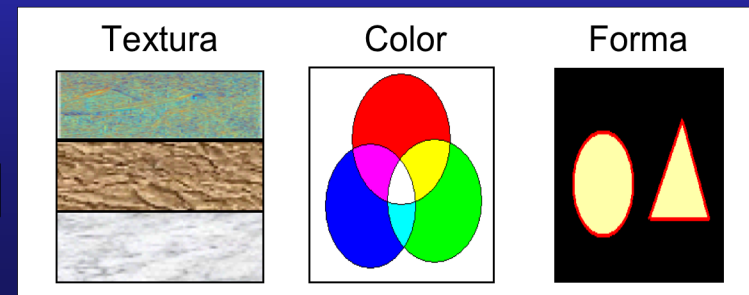
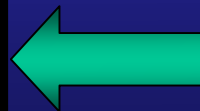
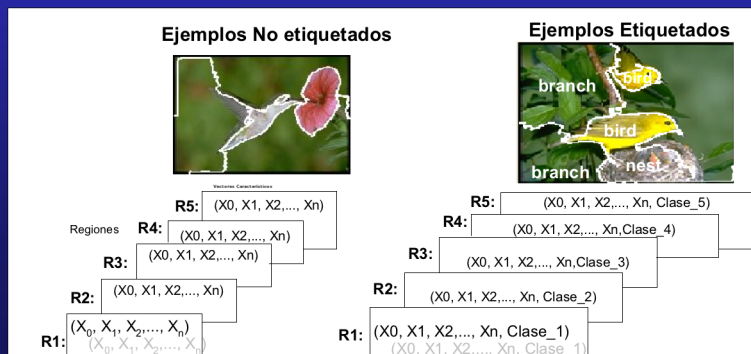
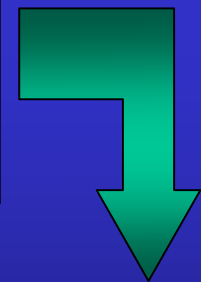
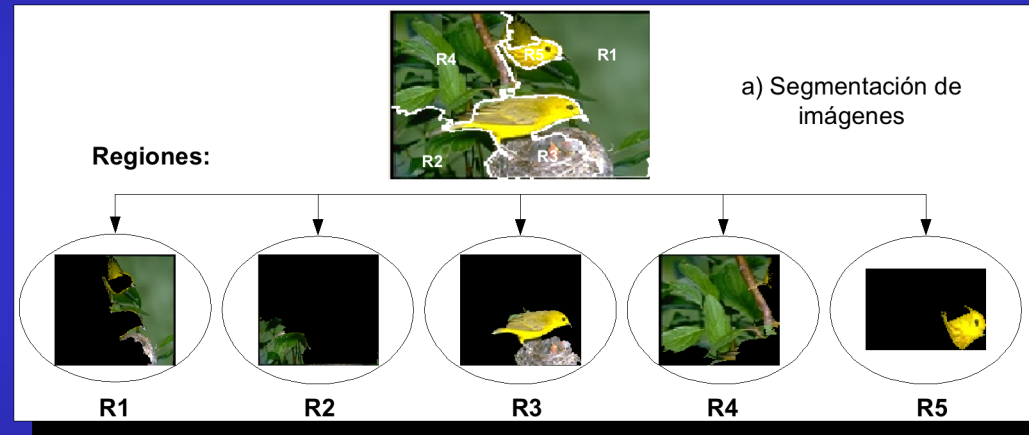
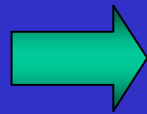
# Aprendiendo a volar ...

- Imitación de comportamiento + aprendizaje por refuerzo ...



# Etiquetado automático de imágenes ...

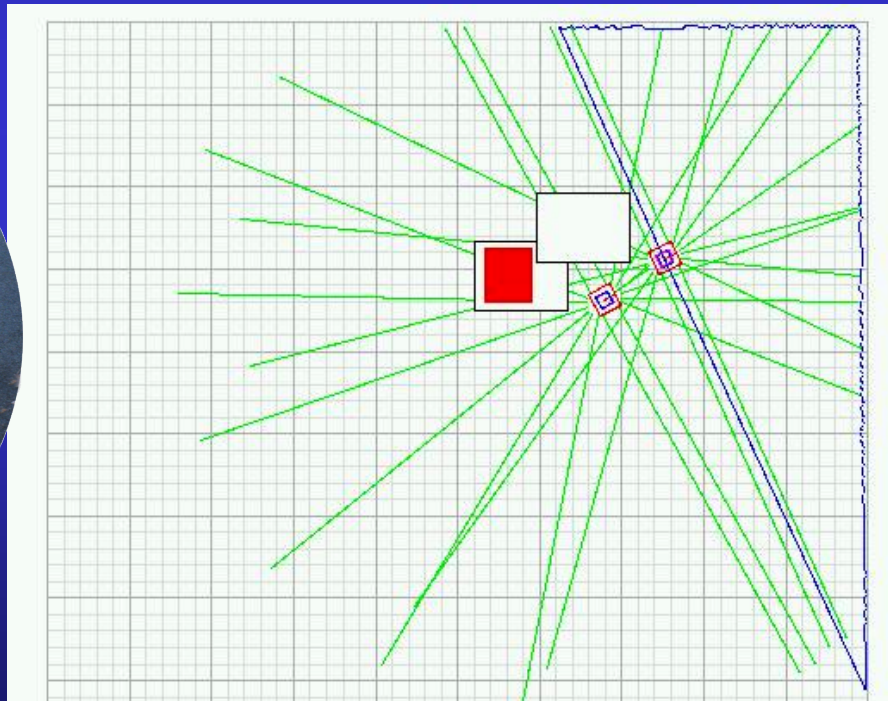
- Aprendizaje semi-supervisado con ensambles de clasificadores





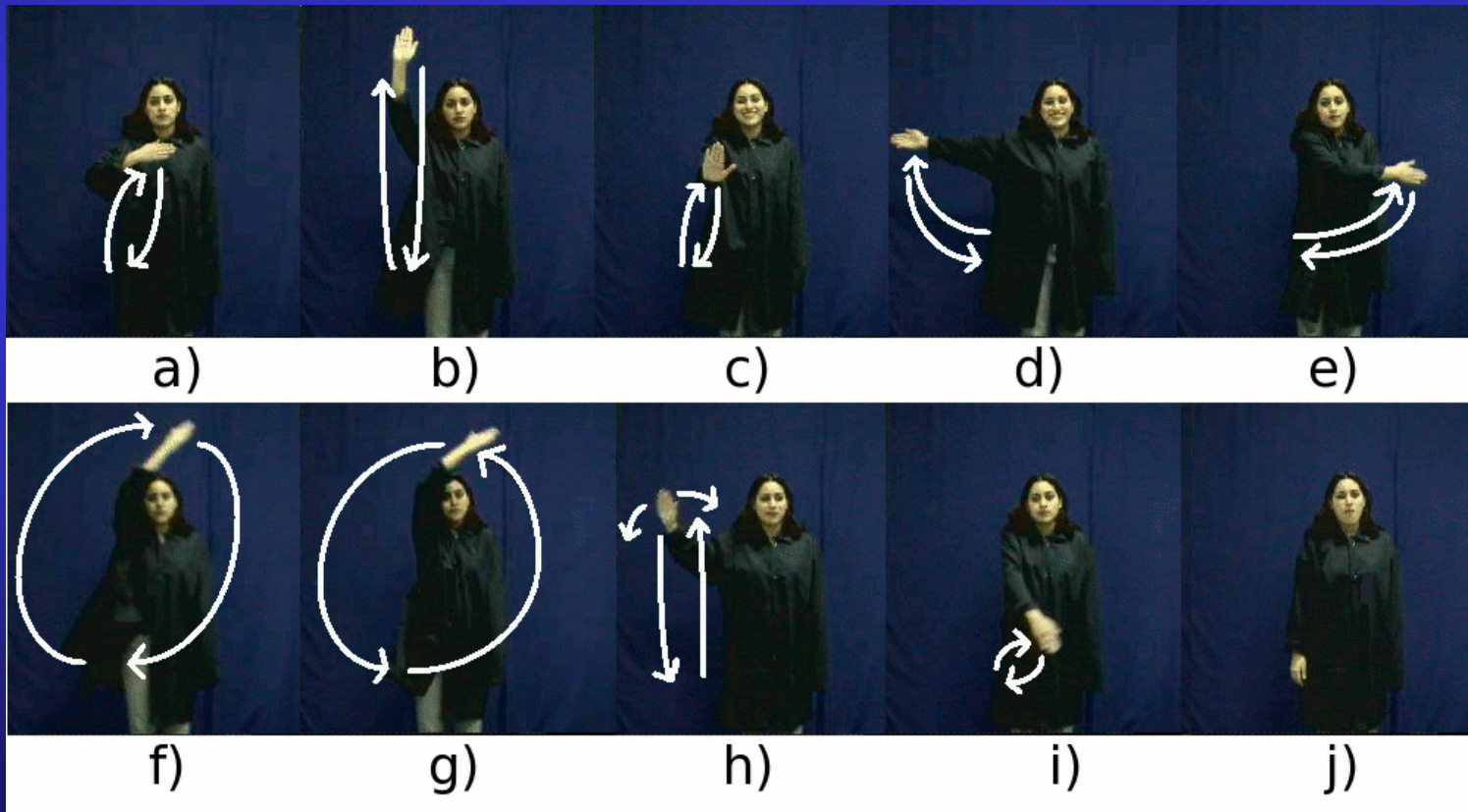
# Robótica: seguimiento

- Aprendizaje de MDPs cualitativos ...



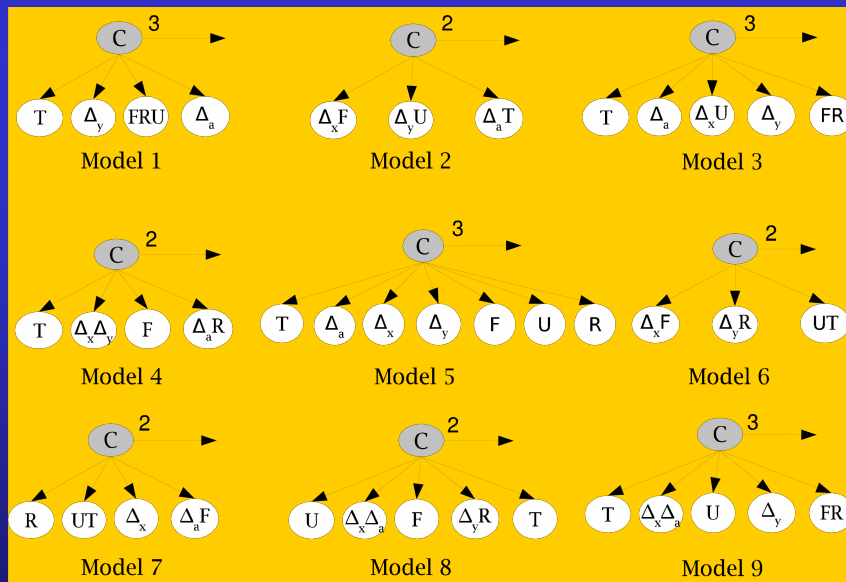
# Reconocimiento de ademanes

- Aprendizaje de clasificadores bayesianos con algoritmos genéticos ...



# Reconocimiento de ademanes

- Aprendizaje de clasificadores bayesianos con algoritmos genéticos ...



Gesture	Accuracy basic DNBC	Accuracy evolved DNBC
Come	96%	100%
Attention	100%	88%
Right	100%	100%
Left	96%	100%
Stop	100%	100%
Turn-right	100%	100%
Turn-left	100%	100%
Pointing	88%	88%
Waving-hand	72%	100%
<b>Average</b>	<b>94.67%</b>	<b>97.33%</b>

## *Algunas aplicaciones “famosas”*

- Sistemas de reconocimiento de voz (e.g., SPHINX, Lee 89),
- Manejo de vehículos autónomos (ALVINN, Pomerleau 89)
- Clasificación de nuevas estructuras en astronomía (SkyCat, Fayyad et al. 95)
- Aprendiendo a jugar Backgammon (TD-Gammon, Tesauro 92)

# Retos

- Volumen de datos (mega, giga y hasta terabytes)
- Alta dimensionalidad y/o pocos datos
- Sobreajuste (*overfitting*)
- Datos y conocimiento dinámicos
- Ruido, incertidumbre y datos incompletos y/o esparsos
- Relaciones complejas entre campos, jerarquías, etc.
- Interpretación de los resultados
- Incorporación de conocimiento del dominio
- Interacción activa del usuario
- Integración con otros sistemas

# Tarea

- Leer Capítulo 19 de Russell
- Proyecto de redes bayesianas para VIH en Hugin
  - Reporte impreso
  - Presentación/demo en clase