

# **Sistemas Inteligentes**

**Escuela Técnica Superior de Informática**

**Universitat Politècnica de València**

## **Tema B2T0**

# **Introducción al Reconocimiento de Formas y Aprendizaje Automático**

# Índice

- 1 Introducción ▷ 1
- 2 Algunas demostraciones ▷ 5
- 3 Aplicaciones ▷ 6
- 4 Interpretación, Clasificación y Aprendizaje ▷ 8

# INTRODUCCIÓN

## Objetivos tradicionales de la Informática

- Resolución **exacta** de problemas **repetitivos**
- Grandes volúmenes de información, generalmente **numérica** (en ocasiones simbólica)
- Ejemplos: proceso de datos bancarios o empresariales, información estadística, cálculo numérico en las Ingenierías (ej., cálculo de estructuras)

Frente a las aplicaciones tradicionales *rutinarias y exactas*, interesan nuevas aplicaciones más propias del *comportamiento humano* **espontáneo e impreciso**

# RECONOCIMIENTO DE FORMAS: OBJETIVOS Y ENFOQUE

- Modelado del proceso de *percepción*
  - Difícil de formalizar (es raro que un “experto” pueda verbalizar sus habilidades perceptivas)
  - Extraordinaria *plasticidad*: *aprendizaje* (inconsciente) mediante exposición reiterada a los problemas a resolver (y a sus soluciones)
- Modelado del proceso de *razonamiento*
- *Imposibilidad intrínseca* de alcanzar resultados *exactos*
- Desarrollo de sistemas útiles para mejorar la productividad y, en general, la calidad de vida

# RECONOCIMIENTO DE FORMAS: OBJETIVOS Y ENFOQUE

- Modelado del proceso de *percepción*
  - Difícil de formalizar (es raro que un “experto” pueda verbalizar sus habilidades perceptivas)
  - Extraordinaria *plasticidad*: *aprendizaje* (inconsciente) mediante exposición reiterada a los problemas a resolver (y a sus soluciones)
- Modelado del proceso de *razonamiento*
- *Imposibilidad intrínseca* de alcanzar resultados *exactos*
- Desarrollo de sistemas útiles para mejorar la productividad y, en general, la calidad de vida

## Dos enfoques:

- **Inteligencia Artificial**: Énfasis en el *Razonamiento*, la *Lógica* y la *Cognición*
- **Reconocimiento de Formas**: Énfasis en la *Percepción* y el *Aprendizaje*, aspectos simples del Razonamiento

# BIBLIOGRAFÍA

- ***R.O. Duda, P.E. Hart. Pattern Classification and Scene Analysis. Wiley, 1973.***
- ***R.O.~Duda, D.G.~Stork, P.E.~Hart. Pattern Classification. Wiley, 2001.***
- S. Theodoridis, K. Koutroumbas. *Pattern Recognition*. Elsevier, tercera ed., 2009.
- A. R. Webb, K. D. Copsey. *Statistical Pattern Recognition*. Wiley, tercera ed., 2011.

# Índice

- 1 Introducción ▷ 1
- 2 *Algunas demostraciones* ▷ 5
- 3 Aplicaciones ▷ 6
- 4 Interpretación, Clasificación y Aprendizaje ▷ 8

# Índice

- 1 Introducción ▷ 1
- 2 Algunas demostraciones ▷ 5
- 3 *Aplicaciones* ▷ 6
- 4 Interpretación, Clasificación y Aprendizaje ▷ 8



# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

## ■ Reconocimiento de Imágenes

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

- **Reconocimiento de Imágenes**

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

- **Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)**

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

- **Reconocimiento de Imágenes**

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

- **Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)**

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

- **Análisis de Señales Sísmicas**

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

- **Reconocimiento de Imágenes**

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

- **Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)**

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

- **Análisis de Señales Sísmicas**

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

- **Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje**

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

- **Reconocimiento de Imágenes**

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

- **Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)**

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

- **Análisis de Señales Sísmicas**

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

- **Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje**

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

- **Aplicaciones Biomédicas**

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

- **Reconocimiento de Imágenes**

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

- **Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)**

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

- **Análisis de Señales Sísmicas**

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

- **Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje**

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

- **Aplicaciones Biomédicas**

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

- **Aplicaciones Agrícolas**

Visión Artificial para Recolección Automática, Localización de “Malas Hierbas” para su eliminación selectiva, Detección de Puntos de Injerto para su Automatización, Detección de Defectos y selección de Frutos para su Envasado, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

## ▪ Reconocimiento de Imágenes

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

## ▪ Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

## ▪ Análisis de Señales Sísmicas

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

## ▪ Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

## ▪ Aplicaciones Biomédicas

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

## ▪ Aplicaciones Agrícolas

Visión Artificial para Recolección Automática, Localización de “Malas Hierbas” para su eliminación selectiva, Detección de Puntos de Injerto para su Automatización, Detección de Defectos y selección de Frutos para su Envasado, etc.

## ▪ Protección Civil

Predicción del Clima, Predicción de Terremotos, Control Incendios Forestales, Detección de situaciones de Alerta en Sistemas Hidrológicos, etc.



# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

## ■ Reconocimiento de Imágenes

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

## ■ Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

## ■ Análisis de Señales Sísmicas

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

## ■ Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

## ■ Aplicaciones Biomédicas

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

## ■ Aplicaciones Agrícolas

Visión Artificial para Recolección Automática, Localización de “Malas Hierbas” para su eliminación selectiva, Detección de Puntos de Injerto para su Automatización, Detección de Defectos y selección de Frutos para su Envasado, etc.

## ■ Protección Civil

Predicción del Clima, Predicción de Terremotos, Control Incendios Forestales, Detección de situaciones de Alerta en Sistemas Hidrológicos, etc.

## ■ Economía

Segmentación de Mercados, Predicción de tendencias, Detección de Patrones de Fraude, Minería de Datos, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

## ■ Reconocimiento de Imágenes

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

## ■ Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

## ■ Análisis de Señales Sísmicas

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

## ■ Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

## ■ Aplicaciones Biomédicas

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

## ■ Aplicaciones Agrícolas

Visión Artificial para Recolección Automática, Localización de “Malas Hierbas” para su eliminación selectiva, Detección de Puntos de Injerto para su Automatización, Detección de Defectos y selección de Frutos para su Envasado, etc.

## ■ Protección Civil

Predicción del Clima, Predicción de Terremotos, Control Incendios Forestales, Detección de situaciones de Alerta en Sistemas Hidrológicos, etc.

## ■ Economía

Segmentación de Mercados, Predicción de tendencias, Detección de Patrones de Fraude, Minería de Datos, etc.

## ■ Astronomía

Clasificación Automática de Objetos Celestes, etc.

# APLICACIONES DEL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

## ■ Reconocimiento de Imágenes

Reconocimiento de Caracteres, Análisis de Documentos, Reconocimiento de Firmas, Reconocimiento de Huellas Dactilares, Identificación de Placas de Matrícula y tipos de Vehículos, Reconocimiento de Piezas Industriales, Reconocimiento de Texturas y Detección de Defectos para control de calidad, Reconocimiento de Rostros y Expresiones Faciales, etc.

## ■ Teledetección (imágenes aéreas o de satélite)

Exploración de Recursos Naturales, Predicción de Cosechas y Explotaciones Forestales, Localización de posibles Yacimientos Minerales, etc.

## ■ Análisis de Señales Sísmicas

Señales Naturales: Predicción de Terremotos, Señales Artificiales: Localización de Yacimientos Minerales y Petróleo, etc.

## ■ Reconocimiento del Habla y Procesado del Lenguaje

Reconocimiento de Palabras Aisladas, Habla Continua, Identificación del Locutor, Comprensión, Traducción, etc.

## ■ Aplicaciones Biomédicas

Detección de Tumores y Tejidos Cancerosos, Reconocimiento de Cromosomas para detección de Malformaciones Congénitas, Recuento de Células para Análisis Clínicos, Análisis de Electro Cardio/Encefalo—gramas para detección de problemas Cardiovasculares, Detección de situaciones Críticas en UVI, Diagnóstico a partir de Síntomas, etc.

## ■ Aplicaciones Agrícolas

Visión Artificial para Recolección Automática, Localización de “Malas Hierbas” para su eliminación selectiva, Detección de Puntos de Injerto para su Automatización, Detección de Defectos y selección de Frutos para su Envasado, etc.

## ■ Protección Civil

Predicción del Clima, Predicción de Terremotos, Control Incendios Forestales, Detección de situaciones de Alerta en Sistemas Hidrológicos, etc.

## ■ Economía

Segmentación de Mercados, Predicción de tendencias, Detección de Patrones de Fraude, Minería de Datos, etc.

## ■ Astronomía

Clasificación Automática de Objetos Celestes, etc.

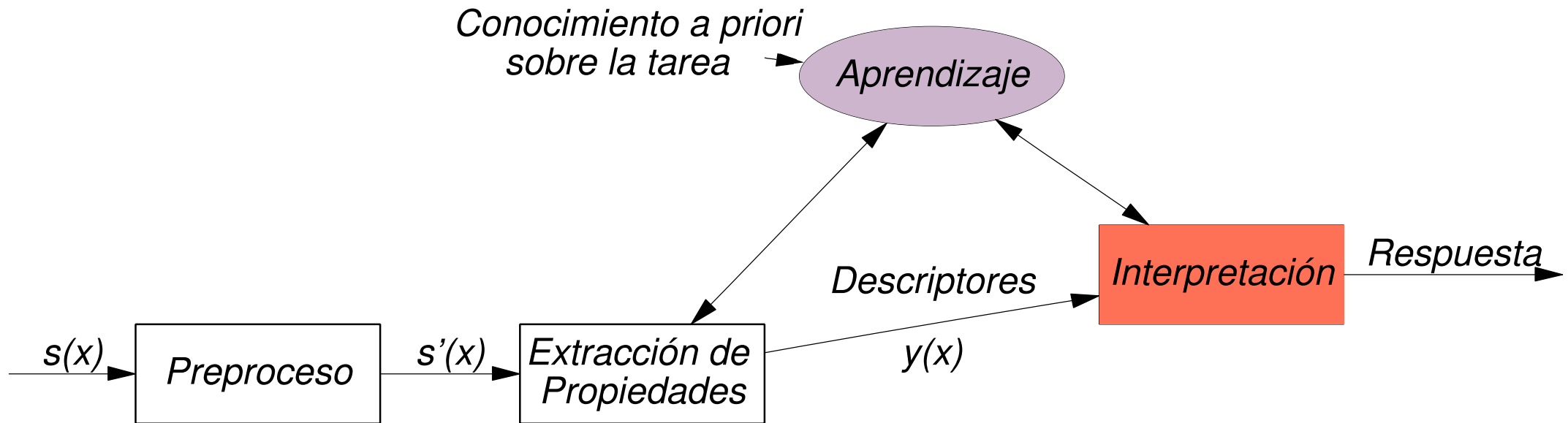
## ■ Ayudas Discapacitados

Ayudas para la Visión, Control del Entorno mediante Reconocimiento del Habla, Ayudas al Aprendizaje del Habla, etc.

# Índice

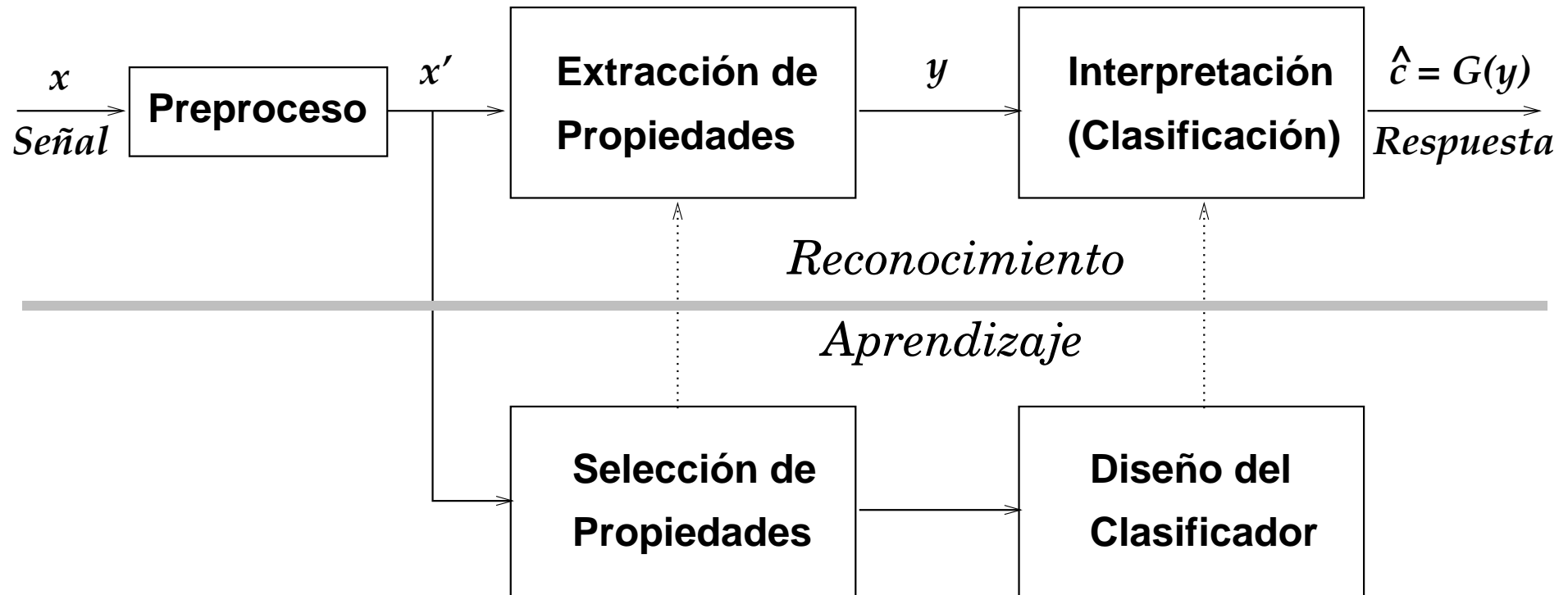
- 1 Introducción ▷ 1
- 2 Algunas demostraciones ▷ 5
- 3 Aplicaciones ▷ 6
- 4 *Interpretación, Clasificación y Aprendizaje* ▷ 8

# DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE FORMAS

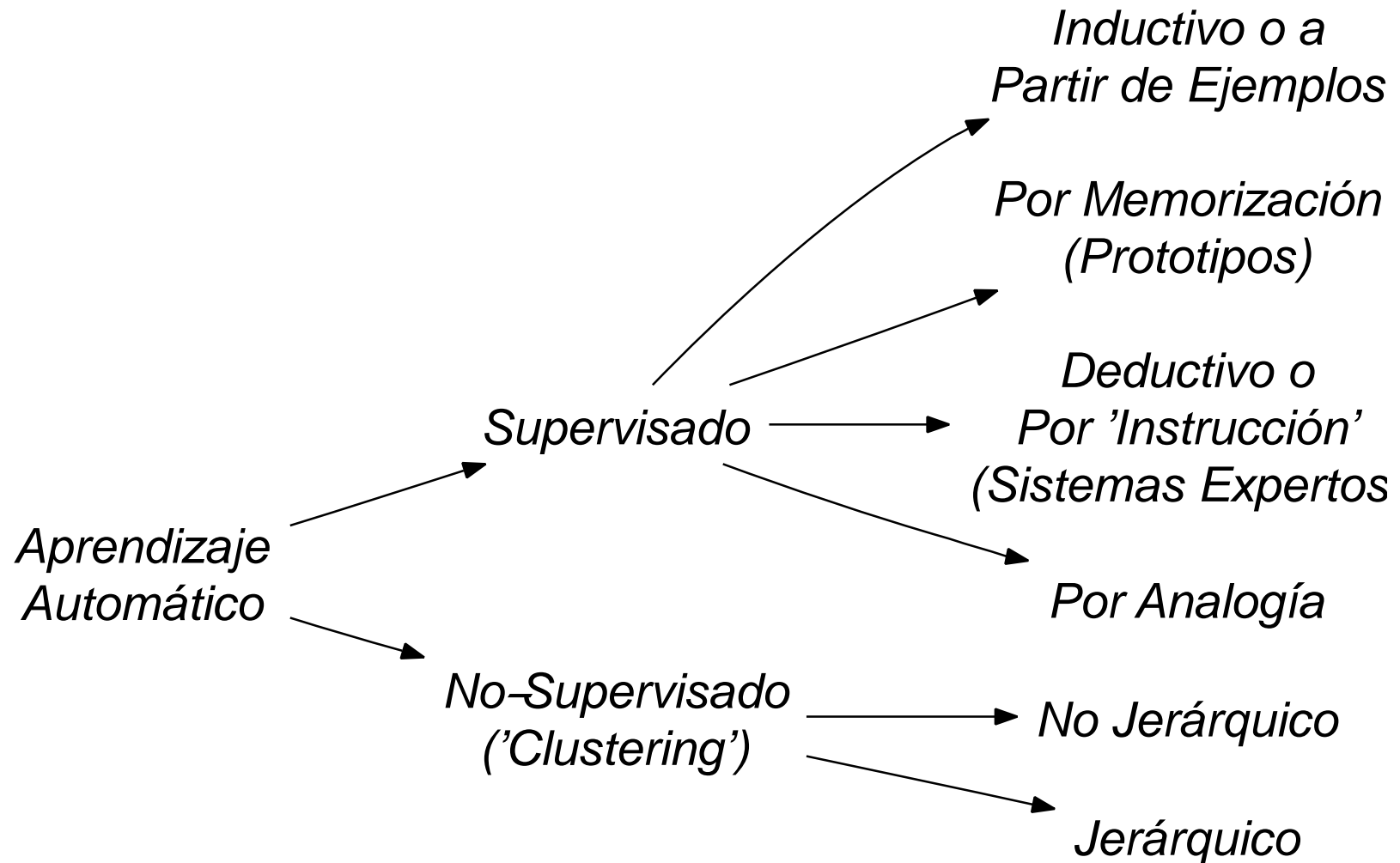


- $s(x)$ : *señal* observable que produce un objeto  $x$
- $y(x)$ : *representación* de  $x$  en forma de *características* que describen sus propiedades
- *Respuesta*: desde una simple *etiqueta de clase* hasta informaciones estructuradas complejas (secuencia de palabras en reconocimiento de voz, grafo de relaciones entre objetos de una imagen en visión artificial...)
- *Aprendizaje*: en base a pares *entrada-salida* + *conocimiento* del dominio de la tarea

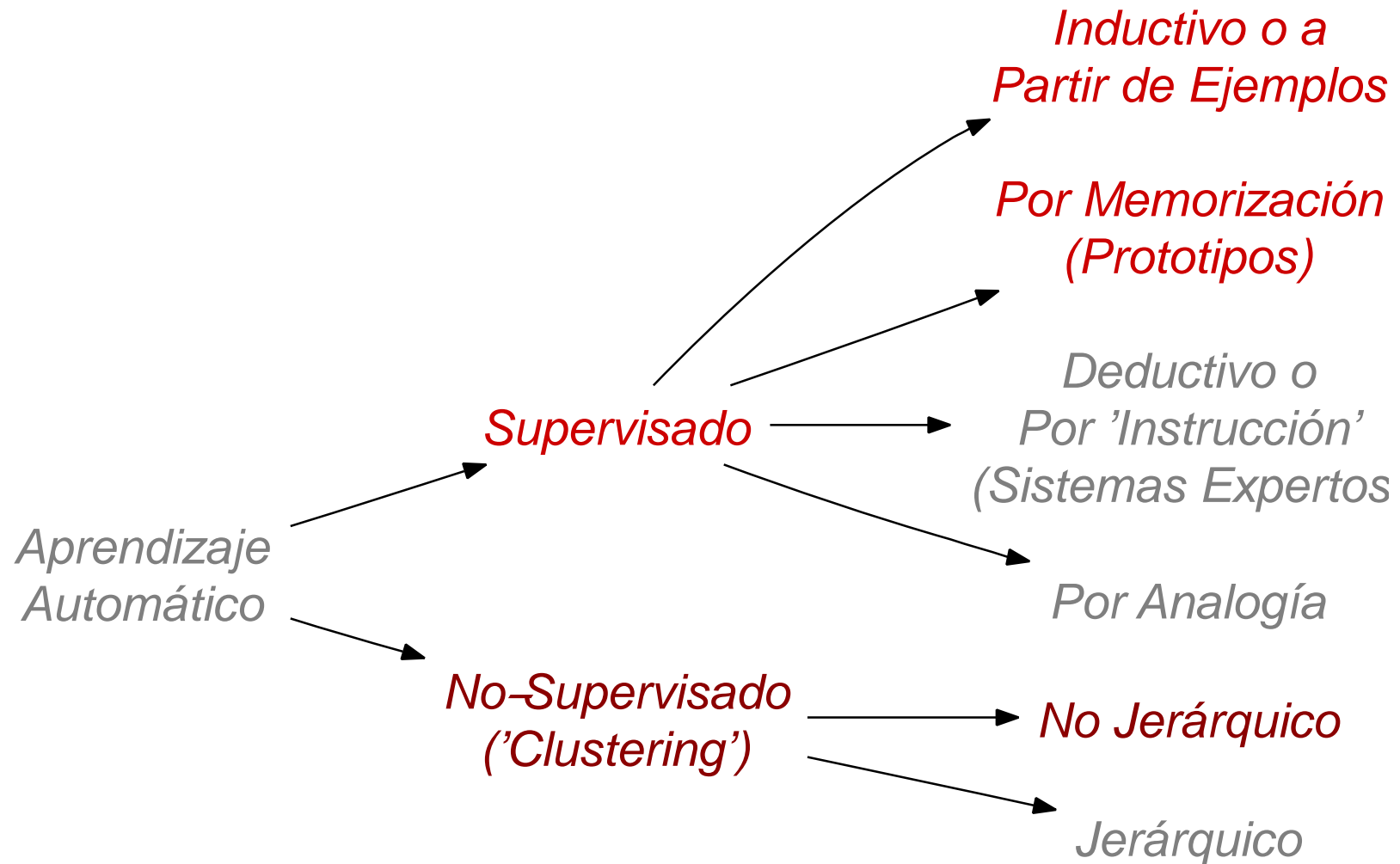
# OTRO DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE RF



# TAXONOMÍA DE LAS TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO



# TAXONOMÍA DE LAS TÉCNICAS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO





# APROXIMACIONES AL RECONOCIMIENTO DE FORMAS

	Geométrica	Estructural
Paramétrica	Distrib. de Probabilidad	Gramáticas Estocásticas, Modelos de Markov
No-Paramétrica	Funciones Discriminantes, Prototipos y Distancias, Redes Neuronales	Gramáticas Discriminantes, etc.