

Métodos de Inteligencia Artificial

L. Enrique Sucar (INAOE)

esucar@inaoep.mx

ccc.inaoep.mx/esucar

Tecnologías de Información

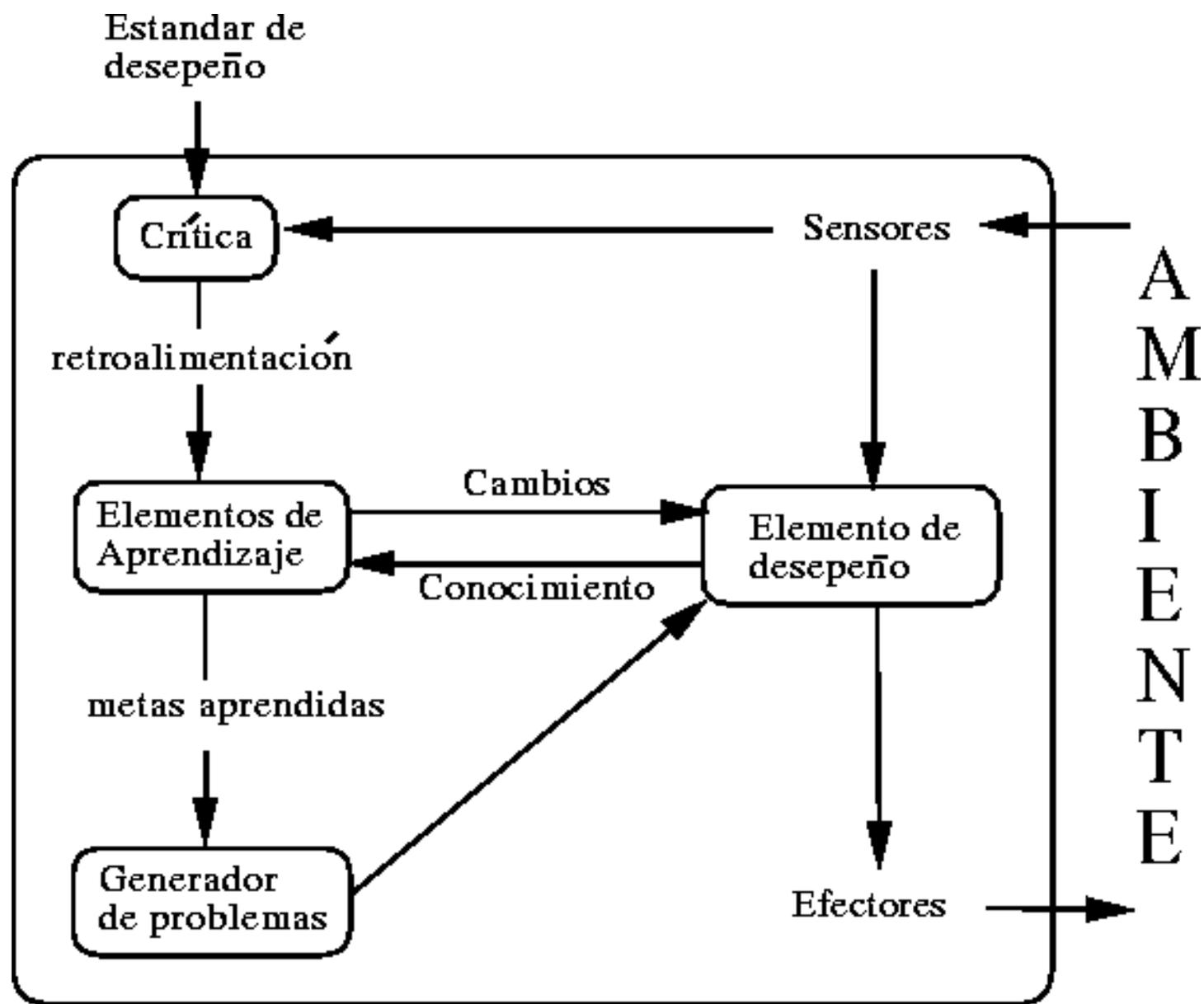
UPAEP

Agentes que Aprenden

- Introducción
- Tipos de aprendizaje
- Aprendizaje cómo búsqueda
- Árboles de decisión
- Razonamiento basado en casos

Agentes con aprendizaje.

La idea es que las percepciones no se usen sólo para actuar, sino también para mejorar su desempeño en el futuro.



Aprendizaje

“Cambios adaptivos en el sistema para hacer la (s) misma (s) tarea(s) de la misma población de una manera más eficiente y efectiva la próxima vez”

[Simon 83]

Objetivos

- Ingenieril (resolver tareas)
- Simulación cognitiva
- Análisis teórico

Tipos de Aprendizaje

- Clasificación
 - Supervisada
 - No-supervisada
- Aprendizaje de relaciones
- Aprendizaje de dependencias
- Aprendizaje de acciones

La mayor parte de los sistemas infieren:

- **Reglas clasificatorias**
- **Árboles de decisión**
- **Redes con pesos asociados**

a partir de ejemplos para clasificación/predicción

Dimensiones

- El conjunto de ejemplos y su presentación
- Lenguaje de hipótesis: sintaxis usada en la construcción de hipótesis
- Criterio de éxito

Aprendizaje Visto como Búsqueda

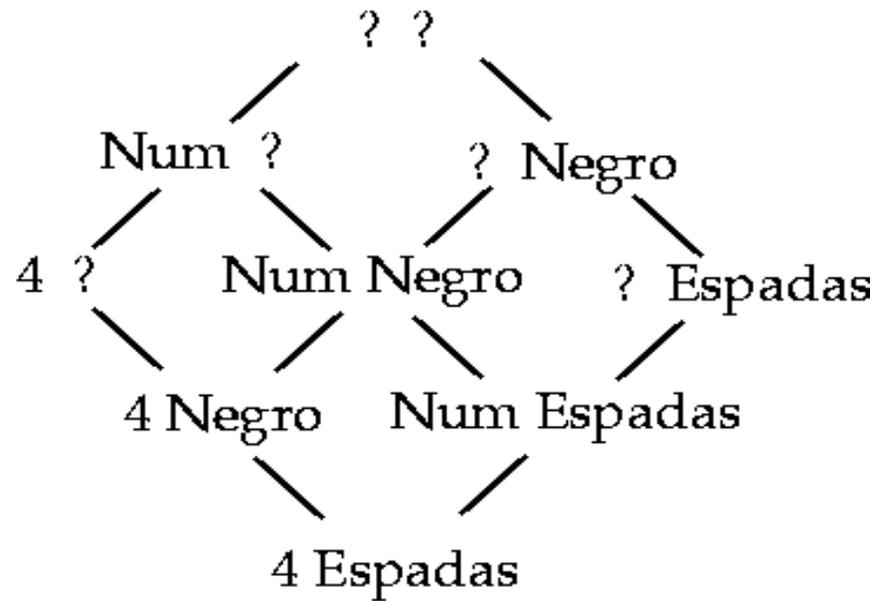
El lenguaje de hipótesis determina el espacio de donde seleccionar reglas o hipótesis

Es necesario estructurar el espacio de hipótesis (se puede hacer con un modelo de generalización)

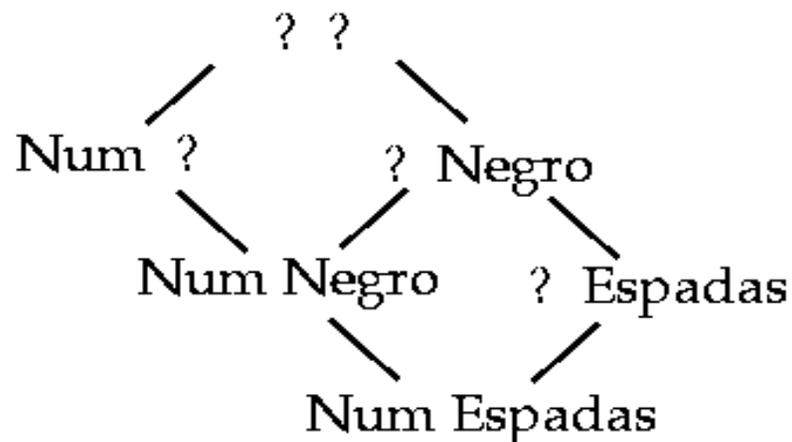
La búsqueda puede hacerse:

- **De general a específico**
- **De específico a general**
- **En ambos sentidos**

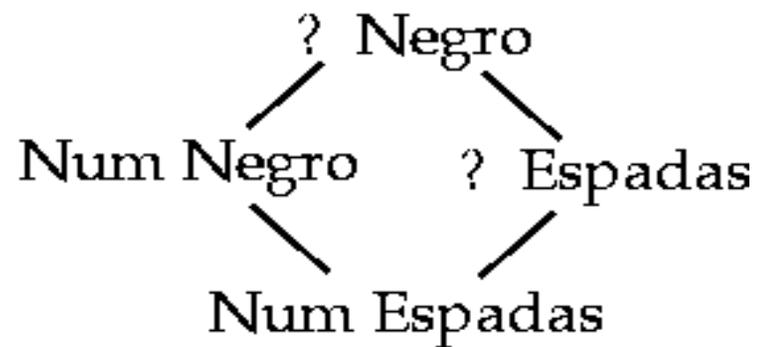
Ejemplo 4 de espadas (+):



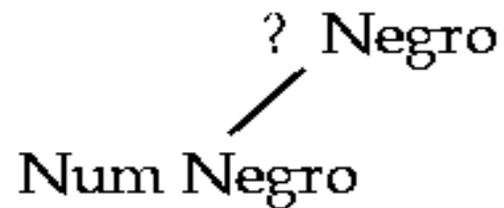
7 de espadas (+):



5 de corazones (-):



2 de treboles (+):



Q de espadas (-):

Num Negro

Árboles de Decisión (ID3)

Ejemplos = objetos (pares atributo/valor)
+
clasificación

Objetivo:

Inducir árboles de decisión que
determinen la clase de cualquier objeto

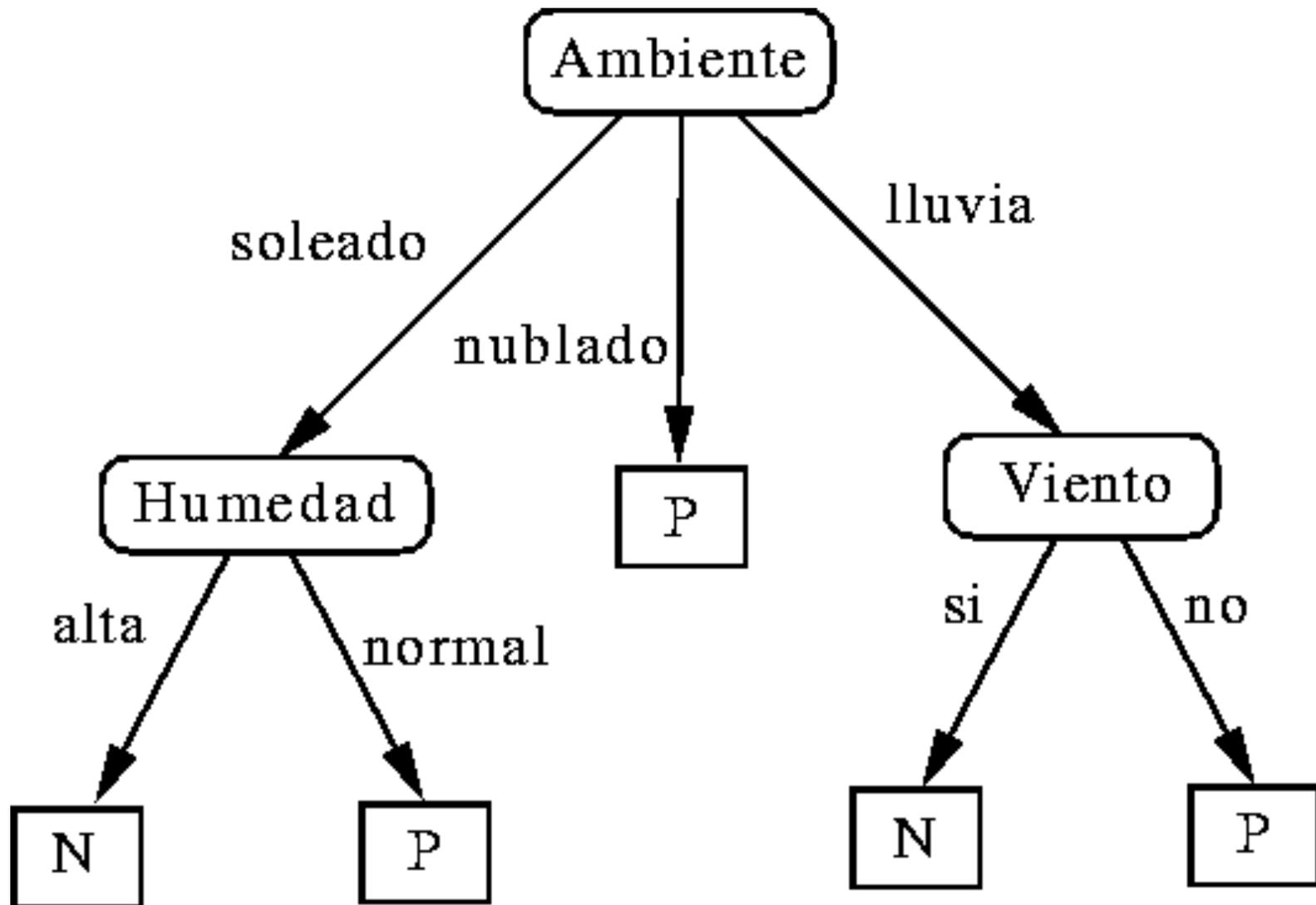
Método de aprendizaje:

- Ejemplos de entrenamiento y prueba
- Utilización de teoría de la información
- Incrementalmente por medio de “ventanas”

Ejemplo: ¿Cuándo jugar golf?

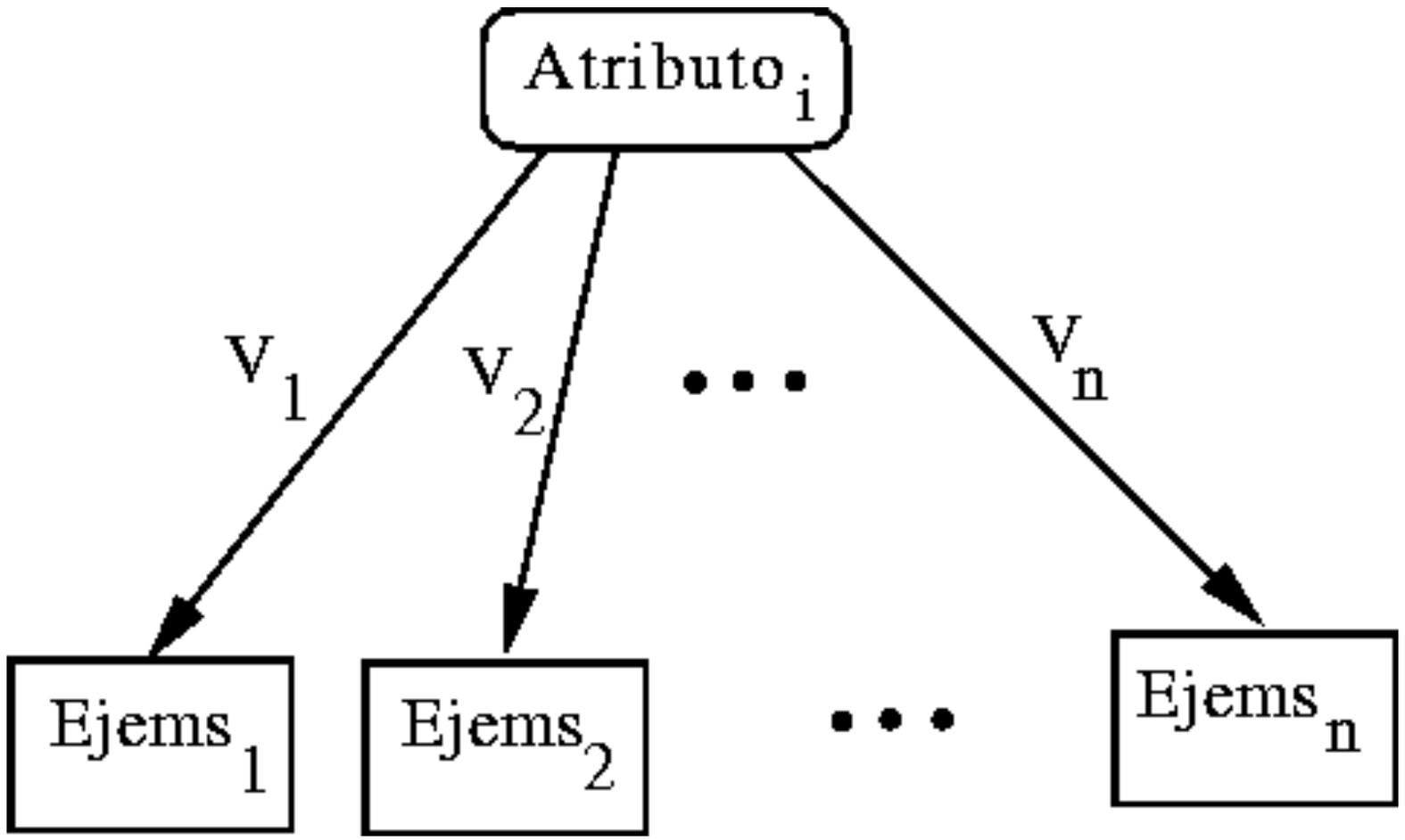
| Ambiente | Temp. | Humedad | Viento | Clase |
|----------|-------|---------|--------|-------|
| soleado | alta | alta | no | N |
| soleado | alta | alta | si | N |
| nublado | alta | alta | no | P |
| lluvia | media | alta | no | P |
| lluvia | baja | normal | no | P |
| lluvia | baja | normal | si | N |
| nublado | baja | normal | si | P |
| soleado | media | alta | no | N |
| soleado | baja | normal | no | P |
| lluvia | media | normal | no | P |
| soleado | media | normal | si | P |
| nublado | media | alta | si | P |
| nublado | alta | normal | no | P |
| lluvia | media | alta | si | N |

Árbol de Decisión para el ejemplo de Golf



¿Cómo generar un árbol?

- Cada atributo nos produce una partición de ejemplos
- Es crucial determinar qué prueba hacer



Selección basada en teoría de la información

Sea:

p = ejemplos de clase C (positivos o de clase P)

n = ejemplos de otras clases (negativos o de clase N)

Se asume que la probabilidad de pertenecer a la clase es:

$$p_1 = \frac{p}{p + n} \quad y \quad n_1 = \frac{n}{p + n}$$

$$\text{entropía} = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$$I(n, p) = -p_1 \log_2 p_1 - n_1 \log_2 n_1$$

$$E(A) = \sum_{i=1}^n \frac{n_i + p_i}{n + p} I(n_i, p_i)$$

$$\text{Ganancia}(A) = I(p, n) - E(A)$$

En la tabla de ejemplo:

14 ejemplos, 9 de P y 5 de N

$$I(p, n) = -\frac{9}{14} \log_2 \left(\frac{9}{14} \right) - \frac{5}{14} \log_2 \left(\frac{5}{14} \right) = 0.940$$

Ambiente

soleado: $p_1 = 2$, $n_1 = 3$, $I(p_1, n_1) = 0.971$

nublado: $p_2 = 4$, $n_2 = 0$, $I(p_2, n_2) = 0$

lluvia: $p_3 = 3$, $n_3 = 2$, $I(p_3, n_3) = 0.971$

$$\begin{aligned} E(\text{ambiente}) &= \frac{5}{14} I(p_1, n_1) + \frac{4}{14} I(p_2, n_2) + \frac{5}{14} I(p_3, n_3) \\ &= 0.694 \end{aligned}$$

Ganancia(Ambiente) = 0.940 - 0.694 = 0.246

Ganancia(Temperatura) = 0.029

Ganancia(Humedad) = 0.151

Ganancia(Viento) = 0.048

Por lo que se selecciona *Ambiente*

Manejo de Ruido

- Valores de atributos erróneos, subjetivos
- Clasificación equivocada
- Valores desconocidos

Algunas Propuestas:

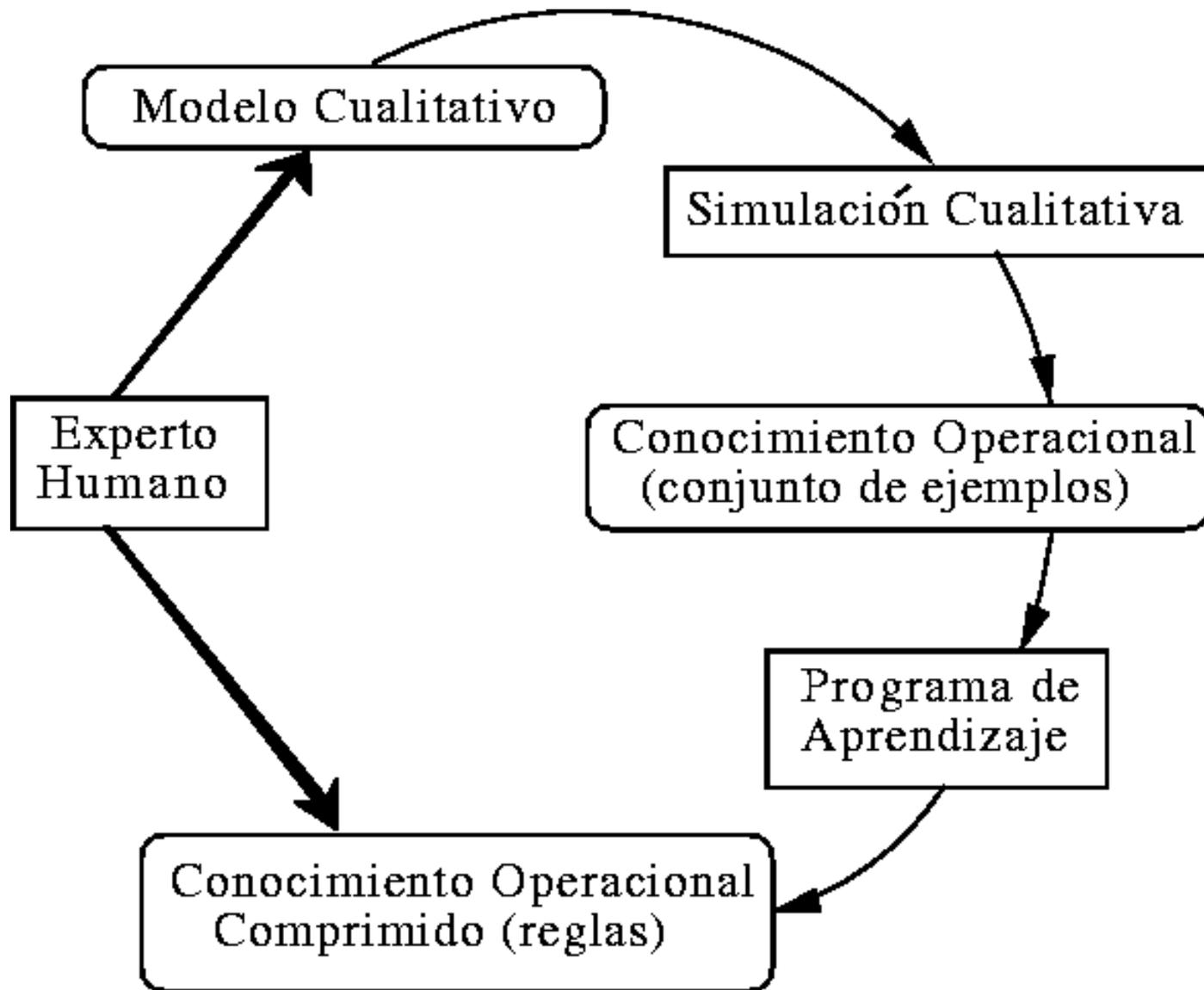
- *Pre-pruning*: parar la construcción del árbol
- *Post-pruning*: cortar ramas una vez construido el árbol
- Realizar validaciones cruzadas

Kardio (Bratko et al.)

Idea: usar un modelo cualitativo (del corazón) como base en la construcción de un sistema de diagnóstico de fallas (arritmeas)

- Simular fallas en el modelo y propagar sus consecuencias hasta que se llegue a un estado estable**
- Utilizar un sistema de aprendizaje**

Aprendizaje a partir de Modelos Cualitativos



D. Pearce (88):

Modelo de fallas de circuito eléctrico de un satélite

- **Envisage:**

110 reglas, tiempo: 6 meses, 72% + errores

- **Mod. Cual.:**

75 reglas, tiempo: 3.5 meses, 100%

Ventajas:

- **El modelo cualitativo es más parecido a la descripción del experto sobre el funcionamiento del sistema**
- **No se necesita saber datos numéricos exactos**
- **La simulación cualitativa es más sencilla**
- **Puede servir de base para construir explicaciones**

Razonamiento Basado en Casos (CBR)

Un Razonador Basado en Casos resuelve problemas nuevos mediante la adaptación de soluciones previas usadas para resolver problemas similares

(Riesbeck, Schank 89)

- **No requiere de un modelo explícito del dominio y el proceso de extracción se reduce a juntar casos históricos**
- **Su construcción se reduce a identificar atributos relevantes con los cuales describir los casos.**
- **Puede empezar con unos cuantos casos y elimina la necesidad de que el sistema sea completo.**

Ciclo de las 4 R's

- 1** **Recuperar** (*retrieve*) los casos más parecidos (un nuevo problema se aparea con casos similares guardados en la base de casos)
- 2** **Reutilizar** (*reuse*) la solución propuesta en los casos para tratar de resolver el problema

3

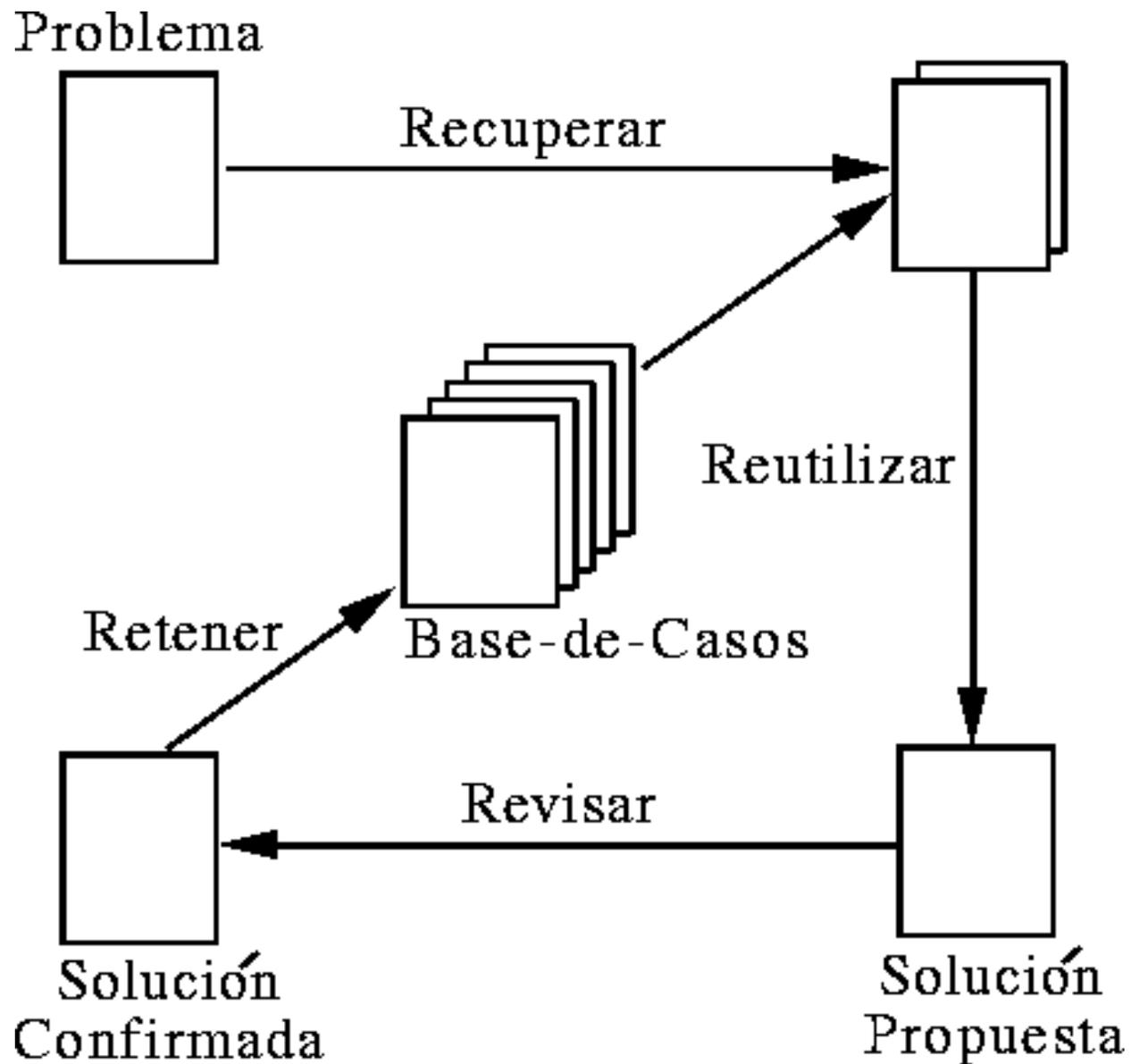
Revisar (*revise*) la solución propuesta
(en caso de ser necesario)

4

Retener (*retain*) la nueva solución
como parte de un nuevo caso

El ciclo completo raramente
ocurre sin la intervención del
humano

Ciclo de las 4 R's para CBR



Representación

Un caso es un pedazo de conocimiento contextualizado representando una experiencia.

Los casos tienen:

- 1 El problema que describe el estado del mundo cuando ocurrió el caso
- 2 Una descripción de la solución encontrada y/o
- 3 Un resultado describiendo el estado del mundo después de que ocurrió el caso

Los casos pueden representarse de diversas formas, pero la representación frames/objetos es la más usada

No existe un consenso en cuanto a qué información debe de estar en un caso, sin embargo, se debe de considerar:

- (i) La funcionalidad y**
- (ii) La facilidad de adquisición de la información representada en el caso**

Problemas

- Representación de los casos
- Organización e índices a utilizar
- Estructuración de relaciones entre casos
- Bases de casos muy grandes

Ejemplos de Sistemas Basados en Conocimiento

| Sistema | Aplicación | No. de Reglas | Des A/H | Mant. A/H | Apr. |
|-----------|--|---------------|---------|-----------|------|
| MYCIN | diagnóstico médico | 400 | 100 | N/A | no |
| XCON o R1 | configuración VAX | 8,000 | 180 | 30 | no |
| GASOIL | configuración sistema de separación hidrocarburos | 2,800 | 1 | 0.1 | si |
| BMT | configuración equipo de protección incendios edificios | >30,000 | 9 | 2 | si |

Otros Enfoques

- Clasificadores Bayesianos
- Redes Neuronales
- Redes Bayesianas
- Algoritmos Genéticos
- Programación Lógica Inductiva
- Aprendizaje por refuerzo

Tarea

- Leer Capítulo 18 de Russell