

# Técnicas de representación y razonamiento

## ❑ Tema 3: Representación del conocimiento e inferencia

### ❑ 3.4: Redes semánticas – Índice de contenidos

#### ❑ Introducción

#### ❑ Definición de redes semánticas (o asociativas)

- ❑ Características
- ❑ Tipos de arcos

#### ❑ Mecanismos de inferencia (o razonamiento)

- ❑ Herencia de propiedades
- ❑ Búsqueda de la intersección entre dos conceptos

#### ❑ Representación con redes semánticas

- ❑ Representación de relaciones no binarias
- ❑ Representación de sucesos
- ❑ Contestación de preguntas: equiparación

#### ❑ Conclusiones

# Técnicas de representación y razonamiento

## ☐ Técnicas de representación del conocimiento

### ☐ Representaciones básicas

☐ Lógica de predicados. Representación en Prolog

☐ Redes semánticas

☐ Sistemas de producción

### ☐ Representaciones estructuradas

☐ Marcos (frames) y guiones (scripts)

☐ Estudio comparativo de las técnicas de representación

☐ Lenguajes de representación del conocimiento

# Redes semánticas: introducción

- ❑ Las representaciones lógicas surgieron para caracterizar los principios del razonamiento correcto
  - ❑ Los lógicos (matemáticos y filósofos) se centraron en lenguajes de representación con reglas de inferencia correctas y completas, que preservan la verdad
- ❑ Hay una línea alternativa más preocupada por caracterizar la naturaleza de la comprensión humana
  - ❑ A psicólogos y lingüistas les interesa, no tanto el razonamiento correcto, sino **describir cómo el ser humano adquiere y usa el conocimiento**
  - ❑ Esta línea ha resultado de mucha utilidad en el área de tratamiento del lenguaje natural, y en los razonamientos de sentido común
- ❑ La investigación en formalismos para la representación estandarizada del conocimiento y en ontologías persigue hacer más eficiente el proceso de creación de SBCs

# Redes semánticas: introducción

- ❑ **Teorías asociativas:** el significado de un objeto se expresa a través de una red de asociaciones con otros objetos
  - ❑ Según los asociativistas cuando un ser humano percibe un objeto y razona acerca de él
    - ❑ Establece una correspondencia entre el objeto y un concepto
    - ❑ El concepto forma parte de nuestro conocimiento del mundo y está conectado mediante relaciones con otros conceptos
    - ❑ Estas relaciones constituyen la comprensión de las propiedades y comportamiento de los objetos
  - ❑ Nieve → fría, blanca, hielo, muñeco de nieve...
- ❑ Existen evidencias psicológicas de que los seres humanos
  - ❑ Somos capaces de establecer asociaciones entre conceptos
  - ❑ Organizamos nuestro conocimiento de forma jerárquica

# Redes semánticas: introducción

- ❑ Almacenamos las propiedades en el nivel más abstracto posible y tenemos que ascender por la jerarquía de estructuras de la memoria para responder a preguntas
  - ❑ *Canario* no está asociado directamente con la *capacidad de volar*, sino que ésta forma parte de las propiedades de *pájaro*, así como la *capacidad motora* depende de *animal*
- ❑ Las excepciones, en cambio, las almacenamos directamente en los conceptos
  - ❑ *Un avestruz no puede volar*
- ❑ Formalización en sistemas con herencia
  - ❑ Almacenamiento de la información en los niveles más altos de abstracción
    - ❑ Reduce el tamaño de la BC y ayuda a prevenir inconsistencias al añadir nuevas clases e instancias
  - ❑ Los grafos constituyen el vehículo ideal para esta formalización de las teorías asociativas del conocimiento

# Redes semánticas: introducción

- ❑ Quillian se cuestiona la idea de que nuestra capacidad para entender el lenguaje pueda caracterizarse mediante un conjunto de reglas básicas
  - ❑ Sugirió que la comprensión de textos involucraba la “creación de alguna representación simbólica”
  - ❑ Esto le llevó a preocuparse por cómo almacenar el significado de las palabras en una máquina para que haga un uso similar de éstas al que hacemos los seres humanos
- ❑ Fue el primero en sugerir que la memoria humana puede modelarse mediante una red y en proponer un modelo de recuperación de la información memorizada

# Redes semánticas: introducción

- ❑ Quillian inicia en 1968 el trabajo con redes semánticas en la IA (investigación en comprensión del lenguaje natural)
  - ❑ BC (tipo diccionario) organizada en planes
    - ❑ Cada plan es un grafo que define a una palabra en función de otras
    - ❑ Una palabra puede tener asociados varios planes (*significados*)
  - ❑ Su sistema usaba la BC para encontrar relaciones entre palabras: **concepto común o nodo intersección**
- ❑ Quillian defendía que su aproximación permitía a un sistema
  - ❑ Determinar el significado de un texto construyendo una colección de nodos intersección
  - ❑ Elegir entre distintos significados de una palabra, localizando los significados con menor camino intersección con otras palabras de la frase
  - ❑ Responder a preguntas basándose en asociaciones entre palabras de las preguntas y palabras del sistema

# Redes semánticas: introducción

- ❑ Éste y otros trabajos previos demostraron que los grafos son una técnica potente para modelizar significado asociativo, aunque limitada por la extrema generalidad del formalismo
- ❑ Generalmente, el conocimiento se estructura en función de relaciones específicas
  - ❑ Concepto/propiedad, clase/subclase, agente/verbo/objeto...
  - ❑ Definición de arcos y reglas de inferencia para permitir inferencias específicas como la herencia
- ❑ La investigación en estos formalismos a menudo se ha centrado en especificar estas relaciones
  - ❑ Definir etiquetas primitivas para los arcos como parte del formalismo y no del dominio
  - ❑ BCs más sencillas de construir, más generales y más consistentes



# Redes semánticas: introducción

- ❑ Una red semántica representa conocimiento mediante un grafo
  - ❑ nodos: conceptos
  - ❑ arcos etiquetados: relaciones entre conceptos
- ❑ Por red semántica actualmente se entiende toda una familia de representaciones basadas en grafos que difieren entre sí en los nombres que se permiten para nodos y arcos, y en las inferencias que pueden hacerse
- ❑ **Grafos conceptuales:** lenguaje de representación basado en redes más moderno (Sowa, 1984)
  - ❑ Grafos dirigidos finitos bipartitos
  - ❑ Los nodos son de dos tipos: los que representan conceptos, y los que representan relaciones entre conceptos
  - ❑ Los conceptos sólo tienen arcos hacia relaciones y las relaciones sólo tienen arcos hacia conceptos. Los arcos no tienen etiquetas

# Redes semánticas (o asociativas)

- ❑ Técnica de representación declarativa a través de grafos dirigidos etiquetados
  - ❑ Utilizada inicialmente para representar la semántica de los lenguajes naturales, especialmente en los sistemas de traducción automática (como lenguaje intermedio –*interlingua*)
  - ❑ **Idea principal:** el significado de un concepto se especifica a través sus conexiones con otros conceptos
  - ❑ **Nodos:** representan **conceptos** (entidades, atributos, sucesos y estados)
  - ❑ **Arcos:** representan **relaciones** conceptuales (*asocian conceptos*). La etiqueta identifica el tipo de relación (espacial, temporal, causal, rol desempeñado, etc.)



# Redes semánticas (o asociativas)

## ❑ Características

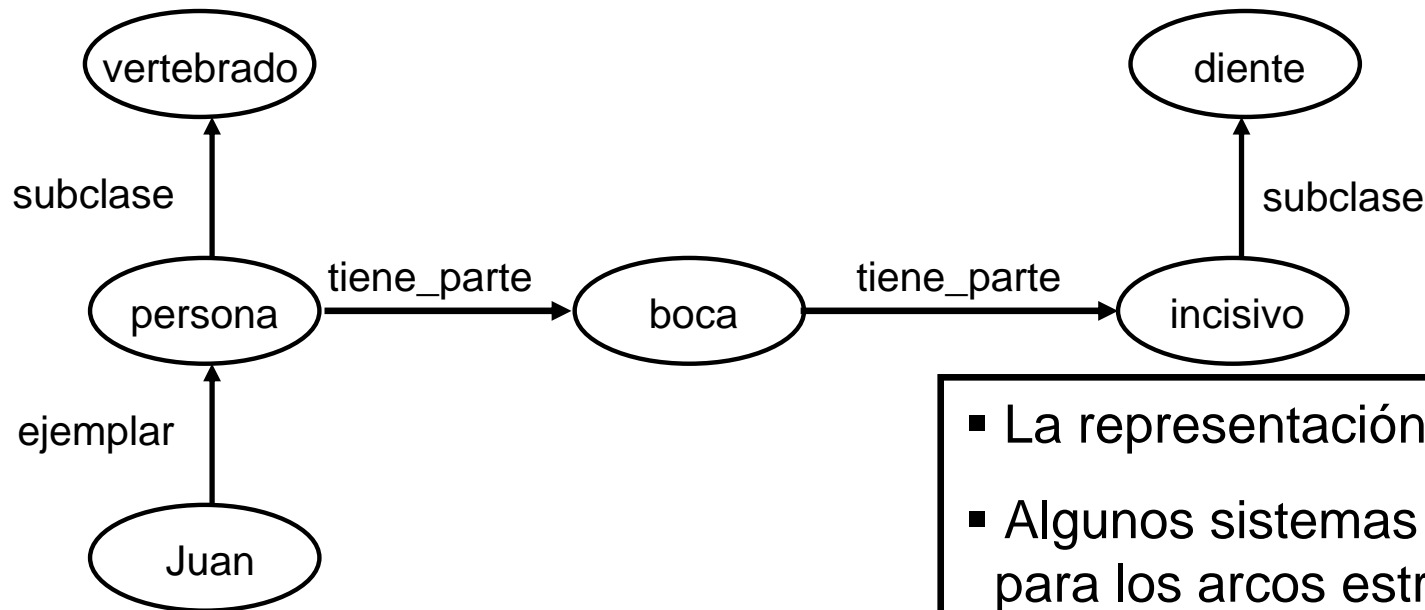
- ❑ Redes complejas organizadas en jerarquías que facilitan la utilización del razonamiento basado en la **herencia**
- ❑ Un concepto está **asociado** con otros conceptos a través de los arcos salientes del nodo que lo representa (conexión con otros conceptos)
  - ❑ Tienen una estructura tipo diccionario
  - ❑ Por ejemplo, “un velero es un barco con velas”



- ❑ **No tienen un vocabulario prefijado de representación**, pero todas las variantes son capaces de representar conceptos individuales, conceptos colectivos y relaciones entre conceptos
- ❑ Fácil comprensión gráfica

# Tipos de arcos: relaciones entre conceptos

- ❑ **Arcos estructurales** (semántica independiente del dominio)
  - ❑ *Instancia o ejemplar*: une un objeto con su tipo (clase)
  - ❑ *Subclase*: une una clase con otra más general
  - ❑ *Tiene\_parte*: liga un objeto con sus componentes



- La representación no es única
- Algunos sistemas crean inversas para los arcos estructurales

- ❑ **Arcos descriptivos** (semántica dependiente del dominio)
  - ❑ *Propiedades*: *Profesión*, *Color\_Pelo*, etc.
  - ❑ *Relaciones* (no estructurales): *Amigo\_de*, *Padre\_de*, etc.

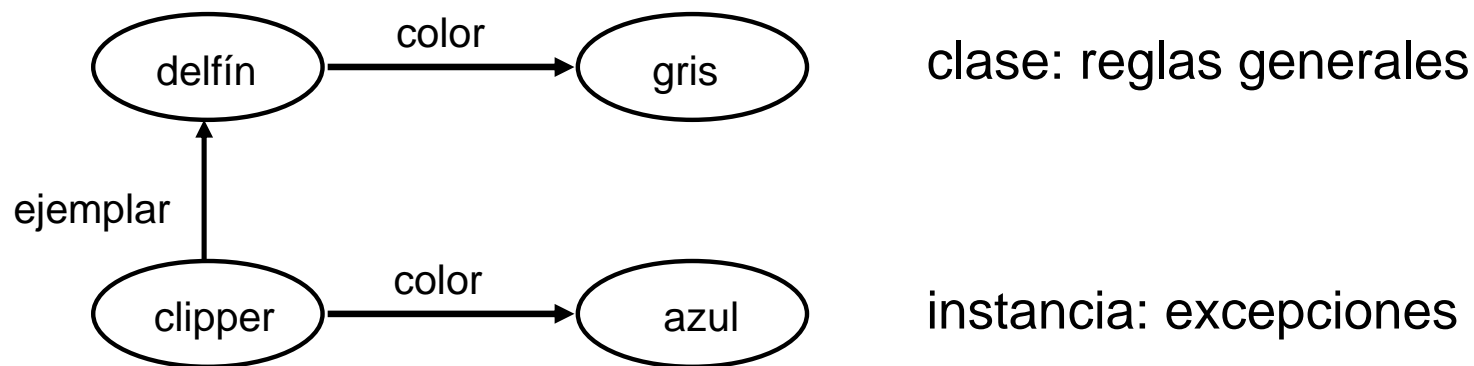
# Mecanismos de inferencia: herencia

## ❑ Herencia de propiedades

- ❑ La notación de redes semánticas hace muy conveniente la utilización de razonamiento basado en herencia
- ❑ Algoritmo simple y eficiente con manejo de excepciones
  - ❑ Los nodos acceden a las propiedades definidas en otros nodos siguiendo los arcos *Instancia* (o *Ejemplar*) y *Subclase*

## ❑ Ventajas

- ❑ Evita repetir propiedades
- ❑ Permite compartir conocimiento entre diferentes conceptos de la red semántica



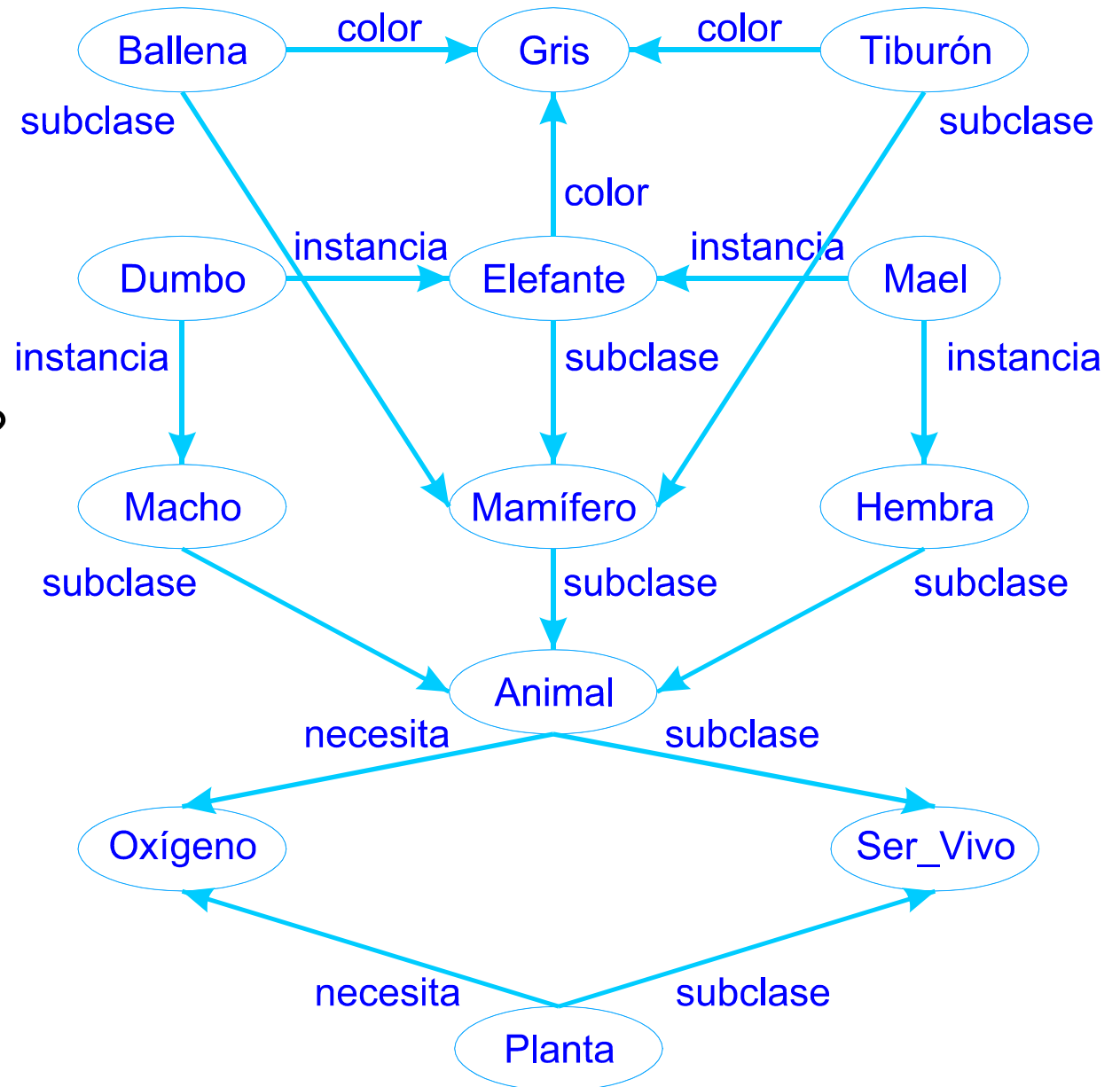
# Herencia de propiedades: ejemplo

¿De qué color es Dumbo?

- Gris

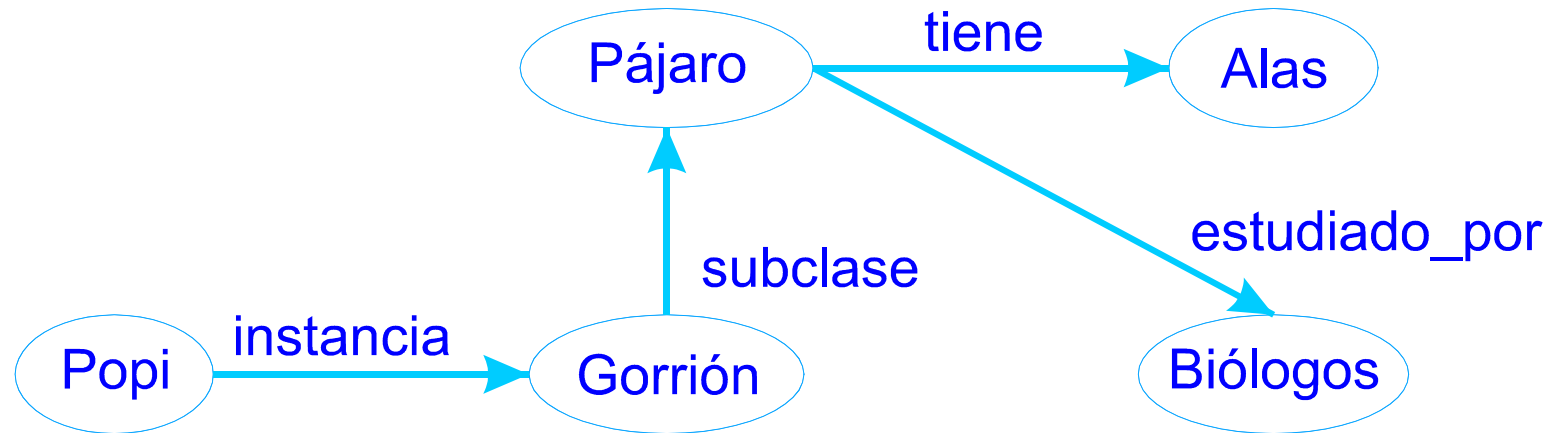
¿Qué puedo decir de Dumbo?

- Es un elefante
  - Es de color gris
- Es un macho
- Es un mamífero
- Es un animal
  - Necesita oxígeno
- Es un ser vivo



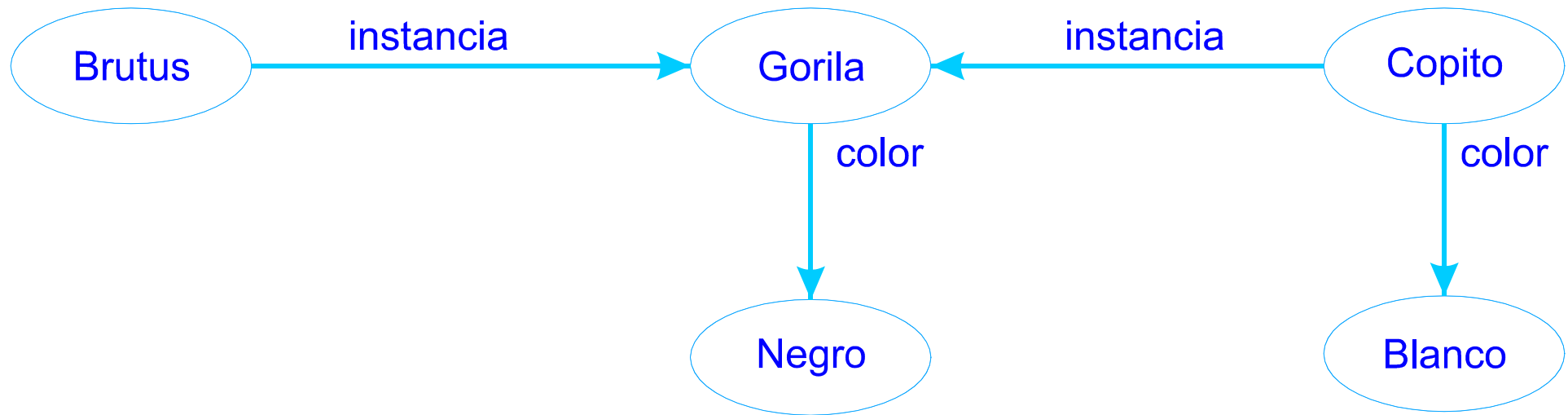
# Problemas con la herencia de propiedades

- ❑ Herencia de propiedades que no son ciertas (*inferencias inválidas*)



- ❑ Causa:
  - ❑ Algunas propiedades del conjunto (como un todo) no son heredables por los individuos pertenecientes al conjunto

# Excepciones a la herencia de propiedades



- ❑ Se hereda el valor de la propiedad del nodo más cercano al nodo que sirvió como punto de partida en la inferencia
  - ❑ Brutus es de color negro *(hay herencia de la clase Gorila)*
  - ❑ Copito es de color blanco *(no hay herencia)*
- ❑ Si el nodo más cercano no es único, estamos ante herencia múltiple (se permite en redes semánticas)



# Mecanismos de inferencia: intersección

- ❑ Búsqueda de la intersección entre dos conceptos
  - ❑ Dados dos conceptos  $C1$  y  $C2$ , queremos saber cuál es su relación
- ❑ Se utiliza un mecanismo de propagación de la activación
  - ❑ Inicialmente activamos ambos conceptos
  - ❑ La activación se propaga a los nodos que están a un arco de distancia de los nodos iniciales, después a los nodos que están a distancia 2, ..., formando “ondas” concéntricas
  - ❑ Cuando las ondas procedentes de  $C1$  intersecan a las procedentes de  $C2$  (o a algún nodo del interior), hemos encontrado la intersección
  - ❑ La relación entre  $C1$  y  $C2$  viene dada por las etiquetas de las aristas existentes de  $C1$  al punto de intersección y de  $C2$  al punto de intersección
  - ❑ Si hubiera varios puntos de intersección, esto indicaría que existen varias relaciones distintas entre  $C1$  y  $C2$

# Uso de enlaces inversos

- ❑ La búsqueda de la intersección a menudo necesita generar la *inversa de una relación*

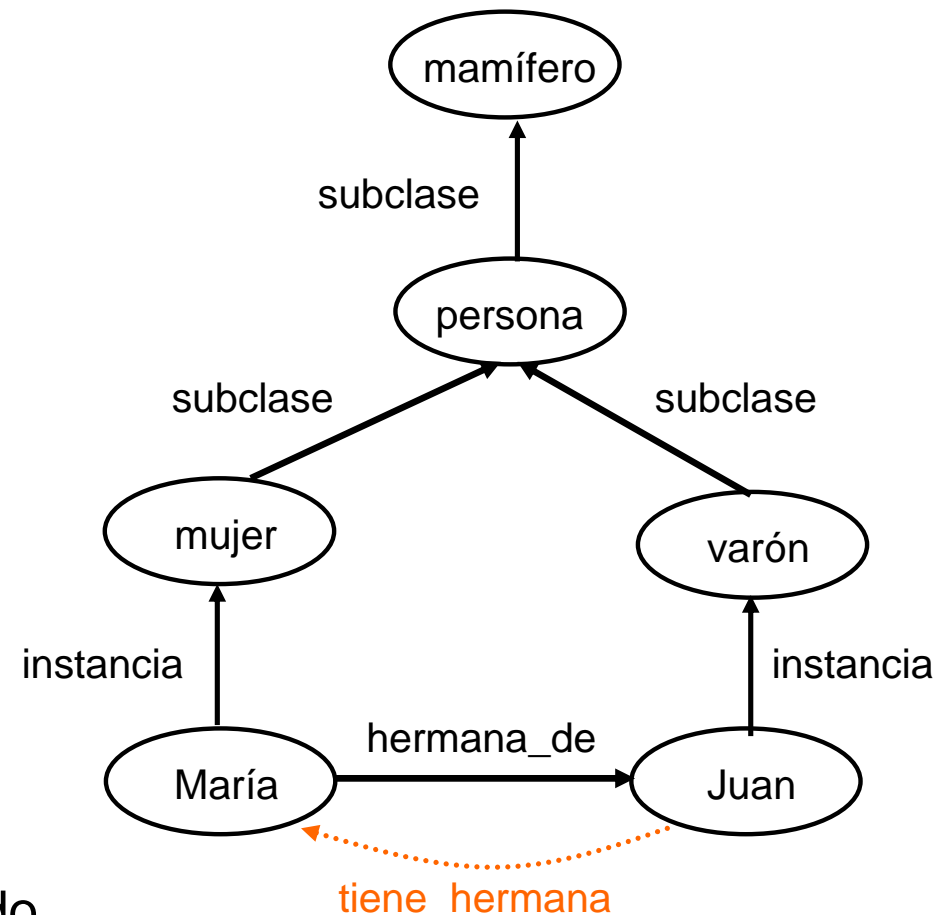
- ❑ Algunos sistemas lo hacen automáticamente con los arcos estructurales

- ❑ ¿Quién es hermana de Juan?

- ❑ El algoritmo de inferencia podría deducir que *tiene\_hermana* es inversa de *hermana\_de* y responder siguiendo el enlace de *Juan* a *María*

- ❑ Si no, comprobaría cada mujer para ver si tiene un enlace *hermana\_de* hacia *Juan*

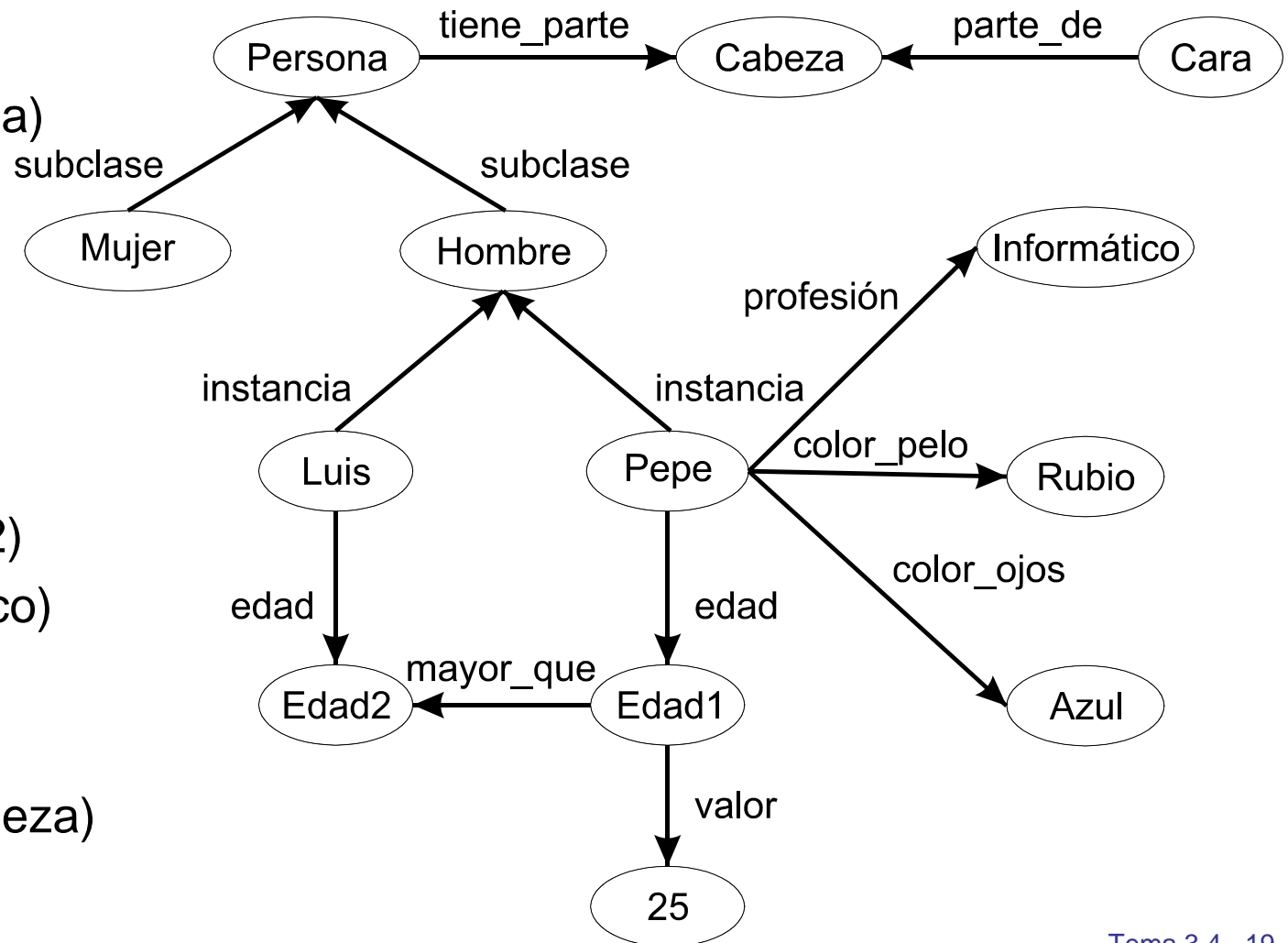
- ❑ Indexación directa sólo para los enlaces que salen de un nodo



# Ejemplo de representación

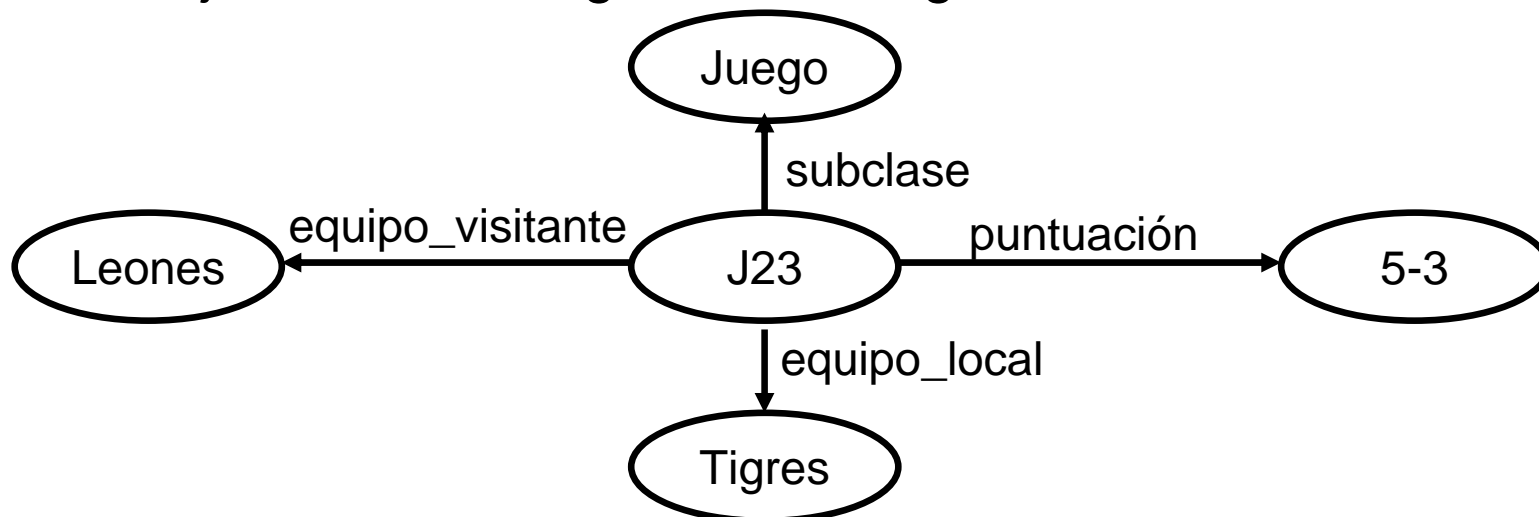
- Una red semántica es la forma natural de representar relaciones correspondientes a instancias cerradas de **predicados binarios** en lógica

```
subclase(Mujer, Persona)
subclase(Hombre, Persona)
instancia(Pepe, Hombre)
instancia(Luis, Hombre)
edad(Pepe, Edad1)
edad(Luis, Edad2)
valor(Edad1, 25)
mayor_que(Edad1, Edad2)
profesión(Pepe, Informático)
color_pelo(Pepe, Rubio)
color_ojos (Pepe, Azul)
tiene_Parte(Persona, Cabeza)
parte_de(Cara, Cabeza)
```



# Representación de relaciones no binarias

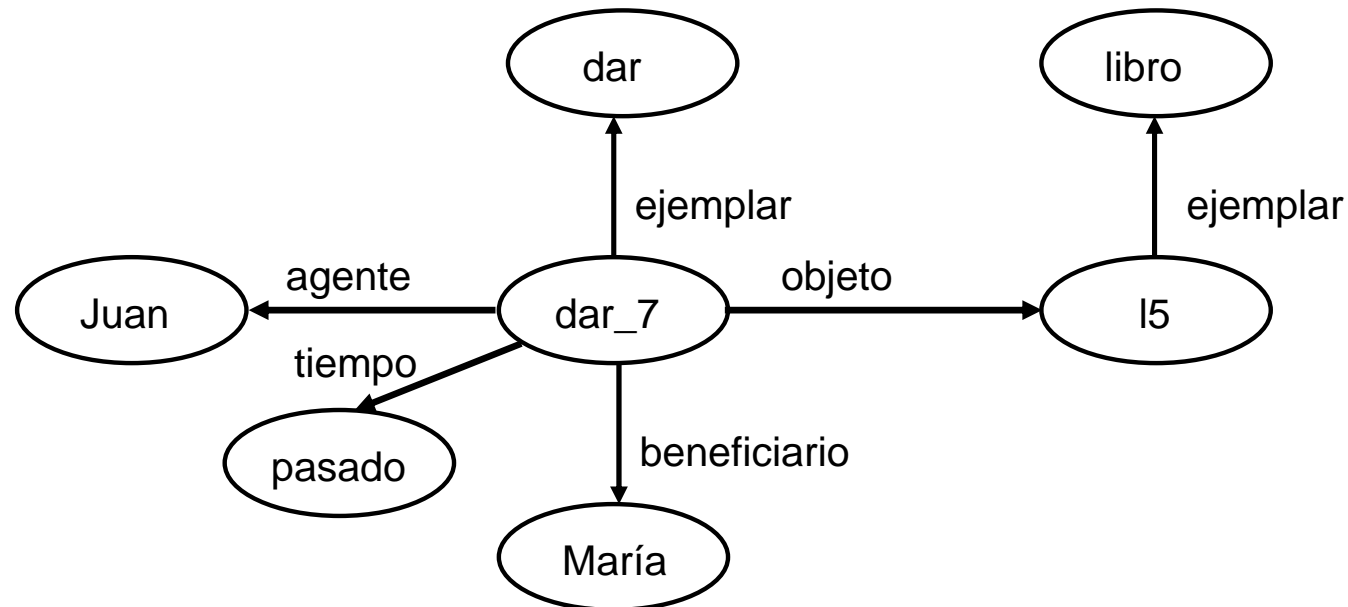
- ❑ Los enlaces representan relaciones binarias
  - ❑ ¡Un arco sólo tiene 2 extremos!
- ❑ La representación de relaciones n-arias en una red semántica también es posible. Han de convertirse a formato binario
  - ❑ Se crea un nuevo objeto que representa a la relación concreta *puntuación(Tigres, Leones, 5-3)* J23
  - ❑ Se introducen predicados binarios para describir la relación de ese nuevo objeto con sus argumentos originales



- ❑ Técnica útil para describir sucesos

# Representación de sucesos

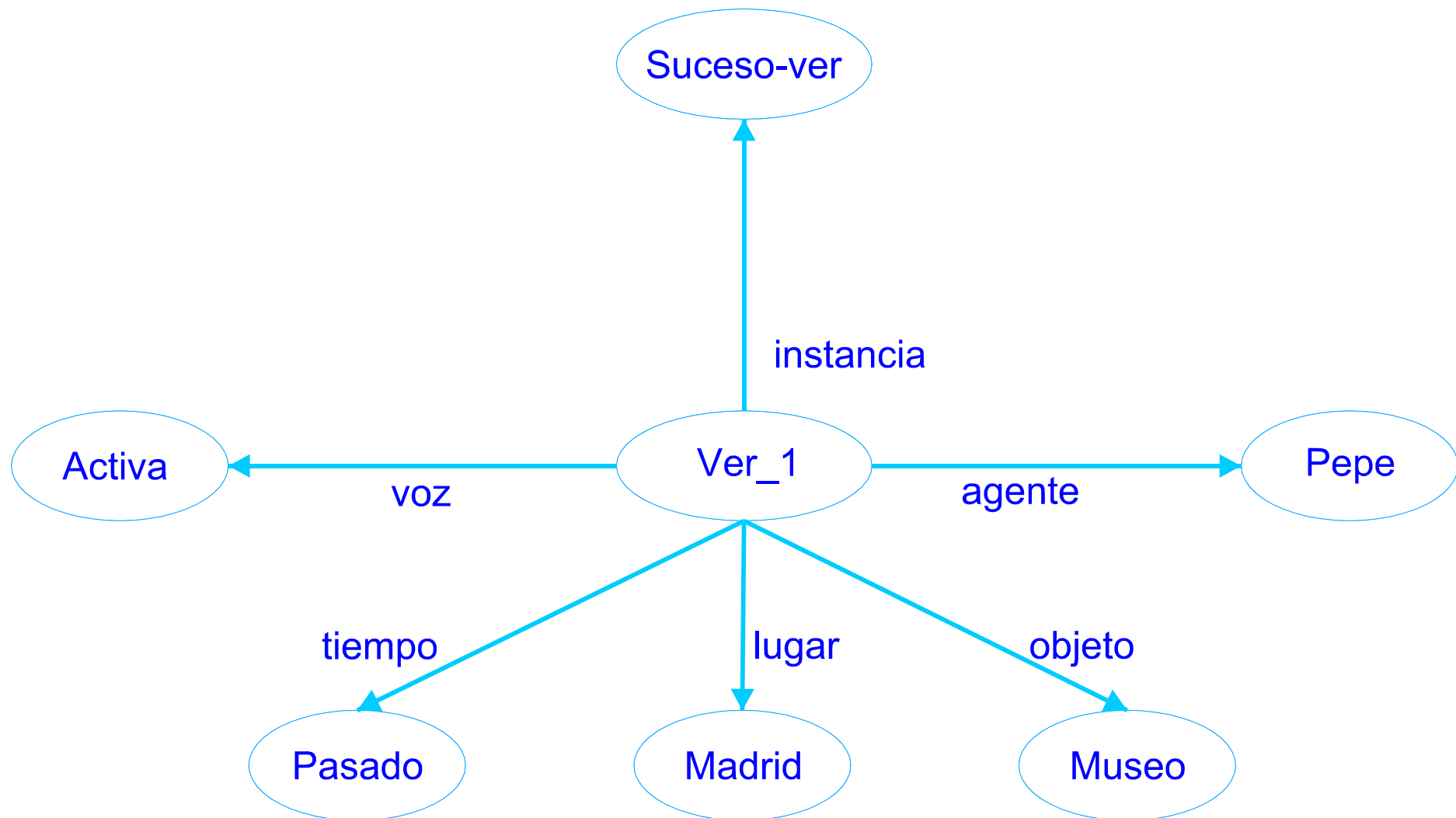
## □ Juan dio el libro a María



- El objeto del suceso es un libro concreto que no está representado como tal en la frase dada por el usuario → el sistema crea un objeto, ejemplar de libro y le da un nombre (I5)
- *Juan* sí es un individuo concreto al igual que *María*
- Este tipo de representación está orientado a contestar preguntas de distinto tipo sobre el conocimiento que tenemos representado

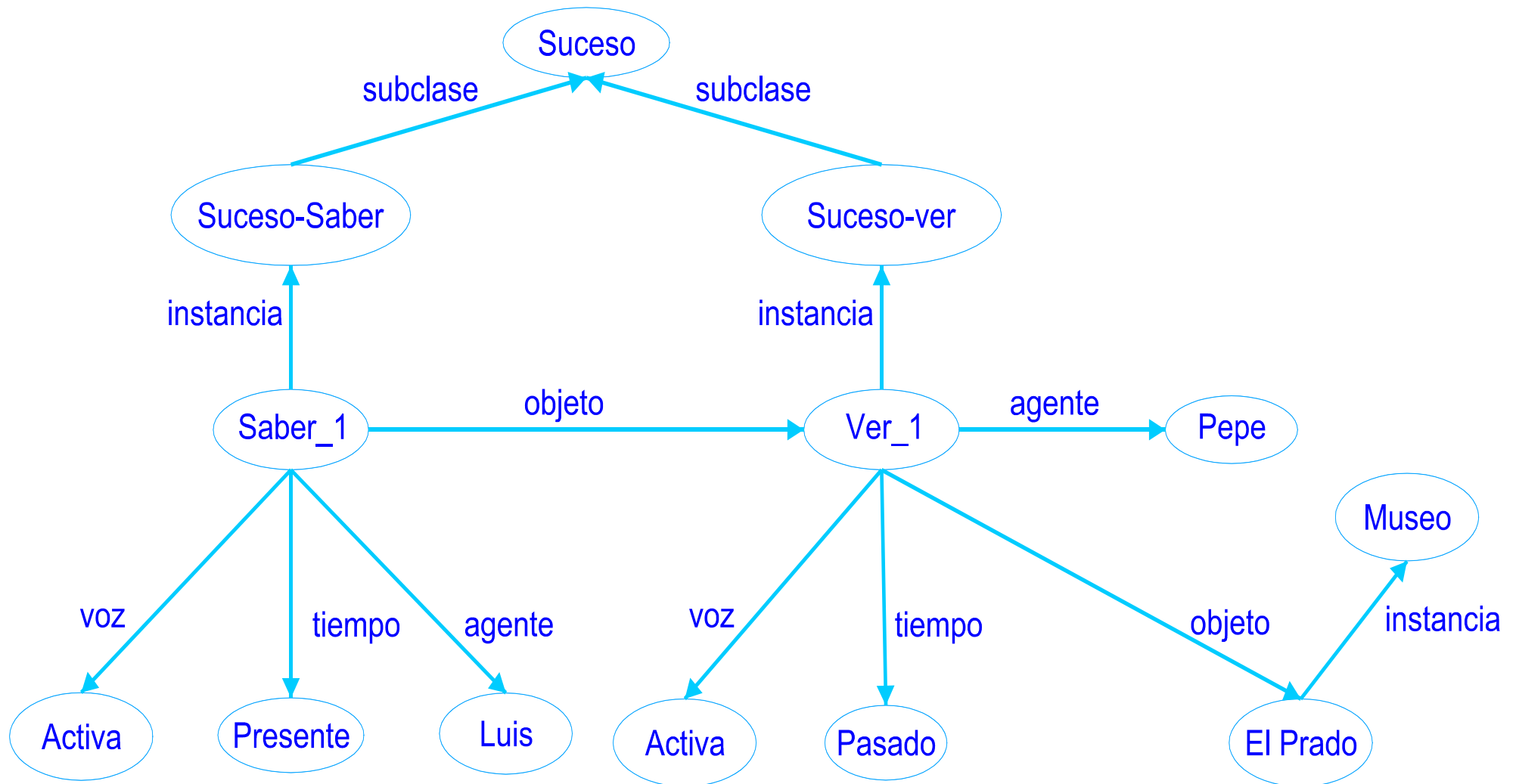
# Representación de sucesos

- Pepe vio un museo en Madrid



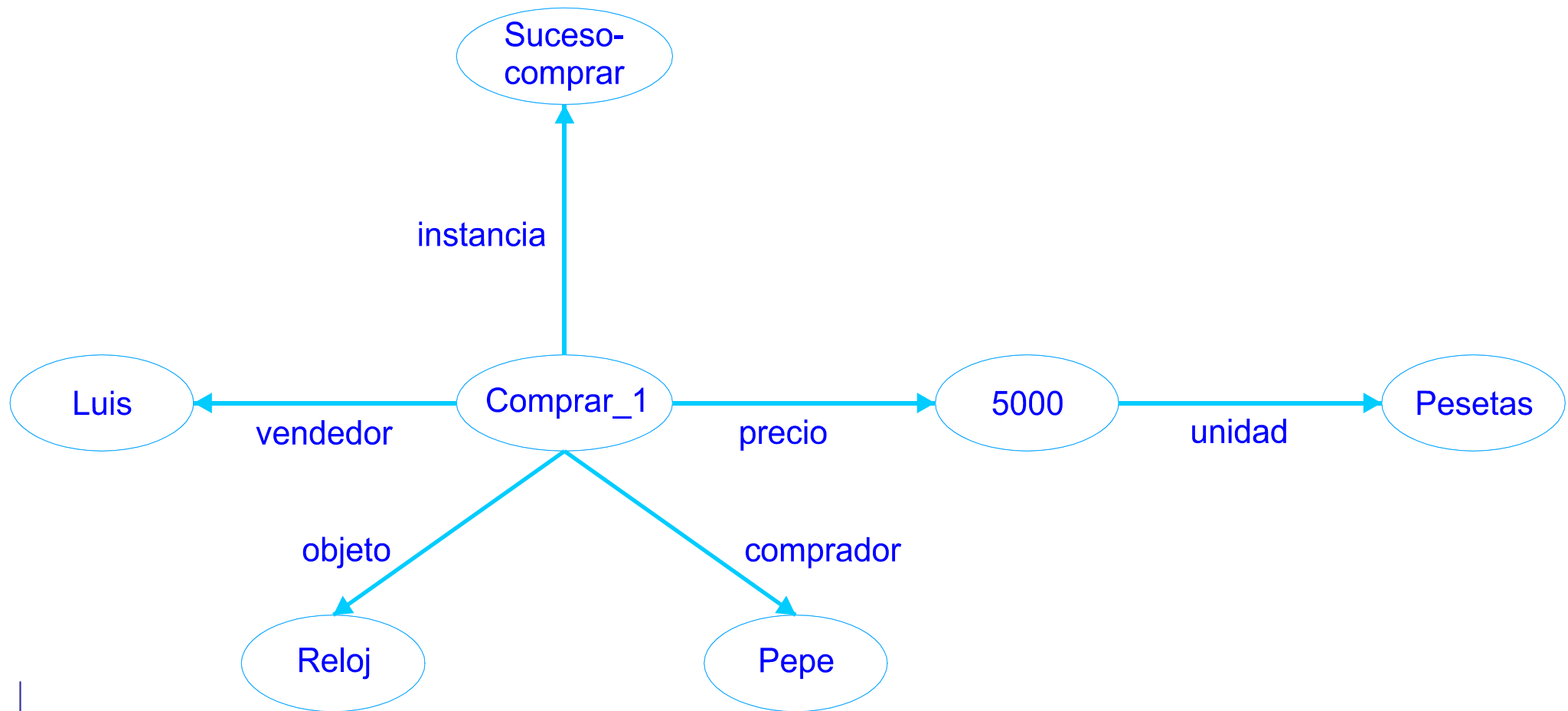
# Representación de sucesos

- Luis sabe que Pepe vio el museo de El Prado



# Representación de sucesos

- Pepe compra a Luis un reloj por 5000 pesetas
  - Lógica: compra(Pepe, Luis, Reloj, 5000, Pesetas)



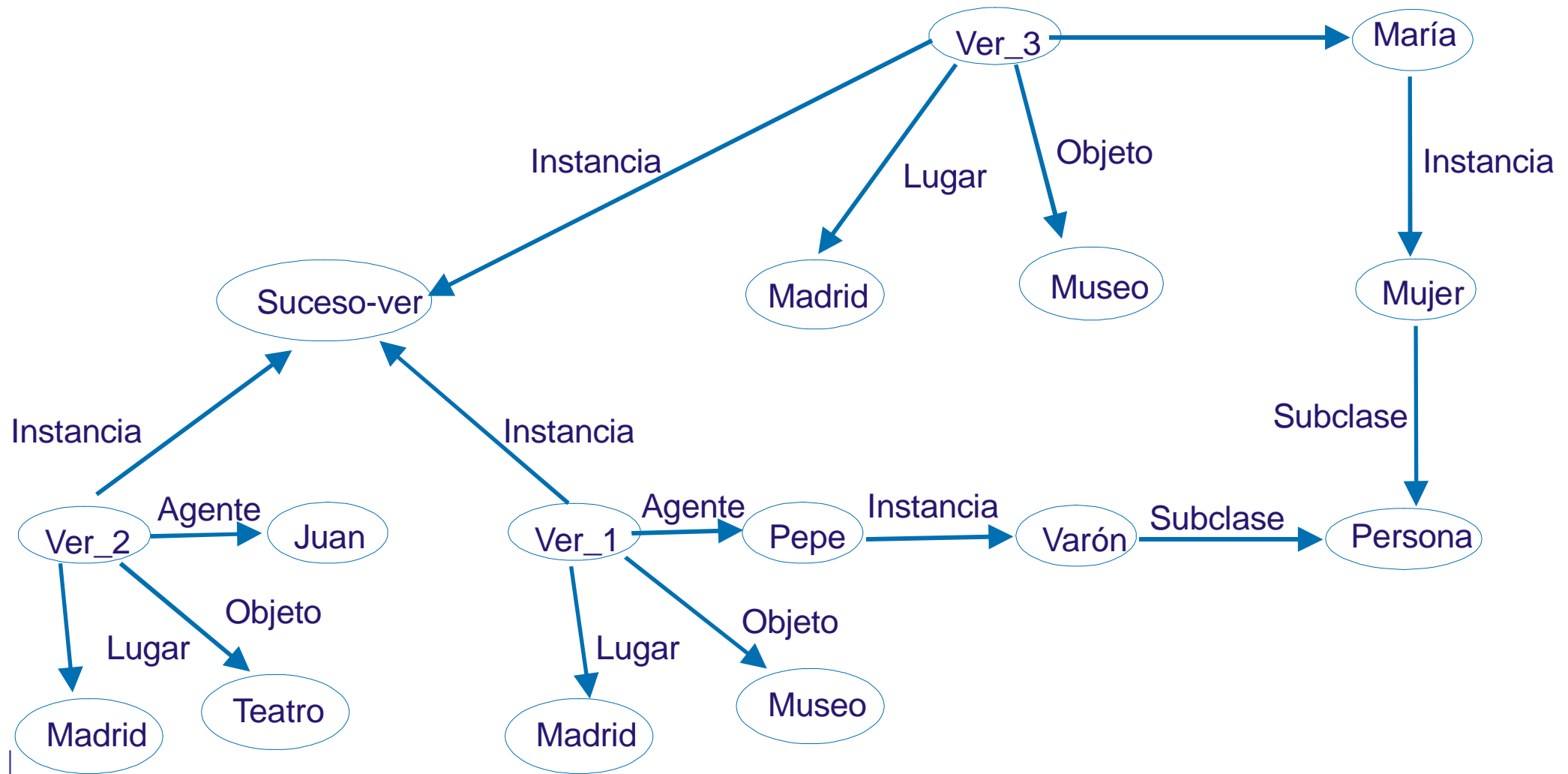


# Contestación de preguntas: equiparación

- ❑ Se razona por equiparación
- ❑ Una pregunta se equiparará con una base de conocimiento si la primera puede asociarse con un fragmento de la segunda
- ❑ Pasos:
  - ❑ Construir un apunte (red semántica) para la pregunta en cuestión
    - ❑ Elementos: nodos constantes, nodos variables, arcos etiquetados
    - ❑ Criterio de construcción: el mismo de la base de conocimiento
  - ❑ Cotejar el apunte con la base de conocimiento
  - ❑ Equiparación de nodos
  - ❑ Respuesta
- ❑ La complejidad es importante
  - ❑ Si pregunto algo falso (o que el sistema no sepa) puede ser necesario estudiar toda la red semántica al completo

# Equiparación: ejemplo

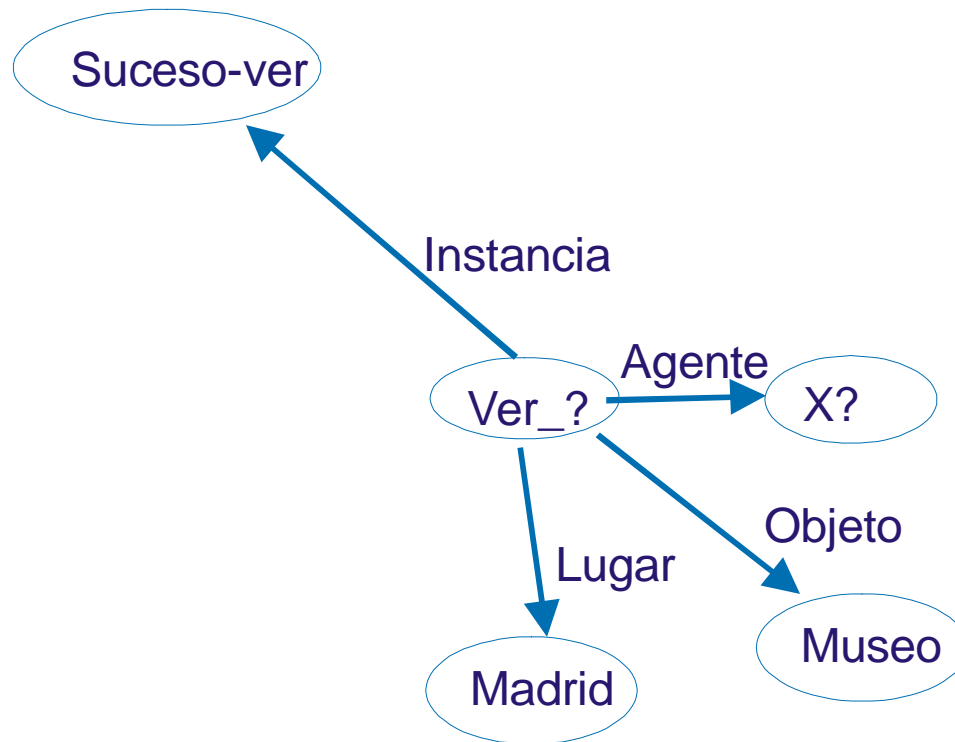
## Base de conocimiento



 **Transparencias de redes semánticas. Asunción Gómez Pérez. Facultad de Informática. UPM.**

# Equiparación: ejemplo

❑ Consulta: ¿quién vio un museo en Madrid?



Equiparación 1:

$Ver_? \equiv Ver_1$

$X? \equiv \text{Pepe}$

Equiparación 2:

$Ver_? \equiv Ver_3$

$X? \equiv \text{María}$

# Equiparación: ejemplo

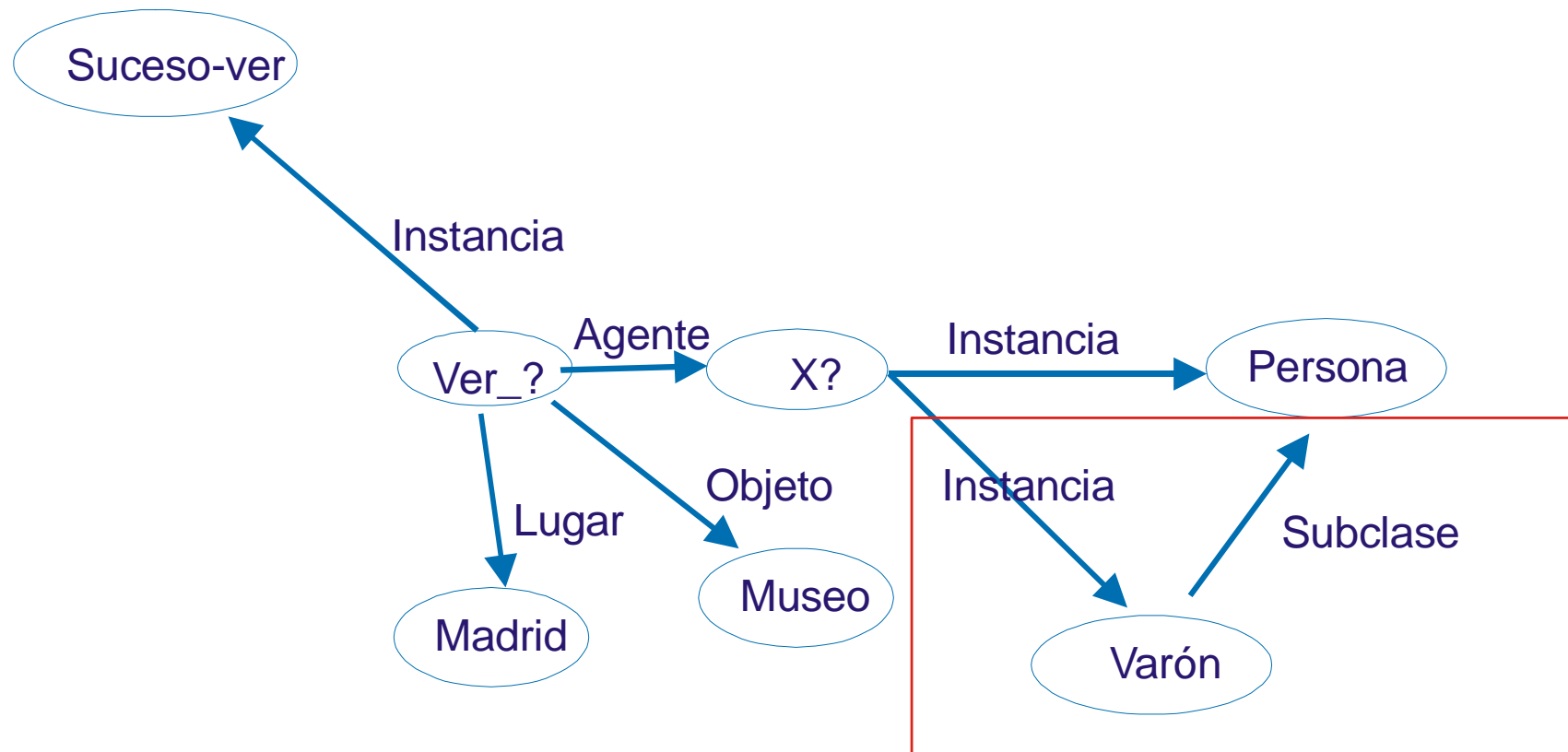
❑ Consulta: ¿algún varón vio algún museo en Madrid?



Equiparación:  
Ver\_?  $\equiv$  Ver\_1  
Varón?  $\equiv$  Pepe

# Equiparación: ejemplo

❑ Consulta: ¿alguna persona vio algún museo en Madrid?



❑ No existe equiparación directa con la consulta, pero puede inferirse

# Redes semánticas: adecuación

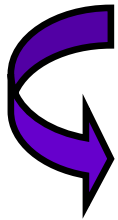
- ❑ Más intuitiva y cercana al pensamiento humano que la lógica
  - ❑ Mismos conceptos base que la lógica, pero con la ventaja de que el conocimiento se organiza en base a conceptos (y no a relaciones)
- ❑ Ayuda gráfica para visualización, algoritmo eficiente de herencia
  - ❑ Permite fácilmente el mecanismo de herencia con excepciones, siendo el proceso transparente (facilidad de visualizar los pasos)
- ❑ Mecanismo específico para obtener la relación entre dos conceptos: búsqueda de la intersección
  - ❑ Fue uno de los usos más tempranos de las redes semánticas en IA (Quillian, 1968): operación básica de recuperación de información
  - ❑ A menudo, necesita la generación de las relaciones inversas
- ❑ Contribución a investigación en representación del conocimiento
  - ❑ Abrió una década de investigación en formalismos basados en redes
  - ❑ Éxito limitado como modelo psicológico de la memoria humana

# Redes semánticas: dificultades

- ❑ Falta de estándares a la hora de nombrar nodos y arcos

- ❑ Como en la lógica de predicados

- ❑ Problema: no seguir convenios al asignar significado a nodos y arcos



Dos personas distintas pueden hacer diferentes interpretaciones de la misma red

- ❑ Explosión combinatoria: sigue estando presente, aunque la inferencia se reduzca a la búsqueda de la intersección

- ❑ Respuestas negativas: cantidad descomunal de búsqueda

- ❑ Esto prueba su no adecuación como modelo psicológico

- ❑ ¿Hay un equipo de fútbol en Plutón?

- ❑ Imposibilidad de distinguir entre características propias del conjunto y características heredables por sus elementos

- ❑ El cardinal del conjunto *delfín* es característica de la clase y NO de los individuos de la clase (como *flipper*)

# Redes semánticas: problemas

## ❑ Falta de adecuación lógica

- ❑ Imposibilidad de hacer las mismas distinciones: faltan negación, disyunción, símbolos de función anidados, cuantificadores...
- ❑ Significados de nodos y arcos dependientes de las capacidades del sistema: confusión de semántica con detalles de implementación
  - ❑ La falta de cuantificadores (todo se representa sobre nodos concretos) se ha resuelto con el uso de redes semánticas **particionadas** en las que se puede indicar qué parte de la red está cuantificada existencialmente y cuál lo está universalmente

## ❑ Falta de adecuación heurística

- ❑ Imposibilidad de incluir meta-conocimiento para dirigir la búsqueda
  - ❑ Extraer información puede ser muy ineficiente

## ❑ Escasez de estructura

- ❑ Evolución hacia sistemas más estructurados: los **sistemas de marcos** que soportan mejor ciertas tareas
  - ❑ Menos costoso un recorrido para contestar a preguntas negativamente