

# Introducción a la Representación del Conocimiento | MRC

Víctor Peinado [v.peinado@filol.ucm.es](mailto:v.peinado@filol.ucm.es)

3-9 de octubre de 2014

## Referencias

- (Brachman & Levesque, 2004, chap. 1) <sup>1</sup>
- Presentación con los contenidos del libro, por H. Levesque <sup>2</sup>
- (van Harmelen, Lifschitz, Porter, 2008, chap. 1) <sup>3</sup>
- Videlectures: *Knowledge Representation and Reasoning* <sup>4</sup>

## Algo de contexto

La **inteligencia**, o al menos, el comportamiento inteligente, es una de las características clave que nos definen como seres humanos y que parecen situar una línea divisoria entre nosotros por un lado, y los grandes simios, algunos mamíferos... y el resto del reino animal.

En los humanos, este **comportamiento inteligente** viene determinado por el *conocimiento* que manejamos: cuando actuamos tomando decisiones, lo hacemos basándonos en lo que sabemos acerca del mundo. Cuando actuamos racionalmente, lo hacemos en base a lo que sabemos o creemos saber.

La **Inteligencia Artificial** (IA) es la disciplina encargada del estudio del comportamiento inteligente alcanzado a través de medios computacionales. Dentro de esta Inteligencia Artificial, podemos identificar la *representación del conocimiento* y el *razonamiento* como el área relacionada con el estudio de *actores* que utilizan el conocimiento que poseen para decidir qué hacer y cómo actuar: es el estudio del pensamiento como proceso computacional llevado a cabo por máquinas.

## ¿Qué es el conocimiento?

Cuando decimos cosas como “Pepito sabe que...” podemos rellenar el hueco con cualquier oración declarativa. P. ej., “Pepito sabe que Manolita viene a la fiesta”, o “Pepito sabe que el Atleti ganó el último partido”.

En este sentido, el conocimiento parece ser una relación entre alguien que sabe algo (Pepito) y una *proposición*, una idea expresada a través de una oración declarativa.

Una **proposición** no es más que una entidad abstracta que pueden ser verdadera o falsa, que puede ser acertada o incorrecta. Cuando

<sup>1</sup> Brachman, R.; Levesque, H. *Knowledge Representation and Reasoning*. Morgan Kaufmann. 2004.

<http://rair.cogsci.rpi.edu/pai/library/brachmanbook7-17-03.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.cs.toronto.edu/~hector/PublicKRSslides.pdf>

<sup>3</sup> van Harmelen, Lifschitz, V. Porter, B. (Eds.) *Handbook of Knowledge Representation*. Elsevier Science. 2008.

<http://dai.fmph.uniba.sk/~sefranek/kri/handbook/>

<sup>4</sup> Videlectures: *Knowledge Representation and Reasoning*. [http://videlectures.net/ssl109\\_pagnucco\\_krr/](http://videlectures.net/ssl109_pagnucco_krr/)

Es más, cuando no actuamos racionalmente o tomamos decisiones claramente equivocadas, lo justificamos diciendo que hemos actuado sin pensar.

La IA es una área multidisciplinar (computación, ingeniería, psicología, filosofía...) que aparentemente solo se estudia en Escuelas de Informática

Definir qué es el conocimiento parece una tarea más propia de filósofos y objeto de conversaciones metafísicas. Somos modestos y nos basta con dar una definición informal.

decimos cosas como “Pepito sabe que  $p$ ”, en realidad queremos decir que Pepito sabe (o cree) que  $p$  es verdad. Decir que Pepito sabe algo implica que Pepito se ha formado un juicio de algún tipo que le ha llevado a pensar que el mundo es de determinada forma, y no de otra.

Existe por lo tanto un tipo de oraciones que utilizan verbos como *saber, esperar, arrepentirse, temer, dudar* que parecen denotar relaciones entre actores y proposiciones. En estos casos, lo realmente importante acerca de las proposiciones es un valor de verdad. “Pepito espera que Manolita venga a la fiesta” implica que Pepito espera que el mundo sea de una forma determinada, y no de otra.

Una idea relacionada es la de **creencia**. “Pepito cree que  $p$ ” está directamente relacionada con “Pepito sabe que  $p$ ”. Si acaso, utilizamos la primera cuando no queremos afirmar tajantemente que el juicio de Pepito es exacto o cuando no está convencido. Existen ejemplos de oraciones que expresan distintos grados de actitudes proposicionales: “Pepito está totalmente seguro de que  $p$ ”, “Pepito está convencido de que  $p$ ”, “Pepito es de la opinión de que  $p$ ”, “Pepito sospecha que  $p$ ”. En todas ellas, en distinto grado, Pepito asume que el mundo es de una determinada forma, y no de otra.

### ¿Qué es representación?

**Representación** es la relación que se establece entre dos dominios o ámbitos (un representante y una cosa representada) de manera que el primero *significa* o *toma el lugar* de la segunda.



El tipo de representante que más nos interesa en esta asignatura

¿Es equivalente saber y creer que se sabe algo?

Ojo, hay oraciones que contienen estos verbos que no incluyen de manera explícita proposiciones. P. ej., “Juanito sabe cómo llegar”, “María sabe tocar la guitarra”, “Pepito teme a los perros” no contienen proposiciones.

Pictogramas: peligro de cocodrilos, prohibido el baño

es el **símbolo**. El símbolo 7 significa *número 7*, y es equivalente en otros contextos a los símbolos *siete, seven, VII, qi*. Estos símbolos son, habitualmente, más accesibles y fáciles de manejar que los objetos que representan. Por eso los manipulamos y realizamos operaciones de cálculo con ellos.

Es importante distinguir claramente cuando una secuencia o conjunto de símbolos formales representan una proposición: “Pepito ama a Manolita” es el conjunto de símbolos que significa que Pepito ama a Manolita.

Por lo tanto, la **representación del conocimiento** es el campo de estudio relacionado con la utilización de símbolos formales para representar una colección de proposiciones que algún actor conoce o cree conocer. Aunque un determinado actor conozca o crea conocer un número muy grande de proposiciones, es imposible representarlas explícitamente todas. De hecho, va a existir siempre una brecha entre el conocimiento representado y el que realmente manejamos. Aquí es donde entra el *razonamiento*.

### *¿Qué es razonamiento?*

Por **razonamiento** entendemos la manipulación formal de los símbolos que representan las proposiciones conocidas por un actor para producir representaciones de proposiciones nuevas. Es precisamente aquí donde aprovechamos la naturaleza concreta y accesible de los representantes: los localizamos, manipulamos, modificamos y creamos nuevas representaciones.

Como analogía del razonamiento, pensemos en las operaciones aritméticas. A partir de dos símbolos, podemos realizar sumas, restas, divisiones... para generar nuevos símbolos. El razonamiento funciona de manera similar. A partir de símbolos como “Todos los hombres son mortales”, “Pepito es un hombre”, tras realizar determinadas operaciones de manipulación, podemos producir el símbolo “Pepito es mortal”.

### *¿Por qué el conocimiento es importante para la IA?*

A menudo es útil describir el comportamiento de sistemas complejos utilizando metáforas como objetivos, intenciones, creencias, esperanzas. Es habitual describir un sistema de IA en términos intencionales porque es sencillo explicar el comportamiento a partir de los objetivos y creencias que maneja.

Esta descripción basada en supuestas intenciones y objetivos se conoce como *actitud/postura intencional*. Y aunque este tipo de antropomorfización no siempre es adecuada a la hora de describir el

La representación simbólica es concreta, contiene elementos que podemos segmentar y manejar por separado. Sin embargo, la proposición es una entidad abstracta que nos permite distinguir dos tipos de mundos imaginables: aquellos en los que es verdad que Pepito ama a Manolita, y aquellos en los que este amor es imposible.

Este ejemplo de razonamiento recibe el nombre de *inferencia lógica*. De acuerdo con esta visión, el razonamiento es una forma de cálculo, no muy diferente de la aritmética, en la que manipulamos símbolos que representan proposiciones en lugar de números.

El ejemplo típico es el del sistema capaz de jugar al ajedrez: el ordenador *sabe* dónde están las piezas y *quiere* ganar la partida accorralando al rey...

funcionamiento de cualquier sistema, en IA se utiliza para justificar la construcción de **sistemas basado en el conocimiento** (*knowledge-based systems*) que manejan conjuntos de representaciones simbólicas llamadas **bases de conocimiento** (*knowledge bases*).

### *Sistemas basados en conocimiento*

Los siguientes dos programas en Prolog producen el mismo resultado: imprimen por pantalla el color de distintos objetos. Es más, podemos describir sus comportamientos como intencionales.

Alternativa 1:

```
imprimeColor(nieve) :- !, write("Es blanco.").
imprimeColor(hierba) :- !, write("Es verde.").
imprimeColor(cielo) :- !, write("Es amarillo.").
imprimeColor(Cosa) :- write("No lo sé :-/").
```

Alternativa 2:

```
imprimeColor(Cosa) :- color(Cosa, Color), !, write("Es "), write(Color), write(".").
imprimeColor(Cosa) :- write("No lo sé :-/").
```

```
color(nieve, blanco).
color(cielo, amarillo).
color(Cosa, Color) :- estaHechoDe(Cosa, Material), color(Material, Color).
```

```
estaHechoDe(hierba, vegetacion).
color(vegetacion, verde).
```

Pero solo la alternativa 2 está basada en conocimiento porque tiene una colección de representaciones simbólicas que representan proposiciones. Entre otras cosas, contiene *hechos* como `color(nieve, blanco)`. que representa de manera simbólica la proposición “el color de la nieve es blanco”, o como `estaHechoDe(hierba, vegetacion)`. que representa la proposición “la hierba está hecha de vegetación”. Si elimináramos cualquiera de estos hechos, el programa no contendría ese conocimiento y sería incapaz de responder a la instrucción “imprime el color de la nieve” o “imprime el color de la hierba”. En la alternativa 1 por el contrario, no hay una colección de proposiciones, simplemente reglas del estilo “si te preguntan por el color de la nieve, responde blanco”.

A simple vista, la alternativa 2 parece más compleja, ¿qué ventajas tienen los sistemas basados en conocimiento? Son ideales para tareas abiertas porque:

- permiten justificar adecuadamente la toma de decisiones

La hierba es verde porque está hecha de vegetación

- son más fáciles de mantener y corregir cuando el comportamiento es erróneo
- son sencillos de extender, añadiendo nuevo conocimiento
- son sencillos de adaptar, añadiendo nuevas aplicaciones

el cielo es azul, no amarillo

Las rosas son rojas

Imprime por pantalla todos los objetos blancos que conozcas

### *¿Por qué necesitamos razonamiento?*

Cuando construimos un sistema basado en conocimiento, queremos que actúe teniendo en cuenta las creencias que tiene sobre el mundo, no solo sobre el conocimiento que aparece representado de manera explícita en su base de conocimiento. En la segunda alternativa del programa que hemos visto antes, no aparece explícita ninguna representación simbólica que diga “la hierba es verde”, y sin embargo el sistema es capaz de encontrar que la hierba está compuesta de determinado material y sabe que este material es verde, lo que conlleva que la hierba también es verde.

Cuando tenemos un conjunto  $S$  de proposiciones representadas como oraciones o hechos, y la verdad de una oración  $p$  está implícita en la verdad de  $S$ , decimos que  $p$  es **consecuencia lógica** (*entailment*) de  $S$ , o que  $S$  conlleva o implica  $p$ . Si el mundo es de tal manera que todos los elementos de  $S$  son verdaderos y  $S$  implica  $p$ , entonces  $p$  tiene que ser verdadero también.

La **inferencia** consiste en calcular consecuencias lógicas. Y razonar consiste precisamente en calcular todas las consecuencias lógicas de una base de conocimiento. Todo sistema que razona sobre una base de conocimiento deberá proporcionar (¿todas?) las consecuencias lógicas que pueda extraer del conocimiento explícito que maneja. Habrá sistemas que no devuelva todas las respuestas posibles y otros que devuelvan algunas incorrectas, pero en determinados contextos estos sistemas serán preferibles a no tener respuestas.

### *¿Por qué utilizamos Lógica?*

El uso de la lógica es relevante para representar conocimiento y llevar a cabo razonamiento porque precisamente la lógica consiste en el estudio de las consecuencias lógicas, y en el uso de lenguajes, condiciones de verdad y reglas de inferencia. El primer lenguaje de representación del conocimiento que vamos a utilizar está basado en la **lógica de primer orden**.

Lógica de predicados, inventada por Frege para formalizar las matemáticas.