

Sobre la concepción del conocimiento en el proyecto *OpenCyc*

Miguel Ángel Sicilia

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá

msicilia@uah.es

Abstract

Se analiza la concepción subyacente de la base de conocimiento *OpenCyc* con respecto a los hechos de conocimiento que en ella pueden representarse, concluyendo con la síntesis de las características más relevantes de dicha concepción epistemológica.

Introducción: El proyecto *OpenCyc* y el “conocimiento general”

La disciplina conocida como *Inteligencia Artificial* (IA) ha producido en las últimas décadas un gran número de sistemas con supuestos rasgos de inteligencia¹ que requieren de un modo u otro una *base de conocimiento*, construida conforme a un cierto sistema de *representación del conocimiento* (Davis *et al.*, 1993). Una subclase bien conocida de este tipo de sistemas es la de los *sistemas expertos* (Giarratano, 1998), que tratan de codificar una cierta clase de conocimiento humano que surge de la experiencia en la resolución de situaciones complejas, y que es difícilmente sistematizable (como puede ser el diagnóstico médico). La estructura funcional tradicional de los *sistemas basados en conocimiento* (SBC) se compone esencialmente de tres partes: (1) Una *base de conocimiento* (BC) acorde a una cierta representación, (2) una base de hechos (BH) que representa la situación actual de operación del sistema (una visión fáctica del mundo), acorde con la BC, y (3) un *motor de inferencia* (MI), que produce nuevos hechos o responde preguntas a partir de BC y BH. Esencialmente, estos sistemas utilizan enunciados lógicos o reglas lógicas para la BC, siendo los hechos de la BH individuos que representan la situación concreta, y siendo el MI un sistema lógico-deductivo en la mayor parte de los casos.

Cuando se revisa la historia de los SBC, se llega a la conclusión de que la inmensa mayoría de ellos son extremadamente pequeños en cuanto al volumen de sus BC y BH. Es decir, el *mundo* de estos sistemas es tremendamente simple y limitado, y en la mayoría de los casos se ordena exclusivamente a resolver una situación o problema determinado. Partiendo del reconocimiento de esa situación de estrechez en el ámbito de los SBC, el proyecto *Cyc* (Lenat, 1995) representa posiblemente el intento actual más importante de construir una BC de un volumen radicalmente mayor al de otros SBC actuales. Sus promotores creen que el éxito de la IA requiere la realización de “enormes” BC, para que los sistemas basados en ellas puedan aprovecharse del conocimiento “común” o “general” (*commonsense*), y no limitarse a conocimientos

¹ En el área de la IA, el término inteligencia se utiliza de manera *débil*, haciendo referencia a cualquier comportamiento de apariencia *inteligente*, que puede ir del reconocimiento de un patrón perceptual determinado a la toma de decisiones basada en reglas preconstruidas. La mayoría de los sistemas no presupone una cierta teoría global de la inteligencia humana, ni pretende simular la función del cerebro, más bien, se limitan a aprovechar técnicas algorítmicas existentes para resolver una situación concreta.

“específicos” de ciertas situaciones. El proyecto *OpenCyc* no es otra cosa que una versión o variante de *Cyc* que puede descargarse gratuitamente a través de la Web². En la fecha de redacción de este artículo, *OpenCyc* contiene 6.000 conceptos que conforman, según sus autores, “una ontología superior [*upper ontology*] de toda la realidad consensual humana”, junto a 60.000 sentencias sobre esos conceptos. Además de la base de conocimiento en sí, *OpenCyc* incluye herramientas de programación de aplicaciones *software* y un MI denominado *Cyc Inference Engine*. Entre el conocimiento que se representa dentro de *OpenCyc* está también la propia epistemología, es decir, en *OpenCyc* se pueden incluir aserciones sobre el conocimiento que “poseen” diferentes agentes. De este modo, en *OpenCyc* se prescribe una cierta Teoría del Conocimiento (aunque sea de manera tácita y no explícita). Siendo *OpenCyc* un artefacto o herramienta para construir sistemas *software*, la epistemología que contiene en sus estructuras es relevante para una serie de dominios de aplicación prácticos, cubriendo en general aquellos en los cuales se debe representar por medios informáticos el conocimiento que poseen, desean o se supone que tienen determinados agentes. Dentro de este planteamiento se encuentra la disciplina de la Gestión del Conocimiento, las aproximaciones automatizadas al aprendizaje electrónico (*e-learning*) y los sistemas personalizados (que almacenan un modelo de sus usuarios para adaptar la información a sus características particulares). También desde una perspectiva general, es interesante investigar qué epistemología se ha cristalizado *de facto* en *OpenCyc*, dado que de algún modo será determinante de los sistemas que se construyan utilizándola como infraestructura. Por supuesto que los criterios epistemológicos de *OpenCyc* pueden extenderse mediante la inclusión de nuevos conceptos o sentencias, pero siempre de manera incremental, es decir, los presupuestos que están ya incorporados a *OpenCyc* han de mantenerse si no se quiere cambiar el sustrato ontológico que proporcionan.

En este ensayo pretendemos dar una visión de cómo en *OpenCyc* pueden representarse hechos de conocimiento, y por tanto, del compromiso epistemológico en *OpenCyc*. Para ello, se buscan y analizan términos y predicados de *OpenCyc* que tienen que ver con el conocimiento. Este proceder en la indagación es consistente con la práctica habitual de uso de *OpenCyc*, utilizando interfaces de usuario para buscar elementos dentro de la BC.

De ese análisis se extraen una serie de consecuencias con el motivo de clarificar qué son los hechos de conocimiento en *OpenCyc*. Como objetivo pragmático de este trabajo, pretendemos estimular el análisis desde la filosofía de los principales artefactos destinados a la construcción de SBC que se utilizan actualmente. Desde esta perspectiva, es importante resaltar que ontologías como la de *OpenCyc* son el sustrato de la visión de la “segunda generación” de la Web (Berners-Lee, Hendler & Lassila, 2001).

² <http://www.opencyc.org/>

Conocimiento y sujetos cognoscentes en *OpenCyc*

En primer lugar, el conocimiento (*knowledge*) como tal no es un concepto en *OpenCyc*. Sin embargo, el hecho de conocer sí se representa, y se hace a partir de predicados como los que se describen en la Tabla 1.

Predicado	Argumentos	Descripción
knows	IntelligentAgent, ELSentence-Assertible	El agente conoce la proposición (instancia de ELSentence-Assertible). Implica que: (i) La proposición es verdadera. (ii) El agente cree en la proposición. (iii) El agente está justificado en creer la proposición.
knowsAbout	Thing IntelligentAgent	El agente conoce <i>algo</i> sobre la cosa (<i>thing</i>). El predicado representa más que una consciencia (<i>awareness</i>) pero el contenido de lo que el agente conoce sobre la cosa no se especifica.
knownSentence	ELSentence-Assertible	Se utiliza para establecer que una sentencia determinada se sabe que es verdadera dentro de <i>Cyc</i> . Más precisamente, <i>Cyc</i> puede probarla a partir de otras sentencias en su BC.
knowsCommConvention	IntelligentAgent CommunicationConvention	El agente es capaz de usar una determinada convención comunicativa (lenguajes naturales, lenguajes de programación, etc.), y puede utilizarla para codificar o decodificar información.

Tabla 1. Predicados relacionados con el hecho cognoscitivo en *OpenCyc*

La Tabla 1 nos muestra ejemplos de conocimiento cierto inferido desde el propio sistema (*knownSentence*) y también sentencias sobre conocimiento poseído por agentes fuera del propio SBC (el resto). Básicamente, el conocimiento en *OpenCyc* puede representarse en dos formas, que llamaremos:

- (a) Informal. El predicado *knowsAbout* permite representar hechos cognoscitivos de manera vaga, sin utilizar ninguna epistemología subyacente diferente del uso común del lenguaje. Nótese que *Thing* representa en *OpenCyc* “la colección que, por definición, contiene todo lo que es”, incluyendo instancias y conceptos. Por tanto, el conocimiento puede ser tanto de conceptos como de entidades con un correlato material, lo cual resulta en una ontología en la cual caben no solo concepciones materiales de la realidad sino también potencialmente nociones metafísicas. A este respecto cabe resaltar que *OpenCyc* se estructura en las denominadas *microteorías*, que deben ser consistentes internamente, pero no necesariamente consistentes entre ellas.
- (b) Formal. El predicado *knows* permite relacionar agentes con instancias del concepto *ELSentence-Assertible*, que representa cualquier sentencia lógica en *CycL* que esté sintáctica y semánticamente bien formada, es decir, que podría ser “afirmada” (*asserted*). Por tanto, la diferencia fundamental con el predicado *knowsAbout* reside en que en este caso se puede utilizar una aseveración de una complejidad arbitraria, describiendo con precisión el contenido del conocimiento del agente. No obstante, la definición proporcionada en la Tabla 1 impone requisitos de “justificabilidad” adicionales que hace que estos predicados se deban destinar a conocimientos tal y como se describe en teorías del conocimiento tradicionales. El tipo de conocimiento representado con *knows* está destinado a ser específico de ciertas aplicaciones, mientras que *knowsAbout* puede utilizarse para representar conocimiento general, por ejemplo, el conocimiento que ciertos políticos tienen sobre una situación pública concreta.

El predicado *knowsCommunicationConvention* no es más que una variante específica de *knowsAbout* (aunque no se declare así explícitamente) en la cual el objeto conocido es un código de comunicación. Éste es un ejemplo de cómo *OpenCyc* puede especializarse para usos o aplicaciones concretas, respetando los presupuestos básicos de los predicados más generales.

En todos los casos, se utiliza *IntelligentAgent* como el concepto que denota a los posibles poseedores de conocimiento (sea éste formal o informal). Un agente inteligente es “capaz de conocer y actuar, y de utilizar su conocimiento en sus acciones”. Los agentes pueden ser individuos o colectividades, y pueden ser humanos o no. De hecho, *OpenCyc* especifica que “algunas instancias no humanas de Vertebrado” pueden considerarse agentes inteligentes, “como (discutiblemente) los perros o los caballos”.

Por lo dicho anteriormente, en *OpenCyc* se puede almacenar una gran variedad de hechos de conocimiento, sea éste considerado como creencias ciertas justificadas (en el sentido tradicional de la Teoría del Conocimiento), o bien como hechos cognoscitivos vagos (que no inciertos), sin especificar. Estos dos niveles están por supuesto relacionados, ya que el conocimiento formal permite argumentar sentencias de conocimiento informal (a modo de sentencias lógicas más débiles). De igual modo, una sentencia *knowsAbout* puede utilizarse como indicio de un conocimiento formal posible aún no especificado, pero que permite un ulterior refinamiento.

No obstante, los elementos de carácter “cognoscitivo” en *OpenCyc* no se limitan al conocimiento tal como lo hemos descrito. La Figura 1 resume la jerarquía de estos elementos utilizando la notación UML.

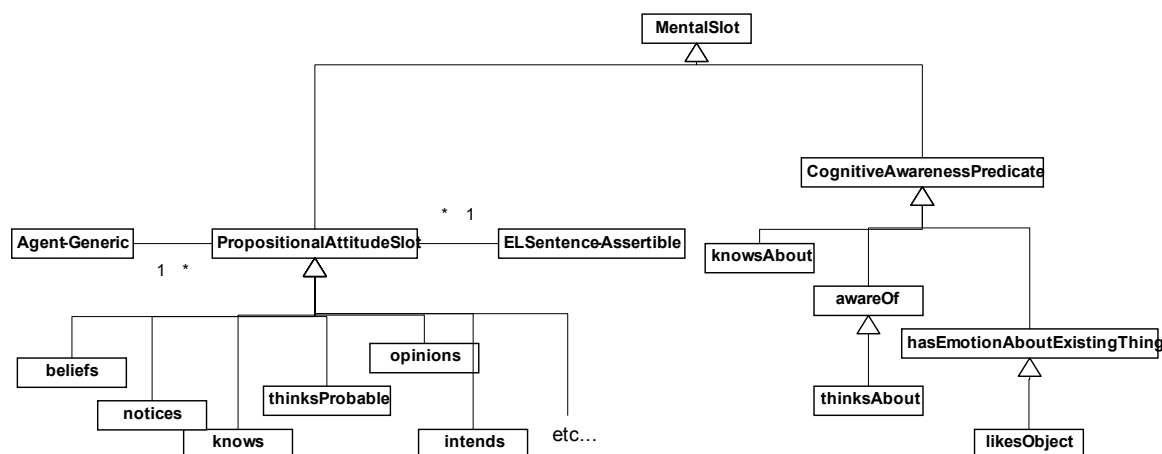


Figura 1. Algunos conceptos de carácter “cognoscitivo” en *OpenCyc*

El concepto de *MentalSlot* representa predicados que conectan “agentes con formulas u objetos con los que tienen algún tipo de conexión cognitiva”. El concepto de algo “mental” en *OpenCyc* aparece también en *MentalInformation* (“contenido proposicional de un estado mental específico de una persona”), y *MentalSituation*, que representa situaciones temporales de percepción, creencia o deseo en general (entre otras *situaciones*). Por tanto, tanto el concepto de “mente”, aunque sin una definición explícita, aparece representado en tres aspectos: (a) contenidos (*MentalInformation*), (b) situaciones (*MentalInformation*) y relación con el sujeto de la cognición (*MentalSlot*). Debido a que aquí nos interesa el conocimiento como hecho relativo a un sujeto, *MentalSlot* cubre nuestros objetivos de representación. De hecho, el concepto de conocimiento que se utiliza habitualmente en la Gestión del Conocimiento

(Holsapple & Joshi, 2004) y otros campos de aplicación es fundamentalmente relacional, ya que interesa representar *quién* tiene *qué* conocimientos.

Las dos fundamentales especializaciones de *MentalSlot* son:

- (1) Los predicados *CognitiveAwarenessPredicate* “revelan información sobre el estado epistemológico del argumento” y deben ser modales. El predicado *thinksAbout* “relaciona un agente con una cosa en la que está actualmente pensando, en el sentido amplio que incluye cualquier tipo de consciencia (*awareOf*) de la cosa”. Los agentes (o al menos algunos de ellos) pueden también tener *emociones* en sentido general. Por ejemplo, el disfrute “*Enjoyment*” de la interacción con un objeto puede representarse mediante *likesObject*.
- (2) Los predicados *PropositionalAttitudeSlot* “relacionan a un agente con una proposición hacia la cual el agente tiene una cierta actitud proposicional, como creencia, duda o conocimiento”. Además del conocimiento cierto y justificado (*knows*), otros de estos predicados permiten representar creencias (*beliefs*), opiniones (*opinions*), percepciones (*notices*), propósitos (*intends*), deseos (*desires*), objetivos (*goals*), sesgos (*biases*), expectativas (*expects*), o probabilidades subjetivas (*thinksProbable*), entre otras. Mientras que algunos de estos predicados son muy genéricos, otros tienen matices muy concretos. Por ejemplo, *thinksProbable* indica que “el agente piensa que es probable (*likely*) que la proposición sea cierta” de manera general, sin especificar más. Sin embargo, *goals* tiene una definición precisa, que incluye uno de los siguientes presupuestos: (a) la proposición objetivo no es verdadera actualmente y el agente quiere que lo sea; (b) la proposición es actualmente verdadera (o al menos el agente así lo cree), y el agente quiere que continúe siéndolo. Además, *goals* presupone alguna actividad dirigida al objetivo, lo que lo diferencia de meros deseos (*desires*) y expectativas (*expects*). También hay diferencias sutiles, por ejemplo, *beliefs* puede representar hechos que provienen de “la inferencia, el sueño o la intuición”, mientras que *notices* presupone una percepción.

Además de los elementos cognoscitivos descritos, *OpenCyc* incorpora la posibilidad de representar sistemas de creencias (*BeliefSystem*) arquetípicos.

Información y entes materiales que la representan en *OpenCyc*

Aunque no se relaciona directamente con la epistemología descrita en lo anterior, la perspectiva de la transmisión del conocimiento puede representarse mediante el concepto de “información”. El concepto de *InformationStore* representa “un repositorio de información, tangible o intangible, concreto o abstracto”. Las instancias completamente intangibles incluyen *AbstractInformationalThing* y *PropositionalInformationThing*. Las parcialmente tangibles (al menos) incluyen *InformationBearingObject*.

Aunque no se proporciona una definición explícita y precisa del concepto de información, existe claramente una representación de los constructos básicos de la teoría de la comunicación de Shannon (Shannon & Weaver, 1949), representada por los predicados *informationOrigin* e *informationDestination* y por la representación de los sucesos en sí (*InformationTransferEvent*).

La epistemología básica de los agentes descrita en la sección anterior, unida a una rica representación del hecho de la transferencia de información permite representar cambios en la “mente” de los agentes como consecuencia (directa o indirecta) de actos de comunicación, es decir, permite representar el *aprendizaje*. De hecho, el

término *Learning* aparece en *OpenCyc* como representación de eventos de “adquisición de información o *know-how*”. Este modelo permite el desarrollo de aplicaciones software que automatizan de algún modo actos comunicativos. Por ejemplo, un sistema en la Web que dirige ciertos mensajes (por ejemplo, ciertos contenidos didácticos o “cursos”) a ciertos usuarios, de acuerdo a los conocimientos que el sistema cree que tienen. Debido a que el intercambio de información electrónica es el dominante en estas aplicaciones, en lo que sigue describimos las definiciones de *OpenCyc* más importantes desde esta perspectiva.

Un concepto fundamental en los artefactos de información es *InformationBearingThing* (IBT), que representa “individuos localizados espacialmente, incluyendo eventos y acciones además de objetos físicos”. Cada instancia de *IBT* contiene información. Por ejemplo, una copia de la novela “*Moby Dick*” es un *IBT* (aunque “*Moby Dick*” como obra de arte es un *ConceptualWork*, abstracto). Algunos *IBT* tienen contenido proposicional (otros no, como muchas obras de arte), que puede representarse por *PropositionalInformationThing*. Ésta es una relación importante, ya que diferencia entre el elemento físico y el contenido de información, y éste último admite una representación lógica, manejable dentro de aplicaciones de SBC. La especialización *InformationBearingObject* (IBO) representa la subclase de objetos físicos que (a) son artefactos hechos para representar información, (b) son informativos además de su uso principal y (c) elementos naturales, no creados que portan información (como el ADN). En el contexto de la Web, una especialización de *IBT* es *ComputerFileCopy*, que permite representar artefactos digitales identificados (Sicilia et al., 2004).

Consecuencias de la epistemología tácita de *OpenCyc*

Las consecuencias fundamentales del análisis expuesto son las siguientes:

- (1) Existe algo denominado “mente” en los agentes, que tiene estados y contenidos.
- (2) El conocimiento tiene una existencia como algo dentro de la “mente” de un agente inteligente, no tiene existencia separada de los mismos.
- (3) El conocimiento no reside solamente en individuos humanos (o animales) sino también en otras entidades, que incluyen de manera notable: colectividades (como las empresas) y sistemas software (agentes software).
- (4) Los hechos de conocimiento incluyen hechos cognoscitivos sin especificar (*knowsAbout*) y hechos cognoscitivos de sentencias lógicas orientadas a una aplicación específica (*knows*). En ambos casos, la consistencia de las proposiciones se requiere no a nivel global, sino a nivel de “microteoría”.
- (5) Además del conocimiento, hay otros aspectos cognoscitivos que pueden representarse, como creencias o emociones, con sutiles diferencias entre ellos.
- (6) Los actos comunicativos transmiten información, posiblemente entre agentes inteligentes, y por tanto, entre “mentes”.
- (7) Pueden representarse diferentes tipos de entidades o artefactos que “contienen” información que puede “comunicarse”. Concretamente, pueden describirse objetos tangibles portadores de información en diferentes formatos (códigos).

Debido a que no se imponen restricciones explícitas sobre los hechos de conocimiento informales, la epistemología de *OpenCyc* permite irrealismos, e incluso irracionalidades, en el sentido de la racionalidad gnoseológica descrita por Bunge (1985). No obstante, la existencia de “mundos lógicos” separados permite que desde un punto de vista pragmático, la BC de *OpenCyc* pueda utilizarse de maneras restringidas, con una observancia de materialismos científicos determinados. Por otro

lado, el conocimiento formal representado se rige por una epistemología escrita de verdad justificada y lógica clásica.

Por otro lado, el mentalismo tácito en *OpenCyc* se describe sólo funcionalmente, por lo cual, es en principio compatible con interpretaciones neurobiológicas de la mente. Sin embargo, el concepto de agente como entidad no biológica es implícitamente una concepción de IA “fuerte” – el conocimiento de humanos y entes software es en principio equivalente -, aunque desde el punto de vista de las aplicaciones esto no presente problemas prácticos. No obstante, el conocimiento en entidades colectivas – aunque con sentido en el caso de colecciones de agentes software – es controvertido en sociedades humanas o animales. Una teoría sistémica de comportamiento emergente sería más adecuada desde una perspectiva científica.

El concepto de información y su transmisión permiten la representación detallada de actos de comunicación de naturaleza diversa, así como una rica taxonomía de tipos de artefactos o entidades que contienen o de manera no deliberada transmiten información. La conclusión es que *OpenCyc* permite registrar hechos de conocimiento y otras realidades cognoscitivas dentro de un marco generalizador que incluye a humanos, máquinas y colectividades. A pesar de las posibles objeciones epistemológicas, este soporte supone una flexibilidad adecuada para el desarrollo de aplicaciones que se basan en modelos de hechos de conocimiento de agentes externos al sistema.

Referencias

- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), pp. 34–43.
- Bunge, M. (1985). *Racionalidad y realismo*. Alianza Universidad.
- Davis, R., Shrobe, H., Szolovits, P. What is a Knowledge Representation? *AI Magazine*, 14(1):17-33, 1993.
- Douglas B. Lenat: CYC: A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure. *Communications of the ACM* 38(11): 32-38 (1995).
- Giarratano, J. *Expert systems: principles and programming*. Boston: PWS Publishing, 1998.
- Holsapple, C.W. and Joshi, K.D. A formal knowledge management ontology: Conduct, activities, resources, and influences. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 55(7): 593-612 (2004).
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949), *The Mathematical Theory of Communications*, University of Illinois Press, Urbana, IL.
- Sicilia, M. A., García, E. and Sánchez, S. On integrating learning object metadata inside the OpenCyc knowledge base. In *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT 2004*. Joensuu, Finland.