



Actualidades Investigativas en Educación

ISSN: 1409-4703

Instituto de Investigación en Educación, Universidad de
Costa Rica

Maldonado Granados, Luis Facundo; Londoño Palacio, Olga Lucía; Gómez Gil, Jeimmy Patricia
Sistemas ontológicos en el aprendizaje significativo: estado del arte
Actualidades Investigativas en Educación, vol. 17, núm. 2, 2017, Mayo-Agosto, pp. 1-18
Instituto de Investigación en Educación, Universidad de Costa Rica

DOI: 10.15517/aie.v17i2.28730

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44758530020>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEI
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Sistemas ontológicos en el aprendizaje significativo: estado del arte

Ontology systems in the meaningful learning: state of the art

Volumen 17, Número 2

Mayo-Agosto

pp. 1-18

Este número se publica el 1° de mayo de 2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i2.28730>

Luis Facundo Maldonado Granados

Olga Lucía Londoño Palacio

Jeimmy Patricia Gómez Gil

Revista indizada en [REDALYC](#), [SCIELO](#)

Revista distribuida en las bases de datos:

[LATINDEX](#), [DOAJ](#), [REDIB](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [SHERPA/ROMEO](#),
[QUALIS-CAPES](#), [MIAR](#)

Revista registrada en los directorios:

[ULRICH'S](#), [REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [CLACSO](#)

Sistemas ontológicos en el aprendizaje significativo: estado del arte

Ontology systems in the meaningful learning: state of the art

Luis Facundo Maldonado Granados¹

Olga Lucía Londoño Palacio²

Jeimmy Patricia Gómez Gil³

Resumen: El objetivo de este ensayo es presentar una visión integrada de los sistemas ontológicos en cuanto contribuyen a la sistematización de los procesos pedagógicos en la formación de los educandos. Se considera que la filosofía, la neurociencia, la psicología y la inteligencia artificial contribuyen significativamente a este propósito. Se desarrolla, consecuentemente, una revisión de estudios considerados importantes desde la perspectiva de diversos sistemas ontológicos, y se concluye con la presentación de una perspectiva pedagógica desde las ontologías. El trabajo no pretende mostrar una ontología pedagógica, sino revisar el potencial de las ontologías regionales en la comunicación pedagógica y el aprendizaje significativo.

Palabras clave: Ontología, representación del conocimiento, construcción del conocimiento.

Abstract: The aim of this paper is to present an integrated view of ontological systems as they contribute to the systematization of pedagogical processes in the student education. Different fields like philosophy, neuroscience, psychology and artificial intelligence significantly contribute to this purpose. Consequently, it is developed a review of studies assessed as meaningful, in this approach, is conducted, and as a conclusion, a perspective of pedagogy from the ontological point of view is introduced. This work does not pretend to show a pedagogical ontology, but to address the potential of regional ontologies in the pedagogical communication and the meaningful learning.

Key words: Ontology, knowledge representation, knowledge building.

¹ Investigador del International Corporation of Network of Knowledge, (ICONK), Colombia. Dirección electrónica: lufamagr@gmail.com

² Investigadora del International Corporation of Network of Knowledge, (ICONK), Colombia. Dirección electrónica: olgalucia@iconk.org

³ Investigadora de I3NET SAS, Colombia. Dirección electrónica: ingeniera.proyectos@i-3net.com

Artículo recibido: 15 de junio, 2016

Enviado a corrección: 30 de enero, 2017

Aprobado: 25 de abril, 2017

1. Introducción⁴

La motivación de este trabajo surge del desarrollo de un ambiente digital para la representación colaborativa de conocimiento en línea con propósitos educativos. Por tanto, no se busca elaborar una revisión exhaustiva sobre el tema de las ontologías, sino centrarse en las proyecciones educativas con apoyo de tecnología digital. Las referencias a la filosofía, la psicología y la neurociencia se hacen para dar un contexto pero no se pretende profundizar desde esas perspectivas.

El interés central en la revisión de literatura es de orden pedagógico, en estrecha relación con el uso de dispositivos informáticos y, en particular, con el uso del software SIMAS (Sistema de Marcos para el Aprendizaje Significativo). Las publicaciones revisadas, frecuentemente, combinan tanto el interés pedagógico como informático, lo cual muestra una tendencia actual de la pedagogía. Como se podrá constatar, es una tendencia en crecimiento con desarrollos muy recientes que, posiblemente, en algunos años mostrará un nivel de madurez. La aproximación integra las siguientes perspectivas: filosófica, desde la neurociencia; psicológica, desde los sistemas y la inteligencia artificial; y, finalmente, desde la pedagogía.

2. Aproximación Filosófica

Sowa (2000), quien inicia su análisis sobre el concepto de ontología, muestra que esta surge como un complemento necesario de la lógica. Esta se ocupa de la forma y aquella del significado. Quine (1953) presenta la pregunta básica de la ontología en la expresión: "*What is there?*" (p. 01) – ¿Qué existe?-, como la interrogante más general sobre lo que hay o puede haber, es o puede ser. La respuesta es igualmente universal: todo o cualquier cosa. Sobre esta respuesta, la posibilidad de acuerdo o desacuerdo tiene poco sentido. La ontología surge con el lenguaje como forma de referirse a lo que hay o puede haber. Si la pregunta se torna más específica como: "*¿Qué hay sobre el escritorio?*" o "*¿Hay viento en la terraza?*", la respuesta exige información, cosa que no sucede con la pregunta general y son las búsquedas las que fundamentan los acuerdos o desacuerdos.

⁴ Ensayo de investigación científica producto del Programa "Representación ontológica hipermedial en línea para el aprendizaje significativo". Proyecto: "*Software para representación ontológica en línea*". (2014). Cofinanciado por Colciencias; Ministerio de Educación Nacional, MEN; Corporación Internacional de Redes de Conocimiento, ICONK; i3net; Escuela Normal Superior de Ubaté, ENSU; Fundación de Educación Superior Nueva América, FESNA. Código 5880-578-36127. Fecha de inicio: 30-12-2013. Fecha de terminación: 30-04-2016. Bogotá - Ubaté.

Cada vez que conscientemente se expresa un conocimiento, es necesario seleccionar una estructura de lenguaje y un vocabulario. A este proceso, Quine (1960) lo denomina *decisión ontológica* (*ontic decision*). La forma lógica –canónica– más sencilla es: $(\exists x) Fx$. – *existe una x tal que x es F*-. De esta manera, si F es *piedra*, la expresión se puede reemplazar por: *hay una piedra*. La decisión es más compleja cuando se ve una piedra que cae. El caer es un *proceso* perceptible relacionado con la *piedra* y pertenece a la clase *proceso*. Es decir, hay dos tipos de categorías: una que permite clasificar la piedra y otra que se refiere al movimiento. Se puede entonces decir que *la piedra* es una clase perteneciente a la clase superior *objeto* y *caer* pertenece a la clase superior *proceso*. En otras palabras, hay categorías de orden superior que incluyen otras de orden inferior.

La integración de la lógica con las categorías es valiosa, por cuanto se puede usar para representar el conocimiento empleado en la comunicación, la cual es necesaria en la investigación y el aprendizaje. Las categorías se expresan mediante palabras cuyos referentes son conjuntos de entidades. El estudio y organización lógica de esas categorías se ha denominado *ontología* –*ontos* en griego significa ser- y es la acepción que se toma en este documento.

Sowa (1984) desarrolla la estructura de grafos conceptuales tal como se enuncia a continuación: un proceso (P) tiene un agente (A), un objeto (O) y un instrumento (I). El objeto es parte de algún sistema (S) y el instrumento, en el proceso, produce un efecto en el sistema del cual es parte el efecto. Si a las variables se le asignan constantes se tiene, por ejemplo, *un proceso (extracción), un agente (minero), un objeto (esmeralda) y un instrumento (pala)*, que es equivalente lógico de la frase: *El minero extrae la esmeralda con la pala*. Las categorías: agente, objeto, instrumento, objeto son las categorías generales que adquieren valores específicos en la frase. Estas categorías generales, en cuanto conforman un sistema, constituyen una ontología.

Quine (1969) introduce el concepto de *relatividad ontológica* para referirse al hecho de que detrás de una ontología existe otra de orden más general. En el ejemplo, las categorías (proceso, agente, objeto, e instrumento) están detrás de las categorías (extracción, minero, esmeralda, pala), que son más específicas y, a su vez, pueden incluir términos más específicos.

El conocimiento no se construye por significados aislados, sino por estructuras de significados. Más aún, hay movimientos de pensadores que contribuyen a la elaboración de esas estructuras. Develar esas estructuras es muy importante en la comprensión del

pensamiento humano y en la construcción efectiva de las diferentes formas de conocimiento. Tanto el sistema aristotélico como el sistema kantiano introdujeron categorías universales como base para la integración del conocimiento disponible en su tiempo. Ambos tuvieron gran influencia en la cultura occidental y en sus escritores. Más recientemente, a partir de la teoría de la información (Shannon y Weaver, 1950; Ashby, 1963), algunos pensadores desarrollan sistemas de categorías para integrar el conocimiento científico contemporáneo (Luhmann, 1992; Holland, 1995 y Marshall, 2012).

El enfoque husserliano de ontología regional, como sistema de categorías aplicado a dominios específicos de conocimiento, es el utilizado en las ciencias y disciplinas contemporáneas. Por ejemplo, Sewchurran, Smith y Roode (2010), en la gestión de proyectos de información, identifican un conjunto de categorías para caracterizar, analizar y razonar sobre los procesos y sus características. Por su parte, Lopes (2001) desarrolla otra ontología para estudiar los ambientes digitales interactivos en el arte y la creación.

Chomsky (2006) encuentra que la estructuración del lenguaje es tan universal que, apoyado por la posición de una corriente de la neurología, según la cual el cerebro se organiza por módulos, expresa que en uno de ellos se encontraría la base de la sintaxis del lenguaje que caracteriza a cada idioma.

3. Aproximación desde la neurociencia

Llinás (2003) presenta el origen del lenguaje en la asociación de una acción con una emoción. Cuando los miembros de una especie, que ejecutan algunos comportamientos, sobreviven, tienden a repetirlos e igualmente lo hacen sus herederos. En el caso del hombre, la emisión de sonidos, cuyo potencial de variación es muy amplio y favorece la asociación de sonidos especiales con situaciones parecidas, se puede asociar con la supervivencia.

El descubrimiento reciente de *neuronas espejo* (Rizzolatti y Sinigaglia, 2006; Pineda, 2010) muestra que las mismas emociones presentadas por quien ejecuta una acción, como por ejemplo, emitir un sonido de alerta, son sentidas por otro miembro de la especie. En esta lógica, el sonido es indicador de que algo sucede y tiene relación con una emoción que se transmite a otros de la misma especie. Operan entonces dos mecanismos, el de la herencia a través de las estructuras cerebrales, y la comunicación entre miembros de la especie como mecanismos de supervivencia.

La percepción actúa estructuralmente con base en patrones de reconocimiento y dinámicamente como dispositivo que permite identificar el cambio, prever lo que va a

suceder y activar el sistema eferente para actuar anticipadamente (Johnson y De Haan, 2011). De esta manera, el mecanismo perceptivo se puede vincular a la emisión de sonidos como indicador de una situación y servir de base para comunicar a otros que determinado suceso en el entorno sucede o va a suceder.

En la percepción y en la experiencia que la genera se encuentra la base del conocimiento y de la acción adaptativa del ser vivo. Se puede pensar en la experiencia como una sucesión de unidades que se repiten de manera dinámica, con suficiente parecido como para generar el patrón de reconocimiento, pero también con particularidades, pues suceden en tiempos diferentes y transmiten variaciones del sistema que origina la información. La naturaleza, entonces, ha creado un mecanismo para generar clases en forma de patrones de reconocimiento.

El dominio de categorías que se manifiesta en el lenguaje se consolida en el lóbulo izquierdo donde se encuentra la zona de Broca; sin embargo, su proceso de aprendizaje muestra una actividad intensiva en el lóbulo derecho (Nelson, Haan y Thomas, 2006). En el lóbulo izquierdo se consolidan los patrones de reconocimiento que permiten identificar las palabras pronunciadas por otros en el entorno y dirigir la ejecución de palabras como patrones de respuesta. En el lóbulo derecho se opera la construcción de las nuevas estructuras y palabras o modificación de las existentes.

Cuando se utiliza una palabra para denotar algo en el entorno, se asocian patrones de reconocimiento con configuraciones de sonidos o de símbolos gráficos. En la generación del lenguaje, los estímulos visuales y auditivos son la fuente principal en la generación de palabras. La lógica de la naturaleza humana presenta una tendencia a identificar aquello que se parece en patrones de reconocimiento que son generadores de palabras como sistemas de símbolos. Entra entonces, un juego de relaciones entre las entidades o sistemas perceptibles –con base sensorial– en el entorno, los patrones de reconocimiento y las palabras. Quine (1969) observa que naturalmente hay una referencia a entidades como sistemas diferenciados.

La neurociencia ha encontrado que en la base del control del organismo humano y su comportamiento está, por una parte, el mapa cerebral del organismo y, por otra, el del entorno (Bainbridge, 2008). Cada parte del cuerpo está representada en una zona específica del cerebro. Este mapa permite ubicar la entrada de los estímulos del entorno y, también, controlar la ejecución de respuestas por cada componente. Asimismo, permite integrar sistemas de respuestas. Más aún, el mapa permite representar la actuación de los diferentes

componentes. De esta manera, se construye la conciencia como representación del comportamiento del mismo organismo, y cuando se construye una palabra se puede tener conciencia de la construcción de esa palabra como signifiante. Cuando se pronuncia una palabra, se tiene conciencia de su representación. Por ejemplo, la formación del significado de los verbos tiene base en la conciencia de la acción.

La palabra tiene la cualidad de tomar propiedades estimulantes del sistema sensorial de manera similar al referente. Esto hace que la palabra en sí sea estímulo que puede ser percibido y reconocido por otro agente perceptor. Consecuentemente, la comunicación humana basada en palabras –sistemas de símbolos– se da cuando una palabra emitida por un cognoscente es percibida por otro cognoscente y reconocida por él mediante sus patrones de reconocimiento como palabra que corresponde a uno de sus patrones. Si esto sucede, la palabra emitida tiene significado para los dos actores de conocimiento en acción, y tanto los patrones como las palabras, actúan como clases que tienen casos debido a que las entidades en el entorno son reconocidas como casos de esas clases. Esto tiene una consecuencia fundamental: se reconocen entidades en la medida en que se cuenta con patrones de reconocimiento y palabras. Así, ante una entidad, se piensa: *esta es una 'palabra'*.

Algo interesante, en los procesos perceptivos, es que el mismo proceso de percibir, de conocer y de actuar genera información que estimula los procesos de percepción, y se forman patrones de reconocimiento de la actividad perceptiva. Este es el substrato de la conciencia del actuar. La ciencia cognitiva lo identifica como metacognición o conocimiento de los procesos de conocimiento (Begley, 2008). Se puede reconocer lo que se hace, cuándo y cómo se hace, además del lugar de la acción. Los estímulos que generan dolor, placer, etc., son igualmente generadores de patrones de reconocimiento y de palabras. Esta es la base del conocimiento de sí mismo y fundamento de la capacidad de regulación autónoma del ser humano (Doidge, 2007). Por lo tanto, en la formación de las categorías que representan el mundo, se integran tanto el mapa del cuerpo como el mapa del entorno en el cual actúa el sujeto.

Nelson *et al.*, (2006) muestran con un número significativo de observaciones y experimentos, el papel fundamental de la memoria en el proceso de formación de las categorías, esto para representar el entorno externo e interno, lo pasado, lo que está ocurriendo, lo posible o lo inminente. El hipocampo es la estructura que contribuye a la construcción de memoria de largo plazo. No obstante, la memoria tiene, funcionalmente,

diferentes partes del cerebro que permiten hablar de un sistema de memoria con componentes, tales como la memoria de movimiento y habilidades; de emociones; de hechos o episodios y de significados. Es a partir de la memoria como se mantiene la actividad de construcción de significados y de significantes. En la interpretación de Vigotsky (1978), la generación de palabras es activada en la solución de problemas. Los seres humanos no solo resuelven problemas, sino que expresan su solución con palabras. El lenguaje permite pensar sobre lo que se hace e hizo y genera una ventaja frente a otras especies.

Como conclusión de este breve análisis, las palabras son la base del lenguaje y este es la base de la comunicación entre miembros de la misma especie –pares en la actividad cognitiva– y cumple las funciones de construir registros de memoria de experiencias y de mecanismos de generación de experiencias, similares en quienes entran en comunicación. El proceso es tan dinámico que el mismo pensamiento se ve afectado, y el ser humano desarrolla la capacidad de pensar con palabras en una forma tal que, pensar el mundo y pensarse a sí mismo es un proceso de construir estructuras a partir de relacionar palabras. Tal como afirman Yedaide y Porta es una “posibilidad de nombrar lo inédito, reservando para sí una cierta creatividad indispensable para la vida humana” (2016, p. 13).

Desde la base no verbal, los patrones de reconocimiento, en el cerebro, son puntos de referencia para comparar los arreglos o estructuras de estímulos, los cuales se forman como resultado de la estimulación del sistema aferente y del desarrollo de sistemas de acciones adaptativas frente al entorno, que activan la memoria y la metacognición. Entonces, lo percibido conforma estructuras que se ajustan o no a los patrones de reconocimiento. Esto significa que cada nuevo elemento identificado en el entorno se percibe como elemento de una clase.

4. Aproximación desde la psicología

Para Holland, Holyoak, Nisbett y Thagard (1986), hay tres preguntas frente al aprendizaje de categorías, las cuales interesan en la perspectiva psicológica: ¿para qué sirven?, ¿cómo se construyen a partir de la experiencia? y, ¿qué activa el inicio de la formación de una nueva categoría? Según Gelman y Markman (1983), a partir del conocimiento de una propiedad como perteneciente a una entidad, las personas tienden a fundamentar inferencias frente a entidades que juzgan como similares, y esa tendencia se observa desde los primeros años.

La clasificación de entidades como pertenecientes a categorías es la base de construcción de reglas de inferencia de la forma: *si x pertenece a la clase A , entonces x tiene la propiedad p* . El proceso de clasificar implica un proceso de aprendizaje complejo en el que, por una parte, intervienen el aprendizaje previo de categorías y los modelos mentales construidos y, por otra, la variabilidad del entorno. Los aprendizajes previos, manifestados en forma de modelos mentales, sirven de parámetros para la percepción de información nueva. Como consecuencia, esta información tiende a ajustarse a los patrones de percepción existentes, construidos en relación con diferentes formas de emoción.

En este sentido, la variabilidad del entorno se presenta con diferentes grados de complejidad. Las propiedades poseídas por las entidades externas en el proceso de clasificación pueden aparecer en condiciones de fácil discriminación o en grados diferentes de difusión. Los escenarios de formación de categorías incluyen condiciones en las cuales las consecuencias de una selección se dan naturalmente, condiciones en las que se observa a otras personas haciendo las clasificaciones o condiciones guiadas por instrucciones y *feedback* verbal presentados por otra persona.

Holland *et al.*, (1986) argumentan que es más eficiente el aprendizaje de categorías cuando estas forman parte de estructuras de reglas interrelacionadas en agrupaciones, que cuando se aprenden de una manera aislada. Este enfoque sugiere la organización de contextos para el aprendizaje de categorías y sus reglas asociadas.

5. Aproximación desde los sistemas y la inteligencia artificial

Studer, Benjamins y Fensel (1998) consideran que las ontologías son valiosas para la representación computacional de conocimiento. Para Gómez-Pérez y Manzano-Macho (2005), una ontología es un modelo abstracto compartido por un colectivo de personas y entendible para una máquina. Su adquisición y representación son tareas complejas para las cuales se desarrolla software SIMAS.

La adquisición incluye la selección de fuentes de conocimiento, la identificación de conceptos con sus nombres y relaciones, y la caracterización de la estructura. Gómez-Pérez y Manzano-Macho (2005) hacen una revisión de métodos de adquisición a partir de textos. Se presentan dos enfoques dominantes: técnicas de procesamiento de lenguaje natural y procedimientos estadísticos. En algunos casos, la identificación de la ontología parte de ontologías previas sometidas a edición; y, en otros, se construyen completamente. Ibrahim, Mokhtar y Harb (2012) desarrollan un método que permite combinar diferentes ontologías

sobre un mismo dominio, útil para que los expertos negocien y validen las propuestas que integran fortalezas de diferentes representaciones. Los procedimientos son complejos y existe un conjunto de desarrollos de software para apoyar el proceso, pero aún no existe un método estandarizado para el desarrollo ni un programa que lo ejecute.

Adams, Fraser, Macintosh y McKay-Hubbard (2002), quienes siguen el concepto de relatividad ontológica, desarrollan una ontología en niveles: una de orden muy general que denominan meta-ontología y está compuesta por las categorías *Actividad, Organización, Estrategia, Mercado y Tiempo*, cada una de las cuales incluye subdivisiones de nivel más bajo. Por ejemplo, *la actividad* incluye: *especificación de actividad, comienzo, fin, precondition, efecto, planeación, recurso, autoridad*. Por su parte, *la estrategia* incluye, *misión, visión, propósito, decisión* y otras. Estas categorías y sus consecuentes subclases, a su vez, contienen información de entidades (por ejemplo, empresas particulares, planes y acciones de esa empresa) y procesos particulares (promoción de un artículo que produce la empresa, identificación de destinatarios de su negocio).

El objetivo de las ontologías es mejorar la comprensión de los usuarios, razón por la cual se elaboran a partir del estudio de la comunicación real en los escenarios empresariales, y se expresan en lenguaje natural. Sin embargo, al mismo tiempo, son expresadas mediante un lenguaje de programación comprensible por los computadores (Zhou, 2007).

Zhang, Lin, Yang y Wang (2013) desarrollan un sistema en el dominio de la genética que permite hacer inferencias sobre estructuras complejas de componentes genéticos. Otro ejemplo es el sistema basado en una ontología para apoyar a los abogados en el tratamiento legal de ataques en el ciberespacio (Peng, Wijesekera, Wingfield y Michael, 2006).

Una de las aplicaciones más relevantes de las ontologías es la constitución de la Web Semántica (Lozano-Tello, 2001) cuyo propósito es habilitar a los computadores de una red digital para *entender* el significado en la representación de conocimiento. Xie, Cai y Jiang (2013) desarrollan una ontología en línea, toman como dominio el riesgo en la gestión de proyectos y con base en este el sistema hace búsquedas de información pertinente para mejorar la capacidad de control.

Los sistemas educativos, necesariamente, tienen que adentrarse en los dominios de conocimiento específicos, objeto de aprendizaje; en el conocimiento pedagógico que se traduce en estrategias de monitoreo de procesos, asesoramiento y orientación; y, en considerar modelos de estudiante que permiten representar la evolución del aprendizaje.

En los tres casos se requiere disponer de sistemas ontológicos. Con el desarrollo de las redes aparece el enfoque de educación en línea –*Web based education* (WBE)-. En este nuevo escenario aparece la necesidad de una red semántica orientada a una educación que dé cuenta de los significados en los dominios de conocimiento. Zhou (2007) visualiza el desarrollo de este tipo de Sistemas Educativos Inteligentes en Línea –IWBE- que utilizan métodos de IA como las redes neuronales para construir ontologías desde la base; la minería de datos usando fuentes textuales; la lógica difusa para generar hipótesis sobre la pertenencia de categorías a una red o algoritmos genéticos que posibilitan el mejoramiento progresivo en la construcción de redes ontológicas.

Los sistemas de IWBE integran agentes autónomos de software que cumplen diferentes tareas para el manejo de recursos y objetos de aprendizaje. Los metadatos permiten relacionar los objetos de aprendizaje con variables como estilo de aprendizaje, clases de problemas y nivel de desarrollo de los estudiantes. Con base en ontologías los recursos se organizan y adaptan al usuario. En esta dirección, Ouyang y Liu (2013) desarrollan un sistema que razona con base en una ontología construida con metadatos para seleccionar recursos de video en el dominio de los deportes. Verbert, Duval y Dragan (2006) desarrollan gestión de recursos en línea con base en ontologías. Shi y Setch (2013) muestran que la organización con base en ontologías es una estrategia muy eficiente.

La llegada de los computadores a la educación coincide con movimientos alrededor de la personalización de la educación. Sin embargo, este es un reto que, por muchas razones, todavía está por cumplir. Fok e Ip (2006) presentan un sistema de IWBE que integra un conjunto de ontologías adaptables según la evolución de una empresa, toman como elementos de referencia a las personas que conforman la empresa, las competencias que la empresa requiere, el dominio de conocimiento requerido y las estrategias pedagógicas necesarias para la formación y actualización de los actores. El sistema integra un conjunto de ontologías para tener una interacción adaptada a cada actor, con el fin de promover su actualización mediante objetivos empresariales.

La integración de múltiples ontologías se muestra también en el sistema desarrollado por Deline, Lin, Wen, Gašević y Kinshuk. (2010) quienes integran una ontología de dominio por niveles: curso, programa, y estudiante con sus preferencias. El trabajo de Fok e Ip (2006) muestra el valor especial de las ontologías en la gestión de conocimiento para, por ejemplo, mantener actualizado el conocimiento de los actores en medicina, con base en los

desarrollos científicos. Frost y McCray (2012) desarrollan, con este propósito, un sistema que realiza búsquedas y actualiza la ontología.

6. El valor de los sistemas ontológicos en la pedagogía

La revisión hecha hasta este punto sirve como base para afirmar que, en relación con un cognoscente; por ejemplo, un estudiante o un profesor, el universo es un conjunto infinito de entidades –cosas, eventos, procesos- de las cuales, una parte o un subconjunto finito son conocidos y representados de alguna manera. Los conceptos que se expresan en palabras forman parte integral de las ontologías que representan el universo conocido. Desde la perspectiva de la neurociencia, cada persona tiene en su cerebro organizaciones de neuronas –redes neuronales– (Patten y Campbell, 2011) correspondientes a esas estructuras ontológicas. En la base de los procesos educativos está el reto pedagógico de la representación ontológica de conocimiento (Maldonado, 2012). En esta dirección Abel *et al.*, (2004) muestran estructuras ontológicas como base para la organización de significados y recursos educativos para el aprendizaje de sistemas conceptuales.

Heller, Mayer, Hockemeyer y Dietrich (2006) introducen el concepto de *espacio de aprendizaje* como el conjunto de estados posibles de un aprendiz en relación con un dominio de conocimiento representado como ontología regional. Por ejemplo, las categorías o conceptos del Teorema de Pitágoras se pueden expresar en una estructura de conceptos, en la cual se determinan los posibles estados de aprendizaje de ese conocimiento. Además, los autores introducen una concepción de competencia como una pareja concepto-acción. Los conceptos de hipotenusa y cateto, en el caso de la teoría Pitagórica, están vinculados con acciones como estructurar una igualdad, sumar, elevar al cuadrado o sacar raíz cuadrada.

Si para cada concepto hay acciones observables, un profesor o un dispositivo inteligente puede responder a las preguntas: *¿Qué tan competente es un estudiante en el tema?* y, *¿en qué estado va su proceso de aprender?* Consecuentemente, la estructura ontológica sirve de parámetro para evaluar cómo avanza un estudiante en la construcción de un conocimiento. Maldonado, Ortega, Sanabria, y Macías (2001) desarrollan un sistema para observar y comparar el uso de categorías ontológicas por profesores profesionales y profesores en formación, este permite valorar el grado de madurez en el manejo del dominio de conocimiento en la interacción pedagógica. Askar y Altun (2009) aplican la construcción ontológica al estudio de las interacciones con los recursos en la formación de habilidades.

Macías, Lizcano y Bernal (2012) aplican el concepto de ontología argumentativa para analizar las interacciones de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática.

En educación, se operan procesos entre cognoscentes para compartir sus representaciones del universo conocido por ellos a través de acciones comunicativas. El educador tiene una representación ontológica y también el educando, y con base en esa estructura, cada uno da significado a los casos particulares (interpretación). Cuando el docente contrasta la estructura ontológica del estudiante con la suya, obtiene un nivel de comprensión del aprendizaje que apoya la orientación pedagógica. El estudiante también puede relacionar la estructura ontológica del docente con la suya y mejorar la regulación de su propio aprendizaje. Así, el proceso educativo se convierte en un proceso de contratación de estructuras ontológicas. Esta es una aproximación desde la pedagogía al concepto de ontología compartida que presenta Sowa (2000).

Johnson y Taylor (2006) conciben el aprendizaje como un proceso por el cual la persona da sentido a las cosas con las que interactúa. La construcción de significado es un proceso con memoria; es decir, una primera interacción condiciona la siguiente y así sucesivamente. Reconocer y orientar esta evolución es fundamental para la consideración de cualquier estrategia pedagógica y constituye un reto para los pedagogos.

Uno de los fenómenos estudiados por los investigadores es el denominado *cambio conceptual*. Sui y Treagust (2004) encuentran que la dificultad para aprender una nueva ontología es proporcional a la diferencia entre la ontología actual del estudiante y la ontología presentada por el maestro para el aprendizaje. Por ejemplo, la consideración de los genes como entidades, excluyendo la concepción de procesos o de instrucciones, dificulta el aprendizaje de la genética. Los datos de estos trabajos inducen a pensar que el cambio ontológico, cuando hay una concepción previa, es un factor que hace más difícil el aprendizaje comparado con situaciones en las cuales la formación ontológica no existe o es incipiente. Asimismo, la explicitación y contrastación organizada de estas concepciones facilita tener una ontología compartida tanto por el experto como por la persona que está aprendiendo.

En esta dirección, Weber (2003) analiza la forma cómo las categorías superiores de una ontología organizan tanto los procesos de modelamiento como los mismos procesos pedagógicos. Por su parte, Bunge (1977) argumenta que la relación entidad-propiedad es orientadora de la organización de las categorías que conforman el conocimiento específico y facilita el aprendizaje de sistemas conceptuales.

Libarkin y Kurdziel (2006), a partir de entrevistas con estudiantes que inician estudios de geología, encuentra que la falta de conocimientos de categorías superiores, especialmente de procesos y causas, dificulta la comprensión de la geología y argumenta en favor de elaborar instrumentos y hacer evaluación del aprendizaje de esas ontologías para orientar adecuadamente a los estudiantes. Dall'Alba (2005) se propone, en su función de formadora de profesores universitarios, construir con ellos una ontología que represente y muestre una visión del docente universitario. Encuentra que esta aproximación desarrolla nuevas actitudes positivas frente a la función y a la innovación pedagógica.

7. Consideraciones finales

Se puede estructurar una concepción de educación centrada en el desarrollo de ambientes y procesos orientados a formar categorías -nombres y conceptos-, a comprender y a construir sistemas ontológicos como representaciones parciales, pero estructuradas del universo de las entidades y, en correspondencia, desarrollar habilidades para controlar el entorno.

Una forma posible de educación es generar escenarios para que los actores se dediquen a investigar el mundo; esta no es la manera normal de actuar de la educación. Otro estilo de educación es generar escenarios para que haya comunicación de modelos conceptuales y mentales; esta es la forma estandarizada de educación en nuestros tiempos. En un escenario educativo normal, se encuentran por lo menos dos conjuntos de actores: educadores y educandos. En sus encuentros, tanto los unos como los otros parten de representaciones mentales iniciales que se refieran a las mismas entidades, condición indispensable para la evolución del proceso educativo. Este es un argumento en contra de la posición de que los educandos puedan llegar sin representaciones previas –*tabula rasa*- al proceso educativo.

El modelo mental es general; es decir, se refiere a un conjunto. Las entidades son particulares. Una teoría es un modelo mental. Probar que un modelo mental es válido es encontrar interpretaciones de la teoría en el universo de entidades a las cuales se refiere. Por tanto, es un proceso de vincular una expresión general con entidades y hechos particulares. Si tanto el estudiante como el profesor tienen un modelo conceptual de un conjunto de entidades y de los fenómenos relacionados, el proceso de contrastar interpretaciones de los modelos da lugar a que se identifique el modelo más válido y, en consecuencia, se modifique el modelo menos válido.

Las interpretaciones de los modelos pueden ser expresadas en forma de otras representaciones: expresiones verbales, grabaciones, dibujos, demostraciones lógico-matemáticas, etc. Es decir, nuevamente la argumentación, en sus diferentes formas, se convierte en elemento crítico del proceso de educar. Los procesos de comprender y de contrastar activan el proceso de representar, confluyen en nuevo aprendizaje originado en una dinámica eminentemente social. En el proceso, tanto las representaciones del docente como las del educando se modifican.

Como resultado, el aprender desde la perspectiva ontológica tiene como subprocesos esenciales la comprensión, interpretación, contrastación y representación de modelos mentales y conceptuales. También, a nivel del ejercicio docente competente, estos procesos son esenciales. Cuando el profesor se ajusta a un texto, por ejemplo, y se olvida de los subprocesos, su labor pierde fuerza y se torna irrelevante.

El contexto donde se encuentran las entidades presentadas durante el proceso de aprendizaje está asociado con la significación del aprendizaje para el sujeto que aprende. La experiencia de quien aprende con el contexto de las entidades representadas determina esa significación. El concepto *palmera*, por ejemplo, tiene mayor significado para una persona que vive en un entorno con muchas palmeras que para una persona que ve una foto de las palmeras o para quien solo tiene una descripción textual de las palmeras. Las palmeras forman parte de un sistema y la experiencia se adquiere con ese sistema. La categoría palmera es un proceso de tomar la categoría de los casos particulares que generan las experiencias. Toda categoría es, ese sentido, una abstracción. Pero en el sistema perceptual y en la memoria se conservan elementos de los contextos que contribuyen a conformar el significado. Cuando esta persona encuentra un texto en el que aparece la palabra *palmera*, el texto llama al contexto. En una estrategia de construcción de aprendizaje significativo, las experiencias previas constituyen un soporte para construir nuevos conceptos.

En síntesis, como aporte a la investigación, se considera que las estructuras ontológicas contribuyen a la sistematización de procesos de construcción de conocimiento, y es una base sólida para la comunicación y el aprendizaje de las diferentes competencias que se incluyen en los sistemas educativos.

Referencias

- Abel, Marie-Helène, Benayache, AHCÈNE, Lenne, Dominique, Moulin, Claude, Barry, Catherine y Chaput, Brigitte. (2004). Ontology-based Organizational Memory for e-learning. *Educational Technology y Society*, 7(4), 98-111.
- Adams, Nick, Fraser, John, Macintosh, Ann y McKay-Hubbard, Andy. (2002). Towards an ontology for electronic transaction services. *International Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 11(3), 173-181. doi: 10.1002/isaf.220
- Ashby, William Ross. (1963). *Introducción a la Cibernética*. Barcelona, España: Paidós.
- Askar, Peter y Altun, Arif. (2009). CogSkillnet: An Ontology-Based Representation of Cognitive Skills. *Educational Technology y Society*, 12(2), 240–253.
- Bainbridge, David. (2008). *Beyond the Zonules of Zinn: A fantastic journey through your brain*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Begley, Sharon. (2008). *Train your mind, change your brain: how a new science reveals our extraordinary potential to transform ourselves*. USA: Ballentine Books. Recuperado de http://www.goodreads.com/book/show/51368.Train_Your_Mind_Change_Your_Brain
- Bunge, Mario. (1977). *Treatise on basic Philosophy. Ontology I. The furniture of the world* (Vol. 3). Dordrecht-Holland/Boston-USA, MA: D. Reidel Publishing Company. Recuperado de <http://www.springer.com/br/book/9789027707857>
- Chomsky, Noam. (2006). *Language and mind* (3ª ed.). Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press. Recuperado de <http://www.ugr.es/~fmanjon/Language%20and%20Mind.pdf>
- Dall'Alba, Gloria. (2005). Improving Teaching: enhancing ways of being university teachers. *Higher Education Research and Development*. 24(4), 361-372. doi: 10.1080/07294360500284771
- Deline, Gordon, Lin, Fuhua, Wen, Dunwei, Gašević, Dragan y Kinshuk. (2010). A case Study of ontology-Driven Development of Intelligent Educational Systems. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 4(1), 66-81.
- Doidge, Norman. (2007). *The Brain That Changes Itself: Stories of Personal Triumph from the Frontiers of Brain Science*. Westminster, Inglaterra: Penguin Books. Recuperado de <http://www.amazon.com/Brain-That-Changes-Itself-Frontiers/dp/1501223607>
- Fok, Apple e Ip, Horace. (2006). An Agent-Based Framework for Personalized Learning in Continuing Professional Development. *International Journal Distance Education Technologies*, 4(3), 48-61. Recuperado de <http://www.irma-international.org/viewtitle/1683/>
- Frost, Robert y McCray, Alexa. (2012). Markov Chain Ontology Analysis (MCOA). *BMC Bioinformatics*, 13, 23. Recuperado de <http://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2105-13-23>

- Gelman, Susan y Markman, Ellen. (Abril, 1983). Natural kind terms and children's ability to draw inferences. En *Annual Convention of the Western Psychological Association*. San Francisco, California, USA. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED237238.pdf>
- Gómez-Pérez, Asunción y Manzano-Macho, David. (2005). An overview of methods and tools for ontology learning from texts. *The Knowledge Engineering Review*. Cambridge: Cambridge University Press, 19(3), 187–212. doi: 10.1017/S0269888905000251
- Heller, Jürgen, Mayer, Birgit, Hockemeyer, Cord y Dietrich, Albert. (2006). Competence-Based Knowledge Structures for Personalised Learning. *International Journal on ELearning. Education Journals*, 5(1), 75-88.
- Holland, John Henry. (1995). *Hidden order: how adaptation builds complexity*. Cambridge, USA: MS: Perseus Books.
- Holland, John Henry, Holyoak, Keith, Nisbett, Richard y Thagard, Paul. (1986). *Induction: processes of inference, Learning, and discovery*. Cambridge, M.S, USA: The MIT Press.
- Ibrahim, Nora, Mokhtar, Sarah, y Harb, Hany. (2012). Towards an Ontology based integrated Framework for Semantic Web. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 10(9), 1-9. Recuperado de <https://sites.google.com/site/ijcsis/vol-10-no-9-sep-2012>
- Johnson, Mark y De Haan, Michelle. (2011). *Developmental cognitive Neuroscience*. 3ªed. Wiley, Inglaterra: Blackwell.
- Johnson, Sandra y Taylor, Kathleen (Eds.). (2006). *The Neuroscience of Adult Learning. New Directions for Adult and Continuing Education* (Vol. 110). Washington, USA: John Wiley and Sons.
- Libarkin, Julie y Kurdziel, Josepha. (2006). Ontology and the Teaching of Earth System Science. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 408-413.
- Llinás, Rodolfo. (2003). *El cerebro y el Mito del yo: papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Bogotá, D.C, Colombia: Grupo Editorial Norma.
- Lopes, Dominique McIver. (2001). The ontology of interactive art. *Journal of Aesthetic Education. ProQuest Education Journals*, 35(4), 65-81.
- Lozano-Tello, Adolfo. (2001). *Ontologías en la Web Semántica*. Recuperado de <http://eolo.cps.unizar.es/docencia/MasterUPV/Articulos/Ontologias%20en%20la%20Web%20Semantica.pdf>
- Luhmann, Niklas. (1992). La homogenización del comienzo: sobre la diferenciación de la educación escolar. En Niklas Lumann, *Teoría de la sociedad y pedagogía* (pp. 73-111). Barcelona, España: Paidós Educador.
- Macías, David, Lizcano, Adriana y Bernal, Ricardo. (2012). Ontologías argumentativas en matemáticas. En Luis Maldonado, Raúl Drachman y Reuma De Groot (Eds.),

- Argumentación para el aprendizaje colaborativo de la matemática* (pp. 37-54). Bogotá, Colombia: Publicaciones de la Universidad Central. Recuperada de http://www.ucentral.edu.co/images/documentos/editorial/2015_argumentacion_aprendizaje_colaborativo_001.pdf
- Maldonado, Luis Facundo, Ortega, Nerey, Sanabria, Luis Bayardo y Macías, David. (2001). *Ontología y aprendizaje de la Geografía*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional, Colección Grupo TECNICE.
- Maldonado, Luis Facundo. (2012). *Virtualidad y autonomía: pedagogía para la equidad*. Bogotá, Colombia: ICONK.
- Marshall, Paul. (2012). Toward an integral realism. Part 1: An Overview of Transcendental Realist Ontology. *Journal of Integral Theory and Practice*, 7(4), 1–34.
- Nelson, Charles, Haan, Michelle y Thomas, Kathleen. (2006). *Neuroscience of Cognitive Development*. Washington, USA: John Wiley and Sons, Inc. doi: 10.1002/9780470939413
- Ouyang, Jian-quan y Liu, Renen. (2013). Ontology reasoning scheme for constructing meaningful sports video summarization. *IET Image Process*, 7(4), 324–334. doi: 10.1049/iet-ipr.2012.0495
- Patten, Kathryn y Campbell, Stephen. (2011). *Educational Neuroscience: Initiatives and Emerging Issues*. Oxford, Inglaterra: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781444345827
- Peng, Leisheng, Wijesekera, Duminda, Wingfield, Thomas y Michael, James. (2006). An ontology-based distributed whiteboard to determine legal responses to online cyber-attacks. *Internet Research*, 16(5), 475-490. doi: 10.5220/0002502002320245
- Pineda, Jaime (Ed.) (2010). *Mirror neuron systems: the role of mirroring processes in social cognition*. New York, USA: Humana Press.
- Quine, Willard Van Orman. (1953). *From a logical point of view*. Cambridge, M.S., USA: Harvard University Press.
- Quine, Willard Van Orman. (1960). *Word y Object*. Cambridge, M.S., USA: The MIT Press.
- Quine, Willard Van Orman. (1969). *Ontological relativity y other essays*. New York, USA: Columbia University Press.
- Rizzolatti, Giacomo y Sinigaglia, Corrado. (2006). *Las neuronas espejo. Los mecanismos de la empatía emocional*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.
- Sewchurran, Kosheek, Smith, Derek y Roode, Dewald. (2010). Thesis research report note: Toward a regional ontology for information systems project management. *International Journal of Managing Projects in Business*, 3(4), 681-692. Emerald Group Publishing. doi: 10.1108/17538371011076118

- Shannon, Claude y Weaver, Warren. (1950). *The mathematical Theory of Communication*. Urbana, USA: University of Illinois Press.
- Shi, Lei y Setch, Rossitza. (2013). Enhanced semantic representation for improved ontology-based information retrieval. *International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems*. 17(2), 127–136 127. doi: 10.3233/KES-130258
- Sowa, John Florian. (1984). *Conceptual structures: processing in Mind and Machine*. Reading, MS., USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Sowa, John Florian. (2000). *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*. Brooks/Cole, USA: Thomson Learning.
- Studer, Rudi, Benjamins, Richard y Fensel, Dieter. (1998). Knowledge engineering. Principles and methods. *Data y Knowledge Engineering*, 25(1-2), 161-197. doi: 10.1016/S0169-023X(97)00056-6
- Sui, Chi-Yan y Treagust, David. (2004). Conceptual change in learning genetics: an ontological perspective. *Research in science and Technological Education*, 22(2), 185-202. doi: 10.1080/0263514042000290895
- Verbert, Katrien, Duval, Erik y Dragan, Jelena. (2006). Ontology-Based Learning Content Repurposing: The ALOCoM Framework. *International Journal on ELearning. ProQuest Education Journals*, 5(1), 67-74. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ723831>
- Vigotsky, Leo Semiónovich. (1978). *La mente en la sociedad: el desarrollo de las funciones psicológicas superiores*. Cambridge, USA: Harvard University Press.
- Weber, Ron. (2003). Conceptual modelling and ontology: Possibilities and pitfalls. *Journal of Database Management*, 14(3), 1-20. ABI/INFORM Global. doi: 10.1007/3-540-45816-6_1
- Xie, Cheng, Cai, Hongming y Jiang, Lihong. (2013). Ontology Combined Structural and Operational Semantics for Resource-Oriented Service Composition. *Journal of Universal Computer Science*. 19(13) 1963-1985. doi: 10.3217/jucs-019-13-1963
- Yedaide, María Marta y Porta, Luis. (2016). Siete tesis en el horizonte. Nuevos mitos y viejas utopías para la enseñanza. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 16(1), 1-16. Recuperado de <http://revista.inie.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/1235/1101>
- Zhang, Yigia, Lin, Hongfei, Yang, Zhihao y Wang, Jian. (2013). Construction of Ontology Augmented Networks for Protein Complex Prediction. *PLoS ONE*, 8(5), 62-77. doi: 10.1371/journal.pone.0062077
- Zhou, Lina. (2007). Ontology learning: state of the art and open issues. *Information Technology and Management*, 8(3), 241–252. doi: 10.1007/s10799-007-0019-5