Recuperando el paso en la evaluación del aprendizaje en línea en la era digital: Una aproximación conexionista

Guadalupe E. Morales Martínez[A], Ernesto O. López Ramírez[A], María Isolde Hedlefs Aguilar[B], Claudia Jaquelina González Trujillo[C],

[A] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Psicología, Laboratorio de Ciencia Cognitiva

[B] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Doctorado en Ingeniería con acentuación en computación y mecatrónica

[C] Universidad de Monterrey Departamento de Educación

elopez42@att.net.mx

RESUMEN

Se implementó una red neural simulada capaz de identificar cuando un estudiante integra o no en su memoria a largo plazo el nuevo conocimiento a aprender, lo cual es útil para identificar a los estudiantes que tienen retención de corto plazo y que logran pasar el examen, pero que no adquieren competencias de largo plazo. Dicho sistema computacional evalúa en estudiantes los tiempos de reconocimiento de palabras centrales a un curso. Si el estudiante integró en su memoria a largo plazo el esquema de conocimiento que sustenta el conocimiento entonces el sistema reconocerá por sus tiempos de respuesta que así fue. Se argumenta que esta forma cognitiva de evaluar el aprendizaje en línea permite avanzar sobre un estancamiento notable de evaluar el aprendizaje en línea en la actualidad.

PALABRAS CLAVE

Redes semánticas, facilitación semántica, conexionismo, aprendizaje en línea.

ABSTRACT

A neural net was implemented to discriminate students who integrated knew knowledge in long term memory from those who did not by just considering word recognition latencies to concepts schematically related by a course. This is helpful to identify students that only retain information in short term memory to successfully pass an exam but do not acquire long term competencies. It is argued that by considering this learning assessment approach over formal e-learning settings, significant delay to innovate learning assessment in virtual learning platforms can be overcome since nowadays online learning assessment is reduced to reproduce or adapt old testing methods.

KEYWORDS

Semantic nets, semantic priming, connectionism, e-learning.

Artículo basado el trabajo "Nuevas direcciones empíricas en la investigación e innovación de tecnología educativa para la evaluación del aprendizaje en línea: una aproximación conexionista", Premio de Investigación UANL 2014, en el área de Humanidades.

INTRODUCCIÓN

El tiempo en el que se dan los cambios de producción de nuevo conocimiento y su difusión en la educación sobrepasan con mucho el paso al que las instituciones educativas pueden cambiar su infraestructura para adaptarse a las nuevas demandas educativas. Es aquí, en términos educativos, que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) han mostrado ser una excelente alternativa cuando es necesario responder a las nuevas demandas de cambio de difusión y enseñanza de la era digital de información actual. En particular, desde la introducción de los primeros sistemas de instrucción asistida por computadora (PLATO, TICCIT, Instrucción inteligente, aprendizaje guiado, etc.[1]) hasta las nuevas plataformas de aprendizaje virtual como Learning Space, Blackboard, Moodle, etc. (que favorecen la conectividad, la sociabilización, el aprendizaje colaborativo y cooperativo, etc.[2-4]) han existido grandes avances en cuanto se refiere al uso de tecnología educativa para facilitar la instrucción y el aprendizaje. El diseño de interfaces (de alta usabilidad) que permiten el uso de multimedia,[5] acceso a bases digitales, web semántica,[6] realidad aumentada,[7-8] son con mucho un buen ejemplo de como la instrucción y el aprendizaje han sido redefinidos en favor de un nuevo sistema educativo más competitivo.

Sin embargo, cuando viene el caso de evaluar el aprendizaje en línea usando esta tecnología educativa existe un retraso sumamente notable, sobre todo en cuanto a la innovación se refiere. Al parecer la tecnología es usada para reproducir sistemas de evaluación estándar como lo son exámenes, productos o actividades de aprendizaje (algunos casi de corte Aristotélico). La diferencia existente entre el desarrollo de sistemas de instrucción y los sistemas de evaluación del aprendizaje en línea es simplemente enorme para no ser notado. Un sistema educativo tecnológico moderno no puede estar simplemente diseñado para reproducir, recomponer o adaptar el pasado al contexto de aprendizaje del aula escolar del siglo XXI de un nativo digital.

Nueva investigación y desarrollo está en demanda para atacar este retraso espectacular. En particular, aquí se argumenta que si bien modelos de cognición humana han jugado un papel relevante desde inicios de los 80s, moldeando diseños e implementación de modelos de Interacción Humano Computadora (HIC)[9-11] estos lo han hecho enfocados en fomentar el aprendizaje facilitando la instrucción pero olvidando la innovación en la evaluación del aprendizaje en línea[12]. Esto es así debido a que existe un desconocimiento significativo del potencial de los nuevos avances en ciencia de la computación y del estudio de la cognición humana en cuanto a desarrollar e innovar la evaluación del aprendizaje. De esta forma el programa de investigación y desarrollo que se describe a continuación pretende señalar una nueva línea empírica a través de un primer prototipo de evaluación de aprendizaje en línea que conjunta áreas de ciencias de la computación (redes neurales), medición de la organización de información en la memoria a largo plazo de los estudiantes (paradigmas experimentales de facilitación semántica) y modelos actuales de representación del conocimiento (esquemata emergente, redes semánticas naturales). El objetivo final es llegar a un proyecto de transferencia tecnológica dentro del contexto de la tecnología educativa de las universidades virtuales de nuestro país.

VISUALIZANDO DE OTRA FORMA EL CONOCIMIENTO EN LA MEMORIA HUMANA

Marzano y colegas,[13-14] señalan que la evaluación tradicional del desempeño académico no permite determinar si se desarrolla una integración del conocimiento que se adquiere a largo plazo ya que muchos estudiantes son capaces de generar estrategias de aprendizaje que les permiten ir avanzando a través de los grados escolares sin que esto implique un aprendizaje significativo a largo plazo. Una estrategia de éxito típica es la de retener información en la memoria de trabajo de la persona por días e incluso semanas hasta lograr pasar un examen o simplemente hasta que este conocimiento ya no les sea de utilidad para su éxito escolar.[15-17]

En particular las evaluaciones estandarizadas han mostrado tener valor predictivo sobre el futuro desempeño académico de los estudiantes. Se asume que este éxito académico se debe al conocimiento adquirido pero en realidad puede ser debido a que solo miden la estrategia de éxito ya que las pruebas tradicionales solo miden que es lo que las personas no saben pero no lo que si saben. Lo

ESQUEMA

Concepto OBJETIVO 1	Valor M
Definidor 1	200
Definidor 4	167
Definidor 5	133
Definidor 6	112
Definidor 3	99
Definidor 7	88
Definidor 2	80
Definidor 9	75
Definidor 10	70
Definidor 8	69
Grupo SAM 1	

Concepto OBJETIVO 2	Valor M
Definidor 22	150
Definidor 7	133
Definidor 4	122
Definidor 15	111
Definidor 6	110
Definidor 7	99
Definidor 18	93
Definidor 9	88
Definidor 10	82
Definidor 15	79
Grupo SAM 2	

Concepto OBJETIVO 3	Valor M
Definidor 11	194
Definidor 22	125
Definidor 14	106
Definidor 9	98
Definidor 6	95
Definidor 7	90
Definidor 18	88
Definidor 5	79
Definidor 10	63
Definidor 4	60
Grupo SAM 3	

$$w_{ij} = -\ln \frac{p(x_i = 0 \,\&\, x_j = 1)p(x_i = 1 \,\&\, x_j = 0)}{p(x_i = 1 \,\&\, x_j = 1)p(x_i = 0 \,\&\, x_j = 0)}$$

Fig. 1. La probabilidad de co-ocurrencia entre dos conceptos a través de grupos de definición se da usando una forma de cálculo bayesiano.

que es peor aún y cuando las personas integran de forma significativa información a largo plazo, estas parecen solo retener el esquema general que sustenta dicho nuevo conocimiento y no la información específica que empodera a dicho esquema.[18-19] Es claro que para conocer exactamente si en realidad un nuevo esquema es integrado en MLP y cuál es la información que perdura en el genera una nueva demanda de nuevas formas de evaluar lo que realmente se integra en nuestra memoria a largo plazo cuando se integra nuevo conocimiento.

En su fase inicial la presente investigación propuso una idea inicial para responder a esta demanda. En particular se usó una técnica de representación mental denominada Redes Semánticas Naturales (RSN;[20-21]) para obtener definiciones conceptuales relacionadas a un esquema de conocimientos las cuales se usaron para implementar un modelo conexionista (redes neurales) que era capaz de simular el comportamiento del esquema mental y el efecto que este tiene en la organización del conocimiento contenido por el esquema. Esta primera aproximación se denominó Semantic Analyzer of Schemata Organization (SASO;[22]). La figura 1 muestra como en la técnica SASO se usa primero la técnica de RSN para obtener definiciones conceptuales de conceptos de un esquema de conocimiento (conceptos objetivo) usando otros conceptos unitarios (definidores). Aquí, valores de relevancia semántica (valor M) para cada definidor son obtenidos de los mismos participantes. Cada grupo SAM se constituye de los 10 definidores de mayor peso para cada concepto objetivo.

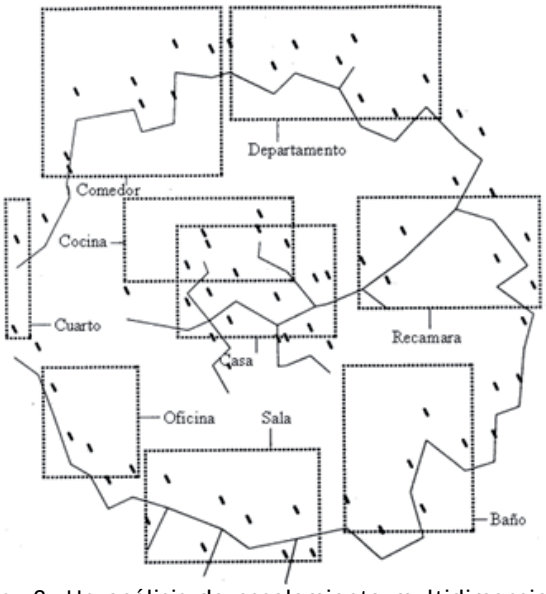

Fig. 2. Un análisis de escalamiento multidimensional sobre la matriz de pesos SASO muestra una organización conceptual sistemática del esquema de cuarto analizado por el presente proyecto.

Pesos de conectividad semántica (W_{ij}) entre conceptos definidores son obtenidos calculando la co-ocurrencia de pares de conceptos (X_i y X_j) a través de las definiciones obtenidas de los participantes.

Cuando un análisis de escalamiento multidimensional es aplicado a una matriz de pesos de asociación SASO entre conceptos (usando W_{ij} como índice de distancia semántica) se puede observar que los conceptos parecen mantener una distancia semántica entre ellos dependiendo de su relevancia al esquema. Por ejemplo, en el caso del esquema mental de un CUARTO en donde se obtuvieron definiciones conceptuales a instancias

MONITOR DE COMPUTADORA RESULTANTE DE LA SIMULACION
CONCEPTO: RESTAURANT

0	GIS	0	0	FAMILIA	0	0	INVESTIGAR	0
0	ESCUELA	0	0	EXAMEN	0	0	TUBOS	0
0	SILLA	0	0	ESCRITORIO	0	0	CIENTIFICO	0
0	ENSEÑAR	0	0	EDUCACION	0	0	QUIMICOS	0
0	PIZARRON	0	0	SALON	0	0	QUIMICO	0
0	CUADRA	0	0	EDIFICIO	0	0	EXPERIMENTO	0
0	LUGAR	0	0	ESTUDIANTE	0	0	REGISTRADORA	0
0	TECHO	0	0	MAESTRO	0	0	CLIENTE	0
0	ESPACIO	0	0	SALA	0	0	VENDER	0
0	PARED	0	0	BAÑO	0	0	DESPENSA	0
0	**HORNO**	100	0	RENTA	0	0	ROPA	0
0	**MICROONDA**	100	0	COCINA	0	0	IR DE COMPRA	0
0	**ESTUFA**	100	0	RECAMARA	0	0	MERCANCIA	0
0	**REFRIGERADOR**	100	0	CASERO	0	0	COMPRAR	0
0	PIANO	0	0	VIVIR	0	0	ACTUAR	0
0	LAMPARA	0	0	HOGAR	0	0	OBSCURIDAD	0
0	CHIMENEA	0	0	PEQUEÑO	0	0	BOLETO	0
0	ESTEREO	0	0	CASA	0	0	ENTRETENER	0
0	RELAJARSE	0	0	HUMEDO	0	0	ACTOS	0
0	TELEVISION	0	0	POLVOSO	0	0	GENTE	0
0	SILLON	0	0	ROPA SUCIA	0	0	PALOMITAS	0
0	RELOJ	0	0	SOTANO	0	0	ACTOR	0
0	PERSONAL	0	0	ESCALERA	0	0	PELICULAS	0
0	PRIVADO	0	0	RASCACIELO	0	0	DINERO	0
0	VESTIDOR	0	0	CEMENTO	0	0	**BEBIDA**	100
0	DORMIR	0	0	ALTO	0	0	**SILLA**	100
0	CAMA	0	0	CONSTRUCCIÓN	0	0	**COCINAR**	100
0	AGUA	0	0	LADRILLO	0	0	**MESA**	100
0	TOALLA	0	0	VENTANA	0	0	**SERVICIO**	100
0	LAVAR	0	0	MECANICA	0	0	**MENU**	100
0	JABON	0	0	FRIO	0	0	**COMER**	100
0	LIMPIO	0	0	SUCIO	0	**	**MESERO**	100
0	ESPEJO	0	0	RAMPA	0	0	ALIMENTO	0
0	TUBO DE BAÑO	0	0	MOTO	0	0	GIMNASTA	0
0	REGADERA	0	0	HERRAMIENTAS	0	0	ATLETISMO	0
0	**LAVAMANOS**	100	0	PUERTA	0	0	CUARTO	0
0	BASINICA	0	0	ALMACEN	0	0	PISO	0
0	PAPELES	0	0	CARRO	0	0	TRABAJO	0
0	JEFE	0	0	INFORMACION	0	0	ATLETA	0
0	TELEFONO	0	0	REVISTA	0	0	LARGO	0
0	NEGOCIO	0	0	CATALOGO	0	0	EJERCICIO	0
0	COMPUTADORA	0	0	REPIZA	0	0	BASQUETBOL	0
0	SECRETARIA	0	0	LIBRERIA	0	0	DEPORTE	0
0	**ELEGANTE**	100	0	ESTUDIO	0			
0	**VAJILLA CHINA**	100	0	CALLADO	0			
0	**CUCHILLERIA**	100	0	LIBRO	0			

MONITOR DE COMPUTADORA RESULTANTE DE LA SIMULACION
CONCEPTO: EDIFICIO

0	GIS	0	0	FAMILIA	0	0	INVESTIGAR	0
0	ESCUELA	0	0	EXAMEN	0	0	TUBOS	0
0	SILLA	0	0	ESCRITORIO	0	0	CIENTIFICO	0
0	ENSEÑAR	0	0	EDUCACION	0	0	QUIMICOS	0
0	PIZARRON	0	0	SALON	0	0	QUIMICO	0
0	CUADRA	0	0	EDIFICIO	0	0	EXPERIMENTO	0
0	LUGAR	0	0	ESTUDIANTE	0	0	REGISTRADORA	0
0	TECHO	0	0	MAESTRO	0	0	CLIENTE	0
0	ESPACIO	0	0	SALA	0	0	VENDER	0
0	PARED	0	0	BAÑO	0	0	DESPENSA	0
0	HORNO	0	0	**RENTA**	100	0	ROPA	0
0	MICROONDA	0	0	**COCINA**	100	0	IR DE COMPRA	0
0	ESTUFA	0	0	**RECAMARA**	100	0	MERCANCIA	0
0	REFRIGERADOR	0	0	**CASERO**	100	0	COMPRAR	0
0	PIANO	0	0	**VIVIR**	100	0	ACTUAR	0
0	LAMPARA	0	0	**HOGAR**	100	0	OBSCURIDAD	0
0	CHIMENEA	0	0	**PEQUEÑO**	100	0	BOLETO	0
0	ESTEREO	0	0	CASA	0	0	ENTRETENER	0
0	RELAJARSE	0	0	HUMEDO	0	0	ACTOS	0
0	TELEVISION	0	0	POLVOSO	0	0	GENTE	0
0	SILLON	0	0	ROPA SUCIA	0	0	PALOMITAS	0
0	RELOJ	0	0	SOTANO	0	0	ACTOR	0
0	PERSONAL	0	0	ESCALERA	0	0	PELICULAS	0
0	PRIVADO	0	0	RASCACIELO	0	0	DINERO	0
0	VESTIDOR	0	0	CEMENTO	0	0	BEBIDA	0
0	DORMIR	0	0	ALTO	0	0	SILLA	0
0	CAMA	0	0	CONSTRUCCIÓN	0	0	COCINAR	0
0	AGUA	0	0	LADRILLO	0	0	MESA	0
0	TOALLA	0	0	VENTANA	0	0	SERVICIO	0
0	LAVAR	0	0	MECANICA	0	0	MENU	0
0	JABON	0	0	FRIO	0	0	COMER	0
0	LIMPIO	0	0	SUCIO	0	0	MESERO	0
0	ESPEJO	0	0	RAMPA	0	0	ALIMENTO	0
0	TUBO DE BAÑO	0	0	MOTO	0	0	GIMNASTA	0
0	REGADERA	0	0	HERRAMIENTAS	0	0	ATLETISMO	0
0	LAVAMANOS	0	0	PUERTA	0	**	**CUARTO**	100
0	BASINICA	0	0	ALMACEN	0	0	PISO	0
0	**PAPELES**	100	0	CARRO	0	0	TRABAJO	0
0	**JEFE**	100	0	INFORMACION	0	0	ATLETA	0
0	**TELEFONO**	100	0	REVISTA	0	0	LARGO	0
0	**NEGOCIO**	100	0	CATALOGO	0	0	EJERCICIO	0
0	**COMPUTADOR**	100	0	REPIZA	0	0	BASQUETBOL	0
0	**SECRETARIA**	100	0	LIBRERIA	0	0	DEPORTE	0
0	ELEGANTE	0	0	ESTUDIO	0			
0	VAJILLA CHINA	0	0	CALLADO	0			
0	CUCHILLERIA	0	0	LIBRO	0			

Fig. 3. Resultados de 2 simulaciones computacionales conexionistas SASO. Se observa que emergen esquemas relacionados a el cuarto de RESTAURANT y EDIFICIO cuando se activan los conceptos MESERO (**) y CUARTO (**) respectivamente.

de este esquema como RECAMARA o COCINA, la matriz SASO muestra una organización conceptual como la ilustrada en la figura 2. Aquí, la organización conceptual resultante parece reflejar organización conceptual por semejanza o cercanía semántica.[22]

Dicha matriz de valores SASO fue usada de forma sistemática en una gran variedad de ocasiones por una maquina conexionista (red neural) Boltzman para emular el comportamiento esquemático que subyace a la organización de conocimiento.[23] Por ejemplo, en el caso del esquema de CUARTO antes mencionado, la figura 3 muestra una pantalla de resultados de simulaciones Boltzman ilustrada para un esquema conteniendo 141 definidores. El valor a la izquierda de cada definidor representa su valor de entrada (nodo neural), mientras que el valor de la derecha representa su salida. El valor de 100 para el valor de entrada se representa con doble asterisco (**). Nótese que en la pantalla de la derecha el concepto activado fue CUARTO. Interesante a este respecto es que aún y cuando CUARTO es el definidor más alto para el concepto de EDIFICIO, el grupo de definición conceptual de CUARTO no se activó. En vez de esto, un patrón categórico no muy bien definido fue obtenido. Si en vez de activar el nodo CUARTO se activa el nodo LADRILLO entonces los grupos conceptuales de EDIFICIO son activados (CUARTO, VENTANA, CONSTRUCCIÓN, PUERTA, LARGO, etc.).

Dichas simulaciones permitieron escoger pares de conceptos que estuvieran relacionados por el esquema y no por una relación asociativa o categórica. Estos pares como se observa a continuación son de relevancia para determinar la validez psicológica del esquema en cuestión.

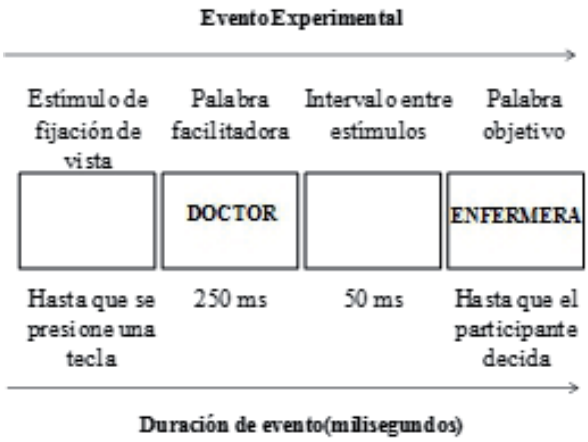

Fig. 4. Secuencia de eventos en experimentos de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical para observar si existe facilitación semántica.

USANDO LA TÉCNICA SASO PARA EVALUAR EL APRENDIZAJE

Parte de la investigación que sustenta el presente documento señala que es posible demostrar experimentalmente que el efecto que tiene el comportamiento del esquema simulado sobre la organización de la información tiene validez psicológica. En particular, se ha sugerido que usando una técnica cognitiva experimental denominada facilitación semántica[24] es posible determinar si un esquema de conocimiento existe en un estudiante si y solo si este ha sido integrado en su memoria a largo plazo.

En un estudio típico de facilitación semántica se trata de observar si la relación semántica que un concepto (facilitador) guarda con otro concepto (objetivo) afecta el reconocimiento de este último. La figura 4 describe la secuencia de un ensayo experimental en este tipo de estudios. Si el estímulo objetivo guarda un relación semántica con el facilitador entonces este será reconocido más rápido (facilitación semántica) o más lentamente (interferencia semántica).[25] La tarea del participante es decidir si la palabra objetivo está bien escrita (por ejemplo ENFERMERA), o mal escrita (ENHERMERA), dado lo anterior a este tipo de tareas se les denomina de decisión lexical.

Diferentes tiempos de reconocimiento se han atribuido a diferentes relaciones semánticas entre conceptos en la memoria humana (relación asociativa: MANTEQUILLA-PAN; categórica: AVE-CANARIO; etc.;[24]). Una serie de estudios realizados por casi un espacio de 20 años han mostrado consistentemente que pares de palabras seleccionadas por su relación de esquema en la simulación SASO (e.j. ESCRITORIO-EDIFICIO) tienden a tener tiempos de reconocimiento específicos identificando al esquema en cuestión cuando esta está organizando información en el lexicón humano a largo plazo. Este efecto de reconocimiento de palabras que guardan una relación semántica de esquema fue nombrado "facilitación esquemática" y ha sido difundido académicamente por la presente línea de investigación en una diversidad de ocasiones.[12, 22, 26-28]

En particular en una de las investigaciones realizadas[29] se encontró evidencia inicial de que al

Fig. 5. Definiciones conceptuales de 10 conceptos centrales al esquema de moral que se analiza.

inicio de un curso cuando los estudiantes todavía no aprenden su contenido no es posible encontrar el efecto de facilitación esquemática entre los conceptos centrales del curso, pero si es posible encontrar este efecto al final del curso solo en los estudiantes que sacaron buenas notas. Por ejemplo, en otros estudios de la presente investigación[30-31] se llevaron a cabo estudios SASO donde inicialmente se realizó un análisis de redes semánticas naturales sobre 10 conceptos centrales a un curso de desarrollo moral a un grupo de 39 estudiantes (22 hombres y 17 mujeres) de primer y segundo año de preparatoria (entre 16 y 18 años) en un colegio particular de clase media a alta de Monterrey. Este análisis se realizó después del curso. El análisis de RSN arrojó 10 grupos SAM con sus respectivos índices de riqueza de información (J) y densidad semántica (G). Estos son descritos en la figura 5.

La pantalla de simulación conexionista Boltzman mostró que al activarse el concepto de "padres" también se activa al máximo el concepto de "policía". Sin embargo, aún y cuando el concepto "disciplina" está fuertemente asociado a "policía", este no se activó. Mostrando la existencia de un esquema moral. En general la activación del concepto "policía" ocurrió cada vez que se activó un concepto relacionado a un esquema de desarrollo moral denominado estado heterónimo de desarrollo moral en donde un concepto de autoridad externa al individuo rige normas de conducta moral, esto en oposición al estado de desarrollo moral Autónomo

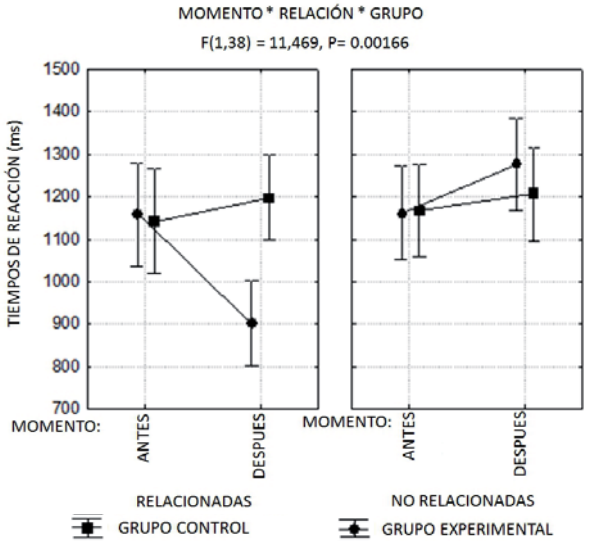

Fig. 6. Solamente el grupo experimental mostro efecto de facilitación esquemática después del curso.[31]

en donde normas de desarrollo moral se rigen por normas internas del individuo.

Ahora bien, después de varias simulaciones se obtuvieron pares de palabras fuertemente relacionadas por dicho esquema y se usaron para comparar sus tiempos de reconocimiento antes y después del curso de desarrollo moral en un estudio de facilitación semántica en dos nuevas muestras de estudiantes. Una muestra tomo el curso (experimental) y otra no (control). Como se observa en la figura 6 el efecto de facilitación esquemática es lo suficientemente sensible para detectar el registro que deja la adquisición de nuevo conocimiento en la memoria a largo plazo (lexicón).

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL DETECTOR DE FACILITACIÓN ESQUEMÁTICA

En una tercera etapa de investigación[12] implementaron una red neural capaz de identificar cuando un estudiante integra o no en su memoria a largo plazo el nuevo conocimiento a aprender. Dicho sistema computacional evalúa los tiempos de reconocimiento por parte de estudiantes de palabras centrales a un curso. Para lograr esto primero se entrena una red neural (aprendizaje supervisado) a discriminar cuales tiempos de reconocimiento de palabras de un esquema (obtenidos a través de estudios de facilitación semántica tipo SASO) se relacionan a estudiantes que si integran información en su memoria a largo plazo (facilitación esquemática). La figura 7 muestra la idea general de la tarea que la red neural considerada debe tener. En su etapa de entrenamiento a la red neural se le presentan pares de palabras de un estudio de facilitación semántica con sus correspondientes tiempos de reacción (tiempos para pares de palabras asociativas, categóricas, esquemáticas y no relacionadas) y de qué tipo de éxito escolar (facilitación esquemática: Si/No) se trata la instancia. En su etapa de prueba se le presentan solamente la información de tiempos de reconocimiento de pares de palabras de nuevos estudiantes. En el 99% de las 5000 pruebas el sistema acierta en discriminar aquellos alumnos que no integran de los que si integran información en la memoria a largo plazo. Al parecer el efecto de facilitación esquemática es lo suficientemente útil para esta tarea de clasificación. Por otra parte,

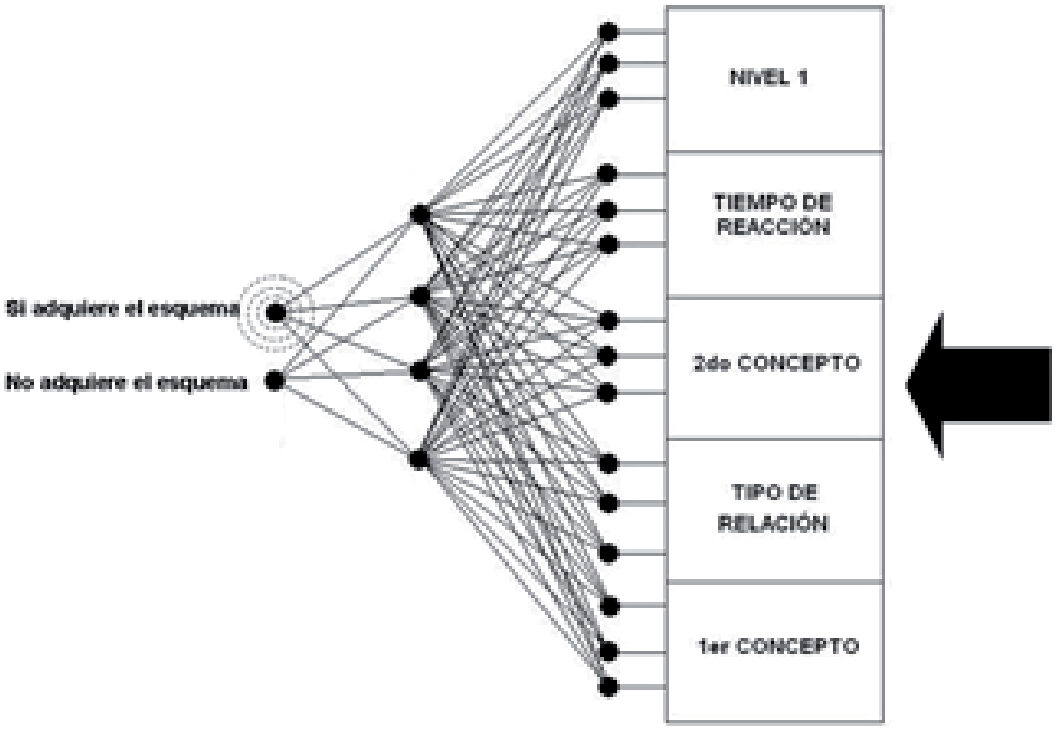

Fig. 7. Se ilustra el concepto de una red neural que tiene como propósito clasificar si se adquiere un esquema basado en la presentación de pares de conceptos y un tiempo de reacción relacionado a dichos pares.

lo que más distingue al comportamiento de una red neural de entre varias cosas es su capacidad de identificar y clasificar patrones de comportamiento dentro de la presentación masiva de estímulos.

La aproximación SASO hasta aquí señalada pretende introducir una adición innovadora a las plataformas de aprendizaje virtual y presencial para evaluación del aprendizaje de cursos. En particular, esta intención se traduce en el diseño y usabilidad de una interface computacional innovadora de evaluación de aprendizaje en el área de la tecnología educativa. La figura 8 muestra la pantalla inicial que se presenta al activar el sistema.

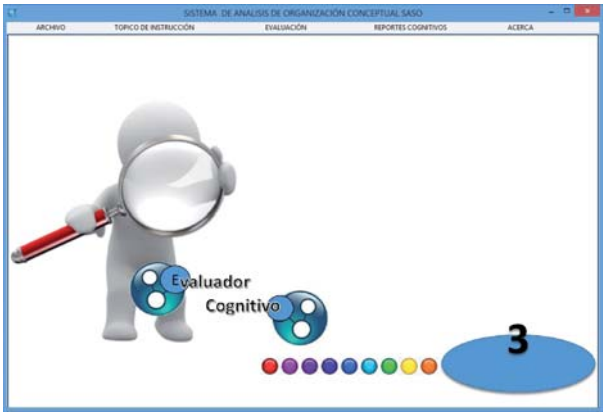

Fig. 8. Pantalla principal del sistema evaluador SASO (versión 3).

El sistema que se propone está ya en su tercera versión y los prototipos hasta ahora desarrollados han dependido de etapas experimentales del presente estudio. La primera versión pública (libre de costo) se presentara en Agosto del año que viene.

Nótese de la pantalla de la interface que el sistema está dividido en dos grandes secciones. Por una parte el menú señala la posibilidad de recibir instrucción sobre un tema específico. También, en el menú se señalan dos opciones para la evaluación de aprendizaje. La figura 9 muestra la idea de uso por parte de un estudiante de la interface en cuestión. La intención del presente proyecto no es la de definir un sistema instruccional en particular. Avances remarcables se han llevado a cabo en este sentido [2, 5, 10] dado el uso de medios de multimedia que facilitan, inducen y favorecen la organización del conocimiento por adquirir. Más bien la contribución del presente proyecto se centra en el problema de la evaluación en línea que este a la par de estos avances.

Los menús de la interface mostrados en la figura 9 son capturas reales de la pantalla y estos

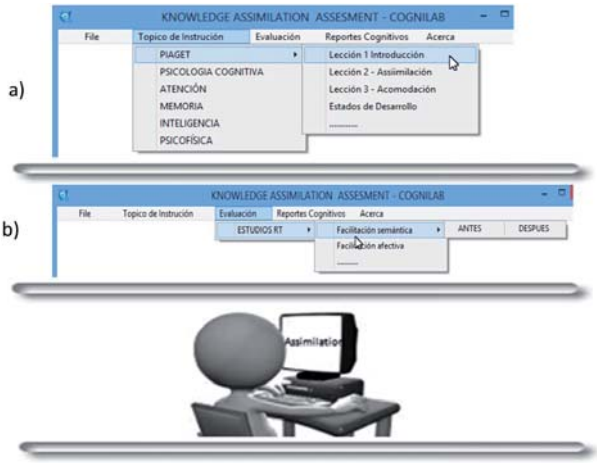

Fig. 9. Se ilustra la tarea que un estudiante tiene que realizar al aprender un tema determinado (a). El sistema detecta el tema seleccionado y no permite la presentación de contenidos hasta que no se tome el estudio de facilitación semántica que contiene el esquema del tema seleccionado. Al terminar, el usuario debe tomar otra vez el estudio de facilitación semántica.

muestran en la figura 9b las opciones de evaluación que la aproximación SASO ofrece a un usuario. En particular la figura 10 muestra la pantalla de la interface cuando se necesita un reporte completo sobre los índices de organización conceptual del estudiante que ha intentado aprender un tema. El panel superior derecho de la figura 10b muestra los

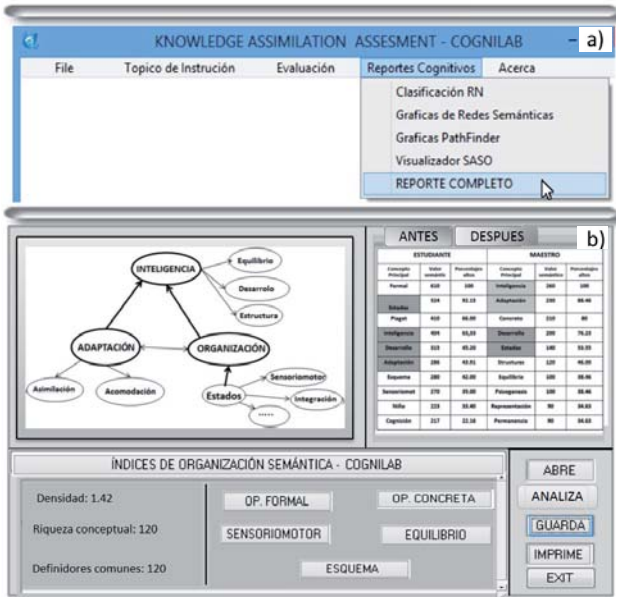

Fig. 10. Reporte SASO de la organización conceptual que se adquiere durante una sesión de aprendizaje sobre el tema de Piaget.

conceptos de relevancia con los que el estudiante después de su aprendizaje empata con los conceptos semánticamente relevantes de un grupo de expertos (maestro). Nótese que el menú también señala la opción "clasificación RSN". Esta opción solo reporta si la red neural experta detecta si existió en el estudiante un efecto de facilitación esquemática. En dado caso que el estudiante ya presentara dicho efecto antes del estudio, entonces la red neural reporta si ambos efectos son diferentes. En aras de evitar redundancia no se desglosan dichas opciones. Cuando se selecciona la opción de visualización se obtiene una pantalla como la ilustrada en la figura 11. Como ya se ha descrito anteriormente la matriz SASO contiene pesos de asociación entre conceptos calculados por la co-ocurrencia conceptual a través de grupos de definidores SAM en la técnica de redes semánticas naturales. Dichas matrices muestran diferencias de conectividad después de un aprendizaje determinado y la selección de la opción "Graficar Superficie" permite una inspección visual de la distribución de conectividad tal y como se ilustra en la figura 12.

La matriz puede ser rotada en 3D por un sistema automático o manualmente con el cursor. Los rangos de valor de asociación entre conceptos pueden ser vistos en 2 o 3 colores. En la figura 12 los valores de la diagonal representan fuerte conectividad entre los conceptos dentro de un grupo SAM mientras que los demás picos de valor señalan comunalidad, esto es, co-ocurrencia conceptual entre grupos SAM. Por su parte, la figura 13 muestra la posibilidad de usar 6 métodos Cluster diferentes así como la consideración de 5 diferentes unidades de distancia

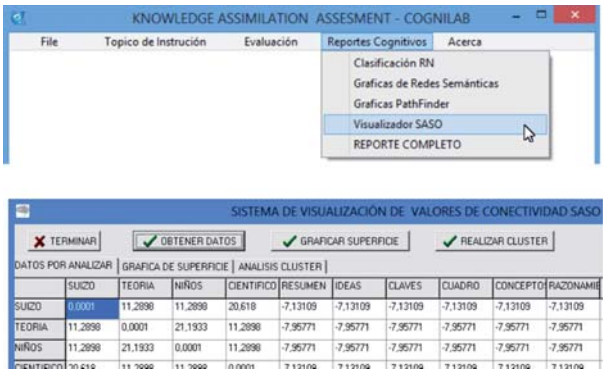

Fig. 11. Al activar la opción de visualización es posible trabajar con una matriz SASO que se accede a través de la opción "obtener datos".

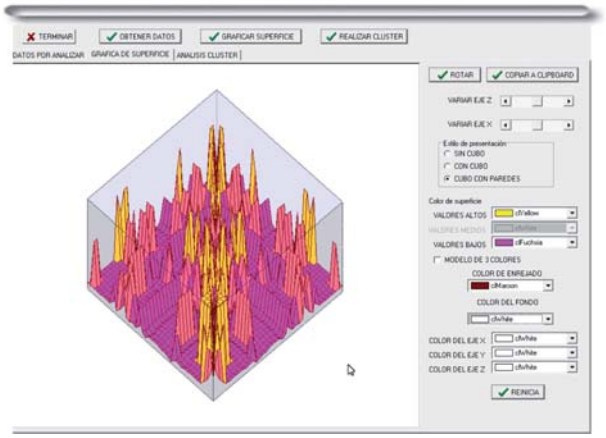

Fig. 12. Visualización de la distribución de pesos de conectividad conceptual en una matriz SASO.

conceptual para dar así al menos 25 diferentes formas de visualizar la organización conceptual resultante de un aprendizaje.

Ahora bien, dicha flexibilidad de análisis es significativa si y solo si el usuario tiene la capacidad de entender que es lo que dichos métodos de visualización significan en el dominio de la representación mental. Esto demanda en si un nuevo tipo de profesor en el aula escolar. Uno con competencia de la teoría cognitiva de la representación mental. Para dicho profesor, el sistema que se presenta provee información fuera del alcance de los métodos tradicionales de evaluación. Le permite ahondar en la misma memoria del estudiante.

CONCLUSIÓN

Los estudios de ciencia cognitiva del aprendizaje conducidos por la presente investigación sugieren que es posible identificar cambios de organización conceptual dado un aprendizaje tal y como se sugiere en la literatura a través de técnicas de redes semánticas. Dichos cambios de organización se deben a una forma diferente de significar un evento que se implícita en el nuevo esquema que se adquiere. Por ejemplo, nuevos patrones de asociación conceptual (comunalidad) emergen para dejar huellas mnemónicas a largo plazo en el lexicón humano. Estos nuevos patrones de organización impactan en una dimensión de tiempo de forma estocástica en la vida cognitiva conceptual de una persona cuando aprende un tema nuevo. Una vez activado un esquema en nuestra memoria, una red neural simulada es capaz de hacer uso de dicho comportamiento para obtener información que permite distinguir a alguien que ha integrado nuevo conocimiento de quien no lo ha hecho. En el

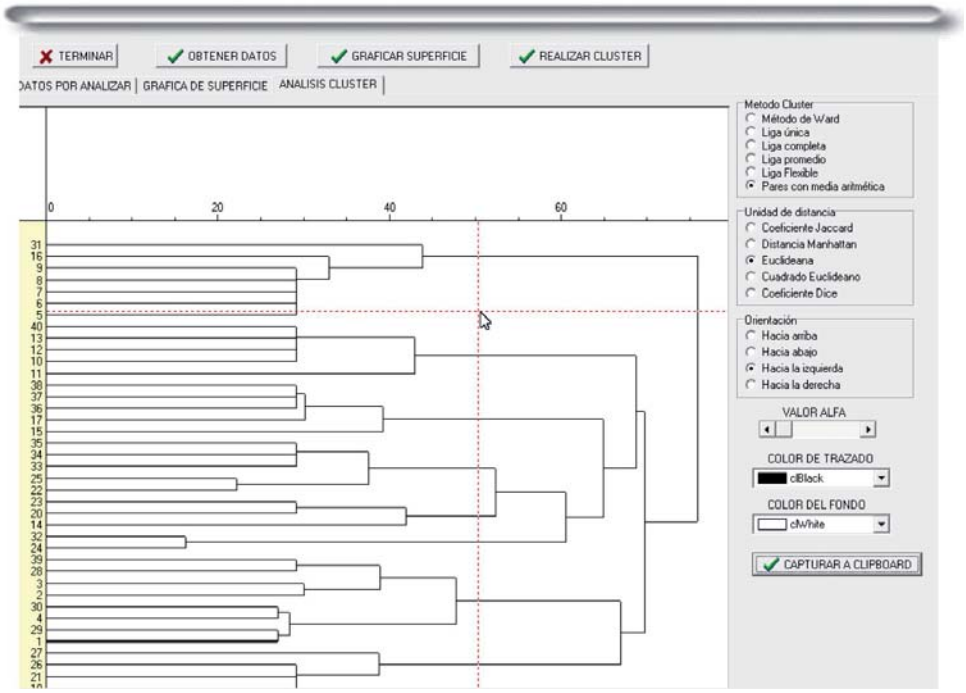

Fig. 13. Dendograma de posibles métodos Cluster mostrando distancia conceptual en el esquema de la teoría de Piaget.

momento, todavía no se considera que dicho sistema computacional como una herramienta que pueda sustituir otras formas estándares de evaluación del aprendizaje en línea. Sin embargo, conforme la investigación científica empodere los resultados observados, lo más viable en un futuro es actualizar o sustituir dichas formas estándar de evaluación por sistemas que realmente hagan uso de la ciencia computacional vigente y de avances de la ciencia cognitiva del aprendizaje modernos tal y como se mostró en la presente línea de investigación.

REFERENCIAS

1. Steinberg, E. R (1991). Computer Assisted Instruction: A synthesis of Theory, Practice and Technology. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
2. Hale, K. S., Stanney, K. M. (2014). Handbook of virtual environments: Design, implementation and applications. USA. Taylor & Francis: CRC Press.
3 Keppell, M., Souter, K., Riddle, M. (2012). Physical and Virtual learning spaces in higher education. British Cataloguing in Publication Data.
4. Weller, M. (2007). Virtual learning environments: Using, choosing and developing your VLE. New York: Routledge.
5. Carroll, J. M. (2012). Models, theories and frameworks: Toward a multidisciplinary Science (interactive technologies). New York: Morgan and Kaufman Publishers.
6. Devedzic, V. (2010). Semantic web and education (integrated series in information systems). New York: Springer Science + Business Media
7. Klopfer, E. (2008). Augmented Learning: Research and design of mobile educational games. Cambridge: MIT Press.
8. Doswell, J. T. (2006). Augmented Learning: Context-Aware Mobile Augmented Reality Architecture for Learning. In the Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE Computer Society. Washington, DC, 1182-1183.
9. Gardendfors, P. & Johansson, P. (2005). Cognition, education and communication technology. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
10. Jacko, J. A. (2012). Human Computer Interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies, and emerging applications. Third edition (Human factors and ergonomics). USA: Taylor & Francis: CRC Press.
11. Rogers, Y. (2012). HCI theory: Classical, modern and contemporary. USA, Pennsylvania State: Morgan & Claypool.
12. López, R. E. O., Morales, M. G. E., Hedlefs, A.M.I., Gonzalez, T. C. J. (2014). New empirical directions to evaluate online learning. International Journal of Advances in Psychology, Vol. 3 (2).
13. Marzano, R. J. (1994). Lessons from the field about outcome-based performance assessments. Educational Leadership, March, 44-50.
14. Marzano, R. J., Costa, A. (1998). Question: Do standardize tests measure general cognitive skills? Answer: No. Educational Leadership, May, 66-71
15. Gathercole S. E. Alloway, T. P. (2008). Working memory & Learning: A practical guide for teachers. Thousand Oaks, California: SAGE.
16. Sousa, D. A. (2010). Mind, Brain & education: Neuroscience implications for the classroom. USA, Bloomington, IN: Solution Tree Press.
17. Sousa, D. A. (2011). How the brain learns. Fourth edition. United Kingdom. London: SAGE.
18. Conway, M. A., Cohen, G., Stanhope, N. (1991) On the Very Long-Term Retention of Knowledge Acquired Through Formal Education: Twelve Years of Cognitive Psychology. Journal of Experimental Psychology: General, 120, 395-409.
19. Conway, M. A, Cohen, G., Stanhope, N. (1992). Very long term memory for knowledge acquired at school and university. Applied Cognitive Psychology, 6, 467482.
20. Figueroa, J. G., Gonzales, G. E., Solís, V. M. (1976). An approach to the problem of meaning: Semantic networks. Journal of Psycholinguistic Research, 5, (2), 107 115.
21. Corona, N. P., Colín, D. H., Hernández, C .B., Figueroa, N.J. (2012). Model of natural semantic space for ontologies´ construction. International

Journal of combinatorial optimization problems and informatics, Vol. 3 (2), 93-108.

22. López, R. E. O., Theios, J. (1992) Semantic Analyzer of Schemata Organization (SASO). Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 24 (2), 277-285.
23. Rumelhart, D. E., Smolensky, P., McClelland, J. L., Hinton, G. E. (1986). Schemata and sequential thought processes. In: McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. & the PDP research group. Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition. Volume 2: Psychological and biological models. Massachussetts: MIT Press.
24. McNamara, T. P. (2005). Semantic priming: Perspectives from memory and word recognition. Nueva York: Psychology Press.
25. López, R.E.O. (2002). El enfoque cognitivo de la memoria humana: Técnicas de investigación. México, D.F.: Trillas.
26. López, R. E. O., Theios, J. (1991). Semantic Analyzer of Schemata Behavior (SASO). Trabajo presentado en: The Society for Computers in Psychology. Twenty-first Annual Conference. San Francisco, 21 de Noviembre.
27. Lopez, R. E. O. (1996). Schematically related Word Recognition. E.U.A. Tesis Doctoral, University of Wisconsisn – Madison. UMI Publications.
28. Padilla, M. V. M., López, R. E. O., Rodríguez, N. M .C. (2006). Evidence for schemata priming. 4th International Conference on Memory. University of New South Wales, Sydney, Australia.
29. Padilla, M. V. M., López, R. E. O., Rodríguez, N. M. C. (2006). Medidas cognitivas del aprendizaje. En: Elena Gámez, José M. Díaz: Investigaciones en Psicología Básica ULL: Psicolingüística, Razonamiento y Emoción. España, Tenerife: Universidad de la Laguna ediciones.
30 González, T. C. J. (2005). Hacia un modelo cognitivo de razonamiento moral. Tesis doctoral, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Nuevo León.
31. González, C. J, López, E. O. Morales, G.E. (2013). Evaluating moral schemata learning. International Journal of Advances in Psychology, Vol. 2 (2), 130-136. ISSN: 2169-494X.