

Nuevas direcciones empíricas en la investigación e innovación de tecnología educativa para la evaluación del aprendizaje en línea: una aproximación conexionista

ERNESTO O. LÓPEZ RAMÍREZ*, GUADALUPE E. MORALES MARTÍNEZ*, MARÍA ISOLDE HEDLEFS AGUILAR*,
CLAUDIA JAQUELINA GONZÁLEZ TRUJILLO**, ARGENIS PAUL MORENO MEZA*



**Premio de
Investigación**

2 0 1 4

Determinar la naturaleza de la memoria humana (selección, almacenamiento, organización y recuperación de la información) contribuye de forma relevante a la comprensión del proceso de aprendizaje, la representación y uso del conocimiento¹ y la determinación de la forma en cómo se significan los objetos y eventos que nos circundan (un tema, una canción, eventos, personas, una clase en el aula escolar, etc.). Una premisa central en el estudio cognitivo de este campo es que los seres humanos significamos el mundo con base en esquemas mentales.²⁻⁴ Los esquemas, se asume, son estructuras mentales de datos utilizadas para representar de manera genérica conceptos almacenados en la memoria,⁵ que requieren de actividad cognitiva de alto nivel (es decir, reglas cognitivas) para integrar de forma coherente y global eventos dinámicos, así como la representación organizada de objetos particulares del mundo que nos circunda.^{6,7,8}

El presente artículo está basado en la investigación “Nuevas direcciones empíricas en la investigación e innovación de tecnología educativa para la evaluación del aprendizaje en línea: una aproximación conexionista”, galardonado con el Premio de Investigación UANL 2014 en la categoría de Humanidades, otorgado en sesión solemne del Consejo Universitario de la UANL, en agosto de 2014.

Estos mecanismos de representación mental denominados esquemas, además de participar en la significación de varios tipos de conocimiento constituyen un mecanismo central en el proceso de aprendizaje de un tópico nuevo,⁹⁻¹¹ ya que a través de ellos la asimilación de nuevo conocimiento puede darse desde el momento de nuestra infancia, y a través de nuestro desarrollo cognitivo.^{12,13} Recientemente, en la teoría de esquemas se ha propuesto que el esquema no es en sí una estructura mental existente en la memoria, sino un proceso que emerge cuando es necesario organizar significativamente una representación mental.⁵

En la presente investigación se plantea la hipótesis de que aun y cuando la activación de un esquema puede ser un fenómeno emergente temporal, el efecto de su comportamiento cognitivo deja huella permanente de su existencia en el lexicón humano (almacén de palabras).

También se establece que este efecto repercute en cambios de organización conceptual de bajo nivel, lo que permite evaluar sin la interferencia consciente

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Fapsi.

Contacto: elopez42@att.net.mx, psicologoso@hotmail.com

** Universidad de Monterrey.

o controlada de un aprendiz, si éste en realidad integra nuevo conocimiento en su memoria a largo plazo. Determinar los cambios del comportamiento de un esquema proporciona indicadores valiosos para evaluar el aprendizaje humano. A este respecto, se proporciona evidencia empírica sobre la utilidad y funcionalidad de una técnica innovadora para detectar el efecto del comportamiento de un esquema en nuestro lexicón, esto a través de la implementación de una red neural simulada capaz de detectar cambios del comportamiento de un esquema dado un aprendizaje. Para lograr lo anterior, se diseñó una serie de estudios experimentales en ciencia cognitiva de la representación del conocimiento, los cuales se describen en tres etapas a continuación.

PRIMERA ETAPA

Identificación de un nuevo fenómeno cognitivo en la memoria humana: la facilitación esquemática

López y Theios^{14,15} mostraron que, con una técnica de redes semánticas de representación del conocimiento en humanos, era posible obtener definiciones conceptuales a través de palabras definidoras (definidores) sobre un evento u objeto. Además propusieron que la coocurrencia de pares de conceptos definidores, a través de esos grupos de definición, contenía de forma implícita el comportamiento del esquema mental que significa dichos eventos. Con simulaciones computacionales de esquemas,⁵ estos autores pudieron seleccionar palabras centrales al comportamiento de un esquema y comparar los tiempos de reconocimiento de las palabras relacionadas por un esquema con respecto a otras relaciones semánticas (por ejemplo, asociativas, categóricas, etc.), que son relevantes para la organización conceptual en el lexicón humano. A continuación, se presenta uno de los estudios generados en el presen-

te proyecto de investigación (la mayoría se ha reportado en la bibliografía académica)¹⁴⁻²² que *ejemplifica* el descubrimiento de un fenómeno cognitivo denominado “facilitación esquemática”, el cual era desconocido y, por lo tanto, no había sido explorado de forma científica hasta el momento en que se descubrió en los estudios que comprenden este trabajo. Después se discuten brevemente las implicaciones a la teoría del estudio de la memoria humana y al área de la educación.

MÉTODO

Para ejemplificar cómo los estudios en ciencia cognitiva que constituyen el presente trabajo fueron de utilidad para explorar el fenómeno cognitivo de la “Facilitación esquemática”, se describe a continuación el proceso de obtención de redes semánticas naturales, la implementación de redes neurales y el diseño experimental de facilitación semántica para analizar el efecto de un esquema (en este caso el de autoconcepto y autoestima) sobre la organización del lexicón humano.

Estudio del esquema a través redes semánticas y simulaciones computacionales: el caso de la autoestima y autoconcepto

Diseño del estudio de redes semánticas

El diseño comprendió el uso de *a*) la técnica de redes semánticas naturales,^{23,24} que involucra una tarea de definición conceptual, y *b*) simulaciones computacionales sobre el comportamiento del esquema.

Participantes

Una muestra de 112 estudiantes de preparatoria (60 mujeres y 52 hombres) fue requerida para participar

en un estudio de redes semánticas, y así obtener definiciones conceptuales sobre autoestima y autoconcepto. La media de edad fue de 17 años (rango= 16-18)

Instrumentos

Se utilizaron nueve conceptos asociados a la autoestima y el autoconcepto (cómo me veo en socializar, intelectual, sentimental, familia, físicamente, cómo soy como amigo, estudiante, hijo, persona). Cada uno se imprimió de forma individual en hojas de máquina y se organizó de forma aleatoria en un cuadernillo.

Procedimiento de redes semánticas

Primero, en el estudio de redes semánticas se citó a los participantes en una sesión grupal, se les requirió la tarea de definir conceptos objetivo relacionados con la autoestima y el autoconcepto, utilizando como definidores exclusivamente verbos, sustantivos o adjetivos. Los conceptos objetivos se presentan de uno en uno. El límite de tiempo para definir cada concepto fue de 60 segundos. Después, cada participante ponderaba los definidores con una escala de diez niveles, en la que 10 era la calificación del definidor que mejor describe el concepto, y 1 el que menos lo describe.

Resultados

Por razones de espacio, sólo se presentan las definiciones conceptuales de autoconcepto en la figura 1. Los valores a la derecha de cada concepto son el promedio de un valor asignado por los participantes de la relevancia del concepto (valor semántico M). El valor a la izquierda de cada concepto describe en cuántos grupos de definidores (SAM) aparece el concepto.

Un concepto común puede usarse para definir varios conceptos “objetivo” del esquema en cuestión.

COMO ME VEO AL SOCIALIZAR			COMO ME VEO EN LO INTELECTIVO			COMO ME VEO EN LO SENTIMENTAL			COMO ME VEO EN MI FAMILIA			COMO ME VEO FÍSICAMENTE		
#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F
3	AMABLE *	46	3	INTELIGENTE *	47	3	AMOROSO *	42	3	FELIZ *	26	1	ALTO	55
4	AMABLE *	25	2	ESTUDIOSO *	18	3	FELIZ *	20	5	RESPONSABLE *	20	1	DELGADO	40
1	PLATICADOR	24	5	RESPONSABLE *	18	4	CARIOSO *	27	5	ALEGRE *	21	1	MORENO	33
5	ALEGRE *	24	1	CAPAZ	16	5	ALEGRE *	26	4	CARIOSO *	20	1	CHAPARRO	30
2	ESTUDIOSO *	23	6	BUENO *	17	1	TRISTE	26	2	HONESTO *	14	1	BONITO	28
4	TÍMIDO	25	2	FUERO *	17	1	SEÑORIL	17	4	ENJOJON *	16	1	GUISO-CAFÉS	23
7	HONESTO *	21	1	LISTO	11	1	LORON	17	5	RESPECTUOSO *	12	1	GORDO	20
3	FELIZ *	21	3	PENSATIVO	9	4	ENJOJON *	16	2	DIVERTIDO *	11	1	BREN	15
5	RESPECTUOSO *	19	1	APLICADO	15	1	ROMÁNTICO	13	6	BUENO *	11	1	FUERTE	14
1	SEÑO	14	1	RÁPIDO	8	7	HONESTO *	11	3	AMOROSO *	10	1	FEO	15
J = 322 G = 38.2			J = 343 G = 34.8			J = 304 G = 29.1			J = 389 G = 23			J = 326 G = 38.4		

COMO SOY COMO AMIGO			COMO SOY COMO ESTUDIANTE			COMO SOY COMO HIJO			COMO SOY COMO PERSONA		
#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F	#FE	Definidor	#F
7	HONESTO *	37	5	RESPONSABLE *	51	6	BUENO *	49	5	RESPONSABLE *	48
6	BUENO *	39	3	INTELIGENTE *	47	6	BUENO *	49	5	RESPONSABLE *	48
4	CARIOSO *	32	1	TRABAJADOR	33	5	RESPECTUOSO *	34	5	ALEGRE *	37
4	AMABLE *	29	2	FUERO *	29	4	CARIOSO *	32	3	AMABLE *	26
6	ALEGRE *	29	2	ESTUDIOSO *	27	1	OBEDIENTE	27	4	ENJOJON *	23
3	COMPENSIVO *	28	1	COMPLUDO	26	7	HONESTO *	27	3	INTELIGENTE *	29
1	CONFABLE	24	7	HONESTO *	26	4	AMABLE *	21	4	AMABLE *	29
1	SINCO	25	6	BUENO *	24	3	COMPENSIVO *	17	5	RESPECTUOSO *	21
1	PIEL	23	1	ATENIDO	23	3	AMOROSO *	16	6	BUENO *	19
3	AMABLE *	23	5	RESPECTUOSO *	19	4	ENJOJON *	15	3	COMPENSIVO *	19
J = 365 G = 12.5			J = 252 G = 45.5			J = 280 G = 29.7			J = 346 G = 34.3		

Fig. 1. Definiciones conceptuales del esquema de autoconcepto al usar la técnica de redes semánticas naturales.

Diseño del estudio de redes neurales semánticas naturales

Una vez obtenidas las definiciones conceptuales, se calculó la probabilidad de que dos conceptos X y Y coocurran al mismo tiempo en un grupo de definición, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W_{ij} = -\ln \{ [p(X=0 + Y=1) p(X=1 + Y=0)] * [p(X=1 + Y=1) p(X=0 + Y=0)] - 1 \} \quad (1)$$

Donde W_{ij} representa un valor de conectividad entre X y Y en el esquema que se implica a través de las definiciones conceptuales. Rumelhart *et al.*⁵ mostraron que cuando se usa una matriz de conectividad entre conceptos con estos valores en una red neural Boltzman con satisfacción de delimitantes, entonces es posible observar el comportamiento de un esquema en simulaciones computacionales. A diferencia del presente estudio, estos autores no usaron una técnica apropiada para obtener redes conceptuales en su estudio.

Resultados

Las simulaciones computacionales permitieron escoger palabras centrales al funcionamiento del esque-

ma que se investiga. La tabla I muestra pares de palabras que se asume mantienen una relación de esquema de acuerdo a 1000 simulaciones.

Tabla I. Palabras relacionadas por el esquema de autoconcepto y autoestima.

AUTOCONCEPTO		
RESPONSABLE - HONESTO	DISTRAIDO - CUMPLIDO	TRABAJADOR - CONFIABLE
INTELIGENTE - BUENO	ESTUDIOSO - ATENTO	EXTROVERTIDO - SINCERO
RESPECTUOSO - AMABLE	OBEDIENTE - CREATIVO	SENTIMENTAL - PUNTUAL
CARIÑOSO - FLOJO	SOLIDARIO - JUGETON	TOLERANTE - MALO
AMIGABLE - FIEL	COMPRESIVO - ENOJON	COMPARTIDO - ALEGRE
AUTOESTIMA		
PLATICADOR - ALTO	FELIZ - RISUEÑO	APLICADO - FEO
DIVERTIDO - DELGADO	TRISTE - CALLADO	MELANCOLICO - GUAPO
TIMIDO - MORENO	SENSIBLE - HABIL	AMOROSO - CHIFLADO
SERIO - CHAPARRO	LLORON - ENAMORADO	LISTO - GORFO
CAPAZ - BONITO	ROMANTICO - CELOSO	PENSATIVO- FUERTE

Los pares de palabras de este esquema se aplicaron en un estudio de facilitación semántica, para comparar tiempos de reconocimiento de palabras relacionadas por el esquema contra el tiempo de reconocimiento de palabras relacionadas asociativamente o sin ninguna relación semántica. En este último tipo de palabras se llevaron a cabo controles sobre frecuencia de uso y largo de palabra (ver López),²⁴ mientras que en las palabras de esquema sólo se controló su largo.

Estudio del esquema a través la facilitación semántica: el caso de la autoestima y el autoconcepto

Diseño

El propósito del presente estudio fue observar si los conceptos de autoconcepto y autoestima son semánticamente relevantes en los participantes de esta in-

vestigación. Para ello, se diseñó un estudio basado en el paradigma de la facilitación semántica. Este paradigma permite reconocer cómo la información, en este caso de autoconcepto y autoestima, se organiza semánticamente en la memoria a largo plazo. Dicho paradigma experimental asume que la presentación de un estímulo (facilitador) puede interferir o facilitar el reconocimiento de otro (objetivo), dependiendo de la relación semántica que los conceptos mantengan en el lexicon humano.

Participantes

En el estudio de facilitación semántica participaron 32 estudiantes (19 mujeres y 13 hombres). Eso es, 16 estudiantes que sí participaron en el estudio de redes semánticas naturales, y 16 estudiantes del mismo contexto escolar y de la misma edad que no participaron en las definiciones conceptuales, esto a manera de grupo control. La media de edad fue de 17 (rango= 16-18).

Instrumentos

Se utilizaron las palabras seleccionadas del estudio de simulaciones computacionales (ver tabla I).

Procedimiento

A los participantes se les citó en sesiones individuales y se les presentaron, en una computadora, pares de estímulos verbales (palabra facilitador-palabra objetivo). Número similar de pares de palabras con la palabra- objetivo, mal escrita o bien escrita, se presenta al azar. El facilitador fue presentado por 250 ms, seguido por un blanco de 50 ms (SOA de 300 ms: ISI 50 ms), después se presentó el objetivo sobre el cual habría que decidir si se trata de una palabra bien o mal escrita (figura 2). En este tipo de estudio,

se espera que si los pares de palabras mantienen una relación semántica real en nuestra memoria, entonces los tiempos de reconocimiento del objetivo son significativamente diferentes a los de palabras que no tienen ninguna relación semántica.

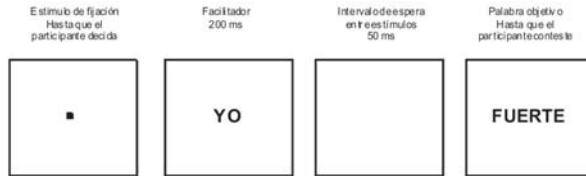


Fig. 2. Secuencia experimental para el estudio de facilitación semántica.

Resultados

La figura 3 muestra una gráfica de interacción de los factores medidos. Una comparación planeada entre autoestima física y la no física señala una diferencia de desempeño estadísticamente significativa, $F(1,30)=10.48, P=0.0029$. Por otra parte, una diferencia significativa aparece en las palabras de autoconcepto y los atributos subjetivos de autoestima $F(1,30)=14.35, P=0.000679$. Además, al comparar las palabras, atributos subjetivos de autoestima, con respecto al desempeño de las palabras no relacionadas se verifica una diferencia significativa $F(1,30)= 6.605,$

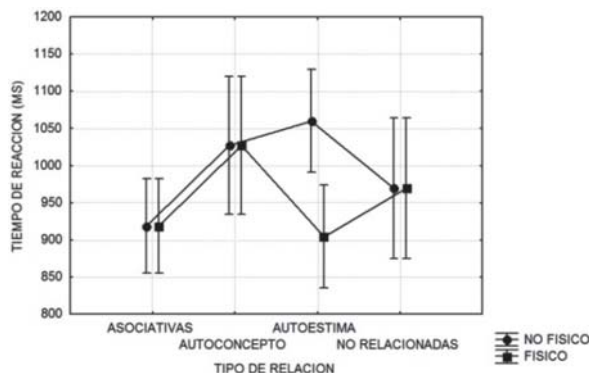


Fig. 3. Desempeño para el grupo experimental del estudio de facilitación semántica.

$p=0.0153$. Finalmente, el efecto principal para el tipo de relación semántica entre palabras $F(1,15) = 3.58, p = 0.077$ se obtiene.

De relevancia en este estudio, fue que el grupo control obtuvo resultados idénticos. Nótese que la relación semántica que guardan tanto las palabras de autoconcepto como las de autoestima son reconocidas como diferentes de aquéllas sin relación o de palabras relacionadas por simple asociación semántica. El efecto encontrado distingue incluso entre conceptos de atributos físicos y abstractos. Este efecto es conocido como *facilitación esquemática*, y se ha reportado en la bibliografía en varios estudios.¹⁴⁻²²

Discusión de los estudios de la primera etapa

López y Theios^{14,15} nombraron SASO (Schemata Analyzer of Schemata Organization) a esta forma de analizar el efecto de un esquema en el lexicón humano. Modelamiento matemático y computacional sobre el desempeño de los participantes en estudios SASO como en el descrito anteriormente y en los otros trabajos derivados de la presente línea de investigación¹⁴⁻²² permiten observar dos aspectos de relevancia. Primero, que una dimensión psicológica de distancia semántica entre dos conceptos (C_i y C_j) puede construirse dada una matriz de pesos asociativos ($Matriz_{SASO}$), de tal forma que la distancia semántica entre dos conceptos sea la distancia estimada (E) de la diferencia entre medias marginales de la $Matriz_{SASO}$:

$$E \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^N D_{ij} \right] = E \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^N (C_i - C_j) \right] = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^N (\mu_i - \mu_j) \right] = \left[\frac{1}{n} \cdot n \mu_i - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N (\mu_j) \right] \quad (2)$$

Dicha técnica de escalamiento se denomina el *cuarto principio de escalamiento de Togerson*,²⁵ aplica-

da e introducida en psicología a través de la ley del juicio comparativo de Thurstone,²⁶ y difundida en una amplia variedad de dominios psicológicos, a través de la Teoría de la Integración de la Información de Anderson.²⁷ Esta distancia conceptual es diferente a otras propuestas en la bibliografía del estudio de la representación mental (por ejemplo, las técnicas de proximidad conceptual PathFinder, Schvaneveldt,²⁸ o las técnicas de escalamiento multidimensional), ya que se basan en distancia conceptual relevante a un esquema mental. Por otra parte, el modelamiento para la predicción de desempeño en estudios de tiempo de reacción señala que la relación esquema produce tiempos de reacción, usando una función estocástica de comportamiento oscilatorio (tipo onda). Aquí, la diferencia entre dos valores (Q^* , A) escalados corresponde a una función sinusoidal:

$$Pa = \frac{1}{1 + e^{-(\Theta_i^* - \Theta_j^*)A}} \quad (3)$$

La función de activación se relaciona de forma directa con la famosa ecuación de predicción de tiempos de respuesta de Link:

$$E\{RT\} = \frac{\{\ln[Pa / (1 - Pa)](2Pa - 1)\}}{\Theta^* \mu_A} + E\{K\} \quad (4)$$

Donde $E\{K\}$ representa el lugar en que la función corta el eje de tiempo de reacción (intercepto). En esta ecuación, y en relación al presente trabajo, la diferencia entre dos conceptos representa un efecto de distancia semántica Q^*mA , la cual en turno preserva una relación recíproca entre las latencias de respuesta y las diferencias de los valores escalados de los estímulos (conceptos).

Una segunda observación significativa fue que el valor conceptual de relevancia semántica (M) en la técnica de redes semánticas parece no tener valor en la presente aproximación. Los conceptos definidores en cada grupo de definición son relevantes, depen-

diendo del momento en que se generan (tiempo interrespuesta). El tiempo interrespuesta predice el valor semántico casi en su totalidad, a partir de la siguiente la función:

$$M = A * e^{(B/F + C * TP)} + D * \ln(F) \quad (5)$$

En donde A, B, C y D son valores numéricos constantes, T es el tiempo de aparición conceptual o valor interrespuesta, y F equivale a la frecuencia con la que un concepto se activa.²⁹

De esta forma, y en general, el efecto de facilitación esquemática se relaciona con el esquema implícito en la conectividad conceptual descrita en (1) y al umbral de activación, dada una distancia conceptual esquemática implicada en (4).

SEGUNDA ETAPA

Nueva línea empírica del estudio de la evaluación del aprendizaje humano

En la segunda etapa, se llevó a cabo una serie de estudios sobre el esquema de diferentes dominios del conocimiento para mostrar que la Matriz_{SASO} de conectividad conceptual cambia, dado un proceso de aprendizaje en el aula escolar. La figura 4 muestra cómo los valores de conectividad conceptual cambian dada la adquisición de un esquema en un curso escolar.

Nótese a este respecto que un valor de diferencia entre las matrices antes y después del curso puede computarse por el valor Q^*mA , implicado en la ecuación (3). Si en realidad dicha diferencia representa un cambio conceptual significativo dada la presencia (permanente o volátil) de un esquema de conocimiento, entonces el efecto de facilitación esquemática debe observarse al final de un curso sólo si hubo integración de nuevo conocimiento, y sólo si no existe un organizador anticipado del contenido del curso o

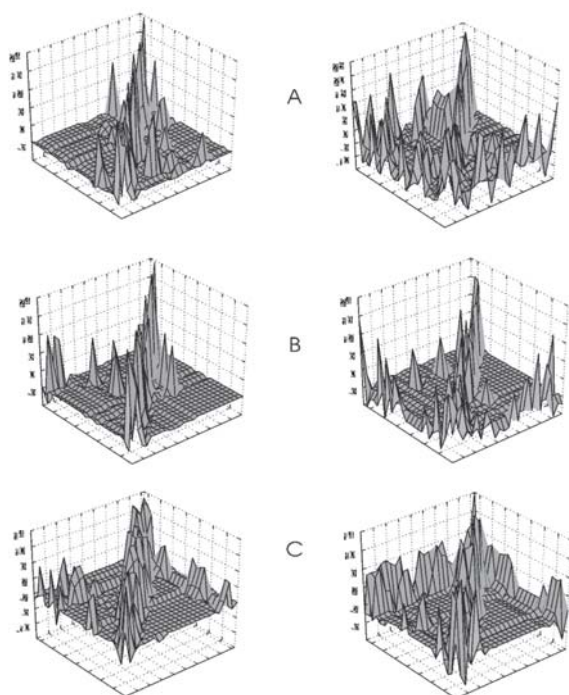


Fig. 4. Valores de asociación obtenidos por el procedimiento SASO de 20 conceptos centrales a tres cursos (sistemas de información (A), servicio al cliente (B) y música (C)). Las gráficas de la izquierda representan el conocimiento de estos 20 conceptos al inicio del curso, mientras que las de la derecha representan el término del mismo de los mismos conceptos.²⁴

del esquema por adquirir. El estudio siguiente ejemplifica de forma breve la exploración experimental de este precepto.

MÉTODO

Se explora, si un curso escolar sobre desarrollo moral induce la adquisición de un esquema moral en la memoria de los estudiantes.

Participantes

En este estudio de facilitación semántica participaron 40 estudiantes (22 mujeres y 18 hombres). Esto es, 20 estudiantes que participaron en un curso de desarrollo moral, y 20 estudiantes del mismo contexto escolar y de la misma edad que no participa-

ron. La media de edad fue de 14 años de edad (rango= 13-15 años).

Instrumentos

Definiciones conceptuales a 20 conceptos de moral, se obtuvieron y procesaron de forma similar al procedimiento SASO señalado en la primera parte, considerando expertos en el área. Después de las simulaciones computacionales correspondientes, se seleccionaron pares de palabras relacionadas por el esquema moral del curso para el estudio de facilitación (tabla II).

Tabla II. Pares de palabras relacionadas por un esquema de moral.

AMISTAD - CONFIANZA	JUSTICIA - POLICIA	HONESTIDAD - DECEPCIÓN	RESPONSABILIDAD - TRABAJO
AMISTAD - DIVERTIDO	JUSTICIA - BALANZA	HONESTIDAD - VALORES	RESPONSABILIDAD - DEBER
AMISTAD - ENTENDIMIENTO	DISCIPLINA - ESCUELA	IGUALDAD - MUJERES	RESPONSABILIDAD - ORDEN
AMISTAD - SINCERIDAD	DISCIPLINA - CONDUCTA	IGUALDAD - HOMBRES	RESPONSABILIDAD - CUIDAR
LEALTAD - PADRES	DISCIPLINA - OBEDECER	IGUALDAD - GENTE	RESPONSABILIDAD - TIEMPO
LEALTAD - COLEGAS	DISCIPLINA - TRABAJO	IGUALDAD - DISCRIMINAR	RESPECTO - EDUCADO
LEALTAD - DAR	DISCIPLINA - ÉXITO	AMOR - PROMETIDO	RESPECTO - VEJEZ
JUSTICIA - DIOS	DISCIPLINA - RECOMPENSA	AMOR - FAMILIA	

Los pares de palabras de las otras condiciones experimentales del estudio de facilitación semántica correspondiente a este estudio son idénticos al reportado en la primera etapa. El procedimiento es el mismo.

Resultados

En la figura 5 se muestra la interacción para el desempeño de los participantes en las diferentes condiciones experimentales del estudio de facilitación semántica. Un procedimiento ANOVA 2 (Pre/Post) x 2 (tipo de grupo) x 2 (tipo de relación) mixto fue realizado sobre las respuestas correctas de los participantes. Aquí se observó un efecto principal para el factor Pre/Post $F(1, 38)=8.7480, p=0.005$. Se indicó facilitación esquemática sólo para el grupo que

tomó el curso. Esto se apoya por el efecto significativo de una comparación analítica entre palabras no relacionadas y palabras relacionadas por el esquema, obtenida después del curso $F(1, 38) = 329, p = 0.0001$.

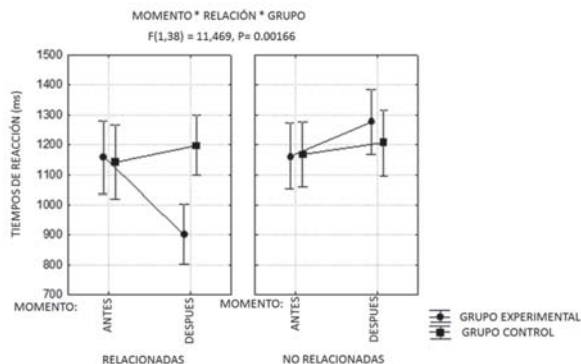


Fig. 5. Solamente el grupo experimental mostró efecto de facilitación esquemática después del curso de desarrollo moral.¹⁷

Discusión

Una ventaja remarcable de la medición SASO es que se centra en el conocimiento que perdura por largo tiempo y que implica procesos automáticos de memoria, en los que el alumno no necesita estar consciente de sus respuestas. La información de organización semántica de redes conceptuales adquiridas por los estudiantes, la determinación de cambio de un esquema dado un aprendizaje, así como la posibilidad de estudiar la dinámica del esquema existente de los estudiantes son información adicional de relevancia que, por su naturaleza, los sistemas de evaluación más utilizados aun no ofrecen.

TERCERA ETAPA

Innovación en tecnología educativa

Finalmente, en este apartado se reporta un último grupo de estudios que ilustra las implicaciones de esta aproximación de la evaluación cognitiva del

aprendizaje dentro de la innovación de tecnología educativa.

Método, diseño del estudio

Se implementó una red neural simulada capaz de identificar si un estudiante integra nuevo conocimiento de una temática al manejar el efecto de *facilitación esquemática* explicado antes. Este sistema neurocomputacional se utiliza para la evaluación cognitiva de aprendizaje en plataformas virtuales de aprendizaje.

Participantes

Aquí, los tiempos de reacción de 310 estudiantes de un estudio de facilitación semántica fueron usados para la etapa de entrenamiento de la red neural (244 mujeres y 66 hombres) (M de edad= 19 años, rango= 18-21 años). Por otra parte, cinco expertos (tres mujeres y dos hombres) (M de edad= 40, DE= rango= 40-50 años) en la Teoría de Piaget participaron también en la generación de definiciones conceptuales para la etapa de entrenamiento de la red neural por implementar. Luego, 80 estudiantes de licenciatura en psicología (65 mujeres y 15 hombres) (M de edad= 19 años, rango: 18-21 años) que no habían tomado un curso sobre la Teoría de Piaget fueron tomados en cuenta. Los datos obtenidos de esta muestra sirvieron para la fase de prueba de la red neural que se implementó.

Instrumentos

Con el sistema Neurosolutions 6, se implementó una red neural de retropropagación de error (diferencia entre respuesta deseada y obtenida) con dos capas intermedias que usa un algoritmo genético para la modificación sináptica entre unidades de las capas de procesamiento.

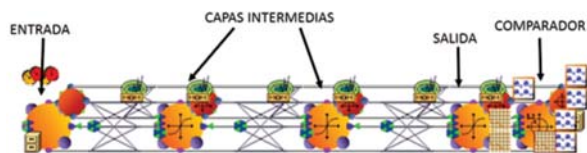


Fig. 6. Red neural clasificadora de tipo de estudiante.

Pares de palabras relacionadas por el esquema de Piaget se seleccionaron, aplicando el procedimiento SASO antes descrito en 310 estudiantes, que exitosamente tomaron un curso al respecto, y cinco expertos en la temática. Esto permitió la implementación de un estudio de facilitación semántica para detectar facilitación esquemática del tema sobre Piaget.

Procedimiento

Se obtuvieron los pares de palabras y sus latencias de un estudio de facilitación semántica, que comparaba latencias de palabras relacionadas por el esquema de la teoría de Piaget (asimilación- memoria) contra latencias de palabras que con una relación semántica (relación asociativa, categórica, etc.),³⁰ y en la etapa de entrenamiento de la red neural se le presentaron pares de palabras relacionados por el esquema de Piaget, palabras con relación semántica asociativa, y pares de palabras sin ninguna relación, todas con los respectivos tiempos de reacción de cada participante. Estos estímulos se presentaron 50,000 veces, hasta que la red neural convergió a un reconocimiento sin error. Posteriormente, los 80 participantes señalados leyeron un texto sobre la teoría de Piaget por un espacio de 30 minutos, tomaron el mismo estudio de facilitación afectiva, y los resultados de su desempeño se presentaron al sistema neurocomputacional para determinar si éste clasificaba correctamente quiénes presentaban facilitación esquemática, con base sólo en las latencias de respuesta de los participantes en las diferentes condiciones experimentales.

Resultados

El 75% de los participantes que leyó el texto de Piaget no presentó efecto de facilitación esquemática. De forma interesante, la red neural acertó en 100% de los casos de quienes presentan o no presentan el efecto de facilitación esquemática. En suma, la red neural era capaz, de acuerdo a su experiencia, de determinar si en los participantes hubo integración de nueva información de la teoría de Piaget en la memoria a largo plazo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La tecnología ha mostrado ser una excelente adición a nuestro sistema educacional cuando se usa correctamente. En particular, las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en el área de la educación han realizado avances significativos en el diseño y uso de las plataformas de aprendizaje en Internet, que facilitan, inducen y organizan el conocimiento por adquirir.³¹ Sin embargo, noté que, en comparación al desarrollo e innovación de dicho desarrollo tecnológico para la instrucción y el aprendizaje, existe muy poco avance en el caso de evaluar aprendizaje en línea. En general, los medios de evaluación de aprendizaje que ya había antes del desarrollo de tecnología educativa en línea (exámenes, actividades de aprendizaje, productos) son retomados y aplicados en contextos virtuales, los cuales no necesariamente se diseñaron para este contexto digital, ni explotan o innovan el potencial que ofrecen los medios de ciencia computacional actual. Además, desde una perspectiva cognitiva, hay fuertes debates sobre la aproximación de los medios de evaluación *tradicionales*, porque parecen presentar dificultades para medir la asimilación o acomodación de nuevo conocimiento en la memoria a largo plazo.^{32,33} En el Laboratorio de Ciencia Cognitiva de la Facultad de

Psicología de la UANL, se ha trabajado en el desarrollo de un sistema software que integra la aproximación SASO hasta aquí señalada, para implementar el primer proyecto de transferencia tecnológica del norte del país en psicología, que pretende introducir una adición innovadora a las plataformas de aprendizaje virtual y presenciales para evaluación del aprendizaje de cursos. En particular, esta intención se traduce en el diseño y utilidad de una interface computacional innovadora de evaluación de aprendizaje que le permite a un usuario estudiar un tópico, tomar estudios de facilitación semántica para ser evaluado por una red neural sobre si integró nuevo conocimiento de interés en su memoria a largo plazo. El sistema informa además de 20 índices de organización conceptual, no accesibles por otros métodos de la evaluación del aprendizaje en línea o presencial.

Discusión y conclusión general

El presente proyecto centra su viabilidad en la posibilidad de detectar el efecto que el comportamiento de un esquema de conocimiento tiene en la forma en cómo se significa y se aprende a significar un evento u objeto del mundo que nos circunda. Al considerar

lo hasta aquí visto, la ecuación de activación conceptual (3) provee la capacidad de describir un fenómeno de organización conceptual estocástico que emerge del efecto de la actividad de un esquema en nuestra memoria (ver López).²¹ Dicha expresión formal del comportamiento conceptual relacionado con el comportamiento de un esquema de conocimiento encuentra apoyo empírico en las intenciones de los objetivos particulares de la primera fase. En particular, los diseños experimentales relacionados con el reconocimiento de palabras utilizados (estudios de facilitación semántica) ofrecen una forma empírica de seguir la huella que deja la activación de un esquema en niveles cognitivos de “bajo nivel”, a pesar de lo elusivo que un esquema pueda ser. El comportamiento probabilístico de esta representación mental (esquemata) permite la suficiente variabilidad y sistematicidad para capturar patrones de activación, tipificando la estructura conceptual que le subyace al esquema de forma distribuida en nuestro léxico una vez que este esquema es adquirido (procesamiento paralelo distribuido).⁵

Es posible identificar cambios de organización conceptual, dado un aprendizaje, como se sugiere en la bibliografía a través de técnicas de redes semánticas.³⁴⁻³⁶ Dichos cambios de organización se deben a una forma diferente de significar un evento implícito 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 léxico 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 aprovechar dicho comportamiento para informarse y distinguir a alguien que ha integrado nuevo conocimiento de quien no lo ha hecho.¹⁶

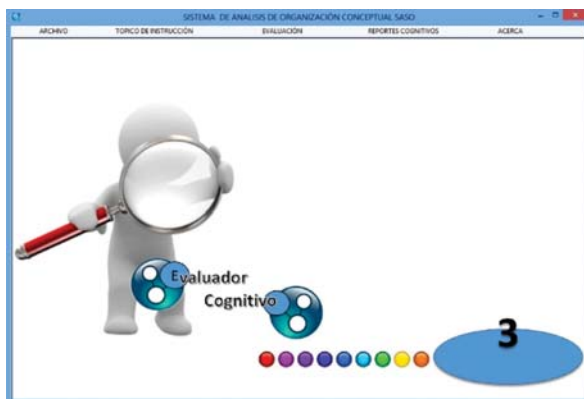


Fig. 7. Pantalla principal del sistema evaluador SASO (versión 3).

RESUMEN

De una muestra de 758 participantes se obtuvieron redes conceptuales sobre diferentes dominios del conocimiento. Modelamiento matemático y computacional permitió determinar comportamiento de un esquema mental en cada dominio. Con palabras centrales a los esquemas de los participantes, se implementaron estudios de facilitación semántica que demuestran la existencia de un nuevo fenómeno cognitivo: facilitación esquemática. Éste permite ver el efecto del comportamiento de un esquema sobre la organización conceptual del léxico humano. Esto, además, permite identificar la existencia de un esquema dado un aprendizaje sólo cuando está integrado en la memoria. Veinte índices de cambio de organización conceptual no disponibles por métodos tradicionales de evaluación del aprendizaje pueden obtenerse una vez que se ha adquirido un esquema de conocimiento. Finalmente, se propone la innovación en tecnología educativa, implementando una red neural simulada que identifica si un estudiante integró o no en su memoria a largo plazo un nuevo conocimiento al usar el efecto de facilitación esquemática.

Palabras clave: Redes semánticas naturales, Modelos conexionistas de memoria, Facilitación semántica, Plataformas de aprendizaje virtual.

ABSTRACT

Semantic knowledge maps of different knowledge domains were obtained from a sample of 758 participants. Mathematical and computational modelling of conceptual organization domains allowed the identification of schemata behavior for each domain. By using schema related words from this cognitive modelling, semantic priming studies were performed

to compare associative, categorical and nonrelated word latencies to schema related word pair latencies. Results identified a new cognitive phenomenon: Schemata priming. This allows the identification of schemata behavior effects over conceptual organization in the human lexicon after learning a schema. Moreover, this empowers identification of a learned schema when it has been integrated in long term memory. At least 20 conceptual organization indexes, not reachable by traditional methods to assess learning in a classroom, can be obtained after acquiring a learning schema. Finally, a connectionist neural network was implemented capable of identifying if a student has learned a topic by using only the Schemata priming effect. Implications to innovation inside educational technology are presented.

Keywords: Natural semantic nets, Memory connectionist models, Semantic priming, Virtual learning and online learning.

Referencias

1. Cooke, Durso, Schvaneveldt (1986). Recall and measures of Memory Organization. *Journal of experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, 12(4), 538-549.
2. López, R.E.O. (2001). Los procesos cognitivo en la enseñanza y el aprendizaje: El caso de psicología cognitiva en el aula escolar. México, D.F.:Trillas.
3. Markman, B.A. (1999). Knowledge representation. Mahwa, New Jersey: LEA.
4. Murphy, G.L. (2002). The big book of concepts. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
5. Rumelhart, D.E., Smolensky, P., McClelland, J.L., and Hinton, G.E. (1986). Schemata and sequential thought processes in PDP models. In J.L. McClelland, D.E. Rumelhart, and the PDP research group, eds., *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, vol. 2 Psychological and biological model,

- 7-57. Cambridge, MA: MIT Press.
6. Rumelhart, D.E., & Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. In R.C. Anderson, R.J. Spiro, & W.E. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 7. Schank, R.C., & Abelson, R.P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 8. Schank, R.C., & Abelson, R.P. (1995). Knowledge and memory: The real story. In R.S. Wyer, Jr. (Ed.), *Knowledge and Memory: The Real Story* (pp. 1-85). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 9. Acton, W.H., Johnson, P.J., & Goldsmith, T.E. (1994). Structural knowledge assessment: Comparison of referent structures. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 303-311.
 10. Derry, S.J. (1996). Cognitive schema theory in the constructivist debate. *Educational Psychologist*, 31 (3/4), 163-174.
 11. Trumpower, D.L., Sharara, H., & Goldsmith, T.E. (2010). Specificity of structural assessment of knowledge. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 8 (5). 1540-2525.
 12. Izard, C.E. (2007). Basic Emotions, Natural Kinds, Emotion Schemas, and a New Paradigm. *Perspectives on Psychological Science*, 2(3), 260-280. doi: 10.1111/j.1745-6916.2007.00044.
 13. Izard, C.E. (2009). Emotion Theory and Research: Highlights, Unanswered Questions, and Emerging Issues. *Annu. Rev. Psychol.*, 60, 1-25. doi: 10.1146/annurev.psych.60.110707.163539.
 14. 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, Hyatt Regency Hotel el 21 de noviembre.
 15. López, R.E.O. & Theios, J. (1992) Semantic Analyzer of Schemata Organization (SASO). *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 24 (2), 277-285.
 16. López, R.E.O., Morales, M.G.E., Hedlefs, A.M.I., González, T.C.J. (2014). New empirical directions to evaluate online learning. *International Journal of Advances in Psychology*, Vol. 3 (2), 40-47. doi: 10.14355/ijap.2014.0302.03.
 17. 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.
 18. Contreras, L.C. & López, R.E.O. (2011). Sobre la representación conceptual y el significado de la autoestima y del concepto de jóvenes. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, Vol. 13, Núm. 1 enero-junio, pp.99-114.
 19. 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.
 20. Hernández, L.M.R. (2003). Evaluación cognitiva del aprendizaje significativo de la física y química en estudiantes de segundo año de secundaria del instituto Luis Pasteur. Tesis de Maestría. Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Nuevo León.
 21. López, R.E.O. (1996). Schematically related Word Recognition. E.U.A. Tesis doctoral, University of Wisconsin-Madison. UMI Publications.
 22. López, R.E.O. & Theios, J. (1996). Single word schemata priming: a connectionist approach. Trabajo presentado y publicado en las memorias de "the 69th Annual Meeting of the Midwestern Psychological Association", Chicago, IL.
 23. Figueroa, J.G., González, E.G., & Solís. V.M. (1981). Una aproximación al problema del significado: las redes semánticas. *Revista Latinoamericana de Psicología*. 13, 3, 447-458.
 24. López R.E.O. (2002). El enfoque cognitivo de la memoria humana. *Técnicas de investigación*. México: Trillas.
 25. Torgerson, W.S. (1958). The law of categorical judgment. In W.S. Torgerson (Ed.), *Theory and methods of scaling*

- (pp. 205-246). New York: Wiley.
26. Thurstone, L.I. (1927). The law of comparative judgment. *Psychological Review*, 27, 300-307.
 27. Anderson, N.H. (2007). *Unified Social Cognition*. Scientific Psychology Series. New York: Psychology Press.
 28. Schvaneveldt, R.W. (1990). Proximities, networks, and schemata. In: R.W. Schvaneveldt (Ed.), *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex.
 29. Sánchez, M.M.P., De la Garza G.A., Contreras, L.C., López, R.E.O. & Hedlefs, A.M.I (2011). Nuevos enfoques para el estudio cognitivo de la conducta ambiental desde la perspectiva de la biofilia. *CIENCiAUANL*, julio- septiembre, Vol. 14 (3), pp. 288-296.
 30. Fernández, P.R.E. (2006). Sobre un sistema automático de evaluación cognitiva de aprendizaje significativo utilizando tecnología educativa. Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Nuevo León.
 31. Yuen, K.L. (1992). Effects of computer assisted instruction on cognitive outcomes: A Meta-Analysis. *Journal of Research on Computing in Education*; Vol. 24 Issue 3, p367-376.
 32. Marzano, R.J. (1994). Lessons from the field about outcome-based performance assessments. *Educational Leadership*, March, 44-50.
 33. Marzano, R.J., & Costa, A. (1998). Question: Do standardize tests measure general cognitive skills? Answer: No. *Educational Leadership*, May, 66-71.
 34. Díaz-Barriga, F. & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. México. McGraw Hill
 35. Goldsmith, T.E., Johnson, P.J., & Acton, W.H. (1991). Assessing structural knowledge.
 36. Gonzalvo, P., Cañas, J.J. & Bajo, M.T. (1994). Structural representation in knowledge acquisition. *Journal of Educational Psychology*. 86, 601-616.

Recibido: 18/07/14

Aceptado: 18/08/14