

Estado afectivo en la identificación automática de estilos de aprendizaje

Affective state in automatic identification of learning styles

Guillermo Mario Salazar Lugo

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Ramona Imelda García López

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Jorge Arturo Balderrama Trápaga

Universidad Veracruzana, México

Luis Felipe Rodríguez Torres

Instituto Tecnológico de Sonora, México

RESUMEN

La aportación principal de este trabajo es la definición de reglas para la identificación de estilos de aprendizaje mediante la fusión de la información monitoreada sobre el comportamiento, desempeño y estado afectivo de los estudiantes en un entorno virtual de aprendizaje, con base en fundamentos teóricos de la psicología cognitiva y estilos de aprendizaje. Revisamos diferentes teorías y modelos de emociones, modelos de estilos de aprendizaje y tipos de plataformas tecnológicas educativas. Como resultado del estudio, seleccionamos patrones de comportamiento, desempeño y estado afectivo, así como las fórmulas y reglas que permiten la integración de dichos patrones para la identificación automática de estilos de aprendizaje. El sistema de administración del conocimiento Moodle servirá como base para la validación de las reglas propuestas a través de un caso de estudio en un trabajo futuro.

Palabras clave:

Estilos de aprendizaje, entornos virtuales de aprendizaje, medición de afectividad, tecnología educativa.

ABSTRACT

The main contribution of this work is the definition of rules for identifying learning styles by merging monitored information about behavior, performance and emotional state of students in a virtual learning environment (VLE) based on theoretical foundations from cognitive psychology and learning styles. Different theories and models of emotions, models of learning styles and types of educational technology platforms were reviewed. As a result of

the study, patterns of behavior, performance and emotional state as well as formulas and rules that allow the integration of such patterns for automatic identification of learning styles were selected. Finally, an LMS (Moodle) had been selected which will serve as the basis for the validation of the proposed rules through a case study in future work.

Keywords:

Learning styles, virtual learning environments, affective measures, educational technology.

INTRODUCCIÓN

Identificar y analizar aspectos que permitan conocer características del estudiante relacionadas con su estilo de aprendizaje, a fin de considerarlas para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, requiere que los profesores adquieran ciertas habilidades particulares; una estrategia para abordar este reto ha sido la identificación automática de estilos de aprendizaje (IAEA).

Los trabajos de Graf y Liu (2009), Popescu (2009) y Latham, Crockett, McLean y Edmonds (2012) proponen una serie de variables que tienen que ver con el comportamiento y rendimiento del usuario y que pueden ser monitoreadas en entornos virtuales de aprendizaje (EVA). Estas variables facilitan la identificación de estilos con base en el modelo de Felder-Silverman (1988), el cual ha sido utilizado ampliamente en EVA, en gran medida porque éste proporciona un instrumento Index of Learning Styles (ILS) que ayuda a los profesionales de la educación a cuantificar los estilos de aprendizaje de los estudiantes (Feldman, Monteserin & Amandi, 2014).

Por otra parte, diferentes estudios y experimentos evidencian la relación entre las emociones y el proceso de aprendizaje de las personas (Shuck, Albornoz & Winberg, 2007); Boekaerts (1993) y Bower (1992) han demostrado que el estado afectivo del estudiante cuando se le presenta un elemento o actividad de aprendizaje ofrece información fiable sobre sus preferencias y el impacto que tienen dichos elementos o actividades en el logro de sus objetivos de aprendizaje.

Asimismo, hay otros trabajos que abordan la inclusión de las emociones en diferentes tipos de escenarios de aprendizaje, como ambientes virtuales, simuladores y videojuegos educativos con fines de adaptación al usuario y personalización de experiencias de aprendizaje. Sin embargo, se carece de estudios relacionados con la fusión de la información obtenida a partir del estado afectivo del estudiante con otros factores, como su comportamiento y rendimiento, para la identificación automática de estilos de aprendizaje.

La aportación principal de este trabajo es la definición de reglas para la IAEA mediante la fusión de la información monitoreada sobre el comportamiento, desempeño y estado emocional de los estudiantes en un EVA, con base en fundamentos teóricos de la psicología cognitiva y estilos de aprendizaje. El supuesto preliminar es que la información sobre las respuestas emocionales del usuario contribuye a deducir de manera más precisa los estilos de aprendizaje.

MODELOS DE ESTILOS DE APRENDIZAJE

James y Black (1993) definen los estilos de aprendizaje como la manera y las condiciones en que los estudiantes perciben, procesan, almacenan y recuperan de modo más efectivo y eficiente lo que están tratando de aprender. Algunos de los principales modelos de estilos de aprendizaje utilizados en la IAEA, según Feldman y Silverman (2014), son: el modelo Kolb (1984), el cual clasifica a los estudiantes en acomodador, divergente, convergente y asimilador y la teoría de Gardner (2011) de inteligencias múltiples, que define ocho tipos de inteligencias: lógica-matemática, lingüística, espacial, musical, kinestésica, naturalista, interpersonal e intrapersonal.

Felder y Silverman (1988) proponen cuatro dimensiones con dos estilos cada una: procesamiento (activo y reflexivo), percepción (sensitivo e intuitivo), entrada (visual, verbal) y entendimiento (secuencial global). Por su parte, Biggs (1987) establece tres categorías para clasificar a los estudiantes a partir de lo que hacen y por qué lo hacen a la hora de aprender: superficial, profundo y basado en el logro.

Como sustento para la propuesta de este trabajo, usamos el modelo Felder-Silverman (FSLSM, por sus siglas en inglés), ya que está ampliamente aceptado por la comunidad académica en el ámbito de la IAEA. Más de 70% de los estudios revisados por Feldman, Monteserin y Amandi (2014) se basan en FSLSM y han demostrado su viabilidad. Además, éste cuenta con un instrumento que será útil para validar la integración de los aspectos afectivos en la identificación de estilos de aprendizaje en un EVA.

TEORÍAS Y PERSPECTIVAS EN EL ESTUDIO DE LAS EMOCIONES

Desde hace más de un siglo, el estudio y la descripción de las emociones han ocupado la atención de filósofos, psicólogos, biólogos, entre otras disciplinas. En la actualidad, las emociones han sido objeto de una renovada atención por parte de los psicólogos y neurocientíficos, principalmente debido a algunos recientes desarrollos en la anatomía de las emociones y la incorporación de algunas disciplinas, como la neurociencia social (Decety & Keenan, 2006) y la llamada neurociencia afectiva (Ostrosky y Vélez, 2013).

Además, en la última década, el estudio de las emociones ha experimentado un sustancial incremento en virtud de que se reconoció la relevancia de las emociones en la toma de decisiones, al definir la inteligencia emocional como un tipo de cognición orientada a lo social, y al considerar las emociones como un importante predictor de éxito, independientemente de la inteligencia cognitiva (Damasio, 1994; Johnson-Laird & Oatley, 2004; Goleman, 1995; Salovey & Mayer, 1990, citados en Ostrosky y Vélez, 2013). Finalmente, en el ámbito de la educación y la innovación educativa ha surgido una tendencia de utilizar los hallazgos de la psicología cognitiva, la neurociencia y las ciencias de la computación para aplicarlas en el área instruccional.

En el campo de la psicología, en particular el estudio de las emociones, se ha abordado desde las más diversas perspectivas: introspeccionista, psicoanalítica, conductista, funcionalista y fisiológica. La vaguedad del concepto mismo de emoción es quizás una de sus causas (Caparrós, 1979). Definir qué es una emoción no ha sido fácil. Para el contexto educativo en el que se enmarca este estudio, retomamos la definición de la *Enciclopedia de las Ciencias de la Enseñanza* (2012), que plantea que una emoción puede ser provocada, consciente o inconscientemente, mediante la evaluación de un estímulo y trata sobre sentimientos positivos y negativos. Si la emoción es positiva, contribuye al logro de los

objetivos de aprendizaje. Las emociones se experimentan como tipos distintivos de estados mentales a menudo acompañados por cambios corporales, como la expresión facial, postura, transpiración y acción muscular.

El trabajo de Rodríguez y Ramos (2014) sobre modelos computacionales de emociones reconoce tres categorías para la revisión de las teorías de las emociones reportadas en la literatura, desde la perspectiva de su aplicación:

- Teorías evaluativas de las emociones: asumen que las emociones surgen a partir de la evaluación cognitiva de situaciones, agentes y objetos existentes en el entorno que, indirecta o directamente, afecta los objetivos, planes y creencias del individuo. Un ejemplo es la teoría OCC (Ortony, Clore & Collins, 1990).
- Teorías dimensionales: señalan que las emociones son fenómenos similares, que varían sólo en los valores de algunas dimensiones, como valencia (valence) o excitación (arousal) (Adam, Herzig & Longin, 2009). Un ejemplo es la propuesta por Russell (1997).
- Teorías jerárquicas: proponen que los seres humanos sólo tienen un conjunto pequeño de emociones básicas, las cuales se suponen innatas e instintivas, y con un origen evolutivo (Lewis, Sullivan, Stanger & Weiss, 1989). Un ejemplo es la propuesta por Ekman, Dalgleish y Power (1999).

TEORÍA OCC DE LAS EMOCIONES

Ortony, Clore y Collins (1990) proponen una teoría organizada en tres ramificaciones, las cuales corresponden a tres tipos de estímulos: consecuencias de eventos; las acciones de un agente; y los aspectos de un objeto. Cada uno de ellos es evaluado por el individuo con base en criterios de valoración: metas para evaluar los acontecimientos (deseabilidad); normas para evaluar la acción de agentes (plausibilidad); y actitudes para evaluar los objetos (capacidad de atraer).

El trabajo de Ortony, Clore y Collins (1996) identifica tres grandes clases de emociones que surgen de la evaluación de los estímulos de acuerdo con los criterios de valoración: emociones basadas en acontecimientos; emociones de atribución; y emociones de atracción. La teoría OCC propone una estructura jerárquica con una meta y submetas. Las relaciones entre éstas se definen como necesarias, suficientes, facilitadoras o inhibidoras. Las metas pueden ser de distintas clases: de persecución activa (MA), de interés (MI) y de relleno (MR). Las MA son las que uno desea tener hechas; las MI, las que uno desea que sucedan; y las MR son cíclicas, por lo cual, aun cuando se logran, no se abandonan.

En trabajos previos, Conati y MacLaren (2005) han propuesto un modelo que se enfoca a los objetivos o metas que se persiguen en los juegos didácticos. Por otra parte, Jaques y Vicari (2007) basan la percepción de los estados afectivos del usuario en el esquema lógico creencia-deseo-intención para implementar el proceso de diagnóstico emocional del usuario en un entorno educativo. Infieren las emociones según el modelo psicológico de la teoría OCC a través de la conducta observada en el usuario. En ese sentido, la teoría de la motivación permite explicar el porqué de un comportamiento, lo cual está más allá del objetivo y los alcances de este trabajo; por ello, sólo abordamos aspectos de la motivación que tienen que ver directamente con los elementos que componen la teoría OCC. Además, planteamos variables locales y globales que afectan la intensidad de las emociones; como resultado, presentamos los afectos ligados a dichas emociones.

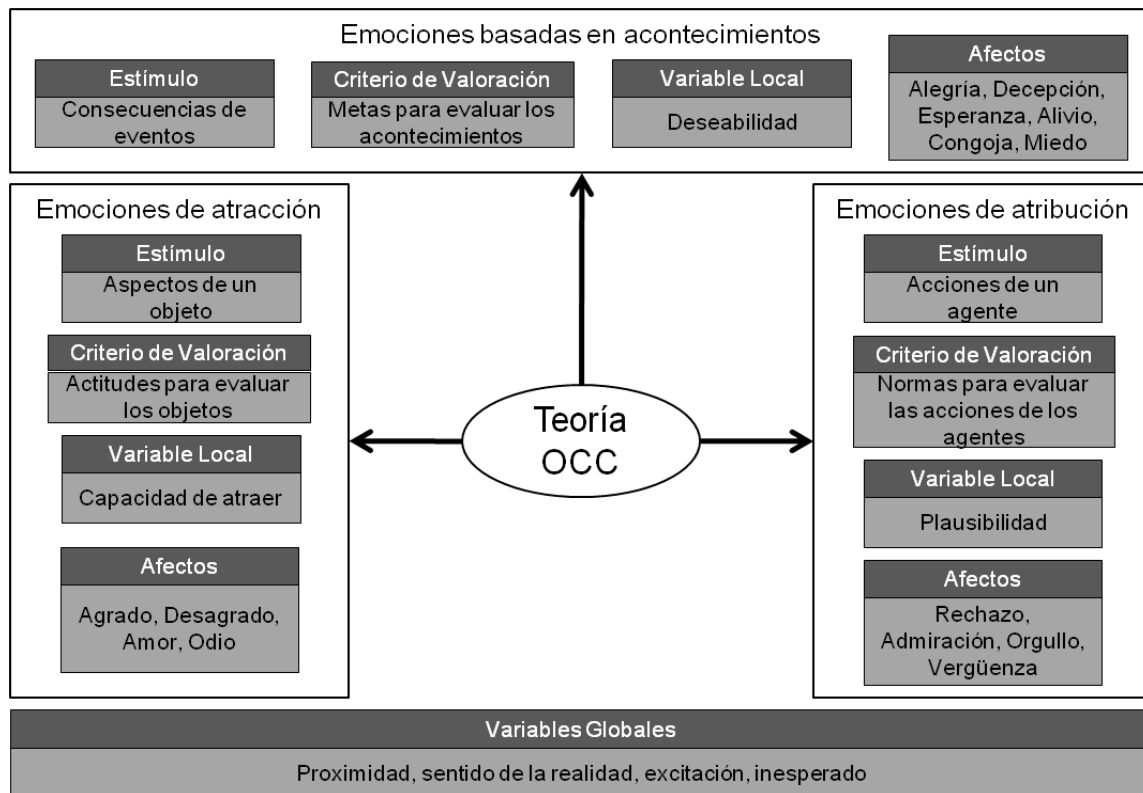


Figura 1. Resumen de la teoría OCC de las emociones adaptado de Mora-Torres, Laureano-Cruces y Velasco-Santos, 2011, p. 67.

ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

En la literatura se han utilizado numerosos términos para referirse a los ambientes de aprendizaje basados en plataformas tecnológicas: sistema e-learning, sistema de aprendizaje adaptativo, sistema hipermedia de aprendizaje, sistema de aprendizaje web, sistema de administración del conocimiento, sistema tutor inteligente, sistema de aprendizaje inteligente, entre otros.

Chan (2004) define un EVA como un conjunto de entornos de interacción, sincrónica y asincrónica donde, con base en un programa curricular, se lleva a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de un sistema de administración de aprendizaje.

Feldman, Monteserin y Amandi (2014) plantean una clasificación de tres categorías para la revisión de los EVA, utilizados previamente en la identificación automática de estilos de aprendizaje:

- Sistema de administración del conocimiento (LMS, por sus siglas en inglés): provee soporte a los profesores en la construcción y administración de cursos. Se enfoca en la presentación de materiales de contenidos de aprendizaje.
- Sistema tutor inteligente (ITS, por sus siglas en inglés): se enfoca en el uso de técnicas de la inteligencia artificial para proporcionar un soporte más amplio y mejor para los estudiantes.
- Sistema hipermedia de aprendizaje adaptativo (AEHS, por sus siglas en inglés):

provee contenido hipermedia (es decir, basado en hipertexto y multimedia), adaptado a las características del usuario.

El EVA que utilizamos en este trabajo es el LMS Moodle, ya que cumple con los requerimientos del proyecto: ser de licencia libre, de tal manera que su adquisición y actualización sean gratuitas; ser de fuente abierta (*open source*) para que pueda ser adaptado; extendiendo y modificando su funcionalidad, su adopción es ampliamente aceptada en la comunidad educativa; documentación técnica del software, así como manuales para su configuración y administración de fácil acceso y gratuitos; por último, presentar las características necesarias para obtener información sobre el usuario que permitan inferir su estilo de aprendizaje mediante el monitoreo del comportamiento, rendimiento y emociones del usuario.

DEFINICIÓN DE REGLAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESTILOS DE APRENDIZAJE

Existen esfuerzos en la investigación de la IAEA que han definido reglas, patrones y fórmulas para clasificar los estilos de aprendizaje de los usuarios de un EVA a través de la interpretación del comportamiento y el rendimiento del estudiante. El estado del arte de Feldman, Monteserin y Amandi (2014) analiza 27 ejemplos de estos trabajos.

Durante la revisión de la literatura, recopilamos las reglas que permiten definir un mecanismo para la identificación automática de estilos de aprendizaje, y empatamos las características mayormente utilizadas en un EVA y los patrones de comportamientos referenciados en las dimensiones del modelo Felder-Silverman.

La tabla 1 muestra los rangos para la definición de reglas utilizando el modelo Felder-Silverman y sus respectivos estilos de aprendizaje, el tipo de patrón a monitorear en cada caso (**C** = comportamiento, **R**= rendimiento), la descripción de cada patrón y la característica del EVA relacionada con el patrón. Las reglas fueron recopiladas de los trabajos de Graf y Liu (2009); Popescu (2009); Latham et al. (2012); García, Amandi, Schiaffino y Campo (2007), y Rovai y Barnum (2003).

Tabla 1. Trabajo previo en la definición de reglas para la identificación automática de estilos con base en la literatura.

Dimensión	Estilo de aprendizaje	Tipo de patrón	Patrón a monitorear	Característi
Procesamiento: describe la forma en que la información percibida se convierte en conocimiento	Activo/ Reflexivo	C	Tiempo en contenido de aprendizaje(-)	Contenido aprendizaje
		C	Tiempo en outlines (-)	Outline
		C	Tiempo en ejemplos (-)	Ejemplo
		C	Tiempo en auto-evaluaciones (-)	Autoevaluac

Dimensión	Estilo de aprendizaje	Tipo de patrón	Patrón a monitorear	Característica
Percepción: está relacionada con el tipo de información que un estudiante prefiere percibir	Sensitivo/Intuitivo	R	Contestar erróneamente dos veces la misma pregunta (+)	Autoevaluación
		C	Visitas a ejercicios (+)	Ejercicio
		C	Tiempo en ejercicios (+)	Ejercicio
		C	Tiempo en los resultados de una autoevaluación (-)	Resultado auto-evaluación
		C	Publicaciones en foro (+)	Foro
		C	Visitas a contenido de aprendizaje(-)	Contenido aprendizaje
		C	Tiempo en contenido de aprendizaje (-)	Contenido aprendizaje
		C	Visitas a ejemplos (+)	Ejemplo
		C	Tiempo en ejemplos (+)	Ejemplo
		C	Visitas a autoevaluaciones (+)	Autoevaluación
Entrada: considera la manera en que los estudiantes prefieren recibir información externa	Visual/Verbal	C	Visitas a ejercicios (+)	Ejercicio
		R	Preguntas acerca de los detalles contestados correctamente (+)	Autoevaluación
		R	Preguntas acerca de hechos concretos contestados correctamente (+)	Autoevaluación
		R	Preguntas acerca de conceptos contestados correctamente (-)	Autoevaluación
		C	Visitas a los resultados de autoevaluaciones (+)	Resultado autoevaluación
		C	Visitas a contenido de aprendizaje(-)	Contenido aprendizaje
		R	Preguntas acerca de gráficos contestados correctamente (+)	Autoevaluación
		R	Preguntas sobre un texto contestados correctamente (-)	Autoevaluación
		C	Visitas a foro (-)	Foro
		C	Tiempo en foros (-)	Foro
Entendimiento: describe la forma en que el estudiante progresa hacia el entendimiento	Secuencial/Global	C	Publicaciones en foro (-)	Foro
		C	Visitas al outline (-)	Outline
		C	Tiempo en el outline (-)	Outline
		R	Preguntas acerca de los detalles contestados correctamente (+)	Autoevaluación
		R	Preguntas sobre interpretar soluciones previas contestadas correctamente (-)	Autoevaluación

Dimensión	Estilo de aprendizaje	Tipo de patrón	Patrón a monitorear	Característica
		R	Preguntas sobre desarrollar nuevas soluciones previas contestadas correctamente (-)	Autoevaluación
		C	Número de veces que se usó el menú de navegación para saltar un objeto de aprendizaje (-)	Menú de navegación
		C	Visitas al overview (-)	Overview
		C	Tiempo en el overview (-)	Overview

Nota: se realizaron ajustes en los rangos con base en las características del curso como lo recomienda Graf y Liu (2009). Los signos (+) y (-) identifican cuando la presencia de un patrón de comportamiento o rendimiento aporta indicios de un estilo de aprendizaje en el primer polo (+) o en el segundo (-) de la respectiva dimensión.

A partir de los patrones descritos en la tabla 1 y su relación con cada una de las dimensiones, aunados a la definición de cuándo una alta o baja ocurrencia de ellos proporciona indicios de un estilo de aprendizaje específico, podemos utilizar la información sobre el comportamiento de los estudiantes para obtener indicadores que permiten calcular los estilos de aprendizaje; por ejemplo, si un estudiante visita con frecuencia los ejercicios indica que el estudiante prefiere un estilo de aprendizaje activo.

Graf y Liu (2009) definen tres pasos para hacer la clasificación a partir de estos indicadores.

- Reunir los indicadores ($h_{dim,i}$) para cada dimensión(dim) y cada patrón (i). Los indicadores se establecen mediante cuatro valores: 3 indica que el comportamiento del estudiante muestra un fuerte indicio del respectivo estilo de aprendizaje (por ejemplo, activo); 2, que el estudiante tiene un comportamiento promedio, por lo cual no proporciona un indicio; 1, que el comportamiento del estudiante está en desacuerdo con el respectivo estilo de aprendizaje y, por lo tanto, proporciona un indicio de preferencia hacia el otro polo de la dimensión del estilo de aprendizaje (por ejemplo, reflexivo); y 0, que no hay información disponible acerca del comportamiento del estudiante. Para clasificar el comportamiento de los estudiantes en estos cuatro indicadores, utilizamos rangos establecidos a partir de la literatura considerando, además, las características del curso. Por ejemplo, tales características pueden incluir el hecho de que los foros se usen principalmente para formular preguntas al profesor de los temas en vez de generar discusiones sobre éstos con otros compañeros.
- Se suman todos los indicadores y se divide entre el número de indicadores con información disponible (P_{dim}); se calcula una magnitud para cada estilo de aprendizaje (ls_{dim}), como mostramos en la fórmula de la figura 2.

$$ls_{dim} = \frac{\sum_{i=1}^{P_{dim}} h_{dim,i}}{P_{dim}}$$

Figura 2. Fórmula para el cálculo de una magnitud de estilo de aprendizaje, tomada

de Graf y Liu (2009).

- Esta magnitud se normaliza en un rango de 0 a 1 como se muestra en la fórmula de la figura 3, resultando en una magnitud nls_{dim} la que 1 representa una fuerte preferencia positiva y 0 una fuerte preferencia negativa hacia los respectivos estilos de aprendizaje. Si ninguno de los patrones de alguna de las dimensiones no incluye información, no se puede establecer una conclusión para esa dimensión.

$$nls_{dim} = \frac{ls_{dim} - 1}{2}$$

Figura 3. Fórmula para normalizar valores a un rango de 0 a 1 la magnitud de los estilos de aprendizaje, tomada de Graf y Liu (2009).(2009).

INTEGRACIÓN DEL ESTADO AFECTIVO

En este trabajo hemos elegido la teoría OCC como base teórica para la identificación de emociones; esto, debido a la estructura ramificada simple que plantea, ya que facilita la categorización de los estímulos que puede provocar una emoción y distingue con claridad la fuente de dichos estímulos. Además, permite la correlación entre elementos de un EVA, material de aprendizaje (objeto), actividades (evento) y tutor/instructor (agente), y el estado afectivo que éstos provocan en el estudiante (positivo o negativo).

Las variables globales de la teoría OCC que afectan la intensidad de las emociones no serán tomadas en cuenta para este trabajo, por la complejidad en su monitoreo y el poco valor que aportan en la IAEA.

Por otra parte, las variables locales ayudan a identificar si el estado afectivo que se produce en el individuo es positivo o negativo al relacionar los estímulos con los criterios de valoración de la siguiente manera:

- La deseabilidad de un evento: es la congruencia de las consecuencias del evento con las metas personales. Por lo tanto, podemos decir que se produce una emoción positiva si el evento ayuda al individuo a lograr su meta, y una emoción negativa, si el evento obstaculiza el logro de su meta.
- La aprobación de una acción (plausibilidad): es la conformidad de la acción de un agente con normas y estándares. Por lo tanto, se produce una emoción positiva si la acción es congruente con las normas y estándares con que el individuo se rige, y una emoción negativa, si la acción transgrede las normas y estándares.
- La atracción de un objeto: es la correspondencia de las características del objeto con sus gustos/preferencias personales, lo que produce una emoción positiva si las características del objeto coinciden con los gustos/preferencias personales del individuo, y una emoción negativa, si las características no coinciden con sus gustos/preferencias personales.

Con base en la teoría OCC de las emociones de Orton, Clore y Collins (1990) descrita, así como en las fórmulas propuestas por Graf y Liu (2009), definimos una estrategia para integrar el estado afectivo de los estudiantes en la identificación automática de estilos de

aprendizaje con el objetivo de incrementar la precisión del mecanismo con base en dos premisas:

- Un estudiante desarrolla una reacción afectiva positiva si las consecuencias de una actividad del curso favorecen el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje; de lo contrario, desarrolla una emoción negativa.
- Un estudiante desarrolla una reacción afectiva positiva si las características de un objeto de aprendizaje del curso coincide con sus gustos y preferencias personales; de lo contrario, desarrolla una emoción negativa.

Las variables a monitorear en el contexto del curso en un EVA son la deseabilidad (por continuar o abandonar), en el caso de las actividades, y la capacidad de atraer (atracción y facilidad de comprensión), en lo referente a los objetos de aprendizaje.

Con base en lo anterior, la tabla 2 representa un complemento de la tabla 1, que incluye patrones afectivos para la identificación de estilos.

Tabla 2. Patrones afectivos en la definición de reglas para la identificación automática de estilos con base en la literatura.

Dimensión	Estilo de aprendizaje	Tipo patrón	Patrón a monitorear	Reacción afectiva
Procesamiento	Activo/Reflexivo	Afectivo	Reacción afectiva en ejercicio (+)	Deseo de continuar Deseo de abandonar
			Reacción afectiva en ejemplo (-)	Atracción Facilidad de comprensión
Percepción	Sensitivo/Intuitivo	Afectivo	Reacción afectiva en ejemplo (+)	Atracción Facilidad de comprensión
			Reacción afectiva en explicación teórica de conceptos (-)	Atracción Facilidad de comprensión
Entrada	Visual/Textual	Afectivo	Reacción afectiva en contenido de aprendizaje visual (+)	Atracción Facilidad de comprensión
Entendimiento	Global/	N/D	N/D	N/D
	Secuencial	N/D	N/D	N/D

Nota: N/D significa no disponible. Los signos (+) y (-) identifican cuando la presencia de un patrón afectivo aporta indicios de un estilo de aprendizaje en el primer polo (+) o en el segundo (-) de la respectiva dimensión.

Las reacciones afectivas seleccionadas permiten el monitoreo por autorreporte mediante una pregunta cuando el estudiante abandona un componente del curso. Éstas pueden cambiar en un futuro si el mecanismo para su monitoreo se modifica (por ejemplo, a partir de los gestos faciales y posturas monitoreados a través de una cámara).

Para integrar los patrones afectivos en la identificación de estilos, se obtienen los indicadores ($h_{dim,i}$) por cada dimensión (dim) y cada patrón (i), tomando en cuenta los signos “+” y “-”, que indican si los respectivos patrones afectivos dan indicios a favor o en contra desde el punto de vista de los estilos de aprendizaje activo, sensitivo y visual.

Para obtener los indicadores para cada estilo de aprendizaje ($h_{dim,i}$), planteamos dos preguntas sobre las reacciones hacia las consecuencias de eventos: ¿esta actividad motiva

a continuar trabajando/aprendiendo sobre el tema? y ¿esta actividad seduce/engancha a continuar trabajando/aprendiendo sobre el tema?, además de dos preguntas sobre las reacciones hacia las características de los objetos: ¿este material es atractivo? y ¿este material facilita la adquisición de nuevos conocimientos? La escala para las respuestas, así como los *emoticons* asociados a ellas se muestran en la figura 4.

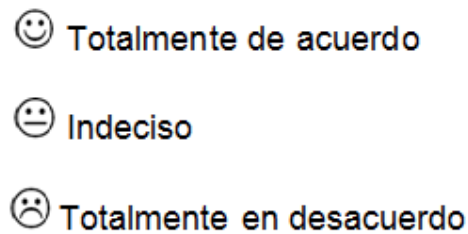


Figura 4. Opciones de respuestas para la medición de reacción afectiva por autorreporte en preguntas realizadas al usuario del EVA.

Una vez obtenidos los indicadores ($h_{dim,i}$), continuamos con el resto de los pasos usados para los patrones de comportamiento y desempeño descritos en la sección anterior.

Partiendo de las aportaciones a la identificación automática de estilos de aprendizaje encontradas en la literatura, proponemos la integración del estado afectivo de los usuarios de un EVA como un patrón adicional al comportamiento y desempeño académico para incrementar la precisión en la identificación de estilos.

DISCUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

En el corto plazo es necesario el desarrollo de un prototipo que valide el mecanismo para la identificación de estilos de aprendizaje propuesto en este trabajo, así como la validación de éste mediante un caso de estudio. Esto implica asegurar las condiciones a través de la configuración de Moodle, e integrar contenidos y actividades de aprendizaje en el marco de un diseño instruccional pertinente y utilizando componentes y características de Moodle que se encuentran comúnmente en los LMS. El objetivo principal sería monitorear los patrones afectivos, de comportamiento y rendimiento de los estudiantes mientras usan el LMS. Luego, se identificarían los estilos usando las reglas propuestas en este trabajo. Por último, los resultados del mecanismo serían contrastados con los obtenidos en la aplicación del instrumento ILS a los estudiantes.

La figura 5 muestra los siguientes pasos en el trabajo con el EVA basado en Moodle.

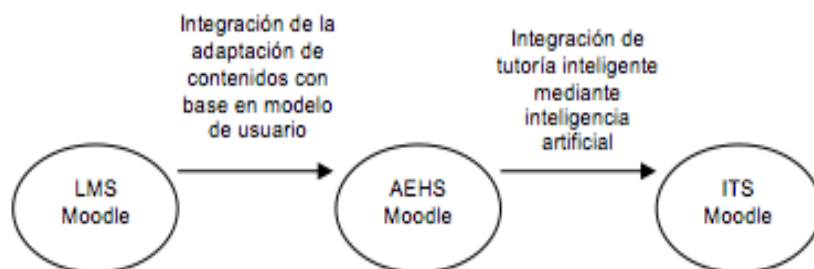


Figura 5. Trabajo futuro en la integración de características a un EVA basado en Moodle.

En el mediano plazo es conveniente incrementar las capacidades de Moodle por medio del desarrollo de extensiones y *plugins* a fin de que le permitan, por una parte, adaptar los contenidos de un curso con base en un modelo de usuario, el cual incluye los estilos de aprendizaje, y por otra, incorporar las características de un ITS y desarrollar componentes que faciliten la tutoría inteligente y la minería de datos educativos con técnicas de inteligencia artificial e ingeniería en software. De igual modo, indagar sobre el monitoreo de otro tipo de señales, como la postura, los gestos del rostro, el pulso y la transpiración para identificar estados de ánimo (frustración, aburrimiento, estrés y estado de flujo) mientras los estudiantes usan un LMS.

CONCLUSIONES

Las reacciones emocionales de los estudiantes cuando usan entornos virtuales de aprendizaje pueden ser monitoreadas, almacenadas y utilizadas junto con otros tipos de patrones, como el de comportamiento y desempeño, para la identificación automática de estilos de aprendizaje. Las reglas que hacen posible integrar estos tres patrones distintos se sustentan en los fundamentos teóricos de las emociones y los estilos de aprendizaje.

La teoría OCC (Ortony, Clore y Collins, 1990) aporta los criterios para la generación de reglas que evalúen las reacciones afectivas monitoreadas por el EVA y su integración con los otros dos patrones (comportamiento y desempeño), de los cuales se reportan fórmulas y rangos en trabajos previos, como los de Graf y Liu (2009), Popescu (2009), Latham et al. (2012), García et al. (2007), y Rovai y Barnum (2003), que, junto con el modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman, permiten la clasificación de los estudiantes.

Finalmente, las características de Moodle plantean una alternativa viable para estudios futuros (que ya se han empezado a llevar a cabo) sobre la validación de las reglas propuestas en este trabajo a través de un mecanismo de identificación automática de estilos de aprendizaje que extiende la funcionalidad básica con la ayuda de módulos adicionales y *plugins*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, C., Herzig, A. & Longin, D. (2009). A logical formalization of the OCC theory of emotions. *Synthese*, vol. 168, núm.2, pp. 201-248. doi: 10.1007/s11229-009-9460-9
- Biggs, J. (1987). *Student Approaches to Learning and Studying. Research Monograph: ERIC*. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED308201.pdf>
- Boekaerts, M. (1993). Being concerned with well-being and with learning. *Educational psychologist*, vol. 28, núm. 2, pp. 149-167. doi: 10.1207/s15326985ep2802_4
- Bower, G. (1992). How might emotions affect learning. En S. Christianson. *The handbook of emotion and memory: Research and theory* (pp. 3-31). Nueva York: Psychology Press.
- Caparrós, A. (1979). *Introducción histórica a la psicología contemporánea. La psicología, ciencia multiparadigmática*. Barcelona: Ediciones Rol.
- Chan, M. (2004). Tendencias en el diseño educativo para entornos de aprendizaje digitales. *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, núm. 10, pp. 5-7. Recuperado de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/551044/2015->

- Conati, C. & Maclaren, H. (2005). Data-driven refinement of a probabilistic model of user affect. En L. Ardissono, P. Brna & A. Mitrovic (eds.). *User Modeling 2005*, vol. 3538, pp. 40-49. Springer Berlin: Heidelberg. doi: 10.1007/11527886_7
- Damasio, A. (1994). *El error de Descartes*. Chile: Editorial Adrés Bello.
- Decety, J. & Keenan, J. (2006). Social neuroscience: A new journal. *Social Neuroscience*, vol. 1, núm. 1, pp. 1-4.
- Ekman, P., Dalgleish, T. & Power, M. (1999). Handbook of cognition and emotion. *Chichester, UK: Wiley*. doi: 10.1002/0470013494
- Felder, R. & Silverman, L. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, vol. 78, núm. 7, pp. 674-681. Recuperado de <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31039406/LS-1988.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1434840078&Signature=Z2h7XRvSUHRKt1evG1nvSJkXjeA%3D&response-content-disposition=inline>
- Feldman, J., Monteserin, A. & Amandi, A. (2014). Automatic detection of learning styles: state of the art. *Artificial Intelligence Review*, pp. 1-30. doi: 10.1007/s10462-014-9422-6
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S. & Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. *Computers & Education*, vol. 49, núm. 3, pp. 794-808. doi:10.1016/j.compedu.2005.11.017
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Nueva York, United States: Basic Books.
- Goleman, D. (1995). *Emotional intelligence*. Nueva York: Bantam Books.
- Graf, S. & Liu, T. (2009). Supporting teachers in identifying students' learning styles in learning management systems: An automatic student modelling approach. *Educational Technology & Society*, vol. 12, núm. 4, p. 3. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.12.4.3>
- James, W. & Blank, W. (1993). Review and critique of available learning-style instruments for adults. *New Directions for Adult and Continuing Education*, vol. 1993, núm. 59, pp. 47-57. doi: 10.1002/ace.36719935907
- Jaques, P. & Vicari, R. (2007). A BDI approach to infer student's emotions in an intelligent learning environment. *Computers & Education*, vol. 49, núm. 2, pp. 360-384. doi:10.1016/j.compedu.2005.09.002
- Johnson-Laird, P. & Oatley, K. (2004). Cognitive and social construction in emotions. En M. Lewis & J. HavilandJones (eds.). *Handbook of emotions* (segunda edición, pp. 458-475). Nueva York: The Guilford Press.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, vol. 1. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Latham, A., Crockett, K., McLean, D. & Edmonds, B. (2012). A conversational intelligent tutoring system to automatically predict learning styles. *Computers & Education*, vol. 59, núm. 1, pp. 95-109. doi:10.1016/j.compedu.2011.11.001
- Lewis, M., Sullivan, M., Stanger, C. & Weiss, M. (1989). Self development and self-conscious emotions. *Child Development*, pp. 146-156. doi: 10.2307/1131080
- Mora-Torres, M., Laureano-Cruces, A. y Velasco-Santos, P. (2011). Estructura de las

- emociones dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje. *Perfiles Educativos*, vol. 33, núm. 131, pp. 64-79. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982011000100005&lng=es&tlng=es
- Ortony, A., Clore, G. & Collins, A. (1990). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge University Press.
- _____. (1996). *La estructura cognitiva de las emociones*. Siglo XXI de España Editores, SA.
- Ostrosky, F. y Vélez, A. (2013, enero-junio). Neurobiología de las emociones. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, vol. 13, núm. 1.
- Popescu, E. (2009). Diagnosing students' learning style in an educational hypermedia system. *Cognitive and emotional processes in Web-based education: Integrating human factors and personalization, advances in Web-based learning book series, IGI Global*, pp. 187-208. Recuperado de http://software.ucv.ro/~epopescu/docs/publications/book_2009.pdf
- Rodríguez, L. & Ramos, F. (2014). Development of computational models of emotions for autonomous agents: a review. *Cognitive Computation*, vol. 6, núm. 3, pp. 351-375. doi: 10.1007/s12559-013-9244-x
- Rovai, A. & Barnum, K. (2003). On-line course effectiveness: An analysis of student interactions and perceptions of learning. *Journal of Distance Education*, vol. 18, núm. 1, pp. 57-73. Recuperado de <http://www.ijede.ca/index.php/ijede/article/view/121/102>
- Russell, J. (1997). How shall an emotion be called? En *Circumplex models of personality and emotions* (pp. 205-220). Washington, DC, EUA: American Psychological Association. doi: 10.1037/10261-009
- Salovey, P. & Mayer, J. (1990). Emotional intelligence. *Imagination, Cognition and Personality*, vol. 9, núm. 3, pp. 185-211.
- Shuck, B., Albornoz, C. & Winberg, M. (2007). Emotions and their effect on adult learning: A constructivist perspective. En S. Nielsen & M. Plakhotnik (eds.). *Proceedings of the Sixth Annual College of Education Research Conference: Urban and International Education Section* (pp. 108-113). Recuperado de <http://digitalcommons.fiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1270&context=sferc>

Acerca de los autores

Guillermo Mario Salazar Lugo

Maestro en Ingeniería de Sistemas con acentuación en Tecnologías de Información. Candidato a doctor en el Instituto Tecnológico de Sonora, México.

Ramona Imelda García López

Doctor en Educación. Profesor-investigador en el Departamento de Educación del Instituto Tecnológico de Sonora, México.

Jorge Arturo Balderrama Trápaga

Doctor en Ciencia del Comportamiento opción Neurociencias. Profesor de la Facultad de Psicología, Región Veracruz de la Universidad Veracruzana, México.

Luis Felipe Rodríguez Torres

Doctor en Ciencias, especialidad en Computación. Profesor-investigador en el Departamento de Computación y Diseño del Instituto Tecnológico de Sonora, México.

Fecha de recepción del artículo: 26/06/2015

Fecha de aceptación para su publicación: 28/09/2015