

Estructura de las emociones dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje¹

MARTHA MORA-TORRES* | ANA LILIA LAUREANO-CRUCES**
PERLA VELASCO-SANTOS***

Este trabajo se centra en el diseño de una estructura de valoración emocional desarrollada para un sistema de aprendizaje inteligente. Esta estructura completará la información proveniente del usuario; de esta forma se pretende potenciar la eficacia de la intervención de este sistema de aprendizaje inteligente a través de la interfaz, representada por un agente pedagógico. Se resalta la importancia de las emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se elabora una propuesta que incluye una metodología de diseño. Lo anterior permite una representación del estado emocional del usuario en un momento dado.

Palabras clave

Sistemas inteligentes de aprendizaje
Proceso de enseñanza-aprendizaje
Computación afectiva
Agentes pedagógicos

This work is centered on the design of a structure for emotional assessment, developed for an intelligent learning system. This structure is meant to complement user data so that the user can improve the intervention effectiveness of the intelligent learning system through an interface, represented by a pedagogical agent. The importance of the emotions in the teaching-learning process is highlighted and a proposal that includes a design methodology is elaborated. This allows for an emotional state representation of the user in a specific moment.

Keywords

Intelligent learning systems
Teaching-learning process
Effective computing
Pedagogical agents

Recepción: 4 de septiembre de 2009 | Aceptación: 26 de abril de 2010

¹ Este trabajo forma parte de las investigaciones desarrolladas por Martha Mora-Torres, para obtener el grado de Doctor en el posgrado de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la UNAM, y Perla Velasco-Santos, para obtener el grado de Maestría en Diseño, Línea Nuevas Tecnologías en la Universidad Autónoma Metropolitana. Ambos forman parte del proyecto *Computación suave y aplicaciones* de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la línea Intelligent E-Learning; durante el año 2010 Martha Mora-Torres fue profesora visitante en la misma Universidad.

* Posgrado de Ciencia e Ingeniería de la Computación de la UNAM y Departamento de Sistemas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Publicaciones: (2009, en coautoría con A. Laureano-Cruces, J. Ramírez-Rodríguez y G. Espinosa-Paredes), "Analysis and Design of the Representation of the Knowledge for the Implementation of a Distributed Reasoning", *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, vol. 16, núm. 2, pp. 267-281; (2010, en coautoría con A. Laureano-Cruces, J. Ramírez-Rodríguez, F. De Arriaga y R. Escarela-Pérez), "Cognitive-Operative Model of Intelligent Learning Systems Behavior", *Interactive Learning Environments*, vol. 18, núm.1, pp. 11-38. CE: kabhun@yahoo.com.mx

** Departamento de Sistemas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Publicaciones: (2008, en coautoría con G. Espinosa-Paredes y U. Olea), "Cognitive Model to Estimate of Static Formation Temperatures in Oil Wells: Inverse Problem", *Petroleum Science and Technology*, vol. 26-6, pp. 625-637; (2010, en coautoría con J. Ramírez-Rodríguez, M. Mora-Torres, F. De Arriaga y R. Escarela-Pérez), "Cognitive-Operative Model of Intelligent Learning Systems Behavior", *Interactive Learning Environments*, vol. 18, núm.1, pp. 11-38. CE: clc@correo.azc.uam.mx

*** Posgrado en Diseño, Línea de Nuevas Tecnologías. Publicaciones: (2010, en coautoría con A. Laureano-Cruces, M. Mora-Torres y M.A. Herrera-Bautista), "Diseño de agentes pedagógicos a partir de los estilos de aprendizaje, una perspectiva a través del color", IV Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje, 27-29 octubre, Texcoco, México; (2010, en coautoría con M. Mora-Torres y A. Laureano-Cruces), "Modelo afectivo-motivacional en el proceso de enseñanza-aprendizaje", en *Avances de las mujeres en las ciencias, las humanidades y todas las disciplinas* (en prensa). CE: pvelasco@correo.azc.uam.mx

Dentro del ámbito de la inteligencia artificial (IA) existe un área muy reciente llamada “computación afectiva”, la cual explica la importancia de las emociones en la cognición humana (toma de decisiones, percepción, interacción humana, inteligencia); aplicar este enfoque a los sistemas de aprendizaje inteligentes (SAI) resulta esencial para potenciar la eficacia del mismo. En el caso que se presenta en este artículo, la interfaz del SAI hace las veces de agente pedagógico, y para dotarlo de credibilidad es necesario lograr que su comportamiento corresponda al estado emocional percibido por parte del usuario. Para lograr lo anterior fue necesario hacer una revisión de las teorías emocionales, siendo la teoría de Ortony, Clore y Collins (1996) una teoría única en el sentido de que proporciona una base sólida para trabajar computacionalmente los modelos emocionales, además de que aporta una metodología libre de contexto; es por ello que fue elegida como base en este trabajo. Esta teoría describe una estructura psicológica general de las emociones de acuerdo a descripciones personales e interpersonales de diversas situaciones. Es importante hacer hincapié en que esta teoría trata a las emociones desde el punto de vista cognitivo.

La propuesta que se expone en este trabajo consiste en el diseño de un modelo cognitivo de los afectos que se producen como una representación cognitiva de las emociones experimentadas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, ligado al mecanismo de razonamiento, que ya conlleva información del estudiante con respecto a su desempeño. Lo anterior tiene como objetivo incrementar el desempeño del agente pedagógico que será utilizado como parte de la interfaz en un SAI.

El enlace entre uno y otro modelo —afectivo y proceso de enseñanza-aprendizaje respectivamente—, se realiza a través de la teoría motivacional, siguiendo la metodología descrita en la última sección de este escrito.

Los sistemas de aprendizaje inteligente (SAI) se han desarrollado como resultado de la evolución de los sistemas de instrucción asistida por computadora (SIAC), al incorporar, principalmente, técnicas de inteligencia artificial (a partir de los años setenta). El término inteligencia utilizado para denominar a estos sistemas se entiende como la capacidad de adaptación dinámica a diferentes tipos de usuarios.

La investigación en el área de los SAI ha estado centrada en diferentes aspectos, como: 1) la inspección de cada uno de sus módulos constituyentes, 2) la elaboración de arquitecturas genéricas, 3) el aprendizaje automático, y 4) la construcción de ayudas de diseño de SAI (Laureano-Cruces, 2000 y Laureano-Cruces y De Arriaga, 2000: 1-47).

Los SAI enfocan el proceso de aprendizaje como una cooperación entre el sistema inteligente y el alumno. Esta cooperación consiste en la realización de tareas por parte del usuario y la aplicación de estrategias por parte del SAI basadas en la percepción del estado cognitivo del usuario. Las estrategias son elegidas con base en la medida de una serie de parámetros como: errores cometidos, estilo de aprendizaje y conocimientos dominados, entre otros (Laureano-Cruces y De Arriaga, 2000: 1-47; Laureano-Cruces, Terán-Gilmore y De Arriaga, 2004: 152-164; Laureano-Cruces, Rodríguez-Ramírez, Mora-Torres, De Arriaga y Escarela-Pérez, 2010: 11-38 y Partala y Surakka, 2004: 295-309).

A finales de los noventa nace una nueva área dentro de las ciencias de la computación en el campo de la inteligencia artificial llamada computación afectiva (Picard, 1995), y a partir de esta fecha las emociones adquieren mayor importancia en el diseño de sistemas. Lo anterior con el fin de producir interfaces más confortables, con mayor credibilidad y que sean capaces de enfocarse en aspectos que potencien y ayuden al usuario durante una interacción en cualquier contexto (Partala y Surakka, 2004: 295-309).

TEORÍAS EMOCIONALES

Actualmente existen, dentro de la psicología de la emoción, varias teorías cuyas diferencias fundamentales se relacionan con la definición de *emoción* y su *conceptualización*. Sin embargo, cabe notar que diferentes teóricos coinciden, en cierta forma, en los elementos que conforman la definición del término “emoción”. Scherer clasifica las teorías emocionales resaltando los principios comunes de cada modelo de acuerdo a su categoría, siendo éstas: dimensional, discreta, orientadas al significado y componenciales (Scherer, 2000: 137-162). Cada categoría responde a un enfoque del proceso emocional.

El modelo propuesto por la teoría de Ortony, Clore y Collins (OCC) se sitúa entre los modelos componenciales por contar con criterios de evaluación, aún cuando también puede incluir aspectos comunes a los modelos orientados al significado. Es en esta teoría en la cual basamos nuestro caso de estudio, y para ello elaboramos una estructura emocional que se liga al proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta teoría nos proporciona un modelo cognitivo básico para ser enlazado con los eventos o acontecimientos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, nos brinda criterios de evaluación utilizados en las relaciones causales entre las emociones y los eventos que constituyen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

TEORÍA OCC

Ortony *et al.* (1996) proponen una *estructura general* en la que se especifica que existen *tres grandes clases de emociones*, cada una de las cuales parte de los tres aspectos destacados del mundo: acontecimientos y sus consecuencias; agentes y sus acciones; y objetos puros y simples.

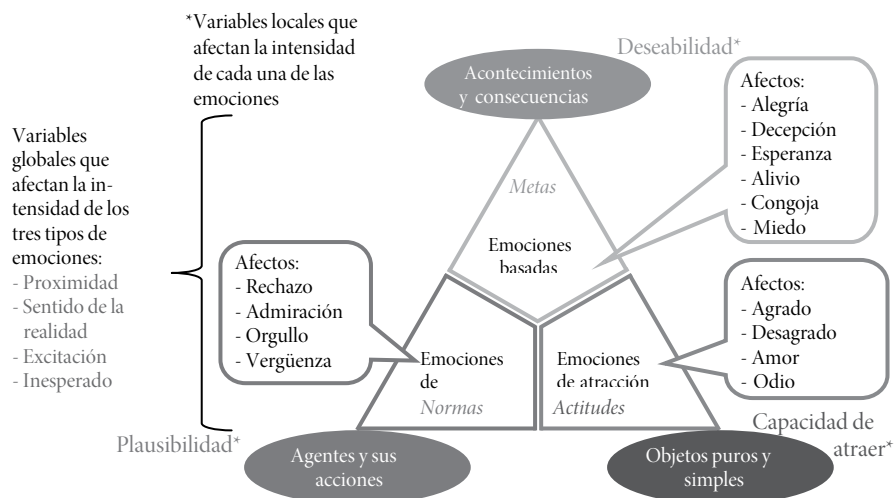
Para ello establece como criterios de valoración: metas para evaluar los acontecimientos; normas para evaluar la acción de los agentes; y actitudes para evaluar los objetos.

Las *tres grandes clases de emociones* son:

- Emociones basadas en acontecimientos: elaboran consecuencias ante acontecimientos deseables o indeseables respecto de las metas.
- Emociones de atribución: atribuyen responsabilidad a los agentes sobre sus acciones en función de normas.
- Emociones de atracción: basadas en actitudes con respecto a los objetos.

Se establecen *variables locales y globales* que modifican la intensidad de las emociones. Como resultado se presentan los afectos ligados a dichas emociones. OCC propone una estructura jerárquica compuesta por una meta superior (general) y sub-metas denominadas *metas instrumentales* (más específicas). Estas metas se relacionan entre ellas con enlaces definidos como: *necesarios, suficientes, facilitadores o inhibidores*. Las metas son de distintas clases: de *persecución activa* (MA) —que uno desea tener hechas—; de *interés* (MI) —que uno desea que sucedan—; y de *re-lleño* (MR) —que son cíclicas, razón por la cual aún cuando se cumplan no se abandonan—. La Fig. 1 resume la teoría OCC.

Figura 1. Las emociones según la teoría OCC



TRABAJOS BASADOS EN LA TEORÍA OCC Y AGENTES PEDAGÓGICOS

Conati y MacLaren han propuesto un modelo fundamentado en la teoría OCC manejando seis de las 22 emociones que propone esta teoría. Se trata de un modelo probabilístico emotivo del usuario basado en redes bayesianas dinámicas, diseñado para detectar múltiples emociones (Conati y MacLaren, 2005: 40-49). Este modelo se enfoca en las emociones relacionadas con los objetivos o metas que se persiguen en los juegos didácticos. Nuestra propuesta explicita la representación cognitiva de las emociones ligadas al modelo del proceso de enseñanza-aprendizaje, fundamentándonos también en la teoría OCC. En el caso de estudio no sólo se consideran las emociones basadas en acontecimientos y relacionadas con las metas, sino también las relacionadas con las normas (específicamente de rendimiento) y la atracción de los usuarios respecto de los agentes y sus acciones, y a los objetos puros y simples del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Jaques y Viccari 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 (Jaques y Viccari, 2007: 360-384). Inferen las emociones satisfacción/decepción, alegría/pena, gratitud/ira y orgullo/vergüenza de acuerdo al modelo psicológico de la teoría OCC a través de la conducta observada en el usuario. Esta información afectiva acerca del usuario es utilizada para dotar a un agente pedagógico con la capacidad de animación. Este último es responsable de motivar al usuario y promover emociones positivas a través de sus movimientos. Este agente es parte de una arquitectura multiagente de un sistema colaborativo educativo que consta de dos módulos: a) *la mente*, responsable del diagnóstico y la selección de la táctica afectiva, y b) *el cuerpo*, responsable de la selección de una actitud emotiva, representada por una conducta física y de seleccionar el discurso para la táctica que ha sido elegida por el módulo de *la mente*. Nuestra propuesta también obtiene el estado emocional a partir de una evaluación del comportamiento del usuario en la interfaz, pero a diferencia del modelo de Jaques y Viccari, la implementación del modelo se hará utilizando mapas cognitivos difusos (Kosko, 1986: 65-75 y 1992). Esta última será ligada a la ya establecida para el proceso de enseñanza-aprendizaje inspirada en el modelo de un tutor de didáctica general. Lo

anterior permite un procesamiento paralelo y distribuido que ofrece una causalidad distribuida entre todos los elementos involucrados en el proceso (Mora-Torres, Laureano-Cruces, Ramírez-Rodríguez y Espinosa-Paredes, 2009: 267-281), que en este caso de estudio corresponde al proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, para el diseño se consideran las tres dimensiones propuestas en el marco teórico de OCC; esto permitirá incorporar información proveniente de los afectos del usuario con el fin de potenciar las interacciones SAI-usuario a través de su interfaz, representada por un agente pedagógico.

Finalmente, en el trabajo de Laureano-Cruces *et al.* (2004: 152-164) y Laureano-Cruces *et al.* (2010: 11-38) se pretende adaptar la conducta de la intervención tutorial del sistema de aprendizaje inteligente dentro de la conducta de un *avatar*, sintonizando el modelo de las intervenciones cognitivas con las conductas que se desea exhiba el agente pedagógico. Lo anterior con base en un modelo de intervención tutorial que contempla aspectos de un tutor de didáctica general como son: gusto por seguir, necesidad de ayuda, uso de incentivos, errores específicos del dominio, entre otros. En la Tabla 1 se encuentran especificados estos aspectos. Nuestra propuesta considera esta intervención tomando en cuenta el aspecto afectivo motivacional, y para ello es importante mencionar el aporte que la teoría de la motivación hace a nuestro trabajo.

TEORÍA DE LA MOTIVACIÓN

La teoría de la motivación permite explicar el por qué de un comportamiento, de aquí su importancia para nuestro trabajo. Esta teoría nos permitirá enlazar y de esta forma hacer corresponder los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje (que incluye varios elementos relacionados con la motivación) con el modelo del comportamiento del tutor (en nuestro caso el sistema tutorial), que será acorde al comportamiento emocional

inferido a partir del usuario. El comportamiento emocional está relacionado directamente con la motivación, debido a que las emociones constituyen una de las fuentes de esta última (Reeve, 2003).

La teoría de la motivación explica, además, cómo inferir la motivación a partir principalmente de observar las manifestaciones de la conducta motivada, es decir, los aspectos de la conducta (por ejemplo, comer muy rápido expresa que se tiene hambre). Existen siete aspectos de la conducta que revelan la presencia y la intensidad de la motivación y son: esfuerzo, latencia, persistencia, elección, probabilidad de respuesta, expresiones faciales y expresión corporal. Nuestro modelo cognitivo incluye la evaluación de cada uno de ellos, con excepción de los dos últimos; sin embargo, las expresiones faciales y la expresión corporal son consideradas en el diseño de la interfaz que consiste en un avatar como agente pedagógico comunicador de emociones.

AGENTES PEDAGÓGICOS Y SU RELEVANCIA EN LA COMUNICACIÓN (LOS AVATARES COMO COMUNICADORES DE EMOCIONES)

La interacción cotidiana entre personas se basa en la comunicación no verbal, es decir, en las expresiones faciales y corporales. La captación de un mensaje transmitido cara a cara depende en un 7 por ciento de las palabras usadas, en un 38 por ciento de la forma de usar la voz (tono y volumen) y en un 55 por ciento de la gesticulación o conformación facial. Por esta razón, Ortiz-Nicolás (2008) considera fundamental incluir en las interfaces multimodales, módulos que permitan interpretar y generar comunicación no verbal, específicamente emocional; propone el uso de avatares (personajes virtuales) como una de las mejores formas en que los sistemas informáticos pueden emitir información no verbal (a través del rostro, gestos de las manos, las posturas y los ritmos), de manera que se emule la interacción

entre personas. Para lograr que la expresión del avatar sea *ad-hoc* con el estado emocional percibido por parte del usuario se considera necesario establecer una estructura emocional, misma que se desarrolla en nuestra propuesta.

NUESTRA PROPUESTA

Nuestra propuesta hace explícita la estructura emocional (utilizando el modelo de la teoría OCC). Esta estructura es ligada al proceso de enseñanza-aprendizaje descrito en Laureano-Cruces *et al.* (2004: 152-164) y Laureano-Cruces *et al.* (2010: 11-38) con el fin de conjugarla con las intervenciones cognitivas basadas en las estrategias del sistema de aprendizaje inteligente; esto tiene el propósito de incrementar la

eficacia de estas intervenciones con información de los afectos del usuario. La interacción se desarrolla a través de la interfaz, representada en este caso por un agente pedagógico. En el punto que sigue se especifica cada uno de los elementos que conforman el proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A).

Proceso de enseñanza-aprendizaje y parámetros relacionados con el entorno de evaluación

La estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje con la cual se relaciona la estructura emocional consta de una serie de elementos, cada uno de los cuales está relacionado con un parámetro del entorno cognitivo del usuario (Tabla 1).

Tabla 1. Elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje

Elementos	Descripción	Causas que originan la presencia de cada uno de los elementos del proceso E-A, de acuerdo a la tarea cognitiva	Actividad del usuario o del SAI producida en el entorno a evaluar que permite identificar la presencia del elemento del proceso E-A
Interés	Interés en el tema de la tarea propuesta.	Motivación, estilo de aprendizaje del usuario.	El interés se determina por el efecto del resto de los elementos.
Deseo	Deseo por continuar realizando la tarea propuesta.	Motivación, estilo de aprendizaje del usuario.	El deseo se determina por el efecto del resto de los elementos.
Ayuda	Posibilidad de solicitar ayuda para realizar la tarea propuesta.	Confianza en el tutor/entorno.	Solicitud y ejecución de ayuda.
Estrategias cog/op	Aplicación de estrategias cognitivas y operativas de acuerdo al estado del resto de los elementos.	Motivación por parte del SAI.	Aplicación de estrategias cognitivas/operativas por parte del SAI.
Interrupción	Necesidad de interrumpir la tarea propuesta.	Habilidad para organizar, usar estrategias operativas y/o cognitivas, llevar una discusión constructiva, ser oportuno.	Interrupción de la tarea por parte del SAI.
Renuncia	Posibilidad de salir del SAI sin terminar la tarea propuesta.	Falta de interés y/o habilidades previas.	Salida del SAI con la posibilidad de guardar la sesión.
Aprendizaje	Desarrollar habilidades y competencias.	Estrategias diversas que alientan el aprendizaje.	Tarea realizada correctamente (puntaje de acuerdo al tipo de aciertos).

Tabla 1. Elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje (continuación)

Elementos	Descripción	Causas que originan la presencia de cada uno de los elementos del proceso E-A, de acuerdo a la tarea cognitiva	Actividad del usuario o del SAI producida en el entorno a evaluar que permite identificar la presencia del elemento del proceso E-A
Tiempos inactivos	Posibilidad de que no realice acción alguna por periodos prolongados según el experto.	Falta de entendimiento o interés en el ejemplo o concepto; distracción, cansancio, frustración, múltiples tareas.	Tiempo establecido por el experto. Se cuenta con un botón de activación y pausa del conteo para atender otras tareas.
Errores	Posibilidad de cometer errores durante la realización de la tarea propuesta.	Nivel de la habilidad alcanzada tomando en cuenta los diferentes estilos de aprendizaje, distracción, falta de interés, cansancio.	Errores cometidos (considerando el tipo de error).

Una vez descritos los elementos del proceso E-A nos enfocaremos en los criterios de la teoría OCC y cómo intervienen en el desarrollo de la estructura emocional realizada.

Metas, normas y actitudes en el proceso de enseñanza-aprendizaje

De acuerdo con la teoría OCC, la estructura emocional se desarrolla atendiendo los tres criterios ya mencionados: metas, normas y actitudes. En nuestro caso la meta es adquirir la habilidad propuesta por el SAI, y para ello, los aspectos que se toman en cuenta son los acontecimientos deseables (cumplir con los objetivos instruccionales, entender los contenidos, etc.) y los acontecimientos indeseables (la renuncia, es decir, salir del SAI sin finalizar las tareas).

Respecto a las normas, se consideran aquellas que impliquen el rendimiento del usuario, en otras palabras, su desempeño. Lo anterior tiene una relación con el nivel de compromiso que se tiene con el estudio: porcentaje cubierto de entrega de tareas, porcentaje de asistencia, material cubierto en un determinado tiempo, entre otros.

En cuanto a las actitudes, nos referimos a las preferencias hacia un tipo de tareas o estrategias de acuerdo a los estilos de aprendizaje y al perfil del usuario, todo esto en correspondencia con el tipo de agente pedagógico.

Después de establecer el marco teórico, nuestra propuesta se desarrolló conforme a la metodología descrita en el punto que sigue.

METODOLOGÍA

De acuerdo a la propuesta de Castañeda y Martínez (1999: 251-278), Laureano-Cruces (2000) y Laureano-Cruces y De Arriaga (2000: 1-47), el procedimiento para modelar una conducta cognitiva consta de tres etapas: la primera comprende el análisis del dominio que permite indicar el conocimiento y las habilidades necesarias; en esta etapa es necesario contar con las herramientas utilizadas por la psicología cognitiva como son: los modelos mentales, el análisis cognitivo de tareas, grafos genéticos, y el modelo cognitivo de emociones, entre otros. La segunda etapa consiste en el modelado del dominio: se fija el nivel de demanda, es decir, se determina si el SAI es para principiantes o avanzados y se especifican las tareas que permitirán obtener evidencias para evaluar el aprendizaje. En la tercera etapa se construye la base de conocimientos del dominio, y para ello es necesaria la representación del problema mediante las técnicas de representación de inteligencia artificial, que en el caso de estudio serán los mapas cognitivos difusos (Kosko, 1986: 65-75 y 1992; Mora-Torres, 2007 y Mora-Torres *et al.*, 2009:

267-281). Cabe mencionar que el modelo cognitivo se ve enriquecido por los modelos mentales afectivo-motivacionales que se traducen en una fuente de información adicional.

Dentro del marco operativo que se propone como guía de la metodología se consideran dos aspectos: el fomento de la transformación novato-experto, y contar con índices de precisión y velocidad.

Especificación del dominio

Para realizar la estructura emocional es necesario establecer el dominio sobre el cual se enfoca dicha estructura. El diseño de la didáctica del SAI se realiza de acuerdo a los objetivos instruccionales del dominio, que en nuestro caso es *programación estructurada*. Este dominio se encuentra comprendido en una asignatura de ingeniería y pertenece al tronco común. El dominio se describe en Sánchez-Guerrero (2009) y Sánchez-Guerrero, Laureano-Cruces, Mora-Torres y Ramírez-Rodríguez (2009: 1917-1926).

Los llamados objetivos instruccionales (OI) representan las sub-habilidades y capacidades cognitivas que el SAI desea transmitir al usuario (Laureano-Cruces y De Arriaga, 2000: 1-47; Laureano-Cruces, Terán-Gilmore, De Arriaga y Alami, 2003: 35-41; Laureano-Cruces, Terán-Gilmore y Rodríguez-Aguilar, 2005; Laureano-Cruces, Sánchez-Guerrero, Mora-Torres y Ramírez-Rodríguez, 2008: 1728-1736). Los OI representan una guía para que el usuario interactúe con el SAI (a través de explicaciones, comentarios, ejemplos gráficos, etc.). Lo anterior provee continuidad dentro de la sesión instruccional; dicha continuidad es administrada a través de las intervenciones del agente pedagógico (Lester y Stone, 1997: 16-21; Lester, Callaway, Grégoire, Stelling, Towns y Zettlemoyer, 2001; Laureano-Cruces, 2004; Laureano-Cruces *et al.*, 2005; Velasco-Santos, Laureano-Cruces, Mora-Torres y Sánchez-Guerrero, 2008: 108-113).

La estructura de un OI (Castañeda, García y González, 2006: 145-170) consta básicamente

de un verbo que representa las operaciones cognitivas subyacentes a la acción, y sustantivos que representan conocimientos donde se manifiestan las operaciones cognitivas. Por lo anterior es necesario el uso de dos taxonomías para analizar los OI: la primera permite identificar la operación cognitiva subyacente en el OI, y la segunda permite identificar el tipo de conocimiento (factual, conceptual o procedimental) implícito en el OI.

Las operaciones cognitivas y el tipo de conocimiento se identifican de acuerdo con las capacidades cognitivas necesarias en el dominio, que en el caso de estudio se refieren a la programación estructurada (Sánchez-Guerrero, 2009 y Sánchez-Guerrero *et al.*, 2009: 1917-1926) y a las taxonomías para analizar los OI (Castañeda *et al.*, 2006: 145-170; González, Castañeda y Maytorena, 2009) (Tabla 2).

En la Tabla 2 las columnas están representadas por los siguientes contenidos:

- Categoría de operación cognitiva: la taxonomía que nos auxilia en la identificación de las operaciones cognitivas subyacentes en un OI está compuesta por tres categorías de operaciones cognitivas: 1) comprender y organizar conocimiento, 2) aplicar conocimiento a situaciones cotidianas, y 3) resolver problemas. Cada categoría reúne un grupo de operaciones cognitivas que lleva a cabo demandas específicas, por ejemplo la categoría comprender y organizar reúne a las operaciones identificar, clasificar y traducir.
- Operación cognitiva: las operaciones cognitivas demandan acciones necesarias para el tratamiento del conocimiento involucrado en el dominio específico.
- En las siguientes columnas se indica el tipo de conocimiento del dominio, que en el caso de aplicación es la programación estructurada: 1) factual, referente a los hechos; 2) conceptual, referente al

conocimiento contextualizado en un dominio específico; 3) procedimental, referente al conocimiento que involucra un orden específico; y 4) autorregulatorio, referente a la cognición en general y a la conciencia y el conocimiento sobre la propia cognición, es decir, a la capacidad con que cuenta el usuario para darse cuenta de su aprendizaje visto a través de lo que ha aprendido y lo que ha aprendido mal y es necesario corregir.

La tabla resume el análisis del dominio “programación estructurada” a través del análisis de sus objetivos instruccionales. En

este análisis se identifican los conocimientos involucrados en dicho dominio y las diferentes operaciones cognitivas necesarias para el tratamiento de todo el conocimiento involucrado en el mismo dominio. Lo anterior para garantizar que el SAI transmita las sub-habilidades y capacidades cognitivas al usuario. Estas sub-habilidades y capacidades adquiridas representan el aprendizaje del dominio “programación estructurada”.

Las taxonomías que nos auxiliaron para este análisis han sido probadas y utilizadas en la construcción de exámenes objetivo de salón de clases y a gran escala (Castañeda *et al.*, 2006: 145-170; González *et al.*, 2009).

Tabla 2. Matriz de identificación del contenido del dominio

Categoría de operación cognitiva	Operación cognitiva	Tipos de conocimiento			
		Factual	Conceptual	Procedimental	Autorregulatorio
C O M P R E N D E R Y O R G A N I Z A R	Identificar	Conocimiento previo: operadores y otros componentes. Elementos de la programación estructurada.	Abstracción, estructuras de control, variables/ constantes, tipos de datos.	Reglas de sintaxis que aplican para cada concepto de acuerdo a los lenguajes imperativos.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Clasificar	Operadores: asignación, aritméticos, relacionales, lógicos. Otros componentes: comentarios, identificadores y palabras reservadas. Elementos de la programación estructurada.	Abstracción: procedimental y funcional. Estructuras de control: secuencia, selección e iteración. Variables/ constantes: locales y globales. Tipos de datos: carácter, lógico y numérico.	Clasifica los elementos de la sintaxis de lenguajes imperativos a través del pseudocódigo. Con lo anterior se pretende una comprensión libre de sintaxis.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Traducir	Elementos a pseudocódigo.	Conceptos en pseudocódigo.	Procedimientos en pseudocódigo.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.

Tabla 2. Matriz de identificación del contenido del dominio (continuación)

Categoría de operación cognitiva	Operación cognitiva	Tipos de conocimiento			
		Factual	Conceptual	Procedimental	Autorregulatorio
A P L I C A R C O N O C I M I E N T O	Analizar	Tipos de datos y tipos de estructuras de control existentes.	Conceptos a analizar: variable, constante, cadena, carácter, entero, flotante, booleano, abstracción, secuencia, selección, iteración.	Analiza los procedimientos para cada concepto.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Inferir	El tipo de estructura de control o tipo de dato a utilizar	Infiere qué conceptos están involucrados.	Infiere qué procedimiento es mejor en cada caso.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Comparar	Elementos a comparar: tipos de estructuras, tipos de datos.	Diferencias y similitudes entre los tipos de conceptos: entre abstracción procedimental y funcional; entre la secuencia simple y múltiple; entre la iteración condicional y no condicional; entre variables y constantes; local y global; entre carácter, lógico booleano; y numérico entero y flotante.	Compara los resultados obtenidos con cada procedimiento: si es abstracción procedimental o funcional; si es una secuencia simple o múltiple; si es una iteración: ciclo condicional <i>Hacer-mientras, ciclo condicional mientras o progresión aritmética.</i>	<i>Usuario:</i> eficacia <i>Tarea:</i> orientación al logro <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.

Tabla 2. Matriz de identificación del contenido del dominio (continuación)

Categoría de operación cognitiva	Operación cognitiva	Tipos de conocimiento			
		Factual	Conceptual	Procedimental	Autorregulatorio
R E S O L V E R	Tomar decisiones	Tipos de datos y tipos de estructuras de control utilizadas para resolver un requerimiento.	Conceptos involucrados en el procedimiento que decide utilizar.	Decide utilizar uno de los procedimientos de acuerdo a la tarea propuesta.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Evaluar	Tipos de datos y tipo de estructura de control evaluada.	Concepto involucrado en la evaluación del procedimiento.	Evalúa el resultado obtenido con el procedimiento utilizado.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.
	Corregir errores	Tipos de datos.	Declaración de tipos de datos.	Cambiar de procedimiento si éste no fue el adecuado, y en su caso añadir las estructuras de control necesarias para satisfacer las condiciones para utilizar el procedimiento elegido.	<i>Usuario:</i> eficacia. <i>Tarea:</i> orientación al logro. <i>Materiales:</i> evaluación y regulación.

Estructura de la valoración

Siguiendo el desarrollo de la metodología ya mencionada, una vez realizado el análisis del dominio de aplicación desde el punto de vista cognitivo-operacional continuamos con el análisis del dominio desde el punto de vista afectivo-motivacional a través de las metas y submetas de la estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje, de acuerdo a la teoría OCC.

La interacción del usuario-SAI se realiza a través de la tarea diseñada de acuerdo al contenido del dominio específico resumido en la Tabla 2. En esta interacción usuario-SAI se identifican metas a cumplir por parte

del usuario y acontecimientos presentes a lo largo del desarrollo de la interacción. En la estructura de la Fig. 2 se reflejan las metas y acontecimientos y se asocian afectos producidos por los tres tipos de emociones. La estructura tiene como meta superior (general) adquirir la habilidad propuesta por el SAI, es decir, entender los elementos de la programación estructurada: tipos de datos (carácter, lógico y numérico), variables y constantes; abstracciones procedimentales y funcionales; y estructuras de control de secuencia (simple y múltiple), selección e iteración (condicional y no condicional). Los *acontecimientos deseables* son entender los contenidos y aprender

de los errores cometidos. Los *acontecimientos indeseables* son la renuncia o cometer los mismos errores una y otra vez; esto último significaría alejarse de la meta superior. Para alcanzar esta meta superior es necesario establecer las *metas instrumentales* (más específicas).

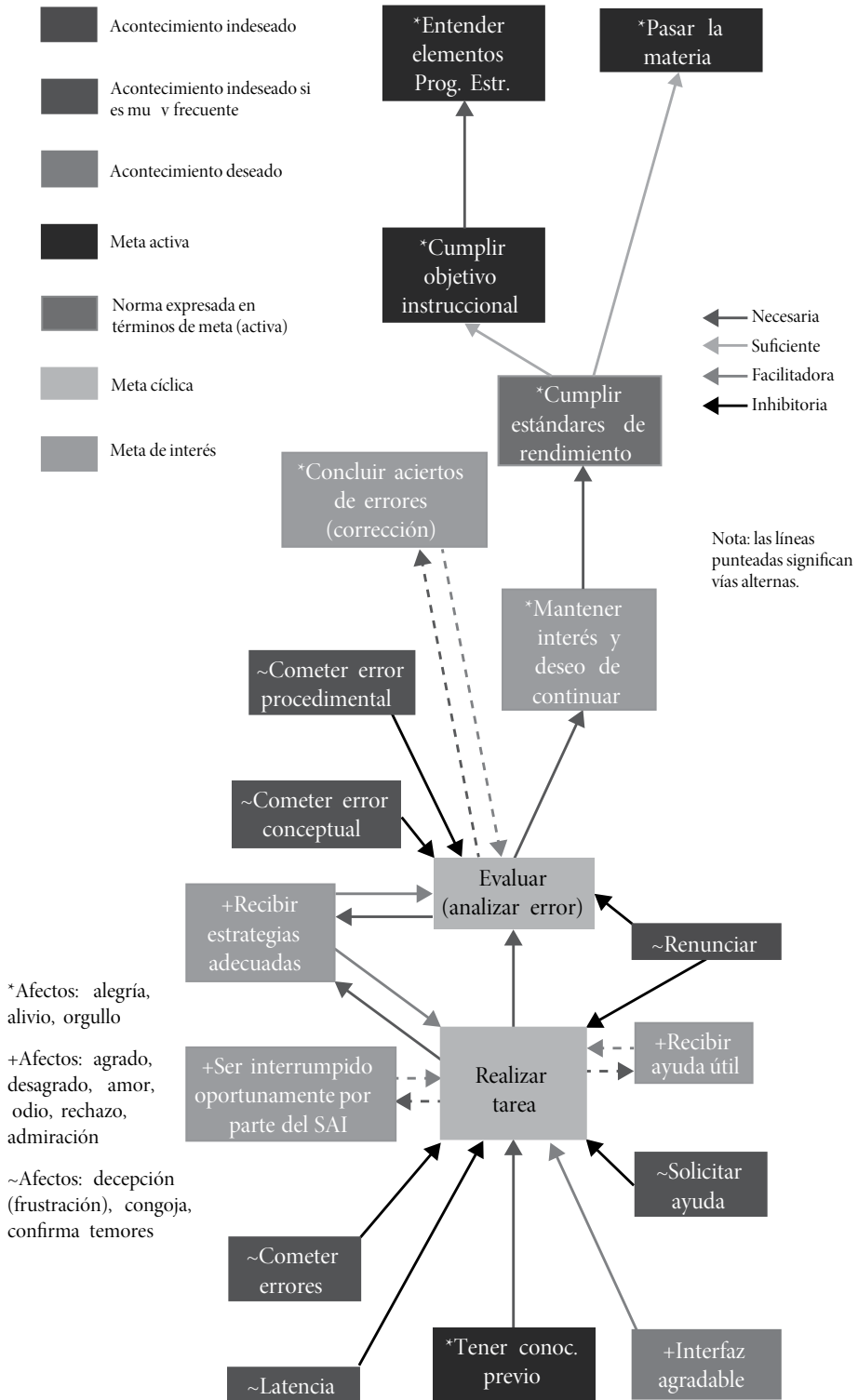
La estructura para el proceso de enseñanza-aprendizaje cuenta con las siguientes metas instrumentales: *tener conocimiento previo* (meta inferior); *realizar las tareas* propuestas por el SAI; y cumplir con el *objetivo referente a una meta instruccional*. Todas ellas entran dentro de la clasificación de metas de persecución activa porque dependen del usuario. Además, se tiene como meta de interés *concluir aciertos*, incluyendo aquéllos que son producto de los *errores cometidos*. Esta última parte involucra un deseo por parte del usuario que implica preservar el estado de avance continuo una vez que el SAI aplica las estrategias. Los *errores y solicitar ayuda* constituyen acontecimientos deseables hasta cierto punto, ya que cometerlos o solicitarlos frecuentemente termina por causar *frustración*. Como acontecimiento indeseable se encuentra la *renuncia*, porque impide alcanzar la meta superior. Por parte del SAI existe una meta activa que está relacionada con el uso de las *estrategias adecuadas en el momento adecuado*, utilizando para ello su interfaz (agente pedagógico).

Emociones de la estructura de valoración

El proceso de valoración de los acontecimientos deseables o indeseables, de las acciones del usuario o del SAI, y de los contenidos (tareas, textos vistos como objetos), generan emociones que pueden estar basadas en acontecimientos, atribución o atracción; todas son representadas cognitivamente como afectos.

Las emociones basadas en acontecimientos se presentan dependiendo de la realización de las tareas y de la expectativa, las cuales originan los afectos de alegría si se cumplió con la expectativa, o de alivio si no se cumplió el temor. En caso contrario, se manifestarán: la decepción si no se cumplió la expectativa, o la congoja por la confirmación de los temores. Las emociones de atribución se experimentan al evaluar la acción del SAI (estrategias utilizadas) o del propio usuario al realizar las tareas propuestas de acuerdo o no a las normas de rendimiento (cubrir un porcentaje del material en un tiempo determinado) y originan los afectos de rechazo, admiración, orgullo y vergüenza. Respecto a las emociones de atracción, éstas se experimentan al evaluar las tareas de acuerdo a la preferencia (actitud hacia las tareas vistas como objetos) y originan los afectos de agrado, desagrado, amor y odio. En el caso del estilo del agente pedagógico, contamos con agrado o rechazo. Las emociones referentes a la estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje se resumen en la Fig. 2.

Figura 2. Estructura de valoración emocional



Avatares

Se diseñó un agente pedagógico que evoca, a través de expresiones faciales, los afectos necesarios en la instrumentación de las estrategias cognitivas-afectivas en el entorno del proceso de enseñanza-aprendizaje. En las Figs. 3, 4, 5 y 6 se muestran algunas de ellas.

Figura 3. Alegría



Figura 4. Alivio



También se muestran algunas otras expresiones como el interés y la simpatía, útiles para la interacción entre el agente pedagógico (SAI) y el usuario.

Figura 5. Interés



Figura 6. Simpatía



CONCLUSIONES

Uno de los principales objetivos de la inteligencia artificial es simular el comportamiento humano, sea éste cognitivo o físico. Al objetivo anterior le subyace otro y es crear sistemas que se adapten al ser humano y vuelvan más agradable la interacción con dispositivos que se crean para su beneficio como son: el uso de cajeros automáticos personales, casas inteligentes, interfaces médicas personalizadas; y en el caso de estudio, sistemas de aprendizaje personalizados. Las emociones se habían dejado de lado en el diseño de estos dispositivos, pero a finales de los noventa se comienza un esfuerzo por que éstas sean incluidas. Las historias de ciencia ficción ya nos hablan de estas interfaces; baste recordar a Hall, la interfaz de *Odisea del espacio*. El trabajo que se presenta es una contribución a esta rama tan joven llamada *computación afectiva*.

La comunicación no verbal desempeña un papel relevante en nuestras relaciones humanas, pues se influye en la otra persona por medio de expresiones y se transmite información sobre el estado emocional de los interlocutores; es por ello que se considera a un avatar (en el caso de estudio agente pedagógico) como la interfaz adecuada para la interacción SAI-usuario. La consideración del avatar (agente pedagógico) es adecuada si la intervención del mismo se fundamenta en una estructura emocional que haya sido diseñada de acuerdo al estado emocional percibido del usuario. La

estructura desarrollada en este trabajo se diseñó tomando en cuenta estas consideraciones. Además, este tipo de interacción garantiza la calidad de la misma.

Este artículo desarrolla el análisis y diseño de una estructura de valoración emotiva genérica, ligada a un entorno físico específico. Esta estructura alimentará al modelo del estudiante y al módulo tutor, a quien le dará

pistas sobre el estado emotivo del usuario. Lo anterior dará pauta para elegir la mejor estrategia cognitiva-afectiva que mostrará el agente pedagógico, potenciando de esta manera la eficacia de esta intervención. Finalmente, el desarrollo de estas interfaces implica una interacción más rica, ya que se incorporan a ella dos fuentes de información provenientes del usuario: la cognitiva y la afectiva.

REFERENCIAS

- CASTAÑEDA, S. y R. Martínez, (1999), "Enseñanza y aprendizaje estratégicos. Modelo integral de evaluación e instrucción", *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, Monográfico: Cognición, educación y evaluación, vol. 4, núm. 2B, pp. 251-278.
- CASTAÑEDA, S., R. García y R.E. González (2006), "Diseñando exámenes", en S. Castañeda (ed.), *Evaluación del aprendizaje en el nivel universitario Elaboración de exámenes y reactivos objetivos*, México, UNAM, pp. 145-170.
- CONATI, C. y H. MacLaren (2005), "Data-Driven Refinement of a Probabilistic Model of User Affect", en L. Ardisson, P. Brna y A. Mitrovic (eds.), *User Modeling 2005, Lecture Notes in Computer Science*, Berlín, Heidelberg, Springer, vol. 3538, pp. 40-49.
- GONZÁLEZ, D., S. Castañeda y M. Maytorena (2009), *Estrategias referidas al aprendizaje, la instrucción y la evaluación*, México, Pearson Educación.
- JAQUES, P. y R.M. Vicari (2007), "A BDI Approach to Infer Student's Emotions in an Intelligent Learning Environment", *Computers & Education*, vol. 49, núm. 2, pp. 360-384.
- KOSKO, B. (1986), "Fuzzy Cognitive Maps, International", *Journal of Man-Machine Studies*, vol. 24, pp. 65-75.
- KOSKO, B. (1992), *Neural Networks and Fuzzy Systems. A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, New Jersey, Prentice-Hall.
- LAUREANO-Cruces, A. (2000), *Interacción dinámica en sistemas de enseñanza inteligentes*, Tesis Doctoral, México, UNAM-Instituto de Investigaciones Biomédicas.
- LAUREANO-Cruces, A. y F. De Arriaga (2000), "Reactive Agent Design for Intelligent Tutoring Systems", *Cybernetics and Systems. An International Journal*, vol. 31, núm. 1, pp. 1-47.
- LAUREANO-Cruces, A., A. Terán-Gilmore, F. De Arriaga y E. Alami (2003), "La importancia de las estrategias cognitivas en el diseño del currículo didáctico", *Memorias del XVI Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI*, 22-24 de octubre, Zacatecas, vol. I, pp. 35-41.
- LAUREANO-Cruces, A. (2004), "Agentes pedagógicos", *Memorias del XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI*, 20-22 de octubre, Tepic, Nayarit [disponible en CD].
- LAUREANO-Cruces, A., A. Terán-Gilmore y F. De Arriaga (2004), "A Learning Model Based on a Didactic Cognitive Approach: The case of single-degree-of-freedom systems", *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 12, núm. 3, pp. 152-164.
- LAUREANO-Cruces, A., A. Terán-Gilmore y R.M. Rodríguez-Aguilar (2005), "Cognitive and Affective Interaction in a Pedagogical Agent", *Memorias del XVIII Congreso Nacional y IV Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI*, 26-28 de octubre, Torreón, Coahuila [disponible en CD].
- LAUREANO-Cruces, A., L. Sánchez-Guerrero, M. Mora-Torres y J. Ramírez-Rodríguez (2008), "Learning Objects and Personalized Instruction", en G. Richards (ed.), *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2008*, Chesapeake, VA, AACE, pp. 1728-1736.
- LAUREANO-Cruces, A., J. Ramírez-Rodríguez, M. Mora-Torres, F. De Arriaga y R. Escarela-Pérez (2010), "Cognitive-Operative Model of Intelligent Learning Systems Behavior", *Interactive Learning Environments*, vol. 18, núm.1, pp. 11-38.

- LESTER, J.C. y B.A. Stone (1997), "Increasing Believability in Animated Pedagogical Agents", en W. Lewis Johnson (ed.), *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, Marina del Rey, Ca, febrero 5-8, Nueva York, ACM, pp. 16-21.
- LESTER, J., Ch. Callaway, J. Grégoire, G. Stelling, S. Towns y L. Zettlemoyer (2001), "Animated Pedagogical Agents in Knowledge-Based Learning Environments", en Kenneth D. Forbus, Paul J. Feltovich (eds.), *Smart Machines in Education*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- MORA-TORRES, M. (2007), *Sistema experto en la toma de decisiones de un escenario de riesgo: LOCA pequeño en una planta nucleoelectrica*, Tesis de Maestría, México, UNAM-Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación
- MORA-TORRES, M., A. Laureano-Cruces, J. Ramírez-Rodríguez y G. Espinosa-Paredes (2009), "Analysis and Design of the Representation of the Knowledge for the Implementation of a Distributed Reasoning", *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, vol. 16, núm. 2, pp. 267-281.
- ORTIZ-NICOLÁS, A. (2008), *Avatares para la interacción emocional*, Tesis doctoral, Laboratorio de Interacción Persona-Computador para Necesidades Especiales/UPV-EHU, en: http://www.universia.es/portada/actualidad/noticia_actualidad.jsp?noticia=96983 (consulta: 31 de julio de 2009).
- ORTONY, A., G.L. Clore y A. Collins (1996), *La estructura cognitiva de las emociones*, Madrid, Siglo XXI.
- PARTALA, T. y V. Surakka (2004), "The Effects of Affective Interventions in Human-Computer Interaction", *Interacting with Computers*, vol. 16, núm. 2, pp. 295-309.
- PICARD, R.W. (1995), *Affective Computing*, Technical Report núm. 321, MIT Media Laboratory Perceptual Computing Section, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- REEVE, J. (2003), *Motivación y emoción*, México, McGraw Hill/Interamericana.
- SÁNCHEZ-Guerrero, L. (2009), *Sistema de aprendizaje inteligente con objetos de aprendizaje (ProgEst)*, Tesis de Maestría, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco-Posgrado en Ciencias de la Computación.
- SÁNCHEZ-Guerrero, L., A. Laureano-Cruces, M. Mora-Torres y J. Ramírez-Rodríguez (2009), "An Intelligent Learning System Within a Learning Object", en T. Bastiaens, J. Dron & C. Xin (eds.), *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate Government, Healthcare, & Higher Education 2009*, Chesapeake, VA, AACE, pp. 1917-1926.
- SCHERER, K.R. (2000), "Psychological Models of Emotion", en J.C. Borod (ed.), *The Neuropsychology of Emotion*, Nueva York, Oxford University Press.
- VELASCO-Santos, P., A. Laureano-Cruces, M. Mora-Torres y L. Sánchez-Guerrero (2008), "La importancia del diseño de una interfaz en el proceso de enseñanza-aprendizaje", *Memorias*, XXI Congreso Nacional y VII Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI, 1-3 de octubre, Monterrey, pp. 108-113 [disponible en CD].