

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS EFECTOS DE LAS MODALIDADES INTERACTIVAS EN EL APRENDIZAJE EN LÍNEA

EDUARDO PEÑALOSA CASTRO / SANDRA CASTAÑEDA-FIGUERAS

Resumen:

En condiciones comparables de diseño instruccional, tres grupos de estudiantes tomaron un curso de Psicología clínica teórica de tres unidades de aprendizaje, en el que, en cada grupo, se balanceó la exposición a modalidades instruccionales: con materiales, colaborativa y tutorial. En las evaluaciones parciales y final nunca se observaron diferencias significativas, lo cual apoya la idea de equivalencia de efectos de estas modalidades. Sin embargo, al realizar un análisis estadístico de la arquitectura de la interactividad de cada modalidad se encuentran diferencias significativas entre los grupos, que ubican a la colaboración como la modalidad que conduce a niveles más bajos de interactividad instruccional, a juzgar por un esquema inconsistente de andamiaje. Se propone un índice de interactividad que correlaciona positivamente con el desempeño de los estudiantes en el curso.

Abstract:

In comparable conditions of instructional design, three groups of students took a course in Theory of Clinical Psychology. During three units of study, each group had balanced exposure to modes of instruction: with materials, collaborative learning, and tutorial learning. The partial and final evaluations did not show significant differences, thus supporting the idea of the equivalent effects of the modes of learning. However, a statistical analysis of the architecture of interactivity of each mode revealed significant differences among the groups. Collaboration was seen to lead to lower levels of instructional interactivity, according to an inconsistent system of structural support. The proposed index of interactivity shows positive correlation with the performance of the students in the course.

Palabras clave: interactividad, educación virtual, diseño instruccional, educación superior, México

Keywords: interactivity, virtual education, instructional design, higher education, Mexico.

Eduardo Peñalosa Castro es profesor investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa. Av. Constituyentes 1054, colonia Lomas Altas, 11950, México, DF. CE: eduardop@correo.cua.uam.mx

Sandra Castañeda Figueiras es profesora investigadora del departamento de Posgrado de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Introducción

La interactividad ha sido un concepto central en el análisis de los procesos de aprendizaje en entornos a distancia y en línea (Moore, 1989; Anderson, 2003a; 2003b). Sin embargo su significado no es consistente a través de su uso en campos semánticos tan diversos como la comunicación, las tecnologías de la información, la psicología, la pedagogía o la sociología. Es un concepto complejo y polisémico y, en tanto, es preciso acotar su significado de acuerdo con el campo de conocimiento en el que se esté utilizando.

En el caso concreto del campo aplicado de la educación en línea, Muirhead y Juwah (2004:13) plantean que la interacción “es un diálogo, discurso o evento entre dos o más participantes y objetos que ocurre sincrónica o asincrónicamente, mediado por respuesta o retroalimentación, teniendo a la tecnología como interfaz”. Estos autores distinguen el concepto de interacción del de interactividad en la educación en línea, pues esta última “describe la forma, la función y el impacto de las interacciones en la enseñanza y el aprendizaje” (p. 13).

El grupo de investigación en interactividad e influencia educativa de la Universidad de Barcelona ha estudiado el papel de las interacciones en el desarrollo de una teoría sobre la educación, así como los supuestos metodológicos en los que descansan. Estas investigaciones han enfatizado tanto los factores socioculturales y situados de las interacciones educativas como la participación de contextos físicos y mentales, y su interrelación, en el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje (Coll y Sánchez, 2008). En este grupo proponen que el paso del análisis de la interacción al de la interactividad implica cambiar de foco: de una enseñanza centrada en comportamientos discretos a otra enfocada en los procesos interpsicológicos que subyacen a la actividad conjunta del profesor y los alumnos en torno a actividades y tareas de aprendizaje (Colomina, Onrubia y Rochera, 2005).

Por otro lado, el análisis de la interactividad instruccional es abordado por Yacci (2000) desde un punto de vista estructural –esto es, identificando los elementos que constituyen su estructura– y argumenta cuatro características esenciales: *a)* es un circuito de mensajes que fluye de una entidad de origen a una entidad meta y de regreso; *b)* debe ocurrir desde la perspectiva del estudiante, y si éste no recibe retroalimentación, el ciclo está incompleto; *c)* tiene dos tipos de resultados: aprendizaje de con-

tenidos y resultados afectivos, donde el aprendizaje de contenidos es dirigido a lograr una meta instruccional, mientras los beneficios afectivos son emociones y valores hacia los agentes interactivos; y *d*) debe implicar una coherencia mutua. Yacci describe las relaciones entre un mensaje y su respuesta. El contenido de los mensajes emitido y recibido deben considerarse para revisar si tiene sentido. Es el significado compartido de la interacción.

El trabajo de Yacci permite identificar elementos necesarios para evaluar si las interacciones se están concretando y si cumplen con criterios mínimos de coherencia, de tal manera que realmente permitan al estudiante construir el significado que requiere en el proceso de aprendizaje académico.

El análisis de la interactividad ha conducido a la identificación de modalidades de interacción. Nuevamente desde el punto de vista del estudiante, se han identificado tres modalidades principales: estudiante–estudiante, estudiante–profesor y estudiante–contenido. Éstas se han identificado en la educación tanto a distancia (Moore, 1989; Anderson y Garrison, 1998; Anderson, 2003a; 2003b) como en línea (Anderson, 2004a).

Pueden reconocerse dos posturas acerca de los efectos de las modalidades interactivas en el desempeño: *a*) la que plantea equivalencia de efectos y *b*) la que enfatiza un efecto especial de alguna de ellas en el desempeño.

La primera considera que las modalidades interactivas, cuando tienen constante el método instruccional y el contenido, podrían conducir a resultados de aprendizaje equivalentes. Concretamente, Anderson (2003a) propone que los efectos de interacciones con contenido, compañeros o profesores podrían ser equivalentes en lo que el autor denomina el “Teorema de equivalencia”, que se cita a continuación:

El aprendizaje profundo y significativo es soportado mientras una de las tres formas de interacción (estudiante-profesor, estudiante-estudiante o estudiante-contenido) esté a un nivel alto. Las otras dos pueden ofrecerse a niveles mínimos, o incluso eliminarse, sin degradar la experiencia educativa (Anderson, 2003a:4).

El teorema de equivalencia tiene fundamento en la investigación que ha comparado los efectos de medios tecnológicos entre sí (TV, radio, Internet) o modos de entrega de programas educativos (a distancia *vs.* presencial),

donde se ha encontrado que no hay diferencias significativas en el aprendizaje de estudiantes en dichas comparaciones. En tanto, presupone que los métodos instruccionales empleados son los responsables del resultado (Clark, 1983, 1994; Russell, 1999; Sitzman *et al.*, 2006).

Anderson (2003a) indica que dada la equivalencia de las modalidades interactivas podría sugerirse la utilización de recursos instruccionales a favor de la optimización de costos, pues dado que los efectos podrían ser equivalentes, habría que utilizar los mejores en la relación costo-beneficio.

Con lo anterior tenemos, por un lado, la posición de que las modalidades interactivas en la educación en línea podrían conducir a resultados equivalentes. Sin embargo, existe otro grupo de evidencias que proponen justamente que las modalidades bajo las que se ofrece la instrucción podrían tener características instruccionales diferentes. Concretamente, tenemos evidencias que analizan la efectividad de tres tipos de métodos de instrucción: *a*) la tutoría individualizada (Bloom, 1984; Merrill *et al.*, 1992; Chi, 1996; Chi *et al.*, 2001); *b*) la colaboración (Henri, 1992; Schacter, 2000; Gunawardena, Lowe y Anderson, 1997; De Wever *et al.*, 2006), y *c*) la multimedia interactiva (Mayer, 2001; Cairncross y Mannion, 2001; Nadolski *et al.*, 2001).

Interactividad y tutoría

Históricamente se ha considerado que la tutoría como método de instrucción es superior a otros, como la enseñanza en salón de clases, la instrucción programada o la asistida por computadora (Bloom, 1984; Chi, 1996).

Más de una década antes del desarrollo de las tecnologías de aprendizaje en línea, Bloom (1984) realizó una comparación entre la tutoría y otras formas de enseñanza; encontró que los grupos expuestos a tutoría tienen un desempeño mejor, equivalente a un desplazamiento estadístico de dos sigmas de los datos de estos grupos con respecto a grupos control bajo condiciones de enseñanza tradicional de salón de clases. Bloom y colaboradores tomaron el problema de las dos sigmas como un reto para mejorar la enseñanza no tutorial.

Otro trabajo destacado que analiza el efecto instruccional de la tutoría presencial es el de Chi *et al.* (2001), quienes evalúan empíricamente el peso que tienen los componentes de los episodios instruccionales en la

tutoría, y prueban si su efectividad se debe a: *a)* las habilidades pedagógicas del tutor, esto es, su capacidad para explicar; *b)* la cantidad de oportunidades que tiene el alumno para construir conocimiento en las situaciones de tutoría; y *c)* la calidad de la interacción entre la construcción del alumno y el andamiaje brindado por el tutor. Los resultados muestran que los tres aspectos probados influyen en los resultados de aprendizaje, pero confieren a la calidad de la interacción un beneficio especial. Chi *et al.* (2001) establecen que el trabajo de construcción de conocimiento puede tener grados, que van desde niveles superficiales hasta complejos, y asimismo el trabajo de andamiaje puede ser superficial o flexible, con efectos en el desempeño.

Por otro lado, algunos estudiosos han intentado identificar las características y roles del tutor en línea. Anderson (2004b) indica que éste debería incidir en tres áreas: la cognitiva, la de enseñanza y la social, y que el cuidado del balance de las tres es importante para los resultados motivacionales y de aprendizaje; pero en particular, acerca del proceso de instrucción directa en línea, enfatiza el papel del andamiaje de experto a novato, caracterizado por la promoción del trabajo constructivo en el alumno.

Las teorías acerca de la tutoría se ubican sobre todo en los marcos del constructivismo cognitivo y social, ya que plantean que si bien el papel del tutor es fundamental y único debido a la flexibilidad que imprime al proceso, es el alumno el que se forja el conocimiento mediante construcciones (Chi, 1996), moduladas por el tutor. Éste puede ofrecer señales, incitaciones, rectificaciones, pero evitar “explicaciones” completas, ya que éstas deberían estar a cargo del alumno. El tutor en línea debe poner a la disposición del estudiante los recursos que éste requiera para la adquisición de habilidades cognitivas y la construcción de conocimiento.

Merrill *et al.* (1992) plantean que los tutores facilitan el aprendizaje al fomentar situaciones de aprender haciendo, pero con una guía que permite a los alumnos salir de problemas y callejones, tendiéndoles “redes de seguridad” durante la solución de problemas. Los tutores, en suma, ofrecerían un esquema de apoyo altamente interactivo y a la medida del proceso.

Interactividad y colaboración

En la construcción colaborativa de conocimiento los estudiantes trabajan conjuntamente en tareas de aprendizaje. Se distingue de la cooperación en

que el rol del maestro en la segunda es más protagónico, conduce al grupo con mayor liderazgo y se asegura de que los alumnos realicen su parte para lograr un objetivo; mientras que en la colaboración, el profesor es un facilitador, y el grupo asume la responsabilidad de trabajar colectivamente en el cumplimiento de objetivos.

El aprendizaje cooperativo tuvo un importante desarrollo entre las décadas de los setenta y noventa, y en esta área de investigación se propusieron formas y técnicas efectivas de organizar y conducir la instrucción en el aula para mejorar el aprendizaje y establecer habilidades de trabajo conjunto en grupos pequeños de alumnos (Slavin, 1991).

El aprendizaje colaborativo, por otro lado, parte de una metáfora del aprendizaje como participación, que tiene una importante vertiente originada en el trabajo de Vygotsky y en sus planteamientos sobre la mediación de la acción orientada a objetos o motivos a través de instrumentos (Vygotsky, 1995). Esta línea teórica fue continuada por Leontiev, quien propuso que una actividad es un esfuerzo estable, coherente, relativamente de largo plazo, dirigido a una meta o a un objeto identificable, y sólo puede entenderse en un contexto situado histórica y culturalmente (Barab, Evans y Baek, 2004). Posteriormente, Engestrom (1999) propuso que la teoría de la actividad implica un esquema de relaciones entre el *sujeto*, individual o grupal, orientado a transformar algún *objeto*, expresado en una meta, propósito o motivo, utilizando *herramientas* construidas cultural e históricamente, y todo esto ocurre en una *comunidad*, que por convención plantea *reglas* o normas a seguir, y la actividad se realiza mediante una *división del trabajo*, como forma de organización para cumplir con los *resultados* esperados. La teoría que considera estas influencias socioculturales en el aprendizaje da soporte a una importante porción de la investigación acerca del aprendizaje basado en las interacciones colaborativas.

En cuanto a las metodologías empleadas en el terreno de la colaboración en línea, desde los años noventa ha existido un gran interés por analizar los fenómenos del Aprendizaje Colaborativo Mediado por Computadora (CSCL por sus siglas en inglés: Computer Supported Collaborative Learning), y se han desarrollado líneas de investigación que han analizado el intercambio asincrónico de mensajes. Estos mensajes pueden ser almacenados y estudiados con técnicas de análisis de contenidos (Henri, 1992; Gunawardena, Lowe y Anderson, 1997; Ng y Murphy, 2005; Moore

y Marra, 2005; Jeong, 2005; Marra, Moore y Kimczak, 2004; Hara, Bonk y Angeli, 2000).

En este tipo de estudios, los investigadores han planteado que la colaboración puede ser determinante en el fomento del aprendizaje. Existen diversos marcos teóricos que fundamentan esta aseveración y entre ellos destacan: posturas cognitivas que plantean que las participaciones de compañeros en los ambientes de CSCL favorecen el aprendizaje debido a la explicitación de elementos de conocimiento individual (recuperación de la memoria), y a la reorganización consecutiva de elementos de conocimiento en el curso de la interacción social (Henri, 1992; Schellens y Valcke, 2005). Otra influencia teórica es el constructivismo social, que argumenta que el CSCL es un proceso de construcción de conocimiento donde el significado es negociado y el conocimiento es co-construido por parte del grupo de estudiantes. En este enfoque se propone que la interactividad colaborativa es la totalidad de mensajes interconectados y mutuamente responsivos (Gunawardena, Lowe y Anderson, 1997). Tanto en las posturas cognitivas como las constructivistas sociales se reconoce la importancia de la interacción en el aprendizaje colaborativo (Gunawardena, Lowe y Anderson, 1997; Pena-Schaff y Nicholls, 2004).

Para el análisis de interactividad colaborativa, un estudio seminal es el de Henri (1992), quien planteó un modelo basado en teorías cognitivas y metacognitivas del aprendizaje. Su modelo de análisis de la colaboración plantea cinco dimensiones:

- 1) tasa de participación: número de participantes, número de mensajes, mensajes enviados/recibidos por participante, palabras por mensaje;
- 2) tipos de interacciones: explícita (directo a un mensaje de otro, puede ser respuesta o comentario), implícita (mencionar contenido de otro, pero no el nombre del otro), enunciado independiente;
- 3) comentarios sociales: no relacionados con el contenido formal de los temas;
- 4) dimensión cognitiva: habilidades de razonamiento (aclaración elemental, profunda, inferencia, juicio y estrategias); procesamiento de información (superficial=repeticón o enunciado sin justificación o explicación; profunda=aportar nueva información, evidencias de justificación, visión amplia), y
- 5) dimensión metacognitiva: conocimiento metacognitivo y habilidades metacognitivas.

Henri no aplicó empíricamente su instrumento, pero Hara, Bonk y Angeli (2000) aplicaron una versión modificada que les permitió identificar en una muestra de estudiantes niveles altos de actividad cognitiva y metacognitiva en las discusiones.

Zhu (1996) propuso otro modelo basado en teorías del desarrollo cognitivo y el aprendizaje constructivo social, cuyos fundamentos teóricos se derivan de Vygotsky, y suma la noción de pensamiento reflexivo de Dewey. Zhu dividió la interacción social en: vertical, cuando los miembros del grupo se concentran en buscar las respuestas de los miembros más capaces, e interacción horizontal, cuando los miembros expresan sus ideas y no esperan una respuesta correcta autoritaria del grupo.

Gunawardena, Lowe y Anderson (1997) criticaron el modelo de Henri por considerarlo centrado en el maestro más que en un marco constructivista, y construyeron un instrumento de análisis de contenidos en el que se proponían dar cuenta de los procesos de negociación de contenidos y co-construcción de conocimiento, con un enfoque marcadamente constructivista social. Los autores propusieron un esquema que identifica cinco fases del proceso de construcción de conocimiento: *a*) compartir y comparar información; *b*) descubrimiento y exploración de disonancias o inconsistencias entre participantes; *c*) negociación de significados o co-construcción de conocimiento, *d*) evaluación y modificación, y *e*) generación de acuerdos y aplicaciones del significado recientemente construido. Moore y Marra (2005) utilizaron este modelo e indicaron que permitió identificar actividad en las tres primeras fases y que ninguna participación colaborativa se ubicó en las dos últimas categorías.

Schellens y Valcke (2005) propusieron un modelo basado en la fusión de la teoría cognitiva del procesamiento de información con una postura social acerca del conocimiento, que plantea que el individuo procesa información para construir modelos mentales. La información nueva se integra a las estructuras cognitivas existentes mediante selección, organización e integración; los modelos mentales se almacenan y recuperan de la memoria a largo plazo. Las actividades de procesamiento son disparadas por las tareas; la estructura y tema de las tareas dirigen las actividades. El grupo es importante dada la teoría de la flexibilidad cognitiva, que plantea que dadas las limitaciones de la memoria de trabajo (carga cognitiva), los estudiantes se benefician del procesamiento de los compañeros. Esto

ayuda a la organización del conocimiento. El instrumento utilizado se basa en niveles de construcción retomando una estructura basada en el modelo de Gunawardena, Lowe y Anderson (1997). Los autores realizaron una prueba empírica y confirmaron que el ambiente de CSCL favorece la aparición de interacciones correspondientes a la construcción compleja de conocimiento.

En esencia, la interactividad colaborativa ha sido explicada mediante posturas que consideran el impacto de la cognición social y el impacto de ésta en la co-construcción y negociación de conocimiento.

Interactividad y materiales

Los psicólogos educativos, desde mediados del siglo XX, han propuesto sistemas mecanizados de enseñanza individualizada que han permitido el aprendizaje bajo una serie de condiciones matizadas por teorías de la tecnología educativa acordes con los paradigmas dominantes en ese periodo. Entonces se reportaba en la literatura que podían diseñarse sistemas que podrían conducir a los mejores resultados de aprendizaje para la mayoría de la gente (Skinner, 1958; Taber, Glaser y Schaefer, 1965).

Entre los materiales interactivos por computadora que se han utilizado históricamente, podemos mencionar: los tutoriales, donde la computadora asume el papel de “expositor” y presenta algunos ejercicios de comprensión con retroalimentación; los tutoriales inteligentes, que pueden realizar el diagnóstico de lo que el alumno hace y en qué se equivoca, así como ofrecer un soporte adecuado al diagnóstico realizado; los ejercicios repetitivos (*drill and practice*) para fortalecer habilidades como las matemáticas o la gramática; las simulaciones, que representan situaciones del mundo real ante las que el alumno puede interactuar y éstas reaccionar como si fueran reales; juegos, que son situaciones de competencia donde hay un ganador y un perdedor; materiales para el desarrollo de estrategias de aprendizaje; herramientas cognitivas como mapas mentales, conceptuales, etcétera; hasta sistemas completos de aprendizaje para internet, como los “*Web quests*”, o los ambientes de solución de problemas (Bullough y Beaty, 1991; Kanuka, 2005).

En esta diversidad de materiales de aprendizaje se encuentra toda una familia de productos multimedia, que tienen el potencial de crear ambientes de aprendizaje de alta calidad gracias a determinados elementos

clave, como el uso de medios múltiples, con el control del usuario sobre la presentación de información. En la multimedia, la interactividad y la convergencia de elementos mediáticos pueden programarse para enriquecer el proceso de aprendizaje (Cairncross y Mannion, 2001). Mayer (2001) propone que este tipo de aprendizaje se deriva de la presentación de palabras e imágenes combinadas en cualquier modalidad. Las palabras se refieren a material verbal, en modalidades textual o auditiva; mientras las imágenes a material pictórico, como gráficos estáticos, incluyendo ilustraciones, fotografías, gráficas o mapas, o gráficos dinámicos, que abarcan animaciones y videos. Mayer propone la existencia de una estructura de “canales” de información verbales y pictóricos y la posibilidad de usar cualquier medio para hacer llegar información a través de estos canales.

Cairncross y Mannion (2001) plantean que uno de los riesgos de la producción de multimedia consiste en adoptar una concepción de aprendizaje como reproducción, y no como transformación del conocimiento; se ha argumentado que los materiales de aprendizaje podrían contribuir a un conocimiento más superficial (Vrasidas, 2000). Sin embargo, algunos autores plantean que un diseño instruccional sólido es el que determina el impacto de un material de aprendizaje (Merrill, 2002; 2009; Van Merriënboër, Clark y deCrook, 2002). Por ejemplo, el uso de materiales con enfoques instruccionales como el aprendizaje basado en problemas, casos o proyectos puede conducir a materiales con resultados de aprendizaje profundo (Jonassen, 2005).

En otra línea de argumentación acerca de la construcción de materiales efectivos, Merrill *et al* (1992) aseguran que los sistemas tutoriales inteligentes podrían modelar las habilidades de los tutores humanos, a través de seguir el razonamiento del alumno durante el proceso de solución de problemas y haciendo que el sistema ofrezca retroalimentación de los errores así como pistas para apoyar al alumno en procesos de “autoexplicación”.

El nivel de andamiaje que ofrezca un material de aprendizaje puede ser complejo, incluso puede incorporar evidencias de construcciones de conocimiento de otros actores, como compañeros y tutores (Schwartz *et al.*, 1999).

De lo anterior, tenemos que la entrega de instrucción mediante materiales interactivos puede tener diferentes resultados de efectividad, en función de la solidez de los diseños y la fundamentación teórica de su construcción.

El andamiaje del desempeño

Un constructo que puede integrarse al análisis de la función de las modalidades interactivas es el de andamiaje. El andamiaje es una metáfora importada del ámbito de la construcción en la cual, para efectos de apoyar el trabajo de edificación, se agrega temporalmente una estructura para proveer al trabajador un soporte que le extienda el rango de acción y le permita realizar tareas que de otra forma serían imposibles.

En su uso original (Bruner, 1975), el andamiaje describía interacciones entre padre e hijo o entre un tutor y un estudiante. El adulto ofrecía apoyo suficiente para que el niño pudiera progresar en algún proceso. Sin embargo, Putambekar y Hubscher (2005) indican que en la creciente tradición de los ambientes de aprendizaje basados en proyectos y sustentados en diseño instruccional para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, la noción de andamiaje se ha utilizado de manera cada vez más común para describir apoyos por parte de herramientas para el aprendizaje.

Putambekar y Hubscher (2005) proponen no perder de vista los fundamentos teóricos del andamiaje, que se relacionan con el apoyo del alumno en la zona de desarrollo próximo, definida como la distancia existente entre el desarrollo real del alumno determinado por su nivel de solución de problemas independiente, y el nivel superior de desarrollo potencial determinado por la solución guiada por parte de tutores o pares. En este contexto, el andamiaje incluye los siguientes elementos clave: *a)* la comprensión compartida de la actividad o problema a resolver; *b)* diagnóstico constante del desempeño; *c)* la calibración del apoyo en función del diagnóstico, y *d)* desvanecimiento del apoyo. Aparentemente, los ambientes de aprendizaje podrían ofrecer este tipo de funciones, ya sea mediante materiales de aprendizaje, espacios de colaboración o de tutoría.

Reiser (2004) plantea que las herramientas de *software* pueden brindar andamiaje a los estudiantes en tareas complejas, y pueden ofrecer fácilmente dos funciones que consisten en ayudar a:

- 1) estructurar la tarea para la solución de problemas, a través de presentar el conocimiento estructurado, descomponiendo las tareas, enfocando el esfuerzo y permitiendo el monitoreo; y
- 2) problematizar el tema para provocar que los aprendices atiendan a aspectos de la tarea en los que no habían reparado pero que ayudan a encontrar la solución, a través de propiciar que el alumno articule

el conocimiento requerido o hacer que identifique brechas y desacuerdos en los argumentos.

De forma similar, Putambekar y Hubscher (2005) proponen que en la etapa de comprensión compartida de la tarea a desempeñar pueden introducirse recursos para que el alumno tenga acceso a tareas auténticas o planteamiento de problemas, y en este contexto ofrecer elementos de asistencia como herramientas y recursos; en la etapa de soporte, pueden hacerse disponibles apoyos mediante expertos, ya sean tutores o compañeros, o incluso materiales; para la etapa de diagnóstico continuo y soporte calibrado, pueden incluirse en el ambiente recursos de evaluación, autoevaluación o heteroevaluación así como andamiaje común a los alumnos, a través de herramientas, documentos, materiales interactivos, agentes pedagógicos, etcétera; la etapa de desvanecimiento puede implicar el retiro de algunos recursos innecesarios, pero en términos generales esta función no se incluye en los ambientes de aprendizaje.

Propuesta de un modelo para el análisis de la interactividad instruccional

Recapitulando acerca de la revisión antecedente, tenemos algunos conceptos fundamentales que nos llevarán a plantear el problema de investigación.

En primera instancia, la interactividad se identifica como un constructo central para el estudio del aprendizaje en línea. Sin embargo, se reconoce que como tal no ha recibido un tratamiento extenso para definirlo, identificar su estructura, los elementos que la componen, ni la dinámica de dichos elementos.

Para el estudio de la interactividad instruccional consideramos fundamentales dos niveles de análisis: *a)* la estructura del diseño instruccional y *b)* la dinámica funcional de las interacciones. A continuación se describen.

Estructura instruccional e interactividad

La estructura instruccional es el esquema general en que el alumno participa, que establece las condiciones para las actividades dirigidas al aprendizaje. Esta estructura está dada por las decisiones de diseño instruccional, que especifican las etapas de trabajo del estudiante en el ambiente en línea y, en consecuencia, especifican las actividades mismas de aprendizaje.

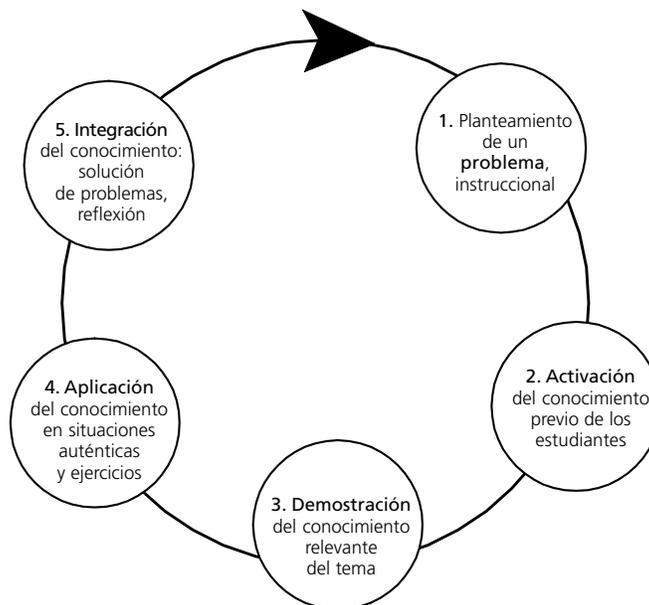
Merrill (2002, 2009) propone cinco etapas comunes en el diseño instruccional efectivo: problematización, activación, demostración, apli-

cación e integración. Éste es un modelo que propone una estructura que identifica las etapas a seguir. El alumno recorre estas etapas de acuerdo con instrucciones que recibe en el ambiente de aprendizaje. En coincidencia con Fowler y Mayes (2000), consideramos que las actividades de aprendizaje implícitas este proceso podrían describir patrones cíclicos, que conducen al aprendizaje de temas especificados por los programas y, generalmente, incluyen una sucesión –que no necesariamente se da en orden– de etapas instruccionales como las mencionadas. La figura 1 ilustra esta estructura instruccional cíclica.

En el presente trabajo se siguieron las cinco etapas de diseño instruccional derivadas de la teoría de Merrill ya enunciada. La primera permitía plantear un problema que se resolvería en la unidad; después se activaban conocimientos previos; se presentaban explicaciones y demostraciones del conocimiento relevante; posteriormente se planteaban actividades y ejercicios y, finalmente, se presentaba una situación de reflexión acerca del tema y se regresaba a la solución del problema planteado inicialmente.

FIGURA 1

Etapas del diseño instruccional: ciclo de instrucción

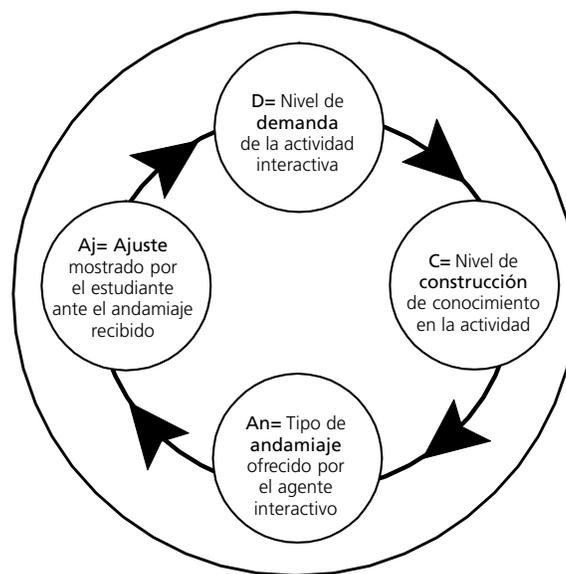


Dinámica funcional de las interacciones

Al interior de cada una de las etapas instruccionales, podemos identificar eventos de la dinámica funcional de interactividad, que suponen: *a)* la demanda de actividades de aprendizaje por parte del ambiente o cualquiera de sus agentes; *b)* las tareas de construcción que se realicen ante dichas demandas; *c)* el andamiaje que se ofrezca ante dichas tareas; y *d)* el ajuste que realice el alumno en su desempeño después del andamiaje recibido. La figura 2 ilustra la dinámica funcional de las interacciones, que se presentarían cíclicamente también, en cada etapa del diseño instruccional.

FIGURA 2

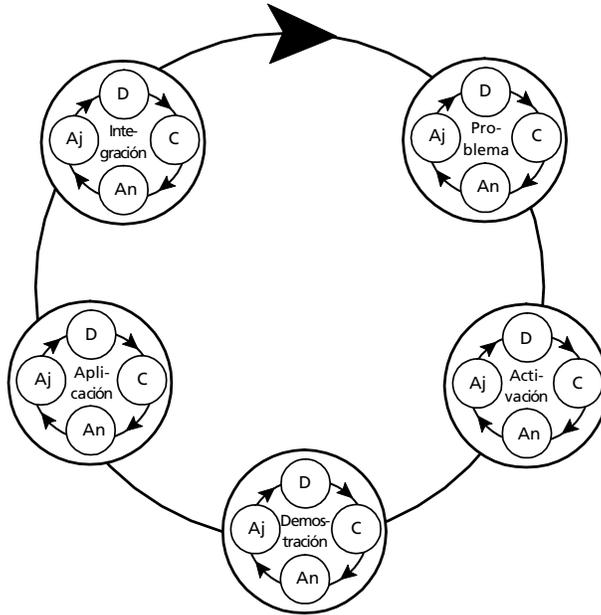
Dinámica funcional de las interacciones en cada etapa instruccional



Finalmente, el modelo completo se puede observar en la figura 3, en la que el campo instruccional se compone por el ciclo compuesto por las etapas que lo constituyen, y en cada una se da una dinámica interactiva especial.

FIGURA 3

Etapas y funciones del campo instruccional. En cada etapa aparecen cuatro funciones que componen las interacciones. D=nivel de demanda, C=nivel de construcción, An=nivel de andamiaje y Aj= nivel de ajuste ante el andamiaje del desempeño



Definición

De acuerdo con lo expuesto, en este trabajo se define la interactividad como un episodio orientado a construir conocimiento, sostenido entre un estudiante y algún(os) otro(s) agente(s) de un ambiente educativo que pueden ser materiales, compañeros o docentes. Este tipo de episodio ocurre en el contexto de alguna de las etapas instruccionales mencionadas anteriormente, puede presentarse como una secuencia de acciones recíprocas entre dichos agentes, y en ellas existe: *a)* una demanda de acción a un estudiante, derivada de una actividad de aprendizaje; *b)* una serie de acciones del alumno para satisfacer la demanda, que deben ser coherentes con el nivel de complejidad de la misma; *c)* una o más acciones de andamiaje que pueden asumir diferente forma y complejidad, que soportan el aprendizaje, y *d)* el ajuste del desempeño de acuerdo con el andamiaje. Tanto los materiales como la colaboración o la tutoría se adaptan a esta definición.

Las definiciones de interactividad enunciadas al inicio incluyen supuestos que se recuperan en nuestra definición. En principio, consideramos que Muirhead y Juwah (2004) aportan la base que integra al resto de los supuestos, al proponer como elementos definitorios de la interactividad a la “forma, función e impacto” de las interacciones. Los elementos de *forma* son descritos por Yacci (2000), cuando plantea que la interactividad cuenta con una estructura que parte de circuitos de mensajes (en nuestro caso: demanda de la tarea-acción-andamiaje-ajuste) coherentes entre sí, que conducen a resultados de aprendizaje de contenidos y afectivos. Los elementos de *función* son los procesos interpsicológicos de participación (Colomina, Onrubia y Rochera, 2005) que fortalecen la construcción de conocimiento a lo largo del trabajo en las etapas de diseño instruccional (Merrill, 2002, 2009). El *impacto* se observa a partir de la medición de los niveles de construcción de conocimiento mediante el índice de interactividad, así como de su relación con el desempeño.

En resumen, en nuestra definición: la forma de las interacciones se identifica al detectar las secuencias de acciones recíprocas entre agentes, sus características y su consistencia; la función es la influencia de la realización de las acciones recíprocas como favorecedoras del desarrollo de actividades relacionadas con las metas instruccionales; y el impacto se identifica a partir de analizar la influencia de las interacciones en el desempeño académico de los estudiantes.

La interactividad instruccional como dato se obtiene en este estudio de las acciones recíprocas de los alumnos y los agentes del ambiente de aprendizaje en las cinco etapas del diseño instruccional utilizado.

Operacionalización

La forma como proponemos medir la interactividad se relaciona con el análisis cuantitativo de eventos en cada episodio interactivo. En un episodio interactivo con algún agente intervienen los siguientes elementos:

- 1) una tarea de aprendizaje que se ubica en alguna de las etapas instruccionales;
- 2) un nivel de demanda, susceptible de cuantificarse;
- 3) una actividad de aprendizaje, cuyo nivel de construcción de conocimiento puede ocurrir dentro de un rango de complejidad, también susceptible de cuantificarse;
- 4) un nivel de andamiaje;

- 5) la efectividad, con la que el estudiante realiza intentos por cumplir con la tarea de aprendizaje.

Con base en los parámetros anteriores, en este trabajo se midió la interactividad como un valor numérico que se muestra en la ecuación 1, y que resultó de un cálculo en el que se consideraron:

- 1) el cociente del número de intentos por resolver una tarea de aprendizaje y los intentos efectivos, a juzgar por el cumplimiento de criterios de solución de la tarea;
- 2) el cociente del nivel de construcción de conocimiento y el nivel de demanda de habilidad cognitiva de la tarea, derivados ambos de escalas de complejidad de la habilidad cognitiva requerida por la tarea y ejecutada por el estudiante, que se evaluó mediante un análisis de contenidos de las interacciones cuyos códigos se describen en la sección de análisis de contenidos, más adelante;
- 3) ponderado por el nivel de andamiaje recibido por parte del agente interactivo de que se tratara, en una escala de 1 a 4, que se ilustra en la sección de análisis de contenidos, más adelante en este trabajo.

$$Interactividad = \frac{\text{intentos}}{\text{efectivos}} \left(\left(\frac{\text{Demanda}}{\text{Construcción}} \right) \text{Andamiaje} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

La interactividad instruccional resume la complejidad del trabajo del alumno, así como el nivel de soporte o andamiaje que recibe.

Problema de investigación

En el presente trabajo se pretende responder las siguientes preguntas:

Ante evidencias contradictorias acerca de si la interacción tutorial conduce a mejores resultados que la colaborativa o la material, e identificando los elementos que son comunes a estas modalidades y que estructuran los episodios interactivos, la pregunta principal de investigación de este estudio es: ¿existen diferencias en el desempeño académico que dependan exclusivamente de la modalidad interactiva instruccional? O bien, ¿el impacto de la interactividad instruccional en el desempeño está en función

de niveles en los que se manifiesten los elementos que la componen, como los niveles de construcción apegada a la demanda de las tareas o el nivel de andamiaje recibido?

Hipótesis

La hipótesis que se plantea en el presente estudio es: si la estructura de la interactividad instruccional ha sido caracterizada adecuadamente, así como las funciones de sus componentes, puede hablarse de que son estas funciones las que influyen en el desempeño y no las modalidades instruccionales por sí mismas.

Se hipotetiza que es la conjunción de construcciones de conocimiento por parte de los estudiantes ajustadas a las demandas instruccionales, y seguidas por niveles altos de andamiaje, las que predicen mejores desempeños.

Método

Participantes

En este estudio participaron 101 estudiantes de sexto semestre de la carrera de Psicología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI), de la Universidad Nacional Autónoma de México; 79 mujeres y 22 hombres, con edad promedio de 22.1 años al momento de iniciar el estudio.

Procedimiento

Los estudiantes tomaron un curso de Psicología clínica teórica en el ambiente en línea *Meta Tutor*, descrito en otro número de esta revista (Peñalosa y Castañeda, 2008).

Materiales

El curso se basó en el temario autorizado por el área de Psicología clínica de la carrera de Psicología, de la FES Iztacala. Todos los contenidos se desarrollaron con base en este programa oficial, así como en una antología didáctica impresa que incluye el programa y las lecturas seleccionadas, disponible en la librería del campus.

Con base en la estructura del curso, se realizó un análisis cognitivo de tareas (Castañeda, 1998, 2002, 2004; Peñalosa y Castañeda, 2009) que permitió identificar los contenidos y habilidades cognitivas necesarias para cumplir con los objetivos. Este análisis fue necesario para desarrollar el diseño instruccional y las evaluaciones.

Se construyeron cuatro instrumentos de evaluación académica: *a)* pre y post test; *b)* evaluación de la unidad 1: Introducción a la aproximación cognitivo conductual en Psicología clínica; *c)* evaluación de la unidad 2: La evaluación cognitivo conductual, y *d)* evaluación de la unidad 3: El análisis funcional.

El diseño instruccional se desarrolló de acuerdo con los principios propuestos por Merrill (2002, 2009), considerando: *a)* el planteamiento de problemas o casos para conducir el proceso instruccional; *b)* activar el conocimiento disponible; *c)* demostrar el conocimiento; *d)* aplicar el conocimiento; y *e)* facilitar la integración del conocimiento, permitiendo a los estudiantes la solución de problemas equivalentes a los de la instrucción en contextos diferentes. Un documento de diseño instruccional mostraba las condiciones y actividades de aprendizaje a desarrollar en cada una de las fases mencionadas.

Las interacciones de aprendizaje propiciadas por el sistema eran de tres tipos: con materiales, con compañeros y con un tutor en línea. Cada una de estas actividades, así como materiales y lecturas fueron incluidos en el documento de diseño instruccional, indicando en cada caso los materiales a emplear.

Por ejemplo, en la unidad 2, acerca de la evaluación cognitivo-conductual, se partía de la exposición de tres casos clínicos sencillos que eran analizados por los estudiantes, se recuperaban conocimientos previos (activación) para este análisis, posteriormente se realizaban actividades para la construcción de esquemas acerca de los supuestos y procedimientos relevantes en este tipo de evaluación. En seguida se realizaban ejercicios que permitían la aplicación de los conocimientos adquiridos y, finalmente, se propiciaba la integración del conocimiento de la unidad a partir del análisis de los casos iniciales, la reflexión, el análisis de nuevos casos.

Además, se desarrollaron rúbricas de evaluación para cada una de las tres unidades del curso, que permitieron realizar la valoración de eficacia de las construcciones de los alumnos. Las rúbricas se crearon en tablas con tres columnas, que incluían tres clasificaciones posibles de las respuestas de los alumnos: *a)* no construcción, *b)* construcción insuficiente y *c)* construcción adecuada al nivel de demanda. En cada celda de la tabla se incluía el contenido para cada actividad presentada en el ambiente de aprendizaje.

Se utilizó la base de datos de interacciones almacenada por el sistema *Meta Tutor* durante la conducción del estudio, se descargó y se analizó con ayuda de las rúbricas en hojas de registro electrónicas creadas en el programa Microsoft Excel.

Diseño y procedimiento

El presente estudio utilizó el diseño experimental descrito en el cuadro 1. Los tres grupos realizaron evaluaciones pre y post, se sometieron a tres unidades de aprendizaje ante diferentes modalidades interactivas. Las condiciones de balanceo representan un control experimental para descartar efectos sumativos de la exposición a las modalidades instruccionales.

Las sesiones de trabajo se condujeron como sigue: los estudiantes tomaban un curso semestral de psicología clínica teórica, con una frecuencia de dos sesiones semanales de dos horas. En cada sesión, cada estudiante era asignado a una computadora en el laboratorio de cómputo de la biblioteca de la Facultad. Ingresaba al *MetaTutor*, seleccionaba la actividad correspondiente, trabajaba en ella y al final cerraba la sesión.

Medidas

Los estudiantes fueron evaluados en cinco ocasiones a lo largo del curso, como se muestra en el cuadro 1: pretest, unidad 1, unidad 2, unidad 3 y posttest, con los instrumentos descritos; mismos que fueron válidos, confiables y sensibles, de acuerdo con análisis de jueceo y calibración.

El *Meta Tutor* registraba los resultados de evaluaciones, ejercicios, actividades colaborativas y tutoriales en el sistema.

Análisis de contenidos

Adicionalmente, se hizo el trabajo de análisis de contenidos para cada una de las tareas realizadas por alumnos en cada etapa del diseño instruccional (cinco etapas de Merrill, 2002) en cada unidad de aprendizaje (ver Peñalosa y Castañeda, 2008).

CUADRO 1

Diseño experimental

Intervenciones instruccionales y evaluaciones para cada grupo

Gpo.	Pretest	Unidad 1	Eval U1	Unidad 2	Eval U2	Unidad 3	Eval U3	Posttest
1	✓	Material	✓	Tutor	✓	Colaboración	✓	✓
2	✓	Colaboración	✓	Material	✓	Tutor	✓	✓
3	✓	Tutor	✓	Colaboración	✓	Material	✓	✓

El trabajo de análisis de contenidos fue realizado por parte de dos codificadores, quienes tenían la base de datos con las participaciones ante cada etapa instruccional y en cada una de las unidades. En cada grupo y unidad se realizaba el análisis de interacciones ya fuera con material, con tutor o colaborativa.

En el análisis de todas las modalidades interactivas se tomaron en cuenta los mismos criterios: *a)* número de intentos para realizar la actividad, *b)* número de intentos efectivos, a juzgar porque cumplieron con los criterios. En el caso de materiales los criterios eran que se considerara correcta la ejecución de la tarea, lo cual era programado por el mismo sistema, que calificaba automáticamente, y en este caso el criterio era de 70% de respuestas correctas; en el caso del análisis de colaboración y tutoría, se contrastaba cada participación con la rúbrica, y cada observador decidía el nivel de demanda de la actividad, el que tenía la construcción de conocimiento del alumno y el nivel de andamiaje brindado por el agente interactivo.

Los codificadores tenían a la mano una tabla en la que se incluían los criterios para asentar valores en las hojas de registro.

En el cuadro 2 se incluyen los criterios de codificación para las diferentes acciones a clasificar de los episodios interactivos.

Los codificadores contaban con un archivo de hoja de cálculo de Excel, en el cual aparecía, divididas por hojas de un libro, las evidencias de trabajo en cada tarea realizada, que incluían la participación del estudiante así como la retroalimentación que le hubiera dado el agente con el que interactuó en cada caso. Esta información era fiel con respecto a lo que se registró y aparecía en el ambiente de aprendizaje.

En una hoja de cálculo adicional (ver cuadro 3), los codificadores asentaron los códigos previa revisión de cada participación, la rúbrica y las hojas de criterios de codificación. La hoja de registros incluye las columnas: *a)* participaciones, era el número de veces que el estudiante participaba con respecto a esa tarea en particular; *b)* efectividad, se refería al número de participaciones que cumplían con el criterio; *c)* porcentaje, se calculaba automáticamente en la hoja de cálculo, con una fórmula que dividía efectividad entre participaciones; *d)* nivel de demanda, *e)* nivel de construcción y *f)* nivel de andamiaje, los tres últimos eran valores asentados por el codificador en función de los contenidos analizados, las rúbricas y las tablas de criterios; y *g)* nivel de interacción. Éste fue el índice que permitió calificar el episodio interactivo, mediante el cálculo descrito anteriormente, ilustrado en la ecuación 1.

CUADRO 2

*Criterios de codificación.**Códigos para clasificar: demanda de la tarea, construcción y andamiaje*

Código	Clasificación	Descripción
Códigos del nivel de demanda de construcción de conocimiento		
1	No demanda	El ambiente demanda sólo parafraseo, respuesta no constructiva
2	Comprensión	Identificación, clasificación, resumen, ordenamiento, organización
3	Aplicación	Aplicación de conceptos, principios: inferencia, hipótesis, predicción, justificación, aplicar la teoría, elaborar
4	Solucionar problemas	Integración, crítica, innovación, evaluación de situaciones problema, corrección de errores, planear estrategias
Códigos de construcción de conocimiento		
0	No construcción	Falta de evidencia de adquisición de significado, sólo parafraseo
1	Construcción con errores	Construcción de nivel inferior al demandado, o incompleta
2	Comprensión	Evidencias de identificación de conceptos, clasificación, ordenamiento, organización, esquematización
3	Aplicación del conocimiento	Evidencias de aplicación de conceptos, principios: inferencia, hipótesis, predicción, justificación
4	Solucionar problemas	Integración, crítica, innovación, evaluación de situaciones problema, corrección de errores, planear estrategias
Códigos de andamiaje		
1	Ignorar participación	Sólo inicio del ciclo, no respuesta de agente, mensaje paralelo
2	Referencia indirecta	Participación de agente congruente con mensaje pero no retroalimenta
3	Retroalimentación acierto error	Sólo indicar si la participación fue correcta o no
4	Andamiaje adaptativo	Referencia concreta al mensaje del alumno, con sugerencias de acciones cognitivas, metacognitivas o motivacionales

El cuadro 3 muestra el análisis de una de las cinco etapas de cada unidad: la activación del conocimiento previo. Este esquema se replicaba para las cinco etapas, para los 101 participantes y para las tres unidades del curso.

Confiabilidad

Una vez que los codificadores tuvieron una unidad concluida se reunieron, cada uno con las impresiones de sus hojas de registro, su hoja de participaciones y las tablas de criterios de codificación. Leían al azar 30 de las 101 participaciones de cada una de las cinco etapas instruccionales, y en una hoja adicional asentaban si tenían acuerdo en la codificación. Al final, se sumaban acuerdos y desacuerdos totales y se calculaba la confiabilidad (acuerdos/(acuerdos+desacuerdos)).

CUADRO 3

Hoja de registro de eventos del episodio interactivo

Activación						
<i>Participaciones</i>	<i>Efectividad</i>	<i>%</i>	<i>Nivel demanda</i>	<i>Nivel construcción</i>	<i>Nivel andamiaje</i>	<i>Nivel interacción</i>
2	0	0.00	2	1	3	0.00
1	0	0.00	2	1	3	0.00
4	2	50.00	2	2	3	1.50
3	2	66.67	2	2	3	2.00
5	2	40.00	2	2	3	1.20
3	2	66.67	2	2	3	2.00

Resultados

En primer término, es preciso indicar que el resultado del análisis de confiabilidad realizado por los dos observadores, arrojó puntajes de 78% de acuerdo, que se consideraron dentro de los parámetros adecuados para este tipo de contrastación de juicios entre observadores.

Por otro lado, es importante mencionar que se registró un total de 4 mil 49 episodios interactivos, entendidos de acuerdo con el modelo descrito antes, como una acción constructiva por parte de un alumno ante una tarea, y el andamiaje administrado por algún agente del ambiente de aprendizaje. De los 4 mil 046 episodios, mil 363 se presentaron ante materiales didácticos, mil 330 ante el tutor en línea y mil 353 en la situación de colaboración, lo anterior como suma en las tres unidades del curso y de acuerdo con la distribución de actividades especificada por el diseño experimental;

en promedio por unidad, se presentaron 635 episodios de interacción con materiales, 363 con tutores y 350 colaborativos.

Por otro lado, a continuación se presenta el análisis de la interactividad, de acuerdo con el siguiente esquema:

En primera instancia, se presenta la comparación del desempeño de los alumnos en las tres modalidades interactivas (material, tutoría, colaboración). En segundo lugar se presenta un comparativo del tamaño de la diferencia entre las tres modalidades interactivas. Por último se presenta el análisis de los datos de interactividad y sus componentes (demanda, construcción, andamiaje, índice de interactividad) ante las tres modalidades interactivas.

Comparación del desempeño entre modalidades interactivas

La variable que nos permitió medir el aprendizaje logrado por los estudiantes después de cada tratamiento interactivo fue el desempeño, derivado de la aplicación de la evaluación objetiva de cada unidad. A continuación se presentan las comparaciones de los efectos de la exposición a las tres modalidades interactivas en las tres unidades del curso.

Unidad 1

Se aplicó un análisis de varianza (AVAR) a los datos de las tres unidades comparando las tres modalidades interactivas, y en ningún caso se registraron diferencias significativas, a juzgar por los datos que se presentan en el cuadro 4.

CUADRO 4

Resultado del análisis de varianza para los tres grupos y 3 unidades

		Suma de cuadrados	gl	Media al cuadrado	F	Sig.
Material	Entre grupos	7.581	2	3.791	2.651	.075
	Intra grupos	145.833	102	1.430		
	Total	153.414	104			
Colaboración	Entre grupos	7.241	2	3.620	2.557	.082
	Intra grupos	144.404	102	1.416		
	Total	151.645	104			
Tutoría	Entre grupos	.323	2	.161	.112	.895
	Intra grupos	147.553	102	1.447		
	Total	147.875	104			

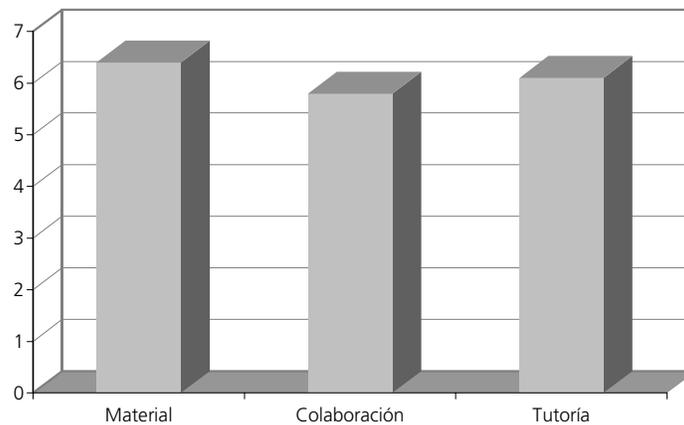
En la unidad 1 no hay diferencias significativas entre los tres grupos ($F(2, 102)=2.651, p=.075$). El cuadro 5 muestra los resultados específicos de este análisis.

CUADRO 5
Resultado del análisis de varianza para los tres grupos de la unidad 1

	Suma de cuadrados	gl	Media al cuadrado	F	Sig.
Entre grupos	7.581	2	3.791	2.651	.075
Intra grupos	145.833	102	1.430		
Total	153.414	104			

La figura 4 muestra una comparación del desempeño en la unidad 1 en las tres modalidades interactivas; el más alto en la prueba se da ante el material y el más bajo en la colaboración, aunque las diferencias no son significativas.

FIGURA 4
Comparación del desempeño promedio por modalidades interactivas, de la unidad 1



Unidad 2

En la unidad 2 no hay diferencias significativas entre los tres grupos ($F(2, 101)=2.501, p=.087$). El cuadro 6 muestra los resultados de este análisis.

CUADRO 6

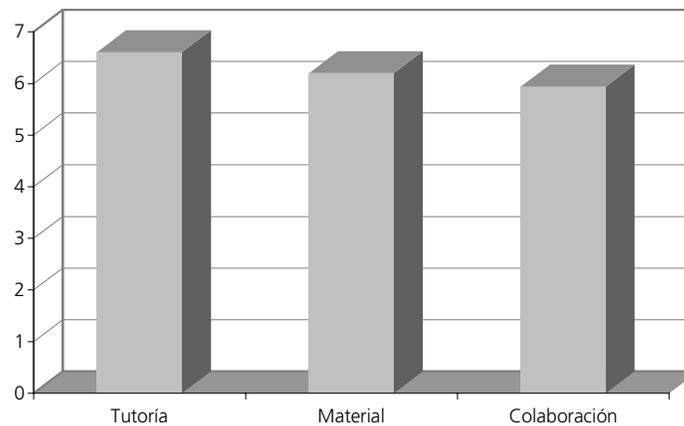
Resultado del análisis de varianza para los tres grupos de la unidad 2

	Suma de cuadrados	gl	Media al cuadrado	F	Sig.
Entre grupos	7.151	2	3.576	2.501	.087
Intra grupos	144.404	101	1.431		
Total	151.556	103			

La figura 5 muestra una comparación del desempeño en la unidad 2 en las tres modalidades interactivas; la más alta es la tutoría y la más baja es la colaboración, aunque las diferencias no son significativas.

FIGURA 5

Comparación del desempeño promedio por modalidades interactivas, de la unidad 2



Unidad 3

En el AVAR realizado con los datos de desempeño en pruebas de la unidad 3 se encontró que no hay diferencias significativas ente los tres grupos ($F(2, 101) = .109, p = .109$). El cuadro 7 muestra los resultados de este análisis.

CUADRO 7

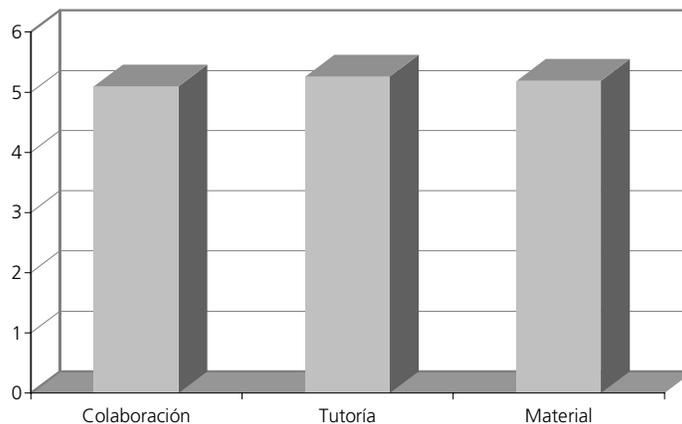
Resultado del análisis de varianza para los tres grupos de la unidad 3

	Suma de cuadrados	gl	Media al cuadrado	F	Sig.
Entre grupos	.319	2	.159	.109	.109
Intra grupos	147.553	101	1.461		
Total	147.871	103			

La figura 6 muestra una comparación del desempeño en la unidad 3 en las tres modalidades interactivas. A nivel visual, prácticamente no hay diferencias; el puntaje menor es, nuevamente, el de colaboración; el mayor es el de tutoría; sin embargo, las diferencias no son significativas, como lo marca el análisis de varianza.

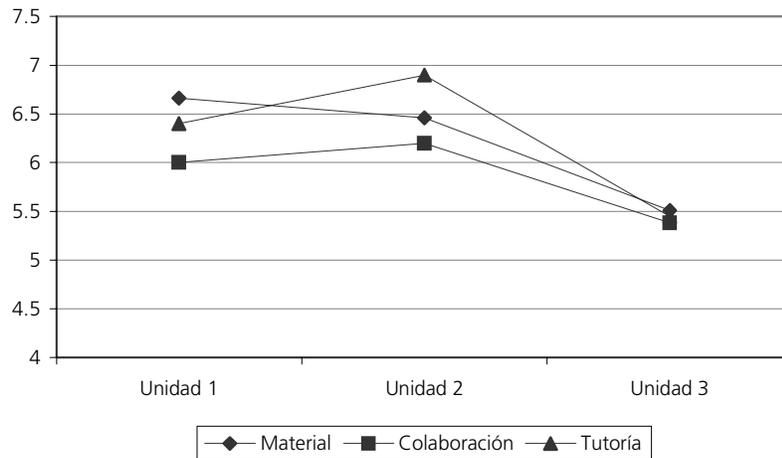
FIGURA 6

Comparación del desempeño promedio por modalidades interactivas, de la unidad 3



La figura 7 muestra una comparación entre los tres grupos a lo largo de las tres unidades de aprendizaje. Se observa que en términos generales la colaboración se ubica debajo de las otras dos modalidades interactivas.

FIGURA 7
Comparación del desempeño promedio en las tres modalidades interactivas durante las tres unidades del curso



Tamaño del efecto en las modalidades interactivas

Aun cuando observamos que no existen diferencias significativas consistentes, en esta sección se presenta un análisis del tamaño de la diferencia para ilustrarla. Para esto se siguió el procedimiento propuesto por Bloom (1984), en el que comparaba a la tutoría con otras modalidades de entrega de la instrucción.

El tamaño de la diferencia se obtiene calculando la media de la variable de mayor magnitud, se le resta la de menor magnitud y el resultado se divide entre la desviación estándar de la medida de menor magnitud. Cabe mencionar que el uso de este recurso de cálculo implica una adaptación con respecto al trabajo de Bloom, puesto que el presente diseño incluye tres grupos y no existe grupo control. Esto se ilustra en la ecuación 2.

$$\text{Tamaño del efecto} = \frac{\text{Exp - control}}{\text{Desv. Est. Control}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

El cuadro 8 muestra los valores obtenidos del tamaño del efecto. A diferencia de lo que reporta Bloom (1984) sobre una superioridad de la tutoría que asciende a 2 sigmas respecto de la situación tradicional de salón de clases, cuando se mantiene constante el diseño instruccional, el tamaño del efecto no es muy importante. El cuadro 8 muestra, para la unidad 1, un tamaño del efecto en el material 0.66 mayor que el de la colaboración; en la unidad 2, el tamaño del efecto de la tutoría es .55 sigmas mayor que ésta, y en la unidad 3 no hay diferencias importantes en los efectos de los tratamientos interactivos.

CUADRO 8

Comparativo de tamaños de efecto entre modalidades interactivas

Unidad 1		Unidad 2		Unidad 3	
Mat-Col	0.66	Tut-Col	0.55	Mat-Col	0.10
Tut-Col	0.40	Mat-Col	0.22	Tut-Col	0.06
Mat-Tut	0.23	Tut-Mat	0.35	Mat-Tut	0.05

Donde hay diferencias un poco más claras en el efecto del tratamiento es en las unidades 1 y 2; en la 3 los efectos prácticamente son equivalentes. La figura 8 (a y b) muestra las diferencias en tamaño del efecto entre las modalidades de tutoría y materiales con respecto a la de colaboración para las unidades 1 y 2. Se reitera que la colaboración tiene el efecto más bajo de los tres tratamientos en los tres casos. En la figura 8a se observa que en la unidad 1 la interacción con materiales tiene un efecto .66 sigmas mayor que la colaboración, y en la figura 8b se observa que la interactividad tutorial tiene un efecto .55 sigmas mayor que la colaboración.

Características de la interactividad en cada modalidad

En la primera parte del trabajo se destacaba la importancia de identificar si las características de las interacciones difieren entre modalidades.

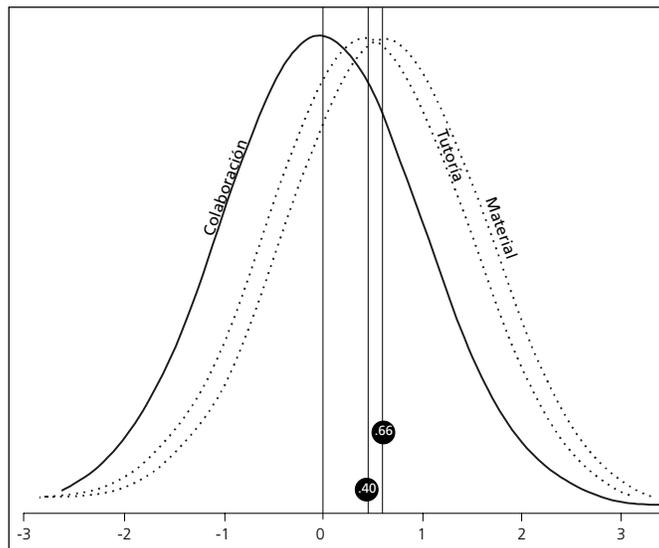
Como se ha mencionado, el diseño instruccional se mantuvo constante entre modalidades, y lo que variaba era la arquitectura de interactividad propia de cada modalidad. Si somos consistentes con la propuesta de este trabajo en el sentido de que el índice de interactividad es un valor que resume lo que ocurre en el ambiente de aprendizaje en términos de las tareas

realizadas entre alumno y los agentes interactivos, es congruente realizar un análisis comparativo entre modalidades en relación con este parámetro.

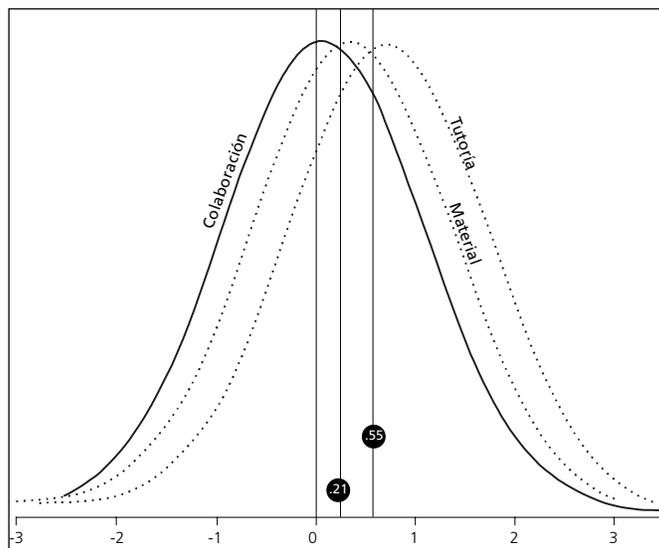
FIGURA 8 A Y B

Diferencias en tamaño del efecto entre las modalidades de material y tutoría con respecto a la de colaboración, para las unidades 1 y 2

8A
Unidad 1



8B
Unidad 2



Al realizar un análisis de varianza en el que se compararon los índices de interactividad en las tres modalidades: material, colaboración y tutoría, la prueba mostró que existen diferencias significativas a un nivel de .000 entre el material ($F(2,101)=32.884$, $p=.000$), la colaboración ($F(2,101)=77.058$, $p=.000$), y la tutoría ($F(2,101)=12.132$, $p=.000$) (ver cuadro 9).

CUADRO 9

Datos del análisis de varianza para comparar interactividad entre grupos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Material	Entre grupos	24.261	2	12.130	32.884	.000
	Dentro del grupo	37.257	101	.369		
	Total	61.518	103			
Colaboración	Entre grupos	46.173	2	23.087	77.058	.000
	Dentro del grupo	30.260	101	.300		
	Total	76.433	103			
Tutoría	Entre grupos	24.264	2	12.132	39.848	.000
	Dentro del grupo	30.750	101	.304		
	Total	55.013	103			

Se ejecutó la prueba de *Scheffé* con los datos para identificar el sentido de las diferencias, y se encontró que la colaboración es la modalidad interactiva que difiere tanto con la tutoría como con la interacción con materiales, y que la tutoría y la interacción con materiales no difieren entre sí en este parámetro. El cuadro 10 muestra los resultados de la prueba *post hoc* de *Scheffé*.

Como análisis complementario, en el cuadro 11 se muestran los grupos de significancia de acuerdo con la prueba *Post hoc* de Tukey. En él se observa que cada modalidad comparada con las demás conduce a un mismo patrón: los grupos “2”, que corresponden a colaboración, siempre son diferentes significativamente de los grupos “1” y “3”, que corresponden a las modalidades de material y tutoría, respectivamente.

CUADRO 10
Comparaciones múltiples con la prueba de Scheffé

Variable dependiente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia media (I-J)	Error estándar	Sig.	95% intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Material	1.00	2.00	1.1137*	.14519	.000	.7530	1.4744
		3.00	.2228	.14625	.318	-.1406	.5861
	2.00	1.00	-1.1137*	.14519	.000	-1.4744	-.7530
		3.00	-.8910*	.14625	.000	-1.2543	-.5276
	3.00	1.00	-.2228	.14625	.318	-.5861	.1406
		2.00	.8910*	.14625	.000	.5276	1.2543
Colabora	1.00	2.00	1.4097*	.13084	.000	1.0846	1.7348
		3.00	-.0008	.13180	1.000	-.3283	.3267
	2.00	1.00	-1.4097*	.13084	.000	-1.7348	-1.0846
		3.00	-1.4105*	.13180	.000	-1.7380	-1.0831
	3.00	1.00	.0008	.13180	1.000	-.3267	.3283
		2.00	1.4105*	.13180	.000	1.0831	1.7380
Tutoría	1.00	2.00	.8840*	.13190	.000	.5563	1.2117
		3.00	-.2382	.13287	.206	-.5683	.0919
	2.00	1.00	-.8840*	.13190	.000	-1.2117	-.5563
		3.00	-1.1222*	.13287	.000	-1.4523	-.7921
	3.00	1.00	.2382	.13287	.206	-.0919	.5683
		2.00	1.1222*	.13287	.000	.7921	1.4523

* La diferencia es significativa al nivel .05

CUADRO 11
Grupos de significancia estadística derivados de prueba post hoc de Turkey

Modalidad:					
Material	Colaboración		Tutoría		
Tratamiento	Grupo de significancia	Tratamiento	Grupo de significancia	Tratamiento	Grupo de significancia
1	A	1	B	1	A
2	B	2	A	2	B
3	A	3	B	3	A

De este análisis tenemos que al comparar el índice de interactividad sí se observan diferencias claras entre modalidades. La figura 9 muestra tres gráficas en las que se pueden comparar las características de la interactividad. Ahí es evidente que la tutoría, posiblemente por la calidad del andamiaje, conduce a una mayor efectividad en la ejecución de tareas. Esta barra siempre es mayor en el caso de la tutoría, independientemente del grupo y orden en que se introduzca.

Otra observación interesante es que el nivel de andamiaje siempre es mayor en la tutoría y en la interacción con materiales ($F(2,98)=80.038, p=.000$). Si bien en la primera hubo inconsistencias en las acciones de andamiaje –ya que el tutor en línea a veces no pudo atender algunas participaciones debido a que los alumnos las realizaron fuera del cronograma estipulado o en otras sólo indicaba mensajes de retroalimentación simple como “excelente, vas muy bien”– en la mayoría de las ocasiones el tutor hacía referencia a alguno o algunos aspectos críticos que el alumno debía tomar en cuenta para llegar a la “auto explicación” de los temas. El material interactivo tenía la característica de ser altamente consistente en la administración de andamiaje, pero este andamiaje era fijo y de retroalimentación simple, sólo indicando niveles de aciertos en el desempeño; el andamiaje en la colaboración, por otro lado, era altamente inconsistente, era común encontrar que los alumnos participaban en paralelo, sin tomarse en cuenta, reproduciendo apreciaciones equívocas o imprecisas y sin que esto se rectificara.

De esta manera, lo que puede encontrarse acerca de los patrones de interactividad en resumen es: que los alumnos bajo tutoría tienen más efectividad en la realización de las tareas, y que esto puede deberse a la calidad del andamiaje. Los niveles de interactividad más altos están entre la tutoría y la interacción con materiales; la colaboración definitivamente conduce a los niveles de interactividad más bajos. Los niveles de construcción son más altos en el caso del material, ya que los alumnos en este caso podían repetir un número ilimitado de ocasiones las actividades y ejercicios, de manera que, aun cuando su efectividad disminuyera (intentos/ efectivos), la construcción se garantizaba, y eso con un sistema fijo pero eficiente de andamiaje condujo a niveles aceptables de interactividad, que a su vez condujeron a niveles altos de desempeño en las evaluaciones objetivas de conocimientos de las unidades. Esto puede observarse a nivel visual en la figura 10, que muestra el promedio de los valores de patrones de interactividad del presente estudio.

FIGURA 9
Distribución componentes para cada modalidad interactiva para las tres unidades

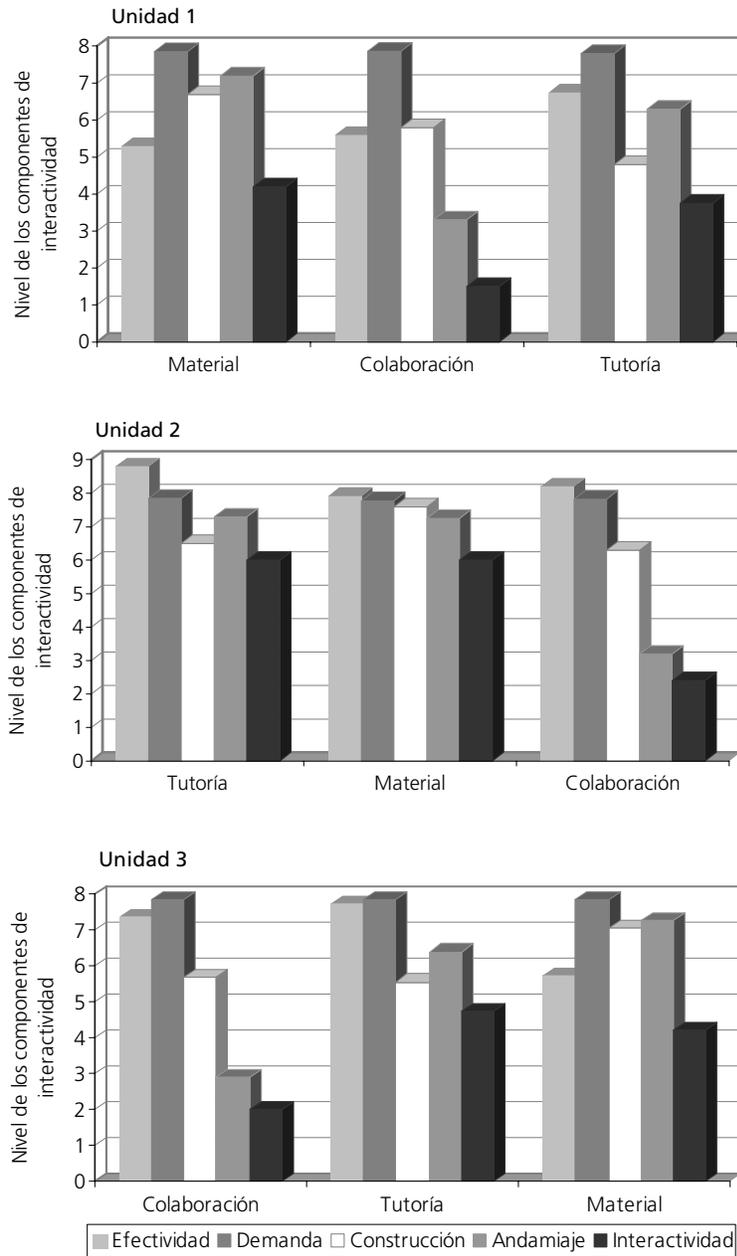
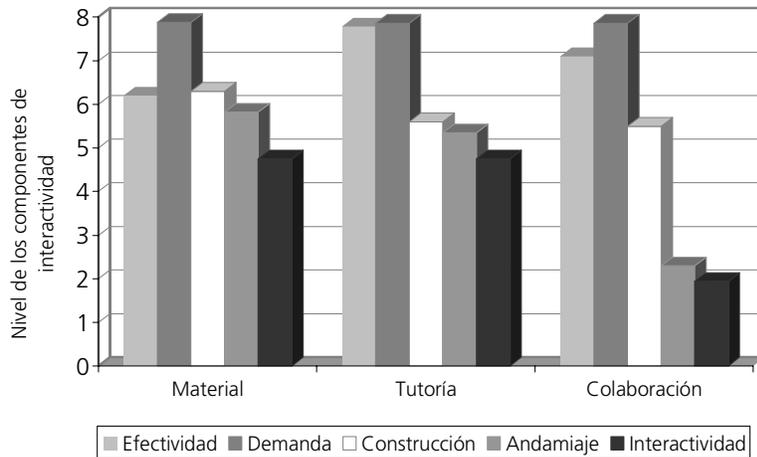


FIGURA 10
Patrón de componentes de cada modalidad interactiva en promedio, para las tres unidades



Finalmente, es conveniente mostrar un dato relevante para concluir este análisis: la correlación entre el índice de interactividad y el desempeño, que puede dar validez al índice propuesto, ya que representa a la actividad que conduce al aprendizaje, misma que debería estar relacionada con el desempeño.

Se realizó un análisis de correlación de *Pearson* entre los valores de índices de interactividad y desempeño en evaluaciones, y el resultado muestra una correlación significativa ($r=.435$, $p=.000$), como se muestra en el cuadro 12.

TABLA 12
Correlación Pearson entre índice de interactividad y desempeño

		Interactividad	Desempeño
Interactividad	Correlación de Pearson	1	.435 **
	N	101	312 **
Desempeño	Correlación de Pearson	.435	1
	N	101	312

** Correlación significativa al nivel 0.01 (2-colas).

Discusión

Los resultados de este estudio destacan la importancia de realizar un análisis estadístico de la interactividad instruccional, con el objeto de diseñar situaciones efectivas para promover el aprendizaje en línea, con bases derivadas de la investigación.

Un punto que se confirma en este estudio es la importancia del diseño instruccional en el aprendizaje en línea. Se asume que es el responsable del resultado, a juzgar por la falta de diferencias significativas en el desempeño en grupos sometidos a modalidades interactivas distintas, pero un diseño instruccional equivalente.

Un elemento que se evaluó en este trabajo fue el teorema de equivalencia de las modalidades interactivas, mismo que no se cumplió cabalmente, desde que el análisis a detalle de la interactividad demostró una falta de equivalencia en los procesos interactivos que componen a dichas modalidades.

El estudio muestra la posibilidad de explorar la interactividad como una serie de eventos interrelacionados que, dependiendo de sus características, pueden influir directamente en los resultados de aprendizaje. Especialmente interesante resultó la identificación de su “arquitectura”, que podría componerse de elementos como el nivel de demanda, la efectividad contra criterio, el nivel cognitivo de construcción, el nivel de andamiaje y el ajuste del desempeño en función de todo lo anterior. Estos elementos se presentan en una dinámica que es iterativa y conduce al refinamiento constante del desempeño.

Es importante plantear la forma como se definen las interacciones colaborativa, tutorial y con materiales. La colaboración en este trabajo es el soporte mutuo que ejercen los estudiantes ante las tareas de aprendizaje impuestas por el diseño instruccional del curso.

En la condición de colaboración, los estudiantes tenían instrucciones para comentar acerca de las aportaciones de los demás, construir juntos la solución de casos, discutir conceptos, debatir, etc. Sin embargo, no existía una figura que moderara esta actividad; esto es, la colaboración era “natural”, tal como los alumnos la desempeñaban tomando en cuenta las instrucciones de las actividades del ambiente de aprendizaje. La tutoría también era desempeñada de manera natural por un profesor con base en instrucciones y una serie de actividades derivadas del diseño

instruccional del curso en línea, pero el tutor no era asesorado en caso de desviarse de un desempeño esperado o ideal; la interacción con materiales se realizaba con base en la programación de una serie de tareas relacionadas con los objetivos de aprendizaje, los materiales interactivos eran ejercicios con retroalimentación del desempeño de los estudiantes. Las tres modalidades interactivas tocaban los mismos contenidos y las mismas fases instruccionales, lo que variaba era la estructura interactiva resultante en cada modalidad.

La literatura ha propuesto teorías que describen la dinámica cognitiva que conduce a la construcción de conocimiento, así como la influencia del contexto social en el aprendizaje. Es importante tomar en cuenta la identificación de estas características para generar el diseño instruccional. Pero también es importante identificar los aspectos teóricos que podrían explicar la interactividad. Sería pertinente revisar los mecanismos que conducen a diferentes niveles de construcción de conocimiento, y cómo se relacionan con los elementos interactivos; otro aspecto muy importante a analizar a profundidad sería el análisis teórico del andamiaje en el contexto de la estructura interactiva, con el objeto de identificar las diferencias específicas en el andamiaje posible en las tres modalidades interactivas.

El índice de interactividad propuesto en este trabajo resultó adecuado como medida ya que, por un lado, demostró una correlación estadísticamente significativa con el desempeño pero, al mismo tiempo, permitió identificar diferencias significativas entre las modalidades interactivas. De esta forma se encontró, por un lado, que la exposición a las modalidades interactivas no tenía impacto diferencial en el desempeño; por otro, que los índices de interactividad sí eran diferentes significativamente y, en tercer lugar, que éstos tenían una alta correlación con el desempeño. Esto nos lleva a pensar que el índice de interactividad es una medida sensible del proceso de aprendizaje en línea que, en este caso, nos permitió identificar diferencias.

A partir de la identificación de las especificidades de cada modalidad interactiva podrían derivarse decisiones instruccionales efectivas, por ejemplo: el desarrollo de materiales interactivos que pudieran utilizarse al menos en alguna parte del proceso instruccional, donde se requiriera un acceso al conocimiento homogéneo por parte de los alumnos, con impacto en costos y en calidad de los procesos educativos; las situaciones de tutoría, con

su característico andamiaje adaptativo, podrían indicarse en etapas críticas de los procesos instruccionales, y el tutor sería liberado de parte de su carga por esta distribución de modalidades; y las situaciones de colaboración, que demuestran niveles equivalentes de efectividad a las otras modalidades, podrían indicarse en momentos en los que la reflexión grupal nutriera a los participantes, aun cuando los esquemas de andamiaje en esta modalidad no sean individualizados. La identificación de estas características conduciría al desarrollo de soluciones que impactarían en la calidad y en los costos de la educación a distancia mediante Internet.

La contribución teórica del presente estudio puede ubicarse en el contexto de la identificación de una estructura de la interactividad que podría ser refinada y estudiada en el futuro, dada la necesidad de generación de conocimiento en relación con los fenómenos de aprendizaje en línea, en el contexto de la necesidad de aplicación de conocimientos que actualmente son derivados del sentido común en muchas ocasiones.

La contribución metodológica puede ubicarse en la estrategia que se siguió para el análisis de contenidos, que permitió identificar los niveles en los que se presentaban los diferentes elementos que conforman los patrones interactivos, y la propuesta de una medida-resumen de este proceso, como el índice de interactividad.

La contribución tecnológica podría sugerirse en el sentido de tomar algunos elementos identificados aquí para aplicarlos en situaciones de aprendizaje en línea, como cuidar que los esquemas de andamiaje colaborativo se apeguen más a lo que la teoría marca, hacer efectivo instruccionalmente que estos espacios permitan la negociación de significado y la co-construcción de conocimiento, tal vez mediante acciones que estructuren mejor las actividades o la participación de agentes. Asimismo, puede cuidarse que la tutoría se dé en su esquema flexible de andamiaje, como lo marca la teoría. Los materiales interactivos podrían adquirir flexibilidad, y apegarse en tanto a características de diagnóstico continuo y soporte calibrado (Putambekar y Hubscher, 2005).

Por lo demás, consideramos un buen principio la mera atención a la identificación del concepto de interactividad en el contexto instruccional, en el sentido que plantean Muirhead y Juwah (2004), como la descripción de la forma, función e impacto de las interacciones en la enseñanza y el aprendizaje.

Referencias

- Anderson, T. (2003a). "Getting the mix right again: An Updated and Theoretical Rationale for Interaction", *The international Review of Research in Open and Distance Learning*, 4 (2). Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/149/708> (consulta: 5 de febrero de 2007).
- Anderson, T. (2003b). "Modes of interaction in distance education: Recent developments and research questions", en M. Moore y G. Anderson (eds.), *Handbook of distance education*, Mahwah, NJ: Erlbaum, pp. 129-144.
- Anderson, T. (2004a). "Toward a theory of online learning", en T. Anderson y F. Elloumi (eds). *Theory and practice of online learning*, Athabasca: Athabasca University, pp. 33-58.
- Anderson, T. (2004b). "Teaching in an online learning context", en T. Anderson y F. Elloumi (Eds). *Theory and practice of online learning*, Athabasca, Athabasca University, pp. 273-294.
- Anderson, T. y Garrison, D. R. (1998). "Learning in a networked world: New roles and responsibilities", en C. Gibson (ed.) *Distance learners in higher education*, Madison, WI: Atwood Publishing, pp. 7-112.
- Barab, S. A.; Evans, M A. y Baek, E.O. (2004). "Activity theory as a lens for characterizing the participatory unit", en D. H. Jonassen (ed.) *Handbook of research on educational communications and technology*, 2a ed., Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 199-214.
- Bloom, B. (1984). "The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring", *Educational Researcher*, 3 (6), pp. 4-16.
- Bruner, J. S. (1975). "From communication to language: a psychological perspective". *Cognition*, 3 (3), 255-287.
- Bullough, R. V. y Beatty, L. F. (1991). *Classroom applications of microcomputers*, Nueva York: Macmillan Publishing Company.
- Castañeda, S. (1998). *Evaluación y fomento del desarrollo intelectual en la enseñanza de ciencias, artes y técnicas: perspectiva internacional en el umbral del siglo XXI*, Ciudad de México: UNAM/Miguel Ángel Porrúa.
- Castañeda, S. (2002). "A cognitive model for learning outcomes assessment", *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-long Learning*, 12 (1-4), 94-106.
- Castañeda, S. (2004). "Educación, aprendizaje y cognición", en Castañeda, S. (ed.) *Educación, aprendizaje y cognición: teoría en la práctica*, Ciudad de México: Manual Moderno, pp. 49-74.
- Cairncross, S. y Mannion, M (2001). "Interactive multimedia and learning: Realizing the benefits", *Innovations in Education and Teaching International*, 38(2), pp. 156-164.
- Chi, M. T. H. (1996). "Constructing self explanations and scaffolded explanations in tutoring", *Applied Cognitive Psychology*, 10, pp. 1-15.
- Chi, M. T.H.; Siler, S.A.; Jeong, H.; Yamauchi, T. y Hausmann, R. (2001). "Learning from human tutoring", *Cognitive Science*, 25, pp. 471-533.

- Clark, R. (1983). "Reconsidering research on learning from media", *Review of Educational Research*, 53 (invierno), pp. 445-459.
- Clark, R. (1994). "Media will never Influence learning", *Educational Technology, Research and Development*, 42, 21-29.
- Coll, C. y Sánchez, E. (2008). "Presentación. El análisis de la interacción alumno-profesor: líneas de investigación", *Revista de Educación*, 346, 15-32.
- Colomina, R.; Onrubia, J. y Rochera, M. J. (2005). "Interactividad, mecanismos de influencia educativa y construcción del conocimiento en el aula", en C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (comps.) *Desarrollo psicológico y educación*, Madrid: Alianza Editorial, pp. 437-458.
- De Wever, B; Schellens, T.; Valcke, M. y Van Keer, H. (2006). "Content analysis schemes to analyze transcripts of online asynchronous groups: A review", *Computers and Education*, 46, pp. 6-28.
- Engeström, Y. (1999). "Activity Theory and Individual and Social Transformation", en Y. Engeström, R. Miettinen y R-L Punamaki (eds.) *Perspectives on activity theory*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 39-52.
- Fowler, C. J. H. y Mayes, J. T. (2000). "Learning relationships from theory to design", *British Journal of Educational Technology*, 23(3), pp. 195-211.
- Gunawardena, C. N.; Lowe, C. A., y Anderson, T. (1997). "Analysis of a global online debate and the development of an interaction analysis model for examining social construction of knowledge in computer conferencing", *Journal of Educational Computing Research*, 17 (4), 397-431.
- Hara, N.; Bonk, C. J. y Angeli, C. (2000). "Content analysis of online discussion in an applied educational psychology course", *Instructional Science*, 28, 115-152.
- Henri, F. (1992). "Computer conferencing and content analysis", en A. R. Kaye (ed.) *Collaborative learning through computer conferencing: The Nadjaen Papers*, Nueva York: Springer-Verlag.
- Jeong, A. (2005). "A guide to analysing message-response sequences and group interaction patterns in computer-mediated communication", *Distance Education*, 26 (3), 367-383.
- Jonassen, D. (1999). "Designing constructivist learning environments", en C. Reigeluth (ed.) *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory, volume II*, Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 215-239.
- Kanuka, H. (2005). "An exploration into facilitating higher levels of learning in a text-based internet learning environment using diverse instructional strategies", *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10(3), art 8. Disponible en <http://jcmc.indiana.edu/vol10/issue3/kanuka.html> (consulta: 15 de abril de 2007).
- Marra, R. M.; Moore, J. L. y Kimczak, A. K. (2004). "Content analysis of online discussion forums: a comparative análisis of protocols", *Education Technology Research and Development*, 52 (2), 23-40.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Merrill, M.D. (2002). "First principles of instruction", *Educational Technology Research and Development*, 50 (3), pp. 43-59.

- Merrill, M. D. (2009). "First principles of instruction", en C. M. Reigeluth y A. Carr (eds.), *Instructional design theories and models: building a common knowledge base* (vol. III), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Merrill, D. C.; Reiser, B. J.; Ranney, M. y Trafton, J. G. (1992). "Effective tutoring techniques: comparison of human tutors and Intelligent Tutoring Systems", *The Journal of the Learning Sciences*, 2(3), 277-305.
- Moore, M. (1989). "Three types of interaction", *American Journal of Distance Education*, 3 (2), pp. 1-6.
- Moore, J. L. y Marra, R. M. (2005). "A comparative analysis of online discussion participation protocols", *Journal of Research on Technology in Education*, 38 (2), 191-212.
- Muirhead, B. y Juwah, C. (2004). "Interactivity in computer-mediated college and university education: A recent review of the literature", *Educational Technology & Society*, 7 (1), pp. 12-20.
- Nadolski, R. J.; Kirschner, P.A.; Van Merriënboer, J. y Hummel, H. G. K. (2001). "A model for optimizing step size of learning tasks in competency-based multimedia practicals", *Education Technology Research and Development*, 49 (3), pp. 87-103.
- Ng, K. C. y Murphy, D. (2005). "Evaluating interactivity and learning in computer conferencing using content analysis techniques", *Distance Education*, 26 (1), pp. 89-109.
- Pena-Schaff, J. B. y Nicholls, C. (2004). "Analyzing student interactions and meaning construction in computer bulletin board discussions", *Computers and Education*, 42 (3), pp. 243-265.
- Peñalosa, E. y Castañeda, S. (2008). "Generación de conocimiento en la educación en línea: un modelo para el fomento de aprendizaje activo y autorregulado", *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 13 (36), pp. 229-260.
- Peñalosa, E. y Castañeda, S. (2009). "El análisis cognitivo de tareas, base para el diseño de instrumentos de evaluación en el aprendizaje en línea", *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa* 2 (1), pp. 162-185. Disponible en: <http://www.rinace.net/rieel/numeros/vol2-num1/art9.pdf> (consulta: 5 de agosto de 2009).
- Putambekar, S. y Hubscher, R. (2005). "Tools for scaffolding students in complex learning environments: What have we gained and what have we missed?", *Educational Psychologist*, 40 (1), 1-12.
- Reiser, B. J. (2004). "Scaffolding complex learning: the mechanisms of structuring and problematizing student work", *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), pp. 273-304.
- Russell, T. L. (1999). *The no significant difference phenomenon*, Chapel Hill, NC: Office of Instructional Telecommunications-North Carolina University.
- Schacter, J. (2000). "Does individual tutoring produce optimal learning?", *American Educational Research Journal*, 37 (3), 801-829.
- Schellens, T. y Valcke, M. (2005). "Collaborative learning in asynchronous discussion groups: what about the impact on cognitive processing?", *Computers and human behavior*, 21 (6), pp. 957-975.
- Schwartz, D. L.; Brophy, S.; Lin, X. y Bransford, J. D. (1999). "Software for managing complex learning: examples from an educational psychology course", *Educational Technology Research and Development*, 47 (2), 39-60.

- Sitzman, T.; Kraiger, K.; Stewart, D. y Wisher, R. (2006). "The comparative effectiveness of web-based and classroom instruction: A meta-analysis", *Personnel Psychology* 59 (3), 623-664.
- Scardamalia, M. y Bereiter, C. (2002). "Knowledge building", *Encyclopedia of Education*, Nueva York, McMillan.
- Skinner, B. F. (1958). "Teaching machines", *Science*, 128, 969-977.
- Slavin, R. (1991). "Synthesis of Research on Cooperative Learning", *Educational Leadership*, 48 (5), 71-82.
- Taber, J.I.; Glaser, R. y Schaefer, H.H. (1965). *Aprendizaje e instrucción programada*, Ciudad de México: Trillas.
- Van Merriënboer, J. G.; Clark, R. y DeCrook, M. B. M (2002). "Blueprints for complex learning: the 4 C/ID-Model", *Education, Training and Development*, 50, 39-64.
- Vrasidas, C. (2000). "Constructivism versus objectivism: implications for interaction, course design, and evaluation in distance education", *International Journal of Educational Telecommunications*, 6 (4), 339-362.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*, Barcelona: Paidós.
- Yacci, M. (2000). "Interactivity demystified: A structural definition for distance education and intelligent computer-based instruction", *Educational Technology*, 40 (4), 5-16.
- Zhu, E. (1996). "Meaning negotiation, knowledge construction and mentoring in a distance learning course", en *Proceedings of selected research and development presentations at the 1996 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology*, Indianapolis. Disponible en ERIC, documento ED 397 849.

Artículo recibido: 18 de agosto de 2009
Dictaminado: 14 de octubre de 2009
Segunda versión: 26 de octubre de 2009
Aceptado: 4 de noviembre 2009