

Validación y confiabilidad de una escala de Actitudes hacia las Matemáticas y hacia las Matemáticas Enseñadas con Computadora

Sonia Ursini, Gabriel Sánchez y Mónica Orendain

Resumen: Con el propósito de contar con un instrumento que permita obtener información acerca de las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y las matemáticas enseñadas con computadora, se elaboró la escala AMMEC (Actitudes hacia las Matemáticas y las Matemáticas Enseñadas con Computadora). En este artículo se presentan los pasos seguidos para su validación y se proporcionan datos que demuestran su confiabilidad y validez. En estos momentos, en los que el uso de la tecnología para apoyar la enseñanza de las matemáticas es cada vez más fuerte, esta escala permite monitorear cómo van cambiando las actitudes de los estudiantes hacia esta disciplina. Se incluyen resultados preliminares relativos a las actitudes de los estudiantes.

Palabras clave: actitud, matemáticas, computadoras, tecnología, escala.

Abstract: The AMMEC scale (Attitudes towards Mathematics and Mathematics Taught with Computers) was designed with the purpose of providing a suitable instrument for obtaining information about students' attitudes towards and mathematics towards mathematics taught with computers. The steps followed to validate the scale and data showing its reliability and validity are provided. Being the use of technology to support mathematics' teaching more and more frequent, this scale allows us to monitor changes in students' attitudes toward mathematics. Preliminary results on students' attitudes are included.

Keywords: attitude, mathematics, computers, technology, scale.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología computacional que se dio en la segunda mitad del siglo pasado abrió posibilidades insospechadas de empleo de esta herramienta en los campos más diversos, entre ellos el de la educación. La presencia cada vez más fuerte de los instrumentos computacionales ha ido señalando la posibilidad

y la necesidad de vincular su uso a la enseñanza de las matemáticas. En este contexto, se inscribe el proyecto de Enseñanza de las Matemáticas con Tecnología (EMAT), que promueve la Secretaría de Educación Pública de México con el propósito de apoyar la enseñanza de las matemáticas en las escuelas secundarias públicas del país. Se espera que este proyecto ayude a mejorar el aprendizaje de las matemáticas, así como las actitudes de los estudiantes hacia esta disciplina. Es, por lo tanto, importante monitorear ambos aspectos.

En este momento, nuestro interés es conocer cuáles son las actitudes que tienen los estudiantes que trabajan en el proyecto EMAT hacia las matemáticas y las matemáticas enseñada con el apoyo de la computadora. Se sabe que la actitud de los estudiantes hacia una disciplina desempeña un papel muy importante en el aprendizaje de ésta. Si algo se considera agradable, resulta más fácil de aprender, lo que repercute en el desempeño (Auzmendi, 1992). Cuando se tienen sentimientos positivos hacia, por ejemplo, las matemáticas y confianza en el propio desempeño, las posibilidades de éxito aumentan (Tobías, 1993).

Hasta la fecha, ha habido en México un número muy escaso de estudios relacionados con las actitudes hacia las matemáticas o hacia las matemáticas apoyadas con tecnología. Por consiguiente, no se cuenta con los instrumentos que nos permitan llevar a cabo un estudio de este tipo. Por ello, el primer paso ha sido desarrollar un instrumento *ad hoc* para obtener la información deseada. Hemos diseñado una escala tipo Likert considerando que, junto con el diferencial semántico y el método de Guttman, es uno de los métodos más conocidos para medir, por escalas, los elementos que constituyen las actitudes. Nos referiremos a ella como la escala AMMEC (Actitudes hacia las Matemáticas y las Matemáticas Enseñada con Computadora). En este artículo presentamos el instrumento y los pasos seguidos para su validación.

ANTECEDENTES

EL PROYECTO EMAT (ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICA CON TECNOLOGÍA)

El proyecto EMAT, promovido por la Secretaría de Educación Pública, se inicia en 1997 en 16 escuelas distribuidas en 8 estados de la República Mexicana con la participación de 16 profesores y 667 estudiantes. A fines del ciclo escolar 2002-2003, el proyecto EMAT se había extendido a 731 escuelas distribuidas en 17 estados de la República; 2 283 profesores ya estaban trabajando con la tecnología

computacional y el número de estudiantes era ya cercano a los 200 mil. Para apoyar la enseñanza de las matemáticas en el proyecto EMAT actualmente se están usando: la calculadora TI-92, la hoja electrónica de cálculo (como apoyo para la enseñanza de la aritmética, el álgebra y la resolución de problemas), y el paquete computacional Cabri Géomètre (como apoyo para la enseñanza de la geometría).

El modelo pedagógico que sustenta el proyecto EMAT tiene algunas particularidades que se tuvieron en cuenta en el momento de diseñar la escala AMMEC. Una característica fundamental consiste, por ejemplo, en ir de la práctica y los ejemplos particulares, hacia los principios teóricos generales. Esto se pretende lograr con actividades previamente diseñadas que los alumnos resuelven en equipo, y con discusiones de grupo dirigidas por el profesor. El desarrollo de las actividades se apoya fuertemente en hojas de trabajo que guían la actividad de los estudiantes. Su propósito es convertirlos en sujetos activos para que, a través de su propia reflexión, vayan construyendo conceptos y desarrollando habilidades matemáticas. El trabajo en equipo pretende también fomentar el intercambio de ideas y motivar al estudiante a organizar, reflexionar, defender y, finalmente, modificar sus propias ideas. El papel del profesor durante el desarrollo de las actividades es el de guía que los va apoyando y auxiliando en el desarrollo de su propio trabajo. Las discusiones de grupo pretenden lograr una reflexión y un consenso acerca de los conceptos matemáticos involucrados en las actividades previamente trabajadas. Todo esto con el objetivo de lograr un aprendizaje más significativo de las matemáticas y generar una actitud positiva hacia esta disciplina.

ESCALAS DE REFERENCIA

Para elaborar la escala AMMEC, se consideró que una actitud es una predisposición aprendida para responder de manera consistente, favorable o desfavorablemente, hacia un objeto y sus símbolos. Una actitud tiene dirección: positiva o negativa; intensidad: alta o baja; está conformada por varios elementos, tales como: cogniciones o creencias, sentimientos o afectos asociados a evaluaciones, tendencias de comportamiento; y se forma, principalmente, mediante las experiencias e inferencias o generalizaciones y con base en principios de aprendizaje.

Al diseñar la escala AMMEC, se consultaron distintas escalas de actitudes elaboradas y validadas con anterioridad por otros investigadores. Se consideró el

cuestionario empleado por Morales (1998), que fue elaborado a partir del Computer Attitude Questionnaire (CAQ) (Knezek y Christensen, 1995a, 1995b). Se trata de una escala tipo Likert desarrollada en Estados Unidos con el propósito de medir las actitudes hacia la computadora y las nuevas tecnologías en estudiantes de 9^o a 12^o grado. Este cuestionario fue validado para la población mexicana por Morales (1998) y fue contestado por estudiantes de 3^{er} grado de secundaria de cuatro estados de la República Mexicana dentro de un proyecto denominado "Actitudes de los escolares hacia la computadora y los medios para el aprendizaje".

Otro cuestionario que sirvió de guía fue el desarrollado en 1976 por Fennessy y Sherman (1986) sobre actitudes hacia las matemáticas. Se trata de nueve escalas tipo Likert que miden distintos tipos de actitudes hacia el aprendizaje de las matemáticas. Además, cada escala puede ser utilizada de manera individual. Este cuestionario ha sido aplicado en múltiples ocasiones y se sigue usando en versiones actualizadas (Doepken *et al.*, 1993).

Finalmente, consultamos el cuestionario elaborado por Forgasz (2001), que indaga los estereotipos de género en relación con las actitudes hacia las matemáticas, la computadora y las matemáticas enseñada con computadora. Este último, publicado después de que ya habíamos elaborado y piloteado el instrumento que aquí presentamos, es quizás el que se acerca más a nuestro propósito. Pero, a diferencia del cuestionario de Forgasz, no incluimos la parte que mide las actitudes hacia la computadora, porque en el momento de diseñar la escala, la mayoría de nuestros alumnos de secundaria no tenían aún un fácil acceso a esta herramienta fuera del ámbito escolar y en éste, cuando se usaba, estaba asociada a temas curriculares específicos. Además, Morales (1998) había informado, respecto al uso masivo de las computadoras, que si bien existían grandes diferencias entre los distintos estados de la República, la gran mayoría no tenía aún acceso a este medio. En estos últimos años, sin embargo, esta situación ha ido cambiando a un ritmo acelerado y cada vez más niños tienen acceso directo a las computadoras. Podría ser interesante, por tanto, recabar también datos relativos a la actitud de los estudiantes hacia el uso de la computadora fuera del contexto de una asignatura específica. Para ello, consideramos que el instrumento empleado por Morales (1998) puede resultar muy útil.

Para elaborar las preguntas de la escala AMMEC, se consideraron además los elementos constituyentes del aula EMAT (15 computadoras y 15 calculadoras TI-92 por aula), las sugerencias didácticas formuladas a los profesores para ayudarlos a llevar adelante el proyecto (promover el trabajo en equipo, las discusiones de

grupo y guiar a los alumnos) y el hecho de que se estaba trabajando con el apoyo de hojas de trabajo previamente elaboradas.

MÉTODO Y DESCRIPCIÓN DE LA ESCALA

PROCEDIMIENTO

El procedimiento para la elaboración de la escala AMMEC constó de las siguientes etapas:

1. Elaboración de la primera versión de la escala.
2. Realización de una aplicación piloto de la primera versión de la escala.
3. Diseño de una versión modificada de la escala.
4. Aplicación de la versión modificada de la escala.
5. Evaluación de la confiabilidad y la validez de la escala.
6. Elaboración de la versión final de la escala.

SUJETOS

El instrumento se aplicó a 439 estudiantes, 228 mujeres y 211 hombres, que cursaban la secundaria y cuya edad oscilaba entre 12 y 15 años de edad. Pertenecían a cuatro escuelas, ubicadas en las ciudades de Colima (Colima) y de León (Guanajuato), en las que se había estado trabajando con el proyecto EMAT desde hacía ya cuatro años. La muestra fue no probabilística e intencional e incluía alumnos con 1, 2 y 3 años de trabajo en el proyecto EMAT distribuidos de la siguiente manera:

- 153 estudiantes (74 niñas y 79 niños) con 1 año en el proyecto.
- 147 estudiantes (79 niñas y 68 niños) con 2 años en el proyecto.
- 139 estudiantes (75 niñas y 64 niños) con 3 años en el proyecto.

INSTRUMENTO

Primera versión de la escala AMMEC

En su primera versión, la escala, estructurada tipo Likert de cuatro puntos, consistió en 41 enunciados divididos en cuatro subescalas: 10 reactivos medían la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas (subescala 1); 21 reactivos medían su actitud hacia las matemáticas enseñada con computadora (subescala 2); 5 correspondían a una autoevaluación en cuanto a algunas habilidades y comportamientos al trabajar en la clase EMAT (subescala 3); y 5 reactivos medían el gusto por el trabajo individual y por el trabajo en equipo (subescala 4). Los enunciados se elaboraron de acuerdo con la definición conceptual formulada para cada subescala. Las opciones de respuesta para los reactivos fueron: “no”, “alguna vez”, “casi siempre” y “siempre”.

Aplicación piloto de la primera versión

Con el propósito de detectar posibles dificultades por parte de los estudiantes para entender el lenguaje usado, así como para identificar los aspectos que requirieran alguna modificación, se realizó una aplicación piloto de la primera versión de la escala. Las 41 preguntas fueron contestadas por seis estudiantes (dos por cada grado de secundaria) de una de las escuelas donde se aplicaría posteriormente el instrumento. Estos seis estudiantes no participarían después en el estudio.

Versión modificada de la escala AMMEC

Teniendo en cuenta las dificultades presentadas por los alumnos durante la aplicación piloto del instrumento y las sugerencias hechas por la profesora que lo aplicó, se realizaron algunas modificaciones. Éstas consistieron en sustituir algunas palabras por otras de uso más corriente para los estudiantes; invertir las calificaciones para algunos reactivos; e incluir la opción “indeciso”, ya que se observó que, en ocasiones, los estudiantes mostraban dificultades para definir su disposición acerca de la afirmación que se hacía en algún reactivo. La escala mantuvo una estructura tipo Likert pero de cinco puntos. Las cinco opciones de respuesta

quedaron de la siguiente forma: “no”, “poco”, “indeciso”, “sí” y “mucho”, a las que se otorgaron las calificaciones 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. La aplicación piloto también permitió identificar que los reactivos 2, 3, 12, 14, 15, 19, 22 y 27 (véase cuadro 4) debían calificarse invirtiendo el orden de las calificaciones, quedando de la siguiente manera: “no” (5), “poco” (4), “indeciso” (3), “sí” (2) y “mucho” (1). En la cuarta parte de la escala que medía la actitud hacia el trabajo individual y trabajo en equipo, se consideró una calificación de 4 o 5 como preferencia por el trabajo en equipo y una calificación de 2 o 1 como preferencia por el trabajo individual.

Aplicación de la versión modificada

La versión modificada del instrumento se aplicó a 439 estudiantes de cuatro escuelas que participaban en el proyecto de EMAT desde sus inicios. La administración se hizo de manera grupal. Las instrucciones fueron proporcionadas por escrito y verbalmente para asegurar que fueran conocidas por todos los estudiantes, quienes, en hojas ópticas, marcaban sus respuestas.

Evaluación de la confiabilidad y la validez de la escala

La información recogida en la aplicación del instrumento fue capturada en una base de datos y analizada mediante distintas pruebas estadísticas, utilizando el programa SPSS, que permiten determinar la confiabilidad y la validez de un instrumento de medición.

Versión final de la escala AMMEC

Con base en la evaluación de la confiabilidad y la validez de la escala, ésta se reformuló para lograr la versión final. Algunos reactivos fueron eliminados, otros fueron acomodados en otra subescala que les confería mayor validez. Finalmente, la escala quedó constituida por 29 reactivos, agrupados en tres subescalas, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1 Organización de la escala AMMEC

Subescala	Escala AMMEC	
	Nombre	Núm. de reactivos
1	Gusto por las matemáticas	11
2	Gusto por las matemáticas enseñada con computadora	11
3	Autoconfianza al trabajar en matemáticas	7

RESULTADOS

Los criterios de confiabilidad y validez son los que definen la calidad de un instrumento de medición. En este caso, para evaluar dichos criterios, se realizó un análisis de confiabilidad *post hoc* de la estructura de los tres factores (subescalas) de la escala y un análisis de factores para conocer la confiabilidad y validez de la escala, respectivamente. A continuación se presentan en dos incisos, únicamente con propósitos de organización, los resultados obtenidos en cada análisis.

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El análisis de confiabilidad de la escala se realizó calculando el coeficiente alfa de Cronbach. Éste se puede aplicar en dos modalidades: un alfa total, para examinar la consistencia interna global o total de la escala y un alfa para indicar la consistencia de las partes que conforman el instrumento, en nuestro trabajo, la estructura de los tres factores de la escala. Las dos modalidades fueron utilizadas en este trabajo.

El alfa total se aplicó en dos ocasiones. En la primera, se contabilizaron las respuestas a todos los reactivos (41) de la primera versión de la escala, y se obtuvo un alfa de 0.82. En la segunda aplicación se eligieron sólo los reactivos (29) que, según el análisis de factor, lograron mayor peso factorial y se obtuvo un alfa de 0.795. Es necesario mencionar que este valor de alfa es el importante en nuestro proceso de validación, ya que indica la confiabilidad de la versión definitiva de la escala.

Cuadro 2 Análisis de confiabilidad para los factores de la escala AMMEC

Factor	Nombre	Núm. de reactivos	Alfa
1	Gusto por las matemáticas	11	0.81
2	Gusto por las matemáticas con computadora	11	0.77
3	Autoconfianza al trabajar en matemáticas	7	0.68

También se realizó un análisis para medir la confiabilidad de cada uno de los tres factores que constituyen la escala en su versión final. El cuadro 2 contiene los resultados obtenidos. Los valores parciales obtenidos producen un alfa promedio de 0.75.

Con la única finalidad de corroborar la confiabilidad mediante distintas técnicas, tratamiento al que no se han sometido en la evaluación de la confiabilidad otras escalas, fue aplicado el método de mitades (*split-halves*) de Guttman. Éste consiste en realizar una aplicación de la medición; después, dividir en dos mitades el conjunto total de reactivos y comparar entre sí los resultados de ambas partes. Cuando el instrumento es confiable, las puntuaciones de las dos partes muestran correlación. En contraste con el método de formas alternativas, llamado también de formas paralelas, o el método de test-retest, el de mitades no necesita la aplicación de dos o más veces del instrumento, o de dos instrumentos. El coeficiente alfa obtenido, mediante el método de mitades, fue de 0.71.

En relación con la interpretación de los coeficientes de confiabilidad obtenidos, cabe decir que existen algunas discrepancias acerca de cuál es el valor adecuado para un coeficiente de confiabilidad. Autores como Nunnally (1978) afirman que una confiabilidad de 0.50 o 0.60 puede ser aceptable; sin embargo, otros (e.g., Gronlund, 1985) señalan que gran parte de las pruebas empleadas en el campo de la educación tienen confiabilidades que oscilan entre 0.60 y 0.85, y así son aceptables. DeVellis (1991) considera que los coeficientes de 0.80 a 0.87 caen en el rango de “muy buenos”. Recientemente, Kerlinger y Lee (2002) han establecido 0.70 como el límite entre confiabilidad aceptable y no aceptable.

De acuerdo con lo anterior, salvo el planteamiento de DeVellis (1991), la interpretación de los resultados obtenidos indica que la escala AMMEC tiene una consistencia interna aceptable. Incluso, el segundo alfa total calculado (0.795) resultó muy cercano a lo que DeVellis (1991) considera una confiabilidad “muy buena”.

Además, como parte del análisis de confiabilidad, se efectuó un análisis de correlaciones entre los tres factores de la escala que emergieron del análisis de factor.

Cuadro 3 Intercorrelaciones de los factores de la escala

Factor	1	2	3
1		0.04	0.34*
2			0.13*
3			

* $p \leq 0.01$.

En el cuadro 3 se muestran los resultados. Aunque las correlaciones entre el factor 3 (autoconfianza al trabajar en matemáticas) y el 1 (gusto por las matemáticas) y el factor 3 y el 2 (gusto por las matemáticas con computadora) podrían parecer altas y significativas respecto a las demás correlaciones, se interpretan como correlaciones entre débiles y moderadas (Levin, 1979). Las intercorrelaciones señalan que cada factor de la escala mide un constructo diferente.

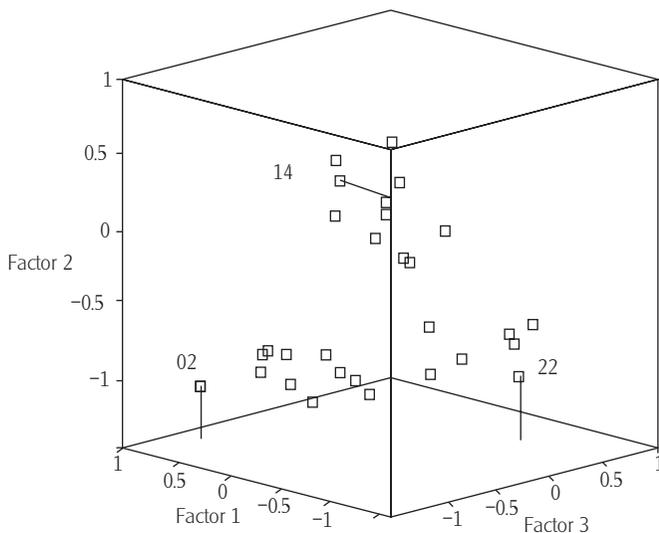
ANÁLISIS DE LA VALIDEZ

Para verificar la validez del instrumento, se procedió a aplicar un análisis factorial. El análisis de factor incluye una serie de pasos que pueden resumirse en la siguiente secuencia:

datos → correlaciones → extracción de factores → rotación de factores

Para la extracción de los factores se utilizó el análisis de componentes principales (PCA), el cual constituye una herramienta para cribar los datos de variables múltiples. Es un método útil, recomendable cuando se desea validar los resultados de un método de agrupación. En su desarrollo, se extrae una cantidad máxima de varianza conforme se calcula cada factor. El primer factor extrae la mayor cantidad de varianza, el segundo la siguiente mayor cantidad de varianza, y así sucesivamente. Cada nuevo factor que se extrae tiene cada vez menos varianza que el anterior. La extracción de factores concluye cuando la varianza es insignificante o cuando se alcanza el número de factores establecido por el investigador (Kerlinger y Lee, 2002). Mediante dicho procedimiento se extraen los factores. Cuanto mayor sea la varianza total que explican los factores de un instrumento, mayor validez tiene éste. Siguiendo este procedimiento, en el análisis efectuado se obtuvieron tres factores que generan una varianza total de 35.91.

Figura 1 Representación geométrica del análisis de factor



En una representación geométrica del PCA, la cual a veces resulta útil para lograr cierta comprensión intuitiva, los reactivos serían puntos en un espacio factorial m -dimensional. Los factores son las coordenadas. La carga factorial de cada reactivo de la escala podría “leerse”, en esta representación, en términos de los ejes de referencia. Cada punto puede ser ubicado en el espacio, insertando los ejes adecuados; esto es, un eje para cada una de las m -dimensiones. Mediante el análisis de factores se pretende proyectar los ejes a través de conjuntos de puntos, a fin de ubicar los ejes que “expliquen” tanta varianza de las variables como sea posible. Adicionalmente, se trata de establecer: *a)* el número de los factores subyacentes a una escala; *b)* cuáles reactivos están cargados en cuáles factores; *c)* la magnitud de estas cargas. La figura 1 ilustra la representación geométrica del análisis de factor realizado a la escala AMMEC.

En la figura 1 se presentan los valores de la carga factorial de cada reactivo. Los puntos del gráfico indican dichos valores y están distribuidos en tres dimensiones que coinciden con los tres factores, o subescalas que conforman la escala AMMEC. Si bien no es común incluir este tipo de representación en un análisis de factor, en el presente trabajo tiene el propósito de ilustrar los resultados obtenidos. Prescindimos de asociar a cada punto el número del reactivo que representa, ya que, por su distribución en el gráfico, dificultaría la lectura. Sin embargo, se escogieron arbitrariamente tres reactivos (2, 14, 22), uno por cada escala, para los que se se-

ñalan las cargas factoriales más altas mediante las proyecciones en el eje correspondiente. De los tres reactivos escogidos, nótese que la proyección del punto que representa al reactivo 14 se ubica arriba de 0.6 en el factor 2, de acuerdo con la línea dibujada en el gráfico; el reactivo 2 tiene su mayor carga factorial en el factor 1, situándose entre 0.6 y 0.8; y el reactivo 22 entre 0.4 y 0.6 en el factor 3. Como se puede apreciar en la figura, no existen reactivos dispersos; todo reactivo tiene su carga factorial en alguno de los tres factores. Por tanto, la escala queda conformada claramente por tres subescalas. Se observa, además, que las cargas factoriales de los reactivos tienden a situarse cerca o por arriba de 0.5 en el eje, es decir en la subescala o factor donde cargan. Los pesos factoriales obtenidos en los reactivos sugieren validez de la escala.

La carga factorial, como un coeficiente de correlación, oscila entre ± 1.00 y se interpreta de manera similar. Las cargas factoriales son correlaciones que existen entre los factores y los reactivos de la escala. Si un reactivo carga en un solo factor, y no en los otros, se dice que es una medida “pura” de su factor respectivo. ¿Cuál es el peso o carga factorial adecuada de los reactivos de una escala? En informes de trabajos relacionados con la validación de instrumentos de medición, se han empleado diversos criterios. Por ejemplo, Díaz-Loving y colegas (2000) utilizaron una carga factorial mayor o igual que 0.40. Pantaleón y Sánchez (2000) establecieron en su estudio una carga factorial mínima de 0.372. Fennema y Shermann (1986), para el desarrollo de su Escala de Actitudes en Matemáticas, fijaron cargas factoriales de 0.50 o más altas. Forgasz y Leder (1999), aunque realizaron un análisis de factor en un trabajo que consiste en reexaminar parte de la escala diseñada por Fennema y Sherman, no especificaron el criterio que emplearon. Finalmente, Morales (1998) ha utilizado cargas de 0.38. En el presente trabajo se empleó un criterio similar al de Morales.

En el cuadro 4 se muestran los resultados que arrojó el análisis de componentes principales. Las cargas factoriales obtenidas para cada uno de los reactivos de la primera versión de la escala se presentan entre paréntesis en la columna correspondiente. Nótese que no aparecen los 41 reactivos que conformaban la primera versión de la escala, sino sólo aquellos que obtuvieron una carga factorial alta. Se trata de los 29 reactivos que constituyen la versión final de la escala. En la misma columna aparecen, fuera de los paréntesis, las cargas factoriales de estos 29 reactivos obtenidas al analizar la versión final de la escala.

Damos ahora una breve explicación acerca del último paso que conforma un análisis de factor: la rotación factorial. Habitualmente, en una extracción factorial los resultados obtenidos son difíciles, a veces imposibles, de interpretar. Por

Cuadro 4 Resultados del análisis de componentes principales

Número de ítem		Carga factorial	Subescala
1	Me gusta la clase de matemáticas	(0.76) 0.78	1
2	La clase de matemáticas es aburrida	(0.52) 0.68	1
3	Las matemáticas son difíciles	(0.48) 0.49	1
4	Matemáticas es la materia que me gusta más	(0.63) 0.61	1
5	Las matemáticas son divertidas	(0.61) 0.67	1
7	Me gustan las matemáticas	(0.74) .075	1
9	Es importante aprender matemáticas	(0.45) 0.49	1
10	Me gustaría usar las matemáticas cuando ya vaya a trabajar	(0.50) 0.52	1
11	Me gusta aprender matemáticas con computadora	(0.47) 0.43	1
12	Prefiero las clases de matemáticas sin computadora	(0.73) 0.73	2
13	Me gusta manejar la computadora	(0.70) 0.67	2
14	Prefiero que un compañero maneje la computadora	(0.55) 0.62	2
15	Me pongo nervioso al usar la computadora	(0.46) .049	2
17	Me gustaría ir mas seguido al laboratorio EMAT	(0.58) 0.57	2
18	Aprendería más matemáticas si pudiera usar más tiempo la computadora	(0.53) 0.57	2
19	Me gustan más las matemáticas cuando el maestro explica y pone ejemplos	(0.50) 0.50	2
20	Es fácil usar la computadora en EMAT	(0.62) 0.57	2
21	Me gusta resolver las actividades sin ayuda del maestro	(0.33) 0.36	2
22	La clase en el laboratorio EMAT es aburrida	(0.51) 0.55	3
24	Si fuera profesor de matemáticas enseñaría con computadora	(0.40) 0.42	2
25	Comento las actividades de matemáticas con mis compañeros	(0.45) 0.46	2
27	Tengo dificultad para entender lo que me piden en las hojas de trabajo	(0.46) 0.42	1
28	Puedo resolver los problemas planteados en las hojas de trabajo	(0.33) 0.39	1
30	Me gusta proponer la solución a problemas antes que los demás	(0.31) 0.44	3
31	Me gusta ser el líder de mi equipo	(0.53) 0.67	3
33	Si un problema no sale a la primera, le busco hasta resolverlo	(0.57) 0.54	3
34	Me gusta resolver problemas de matemáticas algo difíciles	(0.56) 0.51	3
40	Me gusta cuando en el equipo discutimos cómo resolver un problema de matemáticas	(0.38) 0.49	3
41	En el equipo definiendo mis ideas	(0.50) 0.61	3

tanto, se requiere rotar la matriz factorial para facilitar su interpretación. En una perspectiva gráfica, la rotación consiste en girar los ejes en dirección de las manecillas del reloj, a fin de encontrar la “mejor” posición de los ejes para reproducir la matriz factorial obtenida por el método de PCA. Con la rotación, se encuentra o descubre el significado que posee un conjunto de reactivos y se pretende buscar la “mejor”, la más parsimoniosa, manera de ver la estructura factorial de los reactivos. Existen diversos métodos de rotación. Por ejemplo, cuando los ejes se mantienen en una posición de un ángulo recto (90°) se llama rotación ortogonal. Cuando los ejes factoriales permiten formar ángulos agudos u obtusos, se denomina rotación oblicua. Otro tipo de rotación es la varimax, diseñada por Henry Kaiser en 1958, que consiste en dispersar la mayor cantidad de varianza a través de los factores, buscando, al mismo tiempo, la estructura factorial más simple. El método de rotación aplicado en nuestro estudio fue el de varimax.

El análisis de validez efectuado a la escala AMMEC generó resultados interesantes.

Primero, se ratificaron los tres factores de la escala, que explican 36.0% de la varianza total. El primero explica 17.6%, el segundo, 12.05% y el tercero, 6.29% de la varianza total. Como se indicó anteriormente, cada factor identificado mediante el análisis factorial tiene cada vez menos varianza que el anterior. En los resultados de este trabajo se observa dicho patrón de comportamiento. Por supuesto que, a mayor varianza explicada por los factores del instrumento de la varianza total, mayor validez tiene éste. La varianza total resulta de la suma de la varianza válida, o varianza explicada, y la varianza de error. En el presente caso, los resultados indican que 64% de la varianza total es varianza de error, ya que 36% se interpreta como varianza válida. A diferencia del análisis de confiabilidad, en el análisis de validez no se encontró un criterio que establezca, o defina, la mayor o menor validez de un instrumento. Sin embargo, en algunos trabajos de validación de escalas se registran varianzas explicadas cercanas al valor obtenido en este trabajo (e.g., González-Forteza y Ramos, 2000; Reidl y Fernández, 2000; entre otros).

En segundo lugar, se pudo observar que los reactivos poseen características psicométricas de validez, y el recorrido de su carga factorial es de 0.36 a 0.78. Es necesario mencionar que el reactivo 21 (“Me gusta resolver las actividades sin ayuda del maestro”) fue el único en obtener una carga factorial menor a 0.38. Si bien 0.38 fue el valor que se estableció como criterio para seleccionar los reactivos válidos, se decidió mantener dentro de la escala AMMEC el reactivo 21 con base en un criterio de validez de *facie* (cf., Kerlinger y Lee, 2002).

Cuadro 5 Relación de las comunalidades obtenidas en el análisis de factor

Reactivo	Comunalidad
1	0.650
2	0.484
3	0.255
4	0.476
5	0.459
7	0.612
9	0.293
10	0.302
11	0.231
27	0.216
28	0.155
12	0.542
13	0.478
14	0.461
15	0.251
17	0.344
18	0.350
19	0.291
20	0.467
21	0.200
24	0.198
25	0.216
22	0.309
30	0.216
31	0.481
33	0.439
34	0.387
40	0.268
41	0.380

En la extracción de factores, las cargas factoriales también se expresan en *comunalidades*. La *comunalidad* de una variable, o reactivo, es la suma de los cuadrados de todas las cargas factoriales que tiene un reactivo. Un reactivo puede tener peso o carga en distintos factores, por ejemplo, en el factor *A* una carga de 0.10, y en el *B* de 0.90. En este ejemplo, el reactivo tiene una carga fuerte en *B*, pero baja en *A*. Su *comunalidad* es, por tanto, $(0.10)^2 + (0.90)^2 = 0.82$. La interpretación se hace en términos de que la varianza es la que explica el factor común; esto es, la varianza que dos o más medidas o reactivos comparten en común. El cuadro 5 muestra las comunalidades obtenidas de los reactivos de la escala.

Podría llamar la atención que la comunalidad de algunos reactivos tiene un valor bajo con respecto a otros. La explicación es la siguiente: en primer lugar, hay que considerar que se alude a la suma de los cuadrados de los valores de las cargas factoriales; en segundo lugar, hay reactivos que sólo cargan en un factor o en pocos factores, mientras otros cargan en varios factores. Los reactivos que muestran comunalidad alta tienen carga factorial alta en un factor, pero también suelen cargar en otros factores; no obstante, se los ubica en el factor donde es más significativa su carga factorial. Así, por ejemplo, se puede observar que si bien los reactivos 1 y 28 tienen su carga más alta en el mismo factor, la carga del reactivo 28 no es tan alta como la del reactivo 1.

Adicionalmente a la evaluación de la consistencia interna de la escala, también se exploró su validez concurrente. Para ello se procedió de acuerdo con lo establecido (véase, por ejemplo, Jay Cohen R. y M.E. Swerdlik, 2001). Así, del total de los alumnos estudiados, se conformó al azar una submuestra de 30 estudiantes y, posteriormente, se correlacionaron los puntajes que obtuvieron en la escala AMMEC con los puntajes que les habían asignado sus profesores en los mismos rubros que evalúa la escala. El análisis de los resultados obtenidos arrojó una correlación muy alta ($r_s = 0.98$) entre los dos tipos de puntajes. Esto indica que el instrumento también tiene una alta validez concurrente.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de confiabilidad y validez de la escala AMMEC son muy alentadores. Los coeficientes obtenidos en las distintas modalidades del análisis de confiabilidad realizadas sugieren que la escala posee consistencia interna. Esto indica que puede proporcionar una representación adecuada de la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñada con el

apoyo de la tecnología computacional. El análisis también sugiere que cada uno de los factores de la escala explora un constructo distinto. De tal manera que permite distinguir entre una actitud positiva o negativa hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñada con tecnología. La escala además posee validez. En consecuencia, la escala AMMEC representa un instrumento alternativo importante, al menos por tres razones:

1. Logra una confiabilidad mayor que el instrumento de Forgasz y Leder (1999), cuyo alfa es de 0.67, y se acerca considerablemente al grado de confiabilidad de 0.87 de la escala de Fennema y Sherman (1976), que constituye el instrumento clásico para medir actitudes en matemáticas.
2. Es posible considerar que el instrumento tiene validez, ya que las cargas factoriales de los reactivos exceden el criterio empleado al respecto por Morales (1998) que fue de 0.38. Además, casi 70% de los reactivos de la escala AMMEC están en el límite o superan la carga factorial de 0.5 empleada por Fennema y Sherman (1986) para su escala. Del resto de los reactivos, la mayor parte tiene cargas muy próximas al valor fijado por estas investigadoras. Respecto a la varianza total, explicada por los tres factores que componen la escala, podemos mencionar que, aunque Morales, por un lado, y Fennema y Sherman, por el otro, no informan la varianza que obtuvieron, la escala AMMEC alcanza los valores obtenidos en trabajos relacionados con la validación de otros instrumentos psicométricos (e.g. González-Forzeza y Ramos, 2000; Reidl y Fernandez, 2000, entre otros).
3. Difiere de otros, como el de Morales (1998) y el de Fennema y Sherman (1986), en que no evalúa por separado actitudes hacia el uso de las computadoras y actitudes hacia matemáticas, como lo hacen tales escalas respectivamente.

En la actualidad, por medio de la escala AMMEC se está conociendo el impacto del proyecto EMAT en las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que un porcentaje importante de los estudiantes (35.8%) tiene una actitud positiva hacia las matemáticas, la mayoría está indecisa (51.9%) y sólo 12.3% manifiestan una actitud abiertamente negativa. También se encuentra que la actitud positiva hacia esta disciplina se eleva notablemente cuando se trata de aprender matemáticas con el apoyo de la tecnología computacional. En este caso, 65% de los estudiantes tienen una actitud positiva, 31.4% están indecisos y sólo 6.6% manifiestan una actitud negativa hacia

las matemáticas. Las respuestas de los estudiantes revelan también que la mayoría de ellos tienen una autoestima baja (43.7%) o muy baja (8.9%) en relación con su capacidad para trabajar en matemáticas. Sólo 9.8% consideran que son buenos para las matemáticas. Aún no contamos con datos contundentes que muestren si se modifica la autoestima hacia el trabajo en matemáticas después de una experiencia prolongada usando la tecnología de cómputo como apoyo. Sin embargo, hay indicios que sugieren que, a pesar de que la actitud hacia las matemáticas se vuelve más positiva cuando se usa la tecnología, la autoestima tiende a bajar. Si esta tendencia se confirma, será necesario indagar con más profundidad, realizando entrevistas y estudios de caso, para conocer cuáles pueden ser las posibles razones para tales cambios. Los datos obtenidos se están analizando también para detectar eventuales diferencias de género. Hasta el momento podemos adelantar que no se encontraron diferencias significativas entre los estudiantes de un sexo con respecto a los del otro sexo, en cuanto a su actitud hacia las matemáticas y las matemáticas enseñadas con computadora. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en relación con la autoestima para trabajar en matemáticas. Más alumnos (48.7%) que alumnas (32.9%) se mostraron indecisos en cuanto a su capacidad para trabajar exitosamente en matemáticas, pero significativamente más alumnas (48.7%) que alumnos (38.4%) manifestaron ausencia de autoconfianza para esta disciplina.

De acuerdo con los resultados de validez y confiabilidad obtenidos, la escala AMMEC resulta ser un instrumento adecuado para evaluar las actitudes hacia las matemáticas y las matemáticas enseñadas con el apoyo de la tecnología de cómputo. El tener un instrumento que proporcione información confiable y válida al respecto, en la población mexicana, es sin duda un avance en el estudio de un campo cada vez más floreciente: la enseñanza asistida con tecnología; en particular, si consideramos que existen pocos instrumentos de medición en este ámbito.

Por último, queremos señalar que el diseño de escalas, cuestionarios o inventarios, en el contexto de la enseñanza de las matemáticas con tecnología de cómputo, que posean confiabilidad y validez, permite desarrollar más investigación en este campo de la educación y, en particular, una escala, como la que presentamos en este artículo, puede darnos información relevante sobre los efectos que puede tener el uso de la tecnología en las actitudes de los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Maestra en Psicología Cristianne Butto Zarzar su valiosa colaboración en el diseño de la escala AMMEC. Esta investigación estuvo patrocinada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Proyecto de Grupo G26338S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auzmendi, E. (1992). *Las actitudes hacia la matemática/estadística en las enseñanzas medias y universitaria. Características y medición*, Bilbao, Ediciones Mensajero, Paidós.
- DeVellis, R.F. (1991), *Scale Development: Theory and Applications*, Newberry Park, Sage.
- Díaz-Loving, R., A.S. Rivera, G.A. Ojeda y D.D. Reyes (2000), "Construcción y validación de la escala multidimensional de celos", en *La psicología social en México*, México, AMEPSO, pp. 24-31.
- Doepken, D., E. Lawskey y L. Padwa (1993), *Modified Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales*, <http://www.woodrow.org/teachers/math/gender/08scale.html>
- Fennema, E. y J. Sherman (1986), *Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales. Instruments Designed to Measure Attitudes towards the Learning of Mathematics by Females and Males*, Wisconsin Center for Education Research School of Education, University of Wisconsin-Madison, reimpresso en marzo de 1986; publicado originalmente en *JSAS, Catalog of Selected Documents in Psychology*, 1976, vol. 6, núm. 31 (Ms. núm. 1225).
- Forgasz, H. (2002), "Computers for Learning Mathematics: Gendered Beliefs", en A. Cockburn y E. Nardi (eds.), *Proceedings of the XXV Annual Conference International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Norwich, pp. 2-368 a 2-375.
- Forgasz, H. J. y G.C. Leder (1999), "The Fennema-Sherman Mathematics as a Male Domain Scale Reexamined", *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 30, núm. 3, pp. 342-348.
- González-Forteza, C. y L.L. Ramos (2000), "Una evaluación de la escala de autoestima de Rosenberg en adolescentes estudiantes", en *La psicología social en México*, México, AMEPSO, pp. 290-296.
- Gronlund, N. E. (1985), *Measurement and Evaluation in Teaching*, Nueva York, Macmillan, <http://www.tcet.unt.edu/~gknezek/research/techrept/TR95.htm>

- Kerlinger, F.N. y H.B. Lee (2002), *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales*, 4a. ed., México, McGraw Hill.
- Knezek, G. y R. Christensen (1995a), "A Comparison of Two Computer Curricular Programs at a Texas High School Using the Computer Attitude Questionnaire (CAQ)", *Technical Report 95*.
- (1995b), *Administration Guidelines for the Computer Attitude Questionnaire*, Denton, Texas, TCET-University of North Texas.
- Jay Cohen R. y M.E. Swerdlik (2001), *Pruebas y evaluación psicológicas. Introducción a las pruebas y a la medición*, México, MacGraw Hill.
- Levin, J. (1979), *Fundamentos de estadística en la investigación social*, México, Harla.
- Morales, C. (1998), "Actitudes de los escolares hacia la computadora y los medios para el aprendizaje", *Tecnología y Comunicación Educativa*, núm. 28, junio-diciembre, pp. 51-65.
- Nunnally, J. (1978), *Psychometric Theory*, 2a. ed., Nueva York, McGraw Hill.
- Pantaleón, G.L. y A.R. Sánchez (2000), "Comunicando intimidad sexual con la pareja", en *La psicología social en México*, México, AMEPSO, pp. 67-73.
- Reidl, M.L. y B.H.M. Fernández de O. (2000), "Construcción y análisis psicométrico del inventario de relaciones afectivas en parejas mexicanas", en *La psicología social en México*, México, AMEPSO, pp. 303-309.
- Tobias, S. (1993), "Gender Equity for Mathematics and Science", *Notes on Invited Faculty Presentations*, Woodrow Wilson Leadership Program in Mathematics, lpt@www.woodrow.org.

DATOS DE LOS AUTORES

Sonia Ursini

Departamento de Matemática Educativa, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, México
soniau2002@yahoo.com.mx

Gabriel Sánchez

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México
josegsr@servidor.unam.mx

Mónica Orendain

Dirección de Materiales y Métodos, Secretaría de Educación Pública, México
morendain@ilce.edu.mx