

ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN CUESTIONARIO DE ACTITUDES HACIA EL USO DE LA TECNOLOGÍA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

Rubí López, Enrique Castro, Marta Molina

Dpto. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada

rclopez@ugr.es, ecastro@ugr.es, martamg@ugr.es

Luis Moreno

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

RESUMEN: Este trabajo describe la construcción y validación de un cuestionario de actitudes hacia las matemáticas y su aprendizaje con el uso de la tecnología. Se realiza su análisis componencial a partir de su aplicación a 253 estudiantes de primer curso de ingeniería. El análisis factorial del cuestionario da como resultado un modelo de cinco factores como el más representativo, con un factor residual y cuatro factores relevantes: utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas, gusto por la integración de la tecnología en las matemáticas, no utilidad de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas y aspectos metacognitivos. Este análisis confirma la congruencia del cuestionario con el planteamiento inicial y prueba su fiabilidad y consistencia interna.

Palabras clave: Actitudes, análisis factorial, estudiantes universitarios, matemáticas, tecnología

ABSTRACT: This work describes the design and validation of a questionnaire about attitudes towards mathematics and its learning by using technology. We performed a componential analysis through its application to 253 first year engineering students. The factor analysis of the questionnaire gives a model of five factors as the most representative, with a residual factor and four relevant factors: utility of technology to do and learn mathematics, liking towards the integration of technology in mathematics, non-utility of technology to learn mathematics, and meta-cognitive aspects. This analysis confirms the congruence of the questionnaire with the initial proposal and proves its reliability and internal consistency.

Key words: Attitudes, factor analysis, undergraduates, mathematics, technology

INTRODUCCIÓN

La medición y evaluación de las actitudes de los estudiantes hacia una disciplina, un contenido específico, una metodología o cualquier herramienta didáctica, es un tema de interés tanto para la investigación científica como para la práctica educativa, por su influencia en el proceso enseñanza-aprendizaje así como por el efecto de la educación sobre las mismas. Una de las áreas del conocimiento dentro de la que se han analizado de forma más sistemática las actitudes es la de las Matemáticas (Gil, Blanco y Guerrero, 2005). No obstante, sigue siendo un desafío el detectar la influencia de las actitudes y los factores emotivos en el aprendizaje de

las matemáticas. Este desafío se incrementa cuando se añaden factores adicionales, como incorporar la tecnología en las aulas (Cretchley y Harman, 2001).

El estudio de las actitudes de los estudiantes ante el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas con tecnología es un tema que ha despertado el interés de diversos investigadores en Educación Matemática desde diferentes perspectivas (Cretchley, 2007; Cretchley y Harman, 2001; Fogarty, Cretchley, Ellerton y Konki, 2001; Galbraith y Haines, 1998; Gómez-Chacón y Haines, 2008; Pierce, Stacey y Barkatsas, 2007). Algunas de esas investigaciones reportan que al trabajar temas de matemáticas con el apoyo de la tecnología, aumenta notablemente la

motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas, registrándose un cambio positivo en las actitudes hacia esta materia (Ursini, Sánchez y Orendain, 2004).

El objetivo de este trabajo es el diseño y validación de un cuestionario para medir las actitudes de los estudiantes con respecto al empleo de la tecnología en la actividad matemática y en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Nuestro interés en esta cuestión surge de reconocer la influencia de dichas actitudes en la implementación de experiencias de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas que impliquen el uso de nuevas tecnologías.

Los resultados que obtengamos al aplicar el cuestionario servirán como información preliminar en el diseño de experiencias docentes que hagan uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas.

METODOLOGÍA

Participantes

Los participantes fueron estudiantes del primer curso de ingeniería en el Campus de Ingeniería y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán en México. Un total de 253 estudiantes contestaron el cuestionario distribuidos en diferentes titulaciones como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Distribución de la muestra

FACULTAD	GRUPOS	ESPECIALIDAD	GÉNERO		ALUMNOS
			M	F	
Ingeniería Civil	5	Civil	65	11	76
		Física	15	5	20
		Mecatrónica	39	4	43
Matemáticas	3	Computación	17	3	20
		Software	32	1	33
Ingeniería Química	2	Química Industrial	26	11	38
		Industrial Logística	17	6	23

Instrumento

Se elaboró un cuestionario para evaluar cuatro aspectos diferentes de las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, que consideramos importantes: utilidad de la tecnología en las matemáticas, No utilidad de la tecnología en las matemáticas, gusto y motivación de los estudiantes por la

implementación de la tecnología en las matemáticas y creencias de los estudiantes con respecto a su aprendizaje de las matemáticas con el uso de la tecnología.

El cuestionario consta de 35 ítems y para su construcción se analizaron escalas previamente validadas en diferentes investigaciones, encontrando que los diferentes aspectos que pretendemos evaluar se cubren con los ítems pertenecientes a las sub escalas correspondientes a: la interacción de las matemáticas con el ordenador, la experiencia del uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas y el gusto por la integración de la tecnología en las matemáticas. Los estudiantes debían indicar su grado de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones propuestas por medio de una escala de Likert de 5 valores.

Para medir el grado de interacción del pensamiento matemático de los estudiantes con el ordenador involucrando la utilidad del uso de la tecnología en hacer y aprender matemáticas, y creencias de los estudiantes acerca de su aprendizaje de las matemáticas con tecnología consideramos los ocho ítems (ver Tabla II) de la sub escala “*Interacción ordenador y matemáticas*” de Galbraith y Haines (1998, 2000).

Tabla II. Ítems 1- 8: “Interacción ordenador y matemáticas”

- 1 Las computadoras me ayudan a aprender mejor las Matemáticas proporcionándome al instante muchos ejemplos de manera interactiva
- 2 Me resulta difícil comprender la transferencia de ideas de la pantalla de una computadora a mi mente
- 3 El no tener que preocuparme por los cálculos aritméticos, hace que me concentre mejor en las ideas esenciales de las Matemáticas
- 4 Cuando leo la pantalla de una computadora, tengo la tendencia a pasar por alto los detalles de las ideas matemáticas
- 5 Considero que el material impreso en la pantalla de una computadora y la copia impresa en papel es útil para tomar notas
- 6 Rara vez reviso el material inmediatamente después de que una sesión por computadora ha terminado
- 7 El seguimiento de las instrucciones tecleadas pone mi atención fuera de las Matemáticas
- 8 Las computadoras me ayudan a vincular el conocimiento, como por ejemplo, la forma de los gráficos y sus ecuaciones

Para medir el gusto y la motivación de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en las matemáticas se tomaron cuatro ítems de Pierce, Stacey y Barkatsas (2007) sobre “*Actitudes hacia el aprendizaje de*

matemáticas con tecnología”, los cuáles modificamos sustituyendo el término calculadora gráfica por computadora (ver Tabla III).

Tabla III. Ítems 9 – 12: “Actitudes hacia el aprendizaje de matemáticas con tecnología”

9	Me gusta usar computadoras para Matemáticas
10	Vale la pena el esfuerzo adicional del uso de computadoras en Matemáticas
11	Matemáticas es más interesante cuando usas computadoras
12	Las computadoras me ayudan a aprender mejor las Matemáticas

Para medir los sentimientos de gusto y motivación al uso de la tecnología cuando se hace y se aprende matemáticas, así como para evaluar el interés de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en su aprendizaje de las matemáticas, consideramos doce ítems de Cretchley y Harman (2001); Cretchley (2007); Fogarty et al. (2001) recogidos en la Tabla IV. Los ítems del 15 al 19 son los que consideramos para evaluar la no utilidad de la tecnología en las matemáticas.

Tabla IV. Ítems 13-24: “Actitudes del uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas”

13	El poder de la computación hace más fácil explorar ideas matemáticas
14	Las computadoras están cambiando el modo de hacer Matemáticas
15	Sé que las computadoras son importantes, pero no siento la necesidad de usarlas para aprender Matemáticas
16	Las computadoras son buenas herramientas para los cálculos, pero no para mi aprendizaje de Matemáticas
17	Pienso que el uso de la tecnología es demasiado nuevo y extraño para que valga la pena en el aprendizaje de las Matemáticas
18	Pienso que el uso de la tecnología es una pérdida de tiempo en el aprendizaje de las Matemáticas
19	Prefiero hacer todos los cálculos y gráficas manualmente sin tener que usar una computadora
20	El uso de la tecnología para cálculos me facilita hacer las aplicaciones más realísticas
21	Me gusta explorar métodos matemáticos e ideas usando la tecnología
22	Disponer de la tecnología para hacer el trabajo rutinario me permite probar diferentes métodos y enfoques
23	Quiero mejorar en el uso de las computadoras para que me ayude en las Matemáticas
24	Los símbolos y el lenguaje de las Matemáticas son bastante complicados sin la adición de la tecnología

Para evaluar las actitudes de los estudiantes con respecto a su experiencia personal del uso de software en su aprendizaje de las matemáticas

seleccionamos cinco ítems (ver Tabla V) de Cretchley y Harman (2001).

Tabla V. Ítems 25 – 29: “Experiencia de matemáticas con tecnología”

25	He encontrado software útil para mi aprendizaje de las Matemáticas
26	Aprender a usar software para hacer Matemáticas es frustrante
27	El uso de software hace el aprendizaje de las Matemáticas más interesante
28	En términos generales, vale la pena aprender a utilizar el software para hacer Matemáticas
29	Por propia elección usaré las veces que sea necesario software para Matemáticas

Por último, para medir el gusto por la integración de la tecnología en las matemáticas seleccionamos seis ítems tomados de Nguyen y Kulm (2005) de un total de 16 ítems de la escala general de estos autores, considerando solamente aquellos que involucran los términos ordenador y matemáticas (ver Tabla VI).

Tabla VI. Ítems 30 – 35: “Matemáticas y tecnología”

30	Me gusta aprender Matemáticas con la ayuda de la computadora
31	Las tareas matemáticas por computadora son claras y fáciles de leer
32	La retroalimentación inmediata de la computadora es útil para resolver problemas de matemáticas
33	La revisión de la lección en la tarea por computadora me ayuda a repasar los conceptos matemáticos
34	Los exámenes de matemáticas por computadora con puntuación inmediata me ayudan a evaluar mi propio entendimiento y rendimiento
35	Me gustan las pruebas de matemáticas por computadora más que las pruebas de lápiz y papel

La administración del cuestionario la realizó en el aula el propio investigador por grupos de estudiantes, durante una sesión de clase. Antes de entregar el cuestionario, el evaluador proporcionó las instrucciones del llenado y la finalidad de la aplicación del cuestionario. No se limitó el tiempo de respuesta; sin embargo, todos los estudiantes dedicaron menos de 20 minutos a completar el cuestionario.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

El primer análisis que hemos realizado ha sido detectar la confiabilidad del test construido. Para determinar el grado de homogeneidad existente entre los elementos de la escala en conjunto, se calculó el Coeficiente Alfa de Cronbach para el total

de los ítems, resultando ser de 0.73, y de 0.77 basado en elementos estandarizados. Se considera, por lo tanto, que la escala tiene una buena consistencia interna.

En segundo lugar hemos analizamos la forma en que se agrupan los ítems del cuestionario construido y para ello hemos realizado un análisis factorial exploratorio. El propósito fue detectar factores comunes de los ítems para formar categorías apropiadas que pudieran precisar de manera general los diferentes aspectos de las actitudes que pretendemos medir.

La solución factorial inicial se llevó a cabo mediante el método de componentes principales, obteniendo ocho factores con auto-valor mayor que uno que explicaron el 60.51% de la varianza total. El determinante de la matriz de correlaciones (1.15E-007) indica que el grado de inter-correlación entre las variables es alto; condición inicial que debe cumplir este tipo de análisis. Los índices de Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de la muestra (KMO=0.905) y el contraste de esfericidad de Bartlett (B=3362.8; $p < 0.001$) indican una muy buena adecuación de los datos para el tipo de análisis factorial seleccionado.

Para obtener una estructura más simple se realizó una rotación Varimax con normalización de Kaiser. Se procedió a limitar los factores, obteniendo que la solución más interpretable era un modelo de cinco factores.

Por último, hemos calculado los Coeficientes Alfa de Cronbach para cada componente asociado a cada factor (ver Tabla VII). El análisis de consistencia interna por factor nos permitió identificar que los primeros cuatro factores del modelo encontrado para nuestro estudio son relevantes. El último puede considerarse como un factor residual, ya que no es interpretable para la investigación y tiene una baja consistencia interna.

Tabla VII. Coeficientes Alfa de Cronbach por factor

FACTOR	Nº DE ÍTEMS	% VARIANZA	COEFICIENTE ALFA
I	11	30.00	0.873 / 0.875*
II	12	6.75	0.857 / 0.860*
III	4	5.15	0.705 / 0.709*
IV	4	4.49	0.627 / 0.626*
V	4	4.13	0.508 / 0.510*

*Coeficiente de Alfa Cronbach basado en elementos estandarizados

La interpretación de los factores (ver Tabla VIII), la hemos realizado en función de los ítems que más aportan a la saturación del componente, es decir, los ítems con mayor comunalidad.

Tabla VIII. Interpretación de factores relevantes del modelo de 5 factores

Factor	Descripción de categoría o factor común
I	Utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas
II	Gusto por la integración de la tecnología en matemáticas
III	No utilidad de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas
IV	Aspectos metacognitivos

La categorización del primer factor recayó básicamente en elementos tales como los ítems 10, 11 y 12, los cuáles se refieren a que **la tecnología es útil para hacer y aprender Matemáticas**. El ítem 9 podría considerarse como el menos homogéneo a este factor.

El significado del segundo factor tiene relación directa con elementos como los ítems 21, 30 y 32, donde puede inferirse un **gusto por la integración de la tecnología en Matemáticas**.

Los cuatro ítems que definen el Factor III (15, 16, 18 y 19) se refieren a aspectos que expresan rechazo al uso de la tecnología pese a reconocer su importancia, lo denominamos como **la tecnología no es útil para Matemáticas**. Estos cuatro ítems presentan una correlación negativa de elemento total-correctado.

El Factor IV integrado por cuatro ítems (2, 4, 6 y 7) puede considerarse como el grupo de elementos que tienen como factor común el referir a lo que el alumno cree o piensa sobre su propio conocimiento, capacidades y habilidades con respecto al uso de la tecnología para las matemáticas. Interpretamos estos ítems como referentes a **aspectos metacognitivos**. El grupo de ítems de esta componente también presenta una correlación negativa de elemento total-correctado.

Otro resultado que podemos obtener es que el grupo de ítems de tres de las sub escalas (Tablas II, IV y V) se dividieron entre dos de los cuatro factores relevantes del modelo. Los ítems de las dos sub escalas restantes (Tablas III y VI) se concentraron en un solo factor.

CONCLUSIONES

El análisis de fiabilidad de la escala construida permite concluir que el test de actitudes elaborado es confiable para determinar las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas. Este análisis además de asegurar una consistencia interna, permitió identificar los elementos problemáticos que básicamente recaen en los ítems 3, 17, 24 y 26 del cuestionario situados en el factor residual.

De manera global, los cuatro factores relevantes que han surgido del análisis factorial muestran la congruencia del cuestionario con la estructura establecida, que trataba de evaluar los cuatro factores iniciales: utilidad de la tecnología en las matemáticas, no utilidad de la tecnología en las matemáticas, gusto y motivación de los estudiantes por la implementación de la tecnología en las matemáticas y creencias de los estudiantes con respecto a su aprendizaje de las matemáticas con el uso de la tecnología.

El diseño y validación de la escala elaborada da como resultado un cuestionario válido para medir las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas. Como podemos observar en la Tabla VII, el primer factor explica un 30% de la varianza y este porcentaje proporciona una evidencia de validez del cuestionario.

Aunque no existe un acuerdo sobre el porcentaje de varianza mínima que debe explicar el primer factor, se sabe, como puede también observarse, que debe ser claramente superior a los factores restantes.

La correlación negativa del grupo de ítems del Factor IV es congruente con la forma en que están expresados en el cuestionario, es decir, con cierta orientación negativa.

No obstante es conveniente resaltar algunas discordancias observadas.

El ítem 9 independientemente de su carga factorial y su comunalidad, posiblemente podría ubicarse de manera más congruente en el Factor II, que representa la categoría de gusto por la integración de la tecnología en las matemáticas.

La correlación negativa de los ítems pertenecientes al Factor III refuerza en cierta manera la disconformidad de los estudiantes con respecto a la no utilidad de la tecnología en su aprendizaje de las matemáticas. Solamente el ítem 17 considerado al principio en esta categoría recayó en la componente residual.

Una previsible mejoría del cuestionario podría ser modificar o eliminar los ítems que representan elementos problemáticos, así como los que han provocado las discordancias señaladas.

REFERENCIAS

- CRECHLEY, P. (2007). Does computer confidence relate to levels of achievement in ICT-Enriched learning models? *Education and Information Technologies*, 12(1), 29-39.
- CRECHLEY, P. & HARMAN, C. (2001). Balancing the scales of confidence: Computers in early undergraduate mathematics learning. *USQ ePrints, Quaestiones Mathematicae*, 17-25. Descargado el 10 de Julio de 2009 de http://eprints.usq.edu.au/1770/1/Delta'01_Cretchley%26Harman_Pre-print.pdf
- FOGARTY, G., CRECHLEY, P., HARMAN, C., ELLERTON, N., & KONKI, N. (2001). Validation of a questionnaire to measure mathematics confidence, computer confidence, and attitudes to the use of technology for learning mathematics. *Attitudes to Technology in Mathematics Learning Questionnaire*. Descargado el 20 de Mayo de 2009 de http://eprints.usq.edu.au/953/1/Fogarty_Fogarty-Cretchley-Harman-Ellerton-Konki_Valid_of_questionnaire_maths.pdf

- GALBRAITH, P. & HAINES, C. (1998). Disentangling the nexus: Attitudes to mathematics and technology in a computer learning environment. *Educational Studies in Mathematics*, 36(3), 275-290.
- GALBRAITH, P. & HAINES, C. (2000). *Mathematics-computing Attitudes Scales. Monographs in Continuing Education*. London: City University London.
- GIL, N., BLANCO, J. & GUERRERO, E. (2005). El dominio afectivo en el aprendizaje de las Matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 2, 15-32.
- GÓMEZ-CHACÓN, I. & HAINES, C. (2008). Students' attitudes to mathematics and technology. Comparative study between the United Kingdom and Spain. Presentado en ICME-11, 11th *International Congress on Mathematical Education*. Monterrey: México. Descargado el 7 de Julio de 2009 de <http://tsg.icme11.org/document/get/924>.
- NGUYEN, D. & KULM, G. (2005). Using Web-based practice to enhance Mathematics learning and achievement. *Journal of Interactive Online Learning*, 3(3).
- PIERCE, R., STACEY, K. & BARKATSAS, A. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology. *Computers & Education*, 48(2), 285-300.
- URSINI, S., SÁNCHEZ, G. & ORENDAIN, M. (2004). Validación y confiabilidad de una escala de actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora. *Educación Matemática*, 16(3), 59-78.