

ACTITUDES DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE NUEVO INGRESO HACIA EL USO DE LA TECNOLOGÍA EN MATEMÁTICAS

Rubí López, Enrique Castro y Marta Molina

Este trabajo describe tendencias detectadas en las actitudes de estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso hacia el uso de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, mediante opiniones emitidas en un cuestionario sobre actitudes diseñado para tal efecto. Se describe el proceso seguido para establecer categorías para las actitudes hacia el uso de tecnología puestas de manifiesto por los estudiantes en sus respuestas. Los resultados indican una tendencia de actitudes positivas.

Términos clave: Actitudes; Análisis de contenido; Estudiantes universitarios de Ingeniería; Uso de la tecnología en Matemáticas

Undergraduate engineering students' attitudes towards using technology in mathematics

This paper describes trends detected in first year engineering students' attitudes towards the use of technology in teaching and learning mathematics through opinions gathered in a survey about attitudes designed for this purpose. We describe the process followed to establish categories for the attitudes towards the use of technology evidenced by the students in their answers. The results indicate a trend of positive attitudes.

Keywords: Attitudes; Content analysis; Undergraduate engineering students; Use of technology in mathematics

La medición y la 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. En el ámbito educativo, cada vez con más frecuencia, se habla de la notable influencia que ejercen las variables afectivas sobre el

López, R., Castro, E. y Molina, M. (2013). Actitudes de estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso hacia el uso de la tecnología en matemáticas. *PNA*, 8(1), 31-50.

rendimiento académico. Varios investigadores analizan la relación entre estados afectivos y cognitivos desde el punto de vista de la influencia de las actitudes en el rendimiento de los alumnos (Akey, 2006; Dowson y McInerney, 2001; Furinghetti y Morselli, 2008; Gil, Guerrero y Blanco, 2006; Handcock y Betts, 2002; Kirsch, Lafontaine, Moqueen, Mendelovits y Monseur, 2002; Zan, Brown, Evans y Hannula, 2006). Asimismo, Matsumoto y Sanders (1988) comentan que el afecto tiene influencia en el interés, la necesidad y la motivación para el aprendizaje.

Las variables afectivas constituyen una vasta categoría de sentimientos y estados de ánimo que incluyen elementos como las actitudes, las creencias y las emociones (McLeod y Adams, 1989). En relación con las actitudes, que es el foco de interés en este trabajo, existe un consenso entre los teóricos en definir las como predisposiciones psicológicas para comportarse de manera favorable o desfavorable frente a una entidad particular (Eagly y Chaiken, 1998; Zabalza, 1994). McLeod (1993) usa el término actitud para referirse a respuestas afectivas que incluyen sentimientos positivos o negativos de intensidad moderada y estabilidad razonable. Se ha observado que, aunque las formas en que los estudiantes abordan el aprendizaje pueden ser diversas, las que tienen una influencia mayor son las relacionadas con las actitudes como la motivación, el agrado, la percepción que tiene el estudiante de su profesor de matemáticas o la utilidad que ven en la materia (Auzmendi, 1991; McConeghy, 1985, 1987).

La Didáctica de la Matemática es una de las áreas del conocimiento en la que se han analizado de forma más sistemática las actitudes (Gil, Blanco y Guerrero, 2005; Mato y De la Torre, 2009; Pérez-Tyteca, Castro, Segovia, Castro, y Fernández, 2007), siendo destacadas como un elemento clave a tener en cuenta en el estudio del proceso de aprendizaje de las matemáticas (Fennema y Sherman, 1976). Los estudios realizados en este campo han analizado las actitudes en relación con una amplia variedad de aspectos tales como logros académicos (Crump, 2004), el uso de ordenadores en diferentes áreas (Pektas y Erkip, 2006) y la escuela de la vida (Louis y Marks, 1998). Se han identificado múltiples factores que intervienen y afectan el aprendizaje matemático de los estudiantes, incluyendo creencias y concepciones (Andrews y Hatch, 2000), motivación (Middleton y Spanias, 1999), variables cognitivas (Schiefele y Csikzentmihalyi, 1995) y emociones (Hannula, 2002; McLeod, 1992).

Algunos estudios muestran que una actitud positiva tiende a correlacionarse positivamente con un incremento de esfuerzo para aprender y con el logro de dicho aprendizaje (Kloosterman, 1990; Minato, 1983; Minato y Yanase, 1984) y que la confianza es un buen predictor de éxito en matemáticas (Randhawa, Beamer y Lundberg, 1993). Otros autores, tales como Ursini y Sánchez (2008), destacan la influencia de factores sociales y culturales como condicionante de dichas correlaciones. Esta puede ser la justificación de resultados de estudios como los de Ma y Kishor (1997) que no encuentran correlación significativa entre actitud y logro. Detectar la influencia de las actitudes y los factores

emotivos en la práctica y aprendizaje de las matemáticas sigue siendo un desafío y, aún más, cuando se intenta determinar esta influencia al incorporar un factor adicional como es el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (Cretchley y Harman, 2001).

En el trabajo que aquí presentamos, nuestra atención se centra en las actitudes de estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso en la universidad hacia la incorporación de la tecnología en el aula de matemáticas. Obtener información a este respecto es un paso fundamental en la comprensión de cómo el entorno de aprendizaje para las matemáticas es afectado por la introducción de ordenadores y otras tecnologías (Galbraith y Haines, 1998). El empleo de los ordenadores en tareas con un alto nivel de exigencias intelectuales puede representar una barrera para el aprendizaje, sobre todo en aquellas personas que tienen poca confianza y experiencia en el uso de la tecnología. Artigue (1997), Mayes (1998) y Galbraith, Haines e Izard (1998), entre otros, destacan tanto la importancia del dominio afectivo de los estudiantes hacia las matemáticas como la relación existente con el uso de nuevas tecnologías para el aprendizaje de algunos conceptos de la matemática escolar. La confianza en los ordenadores o en el uso de los mismos, puede mediar en el buen rendimiento de los estudiantes en ambientes de aprendizaje que requieren interacción con el ordenador (Cretchley, 2007).

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; Ortiz, Rico y Castro, 2003; Pierce, Stacey y Barkatsas, 2007). En las últimas décadas, autores tales como Hoyles y Sutherland (1989), Balacheff y Kaput (1996), Dettori, Garuti y Lemut (2001) y Mariotti (2005) han explorado posibilidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en los distintos niveles educativos mediante el uso de la tecnología. La mayoría de estas 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 además un cambio positivo en las actitudes hacia esta materia (Ursini, Sánchez y Orendain, 2004). Por su parte, Vale (2001) y Volman y Van Eck (2001) exploran los comportamientos y actitudes de los estudiantes hacia los ordenadores al hacer uso de ellos en clases de matemáticas y Pierce (2001) analiza las actitudes de los alumnos hacia el uso de software algebraico en el aula, así como la influencia de este software en su aprendizaje y los distintos usos que los estudiantes hacen de él. Depool (2004) observa que el uso del software denominado Derive en actividades de cálculo integral es valorado como útil e interesante por los alumnos.

En este trabajo, centramos nuestra atención en el alumnado de recién ingreso en titulaciones de ingeniería, con los cuales la primera autora de este trabajo viene trabajando como docente de asignaturas de contenido matemático. En dichas

asignaturas, así como en otras no adscritas al área de Matemáticas, estos estudiantes hacen uso de la tecnología tanto para aprender como para hacer matemáticas a lo largo de sus estudios universitarios. En particular, la tecnología se aplica para abordar procesos de modelización a partir de situaciones reales. Ante nuestro interés de indagar en dichos procesos y en el papel de la tecnología en los mismos, y reconociendo la influencia de las actitudes de los estudiantes en el empleo de la tecnología en la actividad matemática y en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas indicada por la literatura existente, diseñamos el estudio que aquí se presenta para medir dichas actitudes y así obtener información de utilidad para diseñar experiencias docentes que hagan uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas en la formación de ingenieros.

ESTUDIO EMPÍRICO

Con el propósito de medir las actitudes de estudiantes de Ingeniería hacia la actividad matemática y el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas utilizando la tecnología, elaboramos un cuestionario. Este tipo de herramientas de recogida de datos es frecuentemente utilizado en el estudio de las actitudes (Amorim, 2004; Cretchley y Harman, 2001; Gairín, 1990; Galbraith y Haines, 1998; McLeod, 1993; Ortiz, Rico y Castro, 2003; Pérez-Tyteca y Castro, 2007).

El cuestionario diseñado consta de tres partes. La primera es un test de 35 ítems procedentes de escalas previamente validadas en otras investigaciones. Para cada uno de los ítems, los estudiantes debían indicar su grado de acuerdo o desacuerdo por medio de una escala de Likert de cinco valores (5 corresponde a totalmente de acuerdo y 1 a totalmente en desacuerdo). La descripción completa y la validación de esta parte del cuestionario, por medio de diversas técnicas estadísticas, puede consultarse en López, Castro, Molina y Moreno (2010).

La segunda y la tercera parte complementan a la anterior. Se cuestiona al alumno sobre su conocimiento de un listado de Sistemas Algebraicos Computacionales (conocidos como CAS, por sus siglas en inglés) y si han trabajado con alguno de ellos en la clase de matemáticas o por fuera de ella. El propósito de este apartado es conocer si los alumnos tienen conocimientos o experiencias previas con el manejo de tecnología CAS.

La última parte es un apartado para comentarios, a modo de pregunta abierta, donde los estudiantes pueden indicar sus opiniones con respecto a la encuesta o sobre la práctica, la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas utilizando tecnología. En concreto, las instrucciones emitidas por el investigador con respecto al apartado de comentarios fueron las siguientes.

En este apartado, pueden describir de manera general sus opiniones con respecto al uso de la tecnología en el proceso de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y también si así lo desean pueden emitir sus opiniones con respecto a la aplicación de la encuesta.

El cuestionario descrito fue aplicado a 253 estudiantes de primer curso de siete titulaciones de Ingeniería impartidas en el Campus de Ingeniería y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán en México (ver tabla 1). La primera autora de este trabajo realizó la administración del cuestionario a cada grupo de estudiantes durante una sesión de clase de una de las asignaturas cursadas por los estudiantes, en su aula habitual. Antes de entregar el cuestionario, la investigadora proporcionó las instrucciones del llenado y comunicó la finalidad de la aplicación del mismo. El tiempo de respuesta no se limitó; sin embargo, todos los estudiantes dedicaron menos de 20 minutos para completar el cuestionario.

Tabla 1
Distribución de la muestra

| Grupos | Especialidad de Ingeniería | Género | | Alumnos |
|--------------------------------|----------------------------|--------|----|---------|
| | | M | F | |
| Facultad de Ingeniería | | | | |
| 5 | Civil | 65 | 11 | 76 |
| | Física | 15 | 5 | 20 |
| | Mecatrónica | 39 | 4 | 43 |
| Facultad de Matemáticas | | | | |
| 3 | Computación | 17 | 3 | 20 |
| | Software | 32 | 1 | 33 |
| Facultad de Ingeniería Química | | | | |
| 2 | Química Industrial | 26 | 11 | 38 |
| | Industrial Logística | 17 | 6 | 23 |

Nota. M = masculino; F = femenino.

ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

En este artículo, centramos nuestra atención en el análisis de los datos obtenidos mediante la primera y tercera parte del cuestionario: las respuestas de los estudiantes a los 35 ítems y sus respuestas a la cuestión abierta. En relación con la segunda parte del cuestionario, en la tabla 2 mostramos los resultados relativos a la cantidad de software CAS conocido por los estudiantes.

Tabla 2
Número de alumnos por cantidad de software

| Cantidad de software | Nº de alumnos | % |
|----------------------|---------------|-------|
| 0 | 36 | 14.23 |

Tabla 2

Número de alumnos por cantidad de software

| Cantidad de software | Nº de alumnos | % |
|----------------------|---------------|-------|
| 1 | 59 | 23.32 |
| 2 | 57 | 22.53 |
| 3 | 52 | 20.55 |
| 4 | 26 | 10.28 |
| 5 | 6 | 2.37 |
| 6 | 1 | 0.40 |
| 7 | 15 | 5.93 |
| 8 | 1 | 0.40 |

La tabla 3 recoge los software CAS conocidos por los estudiantes con sus respectivas frecuencias según las respuestas dadas al cuestionario.

Tabla 3

Número de alumnos por tipo de software

| Software | Nº de alumnos | % |
|-------------|---------------|-------|
| MatLab | 145 | 57.31 |
| Derive | 110 | 43.48 |
| MathCad | 87 | 34.39 |
| Mathematica | 86 | 33.99 |
| Maple | 69 | 27.27 |
| Maxima | 25 | 9.88 |
| MuPad | 23 | 9.09 |
| Geogebra | 11 | 4.35 |
| WinPlot | 11 | 4.35 |

En las tablas 2 y 3 se observa que la mayoría de los estudiantes (más del 85%) conocía algún tipo de software CAS siendo MatLab, seguido de Derive,

MathCad, Mathematica y Maple los más conocidos. Otro software de tecnología CAS no recogido en la tabla 3 mencionado por entre uno y tres de los alumnos encuestados son Algebrator, Calculus Solved, Scientific Work Place, Quick Graph y Wolfram Alpha, entre otros.

Respuestas al cuestionario de ítems

Para el análisis de las respuestas de los alumnos al cuestionario de 35 ítems, utilizamos las categorías identificadas por López et al. (2010): utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas, gusto por la integración de la tecnología en matemáticas, no utilidad de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas, aspectos meta cognitivos y un factor residual. Mostramos en la tabla 4 la descripción de estas categorías y algunos ejemplos de ítems correspondientes a cada una de ellas.

El análisis de las respuestas permitió validar la fiabilidad de la escala para determinar las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas. El análisis realizado mediante el Coeficiente Alfa de Cronbach, además de asegurar una consistencia interna, permitió identificar los ítems problemáticos (López et. al, 2010).

Tabla 4

Descripción de categorías y ejemplos del test de 35 ítems

| Factor | Categoría | Nº de ítems | Ejemplos de ítems |
|--------|---|-------------|--|
| I | Utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas | 11 | Ítem 1: Las computadoras me ayudan a aprender mejor las matemáticas proporcionándome al instante muchos ejemplos de manera interactiva. Ítem 8: Las computadoras me ayudan a vincular el conocimiento, como por ejemplo, la forma de los gráficos y sus ecuaciones. |
| II | Gusto por la integración de la tecnología en matemáticas | 12 | Ítem 21: Me gusta explorar métodos matemáticos e ideas usando la tecnología. Ítem 30: Me gusta aprender matemáticas con la ayuda de la computadora. |
| III | No utilidad de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas | 4 | Ítem 15: Sé que las computadoras son importantes, pero no siento la necesidad de usarlas para aprender matemáticas. Ítem 18: Pienso que el uso de la tecnología es una pérdida de tiempo en el aprendizaje de las matemáticas. |

Tabla 4

Descripción de categorías y ejemplos del test de 35 ítems

| Factor | Categoría | Nº de ítems | Ejemplos de ítems |
|--------|--------------------------|-------------|--|
| IV | Aspectos meta cognitivos | 4 | <p>Ítem 2: Me resulta difícil comprender la transferencia de ideas de la pantalla de una computadora a mi mente.</p> <p>Ítem 7: El seguimiento de las instrucciones tecleadas pone mi atención fuera de las matemáticas.</p> |
| V | Factor residual | 4 | <p>Ítem 17: Pienso que el uso de la tecnología es demasiado nuevo y extraño para que valga la pena en el aprendizaje de las matemáticas.</p> <p>Ítem 26: Aprender a usar software para hacer matemáticas es frustrante.</p> |

Mostramos, en la tabla 5, el promedio de las respuestas de los alumnos, así como la respuesta más común (moda) de los 35 ítems agrupados por factor.

Tabla 5

Media y moda de los 35 ítems

| | Factor I | | | Factor II | | | Factor III | | | Factor IV | | | Factor V | | |
|----|----------|----|----|-----------|------|----|------------|------|----|-----------|------|----|----------|------|----|
| | I | Me | Mo | I | Me | Mo | I | Me | Mo | I | Me | Mo | I | Me | Mo |
| 1 | 3,85 | 4 | | 20 | 3,93 | 4 | 15 | 3,29 | 3 | 2 | 2,44 | 2 | 3 | 3,24 | 3 |
| 5 | 4,26 | 4 | | 21 | 3,67 | 4 | 16 | 3,35 | 3 | 4 | 3,01 | 3 | 17 | 2,31 | 3 |
| 8 | 4,32 | 5 | | 22 | 3,92 | 4 | 18 | 1,93 | 1 | 6 | 3,18 | 3 | 24 | 2,77 | 3 |
| 9 | 3,64 | 3 | | 23 | 4,02 | 4 | 19 | 2,68 | 3 | 7 | 2,91 | 3 | 26 | 2,61 | 3 |
| 10 | 3,90 | 4 | | 28 | 3,94 | 4 | | | | | | | | | |
| 11 | 3,37 | 3 | | 29 | 3,86 | 4 | | | | | | | | | |
| 12 | 3,41 | 3 | | 30 | 3,45 | 3 | | | | | | | | | |
| 13 | 3,78 | 4 | | 31 | 3,48 | 3 | | | | | | | | | |
| 14 | 3,85 | 4 | | 32 | 3,82 | 4 | | | | | | | | | |
| 25 | 3,27 | 3 | | 33 | 3,59 | 4 | | | | | | | | | |
| 27 | 3,60 | 4 | | 34 | 3,80 | 4 | | | | | | | | | |
| | | | | 35 | 2,84 | 3 | | | | | | | | | |

Nota. I = Ítem; Me = Media; Mo = Moda.

Los resultados presentados en la tabla 5 permiten observar que las respuestas de los alumnos a los ítems que integran el primer factor evidencian una tendencia hacia una actitud positiva sobre la utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas. El promedio de medias de este factor es 3,75 y en 6 de 11 ítems la respuesta tiene una tendencia a estar de acuerdo con respecto a la utilidad de la tecnología para las matemáticas. Por otro lado, el ítem 8 tiene la tendencia hacia estar totalmente de acuerdo a la ayuda que ofrece la tecnología para la vinculación del conocimiento, como por ejemplo los gráficos y sus ecuaciones. También se observa que, con respecto al segundo factor, la mayoría de las respuestas a los ítems que lo componen muestran tendencia a estar de acuerdo hacia la integración de la tecnología en las matemáticas. Por otra parte, tanto las respuestas de los alumnos correspondientes a la no utilidad de la tecnología como sus respuestas hacia aspectos meta cognitivos, es decir, lo que los alumnos creen o piensan sobre su propio conocimiento, capacidades y habilidades del uso de la tecnología para las matemáticas, muestran una tendencia neutral (ver promedio de medias en figura 1). Igualmente ocurre con las opiniones de los alumnos a los ítems del factor residual.

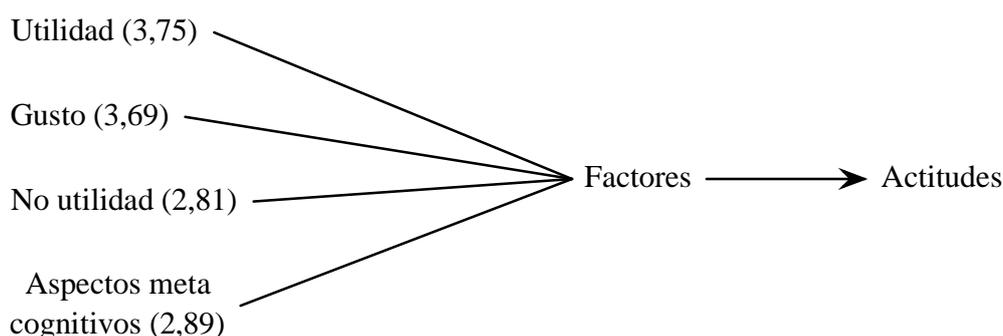


Figura 1. Promedio de medias de factores relevantes

Respuestas a la cuestión abierta

Entre los 253 alumnos encuestados, 143 describieron algún tipo de opinión como respuesta al apartado de comentarios. Las respuestas a esta pregunta abierta están dadas en formato de texto narrativo en el que los estudiantes emiten sus opiniones sobre el uso de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

En primera instancia, procedimos a leer las 143 opiniones descritas por los estudiantes, con el propósito de identificar grupos de respuestas, identificando tres tipos de comentarios:

- ◆ opiniones de los alumnos con respecto al uso de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas,
- ◆ opiniones de los alumnos con respecto a la lista de software propuesta en el segundo apartado y
- ◆ opiniones de los alumnos sin significancia para nuestro estudio.

Consideramos que las respuestas correspondientes al primer grupo son las que tienen significancia para dar respuesta al objetivo de este estudio. En función de lo anterior, obtuvimos 96 comentarios significativos para el estudio de las actitudes de los alumnos hacia el uso de la tecnología en la enseñanza, el aprendizaje y la práctica de las matemáticas.

En un primer nivel de análisis de las opiniones emitidas por los alumnos en respuesta a la sección de comentarios, decidimos utilizar la técnica de análisis de contenido, estableciendo las unidades de análisis. Siguiendo a Krippendorff (1997) se distinguen tres tipos de unidades de análisis: de muestreo, de contexto y de registro. Las unidades de muestreo son aquellas porciones del universo observado que serán analizadas. En nuestro caso, se analizaron las opiniones emitidas por los alumnos inscritos en un primer curso de ingeniería en el cuestionario de actitudes. La unidad de contexto es la porción de la unidad de muestreo que tiene que ser examinada para poder caracterizar una unidad de registro. En nuestro caso la unidad de contexto es el tercer apartado del cuestionario, es decir, la sección de opiniones descritas por los estudiantes como respuesta a la pregunta abierta. La unidad de registro puede considerarse como la parte de la unidad de muestreo que es posible analizar de forma aislada. Holsti (1969) la define “como el segmento específico de contenido que se caracteriza al situarlo en una categoría dada” (p. 116). Para otros autores las unidades de registro en un texto pueden ser palabras, temas (frases, conjunto de palabras), caracteres (personas o personajes), párrafos, conceptos (ideas o conjunto de ideas), símbolos semánticos (metáforas, figuras literarias), etc. Identificamos como unidad de registro a la palabra común encontrada en cada uno de los comentarios, o bien, a la idea involucrada. Para nuestro estudio esta unidad de registro la denominamos *término clave*.

Al identificar las diferentes unidades, procedimos a analizar y codificar cada uno de los comentarios significativos descritos por los estudiantes en el cuestionario. La codificación nos permitió representar el texto en índices numéricos relativos a la presencia y frecuencia de los términos clave. Como resultado de dicho proceso identificamos en nuestra unidad de registro una variación de 15 términos clave. En la tabla 6 se muestran dichos elementos con su frecuencia de aparición. Cabe señalar que hubo opiniones codificadas con dos términos clave.

Tabla 6
Términos clave

| N° | Término clave | Frecuencia | N° | Término clave | Frecuencia |
|----|---------------|------------|----|--------------------|------------|
| 1 | Bondades | 38 | 9 | Método tradicional | 4 |
| 2 | Condición | 30 | 11 | No uso | 3 |
| 3 | Justificación | 21 | 10 | Poco uso | 3 |
| 4 | Interés | 20 | 13 | Agrado | 1 |
| 5 | Ayuda | 14 | 14 | Estaría bien | 1 |

Tabla 6
Términos clave

| N° | Término clave | Frecuencia | N° | Término clave | Frecuencia |
|----|---------------|------------|----|---------------|------------|
| 6 | Importancia | 7 | 12 | Gusto | 1 |
| 7 | Gustaría | 6 | 15 | No necesidad | 1 |
| 8 | Dificultades | 4 | | | |

Para ejemplificar la asignación de términos clave, mostramos en la tabla 7 algunas de las opiniones descritas por los estudiantes en su cuestionario como respuesta al apartado de comentarios y los términos asignados en cada caso. Por ejemplo, en el comentario presentado en la Tabla 7 al que asignamos los términos clave *bondades* y *justificación*, el alumno está expresando la idea de bondad del uso de la tecnología al describir que es “útil” y al mismo tiempo la está justificando al comentar que “facilita el trabajo del profesor y del alumno”. En el comentario donde asignamos como términos clave *ayuda* y *condición*, el alumno utiliza la palabra común “ayudan” y está condicionando la ayuda que proporciona el uso de la tecnología en las matemáticas al agregar en su opinión la condición “pero hacen que no entiendas lo que haces y para qué sirve”.

Tabla 7
Ejemplos de comentarios y sus términos clave asignados

| Comentario | Términos clave |
|---|------------------------|
| “El uso de las computadoras es muy importante para mejorar el aprendizaje de las matemáticas” | Importancia |
| “Considero útil el uso de tecnología en la enseñanza de las matemáticas, facilita el trabajo del profesor y del alumno” | Bondades/Justificación |
| “Las computadoras y software ayudan en el uso de las matemáticas pero hacen que no entiendas lo que haces y para qué sirve” | Ayuda/Condición |
| “Es interesante e importante la aplicación de software en matemáticas” | Interés/Importancia |

En un segundo nivel de análisis, se establecieron las categorías en función de los términos clave asignados a cada uno de los comentarios, obteniendo categorías mutuamente excluyentes; es decir, un mismo comentario solamente se codificó dentro de una categoría. En total, obtuvimos siete categorías disjuntas: utilidad, utilidad condicionada, utilidad justificada, gusto, motivación, rechazo justificado y desconocimiento. A continuación detallamos el proceso de definición de estas categorías.

Las opiniones codificadas con los términos clave Importancia, Bondades y Ayuda se situaron en primer lugar dentro de la categoría de Utilidad, distinguiendo los comentarios que además incluían el término clave Condición o el término clave Justificación. De este modo, establecimos tres tipos de categorías relacionadas con la consideración de la utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas: simple, condicionada y justificada (ver figura 2).

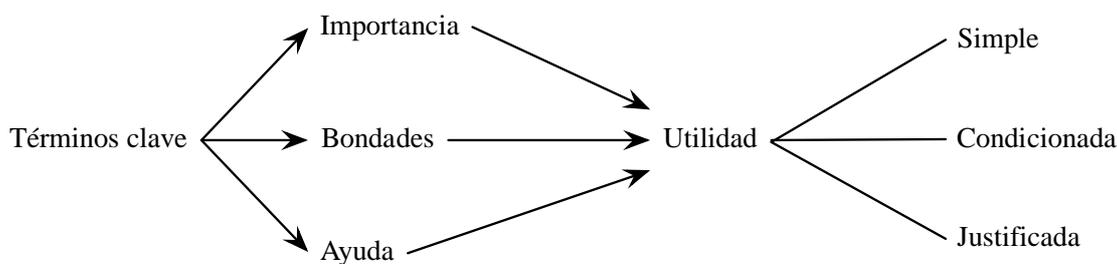


Figura 2. Categorías de utilidad

Definimos estas categorías a continuación.

Simple. Cuando las opiniones expresadas no condicionan o justifican la utilidad de la tecnología en las matemáticas —como, por ejemplo, “Me parece muy bueno el uso de software en matemáticas”— las situamos en la categoría simple Utilidad.

Condicionada. Cuando el alumno expresa que la tecnología es importante, útil o ayuda a su aprendizaje de las matemáticas, pero establece una condición para dicha consideración, clasificamos su opinión en la categoría Utilidad condicionada. Este es el caso de la siguiente opinión expresada por un estudiante: “El uso de las computadoras es una buena herramienta para el entendimiento de las matemáticas, sin embargo no debe caer en el rango de necesario para este fin pues en vez de ayudar empeoraría o perjudicaría al alumno”.

Justificada. Cuando el alumno comenta las bondades, la importancia o la ayuda de la tecnología en su aprendizaje de las matemáticas, pero justificando dicha utilidad, categorizamos su opinión con la etiqueta Utilidad justificada. Como ejemplo, presentamos la siguiente respuesta: “Creo que es importante el uso de la tecnología en las matemáticas, ya que las hace un poco más interesantes y evita los errores. Aparte de que el software puede mostrarnos las gráficas exactas”.

La figura 3 muestra las categorías que distinguimos en relación con la percepción de los alumnos de la utilidad de la tecnología para su aprendizaje de las matemáticas y la frecuencia en que se presenta cada unidad de registro.

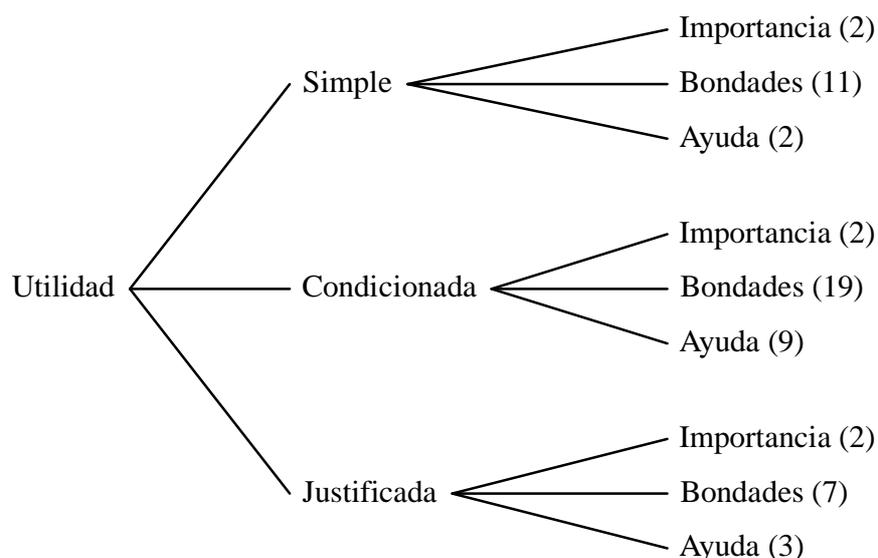


Figura 3. Frecuencia de las categorías de utilidad

Los comentarios codificados con los términos clave Gusto y Agrado se categorizaron dentro de la categoría de Gusto. Asimismo, todas las opiniones que incluyeron los términos clave Interés, Gustaría y Estaría bien, independientemente de algún otro término clave codificado, se establecieron dentro de la categoría de Motivación.

Por otro lado, las opiniones codificadas con los términos clave Dificultades (e.g., “No le veo mucho sentido a aprender matemáticas con computadoras, si de por sí te revuelves manualmente peor tecleando fórmulas”), No necesidad (e.g., “Creo que el uso de la computadora en las matemáticas no es necesario porque no importa si tenemos el resultado sino el procedimiento ya que no siempre se tendrá una computadora a mano”) y Método tradicional (e.g., “Realizar los cálculos en lápiz hace que se te quede tu aprendizaje porque lo estás practicando, en cambio realizarlo por computadora no sé que tanto me puede ayudar a retener la información”) se categorizaron como Rechazo justificado. En este caso no son palabras concretas las que permiten codificar el comentario, sino más bien la idea general que encierra la opinión del estudiante. Por último, situamos los comentarios que incluyen la idea de poco uso o no uso de la tecnología en las matemáticas tales como “Casi no usamos programas para realizar trabajos de matemáticas” y “Nunca he usado software para el aprendizaje de las matemáticas” en la categoría que nombramos Desconocimiento.

Obtenemos por tanto un total de ocho categorías, siendo las seis primeras —Utilidad, Gusto, Motivación, Utilidad condicionada, Utilidad justificada y Rechazo justificado— relativas a aspectos afectivos. A partir de este punto, estructuramos las seis categorías afectivas obtenidas atendiendo a si se presentaba o no argumentación, llegando a la organización final que se presenta en la tabla 8.

Tabla 8
Descripción y frecuencia de categorías

| Categoría | Descripción | Frecuencia |
|-----------------------------|--|------------|
| Afectivas sin argumentación | | |
| Utilidad | Importancia del uso de la tecnología en la realización de actividades para hacer o aprender matemáticas. | 15 |
| Gusto | Disfrute del alumno en el uso la tecnología en hacer o aprender de las matemáticas. | 2 |
| Motivación | Interés de los estudiantes y deseo por utilizar la tecnología en hacer o aprender matemáticas. | 22 |
| Afectivas con argumentación | | |
| Utilidad condicionada | Importancia del uso de la tecnología poniendo de manifiesto la condición bajo todas las circunstancias. | 30 |
| Utilidad justificada | Importancia del uso de la tecnología argumentando el porqué de su utilidad. | 12 |
| Rechazo justificado | El rechazo, resistencia o la no aceptación justificada del uso de la tecnología. | 9 |
| Otras | | |
| Desconocimiento | Falta de conocimiento de las bondades de la tecnología para hacer o aprender matemáticas. | 6 |

A partir de la codificación realizada y a la vista de los datos recogidos en la tabla 8, la información obtenida de la pregunta abierta del cuestionario nos permite detectar una tendencia mayoritariamente positiva en las actitudes de los alumnos. Esto lo confirma la baja frecuencia (15 de 96) de las dos categorías que informan de una actitud desfavorable hacia el uso de la tecnología en matemáticas: rechazo justificado (9) y desconocimiento (6). De las respuestas que ponen de manifiesto actitudes positivas hacia el uso de la tecnología en matemáticas, el 84% aluden a la utilidad de la misma. La mitad de estas respuestas (42) se matizan, haciendo referencia a condiciones tales como la necesidad de combinar el uso de la tecnología con el método de enseñanza tradicional; el grado de dominio de la tecnología por parte del usuario; o la limitación de su uso a ciertas actividades matemáticas, como la representación gráfica. Entre las justificaciones se señala la ayuda que la tecnología supone en el proceso de aprendizaje facilitando bien el trabajo del profesor o el del alumno. Cabe señalar también la frecuencia de respuestas (22 de 96) que destacan una influencia positiva de la tecnología en la motivación hacia el aprendizaje, enseñanza y práctica de las matemáticas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El cuestionario y la codificación de los comentarios nos ha permitido dar respuesta a nuestro objetivo de investigación: medir las actitudes de estudiantes de Ingeniería hacia la actividad matemática y el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas utilizando tecnología.

De la muestra seleccionada, el 85% de los estudiantes conocía software CAS, resultado que evidencia el uso cada vez más frecuente de esta tecnología en las aulas. Las categorías establecidas como consecuencia del análisis factorial en función de la información obtenida como respuesta a los 35 ítems de la primera parte del cuestionario muestran una tendencia positiva hacia la utilidad y el gusto por la tecnología en las matemáticas (López, et. al). Específicamente, en 7 de 11 ítems, los alumnos se declaran a favor de la utilidad de la tecnología para hacer y aprender matemáticas y, en 9 de 12 ítems, muestran un gusto por la integración de la tecnología en las matemáticas. Es decir, en 70% de los ítems (16 de 23) que reflejan una actitud positiva hacia el uso de la tecnología en las matemáticas, los alumnos opinan estar de acuerdo o totalmente de acuerdo. Con respecto al factor correspondiente a la no utilidad de la tecnología, la mayoría de los ítems (3 de 4) tienen tendencia neutral al igual que para el factor de aspectos meta cognitivos.

Si analizamos en general las respuestas proporcionadas por los alumnos a los ítems que integran los cuatro factores relevantes definidos para categorizar el primer apartado del cuestionario, y nos centramos en los resultados obtenidos en los factores de utilidad y gusto, podemos inferir una tendencia de actitud positiva hacia el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Por otra parte, con respecto a los ítems correspondientes a la no utilidad de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas y a los aspectos cognitivos, los alumnos se mantienen en una opinión neutra.

De las siete categorías establecidas para las respuestas a la cuestión abierta, cinco de ellas reflejan una actitud en sentido positivo hacia el uso de la tecnología como recurso didáctico para hacer y aprender matemáticas. El mayor porcentaje de estas opiniones (44%) estuvo a favor de la importancia del uso de la tecnología en las matemáticas aunque expresando dicha utilidad con ciertas condiciones o justificaciones. El segundo mayor porcentaje (43%) de las opiniones de los alumnos emitió la importancia, el gusto o su interés por utilizar la tecnología para hacer o aprender matemáticas. Las opiniones de rechazo hacia el uso de la tecnología como herramienta de enseñanza y aprendizaje en las matemáticas y de desconocimiento de sus bondades representaron solamente un 15%. Con base en los porcentajes señalados, podemos concluir la inclinación a utilizar la tecnología para la enseñanza, el aprendizaje y la práctica de las matemáticas por parte de alumnos de nuevo ingreso de una carrera de ingeniería.

Nuestro principal propósito en este trabajo era analizar las tendencias de las actitudes de estudiantes de ingeniería hacia el uso de la tecnología en las matemáticas. El establecimiento de los cuatro factores relevantes y de las siete catego-

rías mediante la metodología de análisis de contenido, para la determinación de las tendencias de las actitudes de los estudiantes de ingeniería del Campus de Ingeniería y Ciencias Exactas de la Universidad Autónoma de Yucatán nos ha sido de utilidad para este propósito y podría servir de referencia base para futuras clasificaciones con respecto al tema de actitudes de los alumnos hacia el uso de la tecnología en las aulas de clase.

La actitud positiva detectada como tendencia en los alumnos de ingeniería de nuevo ingreso, se presenta como un elemento positivo para la implantación de clases que involucren la tecnología como recurso didáctico partiendo de las correlaciones positivas entre actitudes y rendimiento académico evidenciadas en los estudios previos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de investigación EDU2009-11337 “Modelización y Representaciones en Educación Matemática” del Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación 2010-2012 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

REFERENCIAS

- Akey, T. (2006). *School context, student attitudes and behavior, and academic achievement: an exploratory analysis*. New York, NY: MDRC.
- Andrews, P. y Hatch, G. (2000). A comparison of Hungarian and English teachers' conceptions of mathematics and its teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 43(1), 31-64.
- Amorim, S. (2004). Improving student teachers' attitudes to mathematics. En M. J. Haines y A. N. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 25-32). Bergen, Noruega: Bergen University College.
- Artigue, M. (1997). Le logiciel “Derive” comme révélateur de phénomènes didactiques liés à l'utilisation d'environnements informatiques pour l'apprentissage”. *Educational Studies in Mathematics*, 33(2), 133-169.
- Auzmendi, E. (1991). *Evaluación de las actitudes hacia la estadística en estudiantes universitarios y factores que las determinan*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Deusto, Bilbao, España.
- Balacheff, N. y Kaput, J. (1996). Computer-Based environments in mathematics. En A. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick y C. Laborde (Eds.), *International Handbook of Mathematical Education* (pp. 469-501). London, Reino Unido: Kluwer.

- Cretchley, P. (2007). Does computer confidence relate to levels of achievement in ICT-Enriched learning models? *Education and Information Technologies*, 12(1), 29-39.
- Cretchley, P. y Harman, C. (2001). Balancing the scales of confidence: computers in early undergraduate mathematics learning. *USQ ePrints, Quaestiones Mathematicae*, 17-25.
- Crump, B. J. (2004). The culture of computing: Does context matter? En F. Sudweeks y C. Ess (Eds.), *Cultural attitudes towards technology and communication 2004. Proceedings of the Fourth International Conference on Cultural Attitudes Towards Communication and Technology* (pp. 87-91). Perth, Australia: Murdoch University.
- Depool, R. (2004). *La enseñanza y aprendizaje del cálculo integral en un entorno computacional. Actitudes de los estudiantes hacia el uso de un programa de cálculo simbólico (PCS)*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de la Laguna, España.
- Dettori, G., Garuti, R. y Lemut, E. (2001). From arithmetic to algebraic thinking by using a spreadsheet. En R. Sutherland, T. Rojano, A. Bell y R. Lins (Eds.), *Perspectives on school algebra* (pp. 191-207). London, United Kingdom: Kluwer.
- Dowson, M. y McInerney, D. (2001). Psychological parameters of students' social and work avoidance goals: a qualitative investigation. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 35-42.
- Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1998). Attitude structure and function. En D. T. Gilbert, S. T. Fiske y G. Lindzey (Eds.), *The handbook of social psychology* (4^a ed., pp. 269-322). Nueva York, NY: McGraw-Hill.
- Fennema, E., y Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitude scales. Instruments designed to measure attitudes towards the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.
- Fogarty, G., Cretchley, P., Harman, C., Ellerton, N., y 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*. Recuperado de http://eprints.usq.edu.au/953/1/Fogarty_Fogarty-Cretchley-Harman-Ellerton-Konki_Valid._of_questionnaire_maths.pdf
- Furinghetti, F. y Morselli, F. (2008). Every unsuccessful problem solver is unsuccessful in his or her own way: affective and cognitive factors in proving. *Educational Studies in Mathematics*, 70(1), 71-90.
- Gairín, J. (1990). *Las actitudes en educación. Un estudio sobre la Educación Matemática*. Barcelona, España: Boixareu Universitaria.
- Galbraith, P. y 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. e Izard, J. (1998). How do students' attitudes to mathematics influence the modelling activity? En P. Galbraith, W. Blum, G. Booker e I. D. Huntley (Eds.), *Mathematical modelling. Teaching and assessment in a technology-rich world* (pp. 265-278). Chichester, United Kingdom: Horwood.
- Gil, N., Blanco, J. y Guerrero, E. (2005). El dominio afectivo en el aprendizaje de las Matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos. *Unión*, 2, 15-32.
- Gil, N., Guerrero, E. y Blanco, L. (2006). El dominio afectivo en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Electrónica de Investigación Psicoeducativa*, 4(1), 47-72.
- Hancock, V. y Betts, F. (2002). Back to the future: Preparing learners for academic success in 2004. *Learning & Leading with Technology*, 29(7), 10-13 & 27.
- Hannula, M. S. (2002). Attitude towards mathematics: emotions, expectations and values. *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 25-46.
- Holsti, O. R. (1969). *Content analysis for the social sciences and humanities*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Hoyles, C. y Sutherland, R. (1989). *Logo mathematics in the classroom*. London, United Kingdom: Routledge.
- Kirsch, I., Lafontaine, D., McQueen, J., Mendelovits, J. y Monseur, C. (2002). *Reading for change: performance and engagement across countries, results from PISA 2000*. Paris, France: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Kloosterman, P. (1990). Attributions, performance following failure, and motivation in mathematics. En E. Fennema y G. C. Leder (Eds.), *Mathematics and gender* (pp. 96-127). New York, NY: Teachers College Press.
- Krippendorff, K. (1997). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y Práctica*. Barcelona, España: Paidós Ibérica
- López, R., Castro, E., Molina, M. y Moreno, L. (noviembre, 2010). *Elaboración y validación de un cuestionario de actitudes hacia el uso de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas*. Trabajo presentado en el Primer Encuentro Internacional TIC en Educación, Lisboa, Portugal.
- Louis, K.S. y Marks, H.M. (1998). Does professional community affect the classroom? Teachers' work and student experiences in restructuring schools. *American Journal of Education*, 106(4), 532-575.
- Ma, X. y Kishor, N. (1997). Assessing the relationship between attitude toward mathematics and achievement in mathematics: a meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(1), 27-47.
- Mariotti, M.A. (2005). New artefacts and mathematical meanings in the classroom. En F. Olivero y R. Sutherland (Eds.), *Visions of mathematics education: Embedding technology in learning. Proceedings of ICTMT7* (pp. 2-11).

- Bristol, United Kingdom: University of Bristol Department of Social Medicine Health Care Evaluation Unit.
- Mato, M. D. y De la Torre, E. (2009). Evaluación de las actitudes hacia las matemáticas y el rendimiento académico. En M. J. González, M. T. González y J. Murillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática, XIII*, 285-300.
- Matsumoto, D. y Sanders, M. (1988). Emotional experiences during engagement in intrinsically and extrinsically motivated tasks. *Motivation and Emotion*, 12(4), 353-369.
- Mayes, R. (1998). ACT in algebra: students attitude and belief. *The International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 5(1), 3-14.
- McConeghy, J. I. (noviembre, 1985). *Gender differences in mathematics attitudes and achievement*. Trabajo presentado en Annual Woman Researcher Conference, Kalamazoo, MI.
- McConeghy, J. I. (abril, 1987). *Mathematics attitudes and achievement: gender differences in a multivariate context*. Trabajo presentado en Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.
- McLeod, D. (1992). Research on affect in mathematics education: a reconceptualization. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 575-596). New York, NY: McMillan.
- McLeod, D. (1993). Affective responses to problem solving. *The Mathematics Teacher*, 86(9), 761-763.
- McLeod, D. y Adams, V. (1989). *Affect and mathematical problem solving: a new perspective*. New York, NY: Springer Verlag.
- Middleton, J. A. y Spanias, P. A. (1999). Motivation for achievement in mathematics: findings, generalizations, and criticisms of the research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 65-88.
- Minato, S. (1983). Some mathematical attitudinal data on eighth grade students in Japan measured by a semantic differential. *Educational Studies in Mathematics*, 14(1), 19-38.
- Minato, S. y Yanase, S. (1984). On the relationship between students' attitudes towards school mathematics and their levels of intelligence. *Educational Studies in Mathematics*, 15(3), 313-320.
- Ortiz, J., Rico, L. y Castro, E. (2003). Actitudes hacia la incorporación de la calculadora gráfica y la modelización en la enseñanza de las matemáticas. *Paradigma*, XXIV(2), 29-56.
- Pektas, S. T. y Erkip, F. (2006). Attitudes of design students toward computer usage in design. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(1), 79-95.
- Pérez-Tyteca, P. y Castro, E. (2007). Actitudes hacia las matemáticas de los alumnos que ingresan en la Universidad de Granada. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, Monografía IX*, 103-113.
- Pérez-Tyteca, P., Castro, E., Segovia, I., Castro, E. y Fernández, F. (2007). Ansiedad matemática de los alumnos que ingresan en la Universidad de Granada.

- da. En M. Camacho, P. Flores y P. Bolea (Eds.), *Investigación en Educación Matemática, XI*, 171-180.
- Pierce, R. (2001). *An exploration of algebraic insight and effective use of computer algebra systems*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Melbourne, Australia.
- Pierce, R., Stacey, K. y Barkatsas, A. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology. *Computers & Education*, 48(2), 285-300.
- Randhawa, B. S., Beamer, J. E., y Lundberg, I. (1993). Role of the mathematics self-efficacy in the structural model of mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 85(1), 41-48.
- Schiefele, U. y Csikszentmihalyi, M. (1995). Motivation and ability as factors in mathematics experience and achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 163-181.
- Ursini, S. y Sánchez, G. (2008). Gender, technology and attitude towards mathematics: a comparative longitudinal study with Mexican students. *ZDM*, 40(4), 559-577.
- Ursini, S., Sánchez, G. y 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.
- Vale, C. (2001). *Gender and computer-based mathematics in selected secondary classrooms*. Tesis doctoral no publicada, La Trobe University, Victoria, Australia.
- Volman, M. y Van Eck, E. (2001). Gender equity and information technology in education: the second decade. *Review of Educational Research*, 71(4), 613-634.
- Zabalza, M. (1994). *Evaluación de actitudes y valores. Evaluación del aprendizaje de los estudiantes*. Barcelona, España: Grao.
- Zan, R., Brown, L., Evans, J. y Hannula, M. S. (2006). Affect in mathematics education: an introduction. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 113-121.

Rubí López
Universidad de Granada
rclopez@ugr.es

Enrique Castro
Universidad de Granada
ecastro@ugr.es

Marta Molina
Universidad de Granada
martamg@ugr.es

Recibido: Septiembre de 2012. Aceptado: Noviembre de 2012.