

ACTITUDES HACIA LA INCORPORACIÓN DE LA CALCULADORA GRÁFICA Y LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

José Ortiz Buitrago

Universidad de Carabobo

Núcleo de Investigación en Educación Matemática

“Dr. Emilio Medina”

Luis Rico Romero

Enrique Castro Martínez

Universidad de Granada

Resumen

Se desarrolló un programa con profesores de matemáticas en formación de la Universidad de Granada, España. En el mismo se integró la modelización y la calculadora gráfica en la elaboración de actividades didácticas relativas al álgebra lineal escolar. Se quiso conocer la actitud de los participantes, respecto a los contenidos del programa tanto al inicio como al final del curso-taller; para ello se recurrió al diseño de un cuestionario de actitudes estilo Likert, cuyo propósito fue captar los cambios actitudinales que pudo generar, en los profesores en formación, el desarrollo del programa. La elaboración de la escala partió de una estructura matricial sostenida en categorías de análisis para soportar un análisis estadístico a efecto de controlar y dimensionar las inferencias producto de un primer análisis descriptivo. Se encontró la mayor variación positiva en la actitud hacia la modelización respecto del alumno. La actitud menos favorable fue hacia las unidades didácticas respecto del profesor y a la modelización respecto de la evaluación. Se aplicó un análisis log-lineal saturado y se obtuvo que los cambios de actitudes, observados en los participantes, no fueron estadísticamente significativos.

Palabras clave: Actitudes, calculadora gráfica, modelización, álgebra lineal, unidades didácticas, profesores de matemáticas en formación.

Recibido: 29/07/2003

Aceptado: 21/10/2003

Abstract

A formation program was developed with preservice mathematics teachers from University of Granada, Spain. The modeling and graphic calculator, were integrated in the elaboration of didactic activities, related with scholastic linear algebra. The participants attitude was wanted to know, concerning the program's contents at the starting so as at the ending of the course-workshop; for this reason, the design of attitudes questionnaire with Likert style was resorted, of which purpose was to grasp the attitudes changes that the program could generate in the preservice teachers. The scale elaboration started from a matrix structure sustained by analysis categories to uphold a statistical analysis to control and dimension the inferences product of a first descriptive analysis. The major positive variation was found in the attitude towards the modeling concerning the pupil. The less favorable attitude was towards the didactic unit concerning teacher and the modeling respecting with the evaluation a saturated log-linear analysis was applied and obtained that the attitudes changes, observed in the participants, were not significant by statistical means.

Key words: Attitudes, graphic calculator, modeling, linear algebra, didactic units, preservice mathematics teachers.

Introducción

Los estudios del Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (INCE, 1998a, 1998b, 2001), sobre el sistema educativo español en diferentes niveles muestran, entre sus hallazgos relacionados con los profesores de matemáticas, que: (1) los profesores de matemáticas en ejercicio son los que menos valoran y utilizan los medios materiales tales como audiovisuales y computadores; (2) los profesores de matemáticas son los menos partidarios de emplear una metodología innovadora y participativa; (3) los profesores valoran más los materiales elaborados por ellos mismos. De lo antes señalado se deduce que los profesores de matemáticas no tienen una actitud positiva hacia la incorporación de las nuevas tecnologías en la enseñanza y, por tanto, las actitudes de los profesores podrían afectar la puesta en práctica del currículo acorde con la normativa contemplada en la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (España).

A partir de lo planteado en el párrafo anterior surge el reto de promover actitudes favorables hacia el empleo de las nuevas tecnologías en la educación matemática, desde la formación inicial de los profesores de matemáticas. Y ese reto exige respuesta. Por ello, en este trabajo se estudian las actitudes de los profesores en formación hacia cuatro dimensiones que están relacionadas con cuatro de las necesidades identificadas por los estudios del INCE: la calculadora gráfica, la modelización, el álgebra lineal y el diseño de unidades didácticas. Dado que las nuevas tecnologías han generado en algunos sectores cierta resistencia hacia su uso en el aula, consideramos de interés estudiar las actitudes de los profesores en formación en torno a la potencialidad didáctica de la calculadora gráfica, para la enseñanza del álgebra lineal, a partir del proceso de modelización de situaciones del mundo físico o social. Dada la importancia que tienen las actitudes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, y la escasez de conocimiento del que se dispone, en esta investigación se propone dar avances sobre la actitud de los profesores en formación hacia la calculadora gráfica y la modelización en la realización de actividades didácticas de contenido algebraico. La cuestión que se planteó en este estudio fue: ¿Qué actitudes manifiestan los profesores en formación ante el empleo de la modelización y la calculadora gráfica en la elaboración de unidades didácticas de contenido algebraico?

El interés en el tema se soporta, asimismo, en los resultados que en los últimos años han reportado las diferentes investigaciones realizadas sobre actitudes en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Algunos de esos trabajos centran su interés en analizar la naturaleza de la actitud. En particular, se ha encontrado quienes sostienen que la actitud es estable (McLeod, 1988, 1992, Galbraith & Haines, 1998) y multidimensional (McLeod, 1992, Ruffell, Mason & Allen, 1998). En efecto, McLeod (1988, 1992) considera las actitudes como respuestas afectivas que involucran sentimientos positivos o negativos, de intensidad moderada y razonable estabilidad. Para Galbraith & Haines (1998), las actitudes representan la evocación de memorias afectivas almacenadas que involucran una respuesta desapasionada. Por su parte, Ruffell, Mason & Allen (1998) contrariamente señalan que la actitud no es un constructo estable y que posiblemente está influenciado por el contexto social y emocional. Di Martino & Zan (2001) plantean la necesidad de precisar la naturaleza del concepto de actitud referida específicamente a la educación matemática.

Hay otro grupo de estudios cuyo interés está centrado en conocer la influencia de las actitudes de alumnos y profesores en el proceso educativo. El informe Cockcroft (1982), plantea que las actitudes de los alumnos están influidas de manera consciente o inconsciente por los mensajes transmitidos por el profesor. En este mismo sentido, Gairín (1987) sostiene que la percepción y las expectativas que tiene el profesor, respecto al alumno, determinan sus actitudes hacia este último. Asimismo, se ha evidenciado que existe una relación entre las actitudes de los profesores de matemáticas y las de sus alumnos (Haladyna, Shaughnessy & Shaughnessy, 1983; Ponte, Matos,

Guimaraes, Cunha & Canavarro, 1992; McLeod, 1993; Philippou & Christou, 1998). Valdez (1998) plantea que las actitudes de los sujetos, sean alumnos o profesores, son tan importantes como su buen desempeño.

Los trabajos de Galbraith, Haines & Izard, (1998) y Galbraith & Haines (1998), han tratado de identificar la influencia de la tecnología en la determinación de actitudes hacia las matemáticas. Respecto a las calculadoras gráficas, estos autores esperan que tengan un impacto significativo cuando se introduzcan en el currículo. McLeod (1992) señala que no existe dependencia entre actitud y desempeño en matemáticas, sino que interactúan entre sí de manera compleja e impredecible. Además sostiene que las actitudes deben recibir más atención, en la formación de profesores, en el currículo y en la investigación. También, MacLeod (1985, 1988) afirma, que si se integran adecuadamente nuevas ideas sobre actitudes y demás componentes afectivas en la investigación, se podría llegar a mejorar la enseñanza de la resolución de problemas. Para Mohammad & Tall (1999), la mejora en la resolución de problemas tendría efectos positivos sobre las actitudes de los alumnos. Esa reciprocidad de efecto entre resolución de problemas y actitudes podría trasladarse a una doble implicación, de manera semejante, entre modelización matemática y actitudes, ya que las actitudes hacia la modelización se ven relacionadas con las actitudes hacia las matemáticas, específicamente hacia la resolución de problemas, y han sido estudiadas vinculándolas con la incorporación de la tecnología en las actividades de enseñanza y aprendizaje.

La incorporación de la calculadora gráfica en la enseñanza, ha generado distintas manifestaciones de aceptación o rechazo. Dunham & Dick (1994) consideran necesario avanzar en el estudio del impacto de esta tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Es posible que la incorporación de las nuevas tecnologías en educación matemática, propicie un ambiente favorable en el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde los alumnos responderían positivamente a problemas no rutinarios o a tareas de nivel exigente. Tal innovación requiere de un profesor competente, el cual podría conseguirse con una sólida formación inicial en su campo profesional, es decir, en lo didáctico y en lo disciplinar (McLeod, 1993).

McLeod (1992) sostiene que las actitudes de rechazo por parte de los profesores hacia las nuevas tecnologías, afectaría negativamente las actitudes de los alumnos hacia el uso de las calculadoras gráficas, las cuales jugarían un rol importante en el mejoramiento de sus actitudes hacia las matemáticas. Para Galbraith y Haines (1998), la confianza en las matemáticas y la motivación hacia las matemáticas están fuertemente asociadas con la confianza en el computador y la motivación hacia el computador. Respecto a la correlación entre matemáticas y ordenador, estos autores encontraron que los alumnos con alta interacción con el computador creen que éste potencia el aprendizaje de las matemáticas; mientras que los alumnos con baja interacción encontraron dificultad en transferir información de la pantalla para relacionarla con la ejecución de sus tareas. Por otro lado, hallaron que la influencia del computador es dominante en la determinación de actitudes hacia la interacción computador-matemáticas, lo cual podría ser alentador para la inclusión de las calculadoras gráficas en el currículo.

Respecto al desempeño del profesor, Ponte, Matos, Guimaraes, Cunha & Canavarro (1992), en su trabajo relacionado con las visiones de los alumnos acerca de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el nuevo currículo portugués, encontraron que los alumnos prefieren los materiales de enseñanza elaborados por sus propios profesores, frente a los materiales suministrados por el Ministerio de Educación de Portugal. Por otra parte, Ruthven (1992) considera que el rol del profesor, cuando utiliza la calculadora gráfica en la enseñanza, es crear situaciones interesantes de donde emerjan conceptos y relaciones matemáticas. Esto resalta el papel principal del profesor en el diseño y elaboración de actividades didácticas, de manera que también es conveniente saber cuál es su actitud ante las mismas.

Para conocer la intensidad de las tendencias actitudinales se emplean las escalas de actitud, que se utilizan para medir el grado en que un individuo posee cierta habilidad o característica (Ary, Jacobs & Razavieh, 1990). Ese grado de posesión se utiliza para diversos fines, específicamente para fines de investigación en educación matemática. En particular, Kissane, Kemp & Bradley (1995) usaron una escala tipo Likert para estudiar las actitudes, de un grupo de alumnos universitarios, hacia el empleo de calculadoras gráficas en la enseñanza y aprendizaje de un curso de matemáticas. Encontraron actitudes positivas, lo que contribuyó a introducir cambios curriculares en el programa formal del citado curso. También Almeqdadi (1997) investigó las actitudes de profesores y estudiantes hacia el uso de calculadoras gráficas en la enseñanza de matemáticas, para lo cual utilizó una escala de actitud que le ayudó a concluir que las calculadoras gráficas mejoran las actitudes de los profesores en la enseñanza de las matemáticas porque según ellos contribuyen a motivar a sus alumnos.

Lo antes expuesto condujo a utilizar, en este trabajo, el término actitud en el sentido de McLeod (1988, 1992), es decir, se usó para referirse a respuestas afectivas, de intensidad moderada y relativa estabilidad. Además, se le concedió el estatus multidimensional planteado en Rufell, Mason & Allen (1998); o sea, se le asoció con componentes cognitivas, afectivas y teleológicas, las cuales están interconectadas. La componente cognitiva está referida a expresiones de creencias sobre una actitud objeto, la afectiva se refiere a expresiones de sentimientos sobre una actitud objeto, y la teleológica referida a expresiones de finalidad del comportamiento.

En esta investigación se asumió la noción de actitud propuesta por McLeod, pues permite dar relevancia a las reacciones de los profesores en formación durante su participación en la ejecución del programa. Por otra parte, la multidimensionalidad contribuye a la identificación de reacciones hacia un objeto, hacia una creencia respecto del objeto o hacia una finalidad del comportamiento hacia el objeto.

Metodología

Sujetos

El estudio se realizó en la Universidad de Granada, España, con ocho (8) aspirantes a profesores de matemáticas, cursantes del último año de la licenciatura en matemáticas de la Facultad de Ciencias, año académico 2000-2001, quienes participaron de manera voluntaria en la aplicación de un programa de formación de treinta horas de duración, el cual se desarrolló siguiendo una metodología de curso-taller (Ortiz & Rico, 2001). Los participantes tenían una sólida formación matemática y poca formación didáctica, como consecuencia del plan de estudios vigente en la Universidad de Granada.

Descripción del programa de formación

El programa de formación contempló la integración, a través del álgebra lineal, de la modelización y la calculadora gráfica en la formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria, tal como se explicita en Ortiz (2000). Los objetivos específicos del programa fueron: (1) aportar los elementos básicos para el uso y manejo de la calculadora gráfica en la enseñanza de las matemáticas; (2) resolver sistemas de ecuaciones e inecuaciones lineales, extraídos de situaciones del mundo real, por diferentes métodos y mediante el uso de la calculadora gráfica; (3) modelizar situaciones del mundo real e identificar su potencialidad en la enseñanza del álgebra lineal; y (4) aplicar los conocimientos adquiridos en el curso-taller en el diseño de actividades didácticas de contenido algebraico.

Instrumento de recolección de la información

Se diseñó un cuestionario de escala de actitudes estilo Likert, el cual se elaboró tomando en cuenta dos variables. La primera variable está definida mediante los objetivos específicos establecidos para el curso-taller; es decir: dominio de la calculadora gráfica (O₁); conocimiento del álgebra lineal y resolución de problemas (O₂); modelización de situaciones del mundo real (O₃); y diseño de unidades didácticas (O₄). La segunda variable está definida por los componentes del concepto de currículo en el nivel de planificación educativa (Rico, 1997); es decir: alumno (C₁); profesor (C₂); contenido matemático (C₃); y uso social (C₄). Con estas dos variables se construyó una variable bidimensional con 16 valores, procedentes de las combinaciones de las variables anteriores (Ortiz, Rico & Castro, 2001).

Por cada uno de estos niveles de la variable bidimensional se elaboraron dos enunciados, uno positivo y otro negativo, lo que dio lugar a un cuestionario con 32 ítems.

Para la distribución de los ítems se procedió aleatoriamente a la ubicación de los ítems que corresponderían a cada una de las 16 casillas de la matriz con lo cual se estructuró el cuestionario definitivo.

Para la valoración de cada ítem, por parte de los profesores en formación, se presentaron cinco opciones a saber: totalmente en desacuerdo (TD), parcialmente en desacuerdo (PD), neutral (N), parcialmente de acuerdo (PA) y totalmente de acuerdo (TA); para que los participantes marcaran con una equis (X) la alternativa que consideraran conveniente a cada ítem.

Procedimiento

El cuestionario se aplicó al inicio y al final del desarrollo del programa de formación. La aplicación inicial tuvo como propósito captar la actitud de entrada de los profesores en formación hacia los objetivos del programa en relación con el alumno, el profesor, el contenido matemático y el uso social; para luego identificar y analizar las posibles variaciones en los resultados de la escala al finalizar el curso-taller. Se pidió a los participantes que no escribieran su nombre de manera que aumentara la honestidad en sus respuestas.

Valoración de las respuestas

Efectuadas las dos aplicaciones del cuestionario, se procedió a realizar asignaciones numéricas a las valoraciones señaladas por los participantes del curso-taller. A cada respuesta se le asignó un valor del 1 al 5, para los ítems afirmativos, según se especifica en la tabla 1.

Tabla 1. Asignación de valores para los ítems afirmativos

Valoración	Puntuación
Totalmente en desacuerdo (TD)	1
Parcialmente en desacuerdo (PD)	2
Neutral (N)	3
Parcialmente de acuerdo (PA)	4
Totalmente de acuerdo (TA)	5

Para los ítems negativos se estableció una valoración a la inversa; es decir, de 5, 4, 3, 2, 1 según se esté totalmente en desacuerdo (5) hasta totalmente de acuerdo (1).

Fiabilidad del Instrumento

A efectos de determinar la fiabilidad del instrumento se consideraron dos enunciados para cada valor de la variable bidimensional: uno afirmativo y otro negativo. Esto proporcionó dos medidas paralelas del mismo ítem y se pudo estudiar la correlación existente entre ellas. Esa asociación entre los ítems positivos y negativos de la escala se obtuvo aplicando el coeficiente rho (r_s) de Spearman.

De las respuestas dadas por los participantes en el curso-taller al cuestionario de actitudes se obtuvo que $r_s = 0.999$ para el momento de inicio del curso-taller y $r_s = 0.999$ para el final del curso-taller.

Estos últimos resultados del coeficiente de Spearman, permiten otorgar alto grado de fiabilidad al instrumento utilizado para medir las actitudes de los profesores en formación respecto a la calculadora gráfica y la modelización en la enseñanza de las matemáticas.

Resultados

Para un análisis de los resultados se calculó el valor promedio de cada ítem y de su contrario, teniendo en cuenta el total de respuestas. Finalmente se calculó el valor promedio entre ambos, lo cual expresa globalmente la opinión favorable o desfavorable sobre el juicio que presente el ítem.

En las tablas 2 y 3 se muestran los promedios para las parejas de ítems (positivo-negativo) del cuestionario tanto para el momento inicial del curso-taller, como el momento final, respectivamente. Se entiende que el valor 5 está asociado a un acuerdo total con el enunciado y un valor de 2.5 representa la inexistencia de criterio para valorar o neutro, quedando el valor 1 para el desacuerdo total.

Tabla 2. Promedios de las parejas de ítems, ordenados de mayor a menor. Momento inicial.

Nº	Ítems	Pond	Prom
O ₂ C ₁ : i11-i19	El alumno mejora el aprendizaje del álgebra lineal cuando aplica los conceptos a la resolución de problemas del mundo físico o social	74	4,63
O ₂ C ₃ : i12-i17	La resolución de problemas algebraicos favorece la integración de conocimientos matemáticos	72	4,50
O ₁ C ₃ : i16-i31	El uso de CG permite la visualización de conceptos relacionados con el álgebra lineal.	70	4,38
O ₄ C ₂ : i20-i10	El diseño de unidades didácticas, que incorporen la CG, facilitan al profesor la organización del proceso de enseñanza del álgebra lineal	67	4,19
O ₃ C ₂ : i22-i13	La incorporación de la modelización en el aula ayuda al profesor en la tarea de enseñanza de las matemáticas	65	4,06
O ₂ C ₂ : i21-i3	La CG es un potente recurso del profesor para la enseñanza del Álgebra lineal	64	4,00
O ₃ C ₃ : i25-i14	La modelización matemática ayuda a la comprensión del álgebra lineal	63	3,94
O ₂ C ₄ : i15-i29	Es importante evaluar el álgebra lineal mediante la resolución de problemas del mundo físico o social	63	3,94
O ₁ C ₁ : i32-i2	El uso de la CG facilita el aprendizaje de los alumnos en matemáticas	62	3,88
O ₄ C ₃ : i30-i7	La comprensión de los conocimientos del álgebra lineal se logra con el diseño de unidades didácticas que incorporan la CG	62	3,88
O ₄ C ₁ : i24-i6	El diseño de unidades didácticas que incorpore CG, en la enseñanza del álgebra lineal, favorece la articulación de conceptos y procedimientos en el aprendizaje de los alumnos	61	3,81
O ₃ C ₄ : i1-i28	La modelización con el uso de la CG favorece la evaluación de conceptos del álgebra lineal	60	3,75
O ₃ C ₁ : i9-i27	La modelización favorece el aprendizaje del álgebra lineal en los alumnos	60	3,75
O ₄ C ₄ : i26-i4	El diseño de unidades didácticas que incorpore la CG favorece la evaluación en álgebra lineal	54	3,38
O ₁ C ₄ : i5-i23	La incorporación de la CG en el aula facilita la evaluación en matemáticas	54	3,38
O ₁ C ₂ : i8-i18	La incorporación de la CG en el aula ayuda al profesor a gestionar mejor la clase	53	3,31

Análisis de los resultados en el momento inicial

En la tabla 2 se muestran los promedios de las parejas de ítems, ordenados de mayor a menor. En primer lugar se observa que los participantes inicialmente tienen una actitud muy favorable hacia el álgebra lineal en la resolución de problemas del mundo real, en el ámbito de todo el currículo. Es decir, los profesores en formación muestran una actitud muy positiva hacia los objetivos del Programa, en la componente curricular del contenido matemático. También hay una actitud favorable hacia el proceso de modelización en la enseñanza del álgebra lineal, sólo respecto de las componentes correspondientes al profesor y al contenido matemático.

La actitud favorable hacia la calculadora gráfica en la enseñanza de las matemáticas está explícita en relación con el alumno y el contenido matemático. En cuanto a la actitud favorable hacia la necesidad del diseño de unidades didácticas de contenido algebraico, ésta queda evidenciada respecto del profesor y del contenido matemático solamente.

La actitud menos favorable se encontró en el uso de la calculadora gráfica en relación con el profesor y la evaluación. También hay una actitud poco favorable hacia el uso de la modelización en la enseñanza del álgebra, respecto del alumno y de la evaluación. La otra actitud no favorable de los participantes se encontró en la necesidad del diseño de unidades didácticas de contenido algebraico (promedio de 3.81), en relación con el alumno y la evaluación. Es decir, el componente curricular con opinión menos favorable fue la evaluación.

Análisis de la aplicación de la escala en el momento final

La ponderación y los promedios de las parejas de ítems se muestran en la tabla 3, ordenados de mayor a menor. El promedio más alto 4.75, lo ostenta la pareja conformada por los ítems 11 y 19 (i11-i19) la cual corresponde a la importancia del álgebra lineal en la resolución de problemas del mundo real para el alumno. Las parejas de ítems i22-i13 e i9-i27, ambas con el mismo promedio de 4.69, muestran la actitud favorable de los profesores en formación hacia el proceso de modelización en la enseñanza del álgebra, respecto del profesor y del alumno respectivamente. La pareja i15- i29, con promedio de 4.56, indica la actitud favorable de los participantes en el curso-taller hacia la evaluación del álgebra lineal mediante la resolución de problemas del mundo real. La pareja i25- i14, con un promedio de 4.50, muestra la actitud favorable hacia el proceso de modelización en la enseñanza del álgebra, en el ámbito del contenido matemático. Los pares i16-i31 y i32-i2, de promedio 4.50 y 4.44, reflejan la actitud positiva hacia la calculadora gráfica en la enseñanza de las matemáticas, en relación con el contenido matemático y el aprendizaje del alumno.

Tabla 3. Promedios de las parejas de ítems, ordenados de mayor a menor. Momento final.

O ₂ C ₃ : i12-i17	La resolución de problemas algebraicos favorece la integración de conocimientos matemáticos	70	4,38
O ₄ C ₃ : i30-i17	La comprensión de los conocimientos del álgebra lineal se logra con el diseño de unidades didácticas que incorporan la CG	67	4,19
O ₄ C ₂ : i20-i10	El diseño de unidades didácticas, que incorporen la CG, facilitan al profesor la organización del proceso de enseñanza del álgebra lineal	64	4,00
O ₄ C ₁ : i24-i6	El diseño de unidades didácticas que incorpore CG, en la enseñanza del álgebra lineal, favorece la articulación de conceptos y procedimientos en el aprendizaje de los alumnos	61	3,81
O ₁ C ₄ : i5-i23	La incorporación de la CG en el aula facilita la evaluación en matemáticas	60	3,75
O ₃ C ₄ : i1-i28	La modelización con el uso de la CG favorece la evaluación de conceptos del álgebra lineal	57	3,56
O ₁ C ₂ : i8-i18	La incorporación de la CG en el aula ayuda al profesor a gestionar mejor la clase	55	3,44
O ₄ C ₂ : i26-i4	El diseño de unidades didácticas que incorpore la CG favorece la evaluación en álgebra lineal	54	3,38

Los pares i21-i3 y i12-i17, ambos con promedio de 4.38, reflejan la actitud positiva hacia la importancia del álgebra lineal en la resolución de problemas del mundo real, respecto del profesor y del contenido matemático. El par i30-i17, con promedio de 4.19, muestra la actitud favorable de los

participantes hacia la necesidad del diseño de actividades didácticas de contenido algebraico, en relación con el contenido matemático y el uso de calculadora gráfica.

Los participantes inclinaron sus actitudes favorables hacia la importancia del álgebra lineal en la resolución de problemas del mundo real respecto de todas sus dimensiones curriculares (parejas de ítems i11-i19, i15-i29, i21-i3, i12-i17). Asimismo, se observó en los profesores en formación un gran acuerdo en la actitud favorable hacia el proceso de modelización en cuanto al aprendizaje del alumno, al profesor y al contenido matemático (parejas de ítems i22-i13, i9-i27, i25-i14). También se aprecia una actitud positiva hacia el uso de la calculadora gráfica en la enseñanza del álgebra lineal, respecto del alumno y del contenido matemático (parejas de ítems i16-i31 y i32-i2).

Respecto a los ítems de menor valoración en la escala se observa que la actitud menos favorable es hacia la calculadora gráfica en la enseñanza de las matemáticas, respecto del profesor y de la evaluación. También hay baja actitud positiva hacia el diseño de unidades didácticas de contenido algebraico, tanto en el ámbito del alumno y del profesor como de la evaluación. En cuanto a la actitud hacia la modelización, se muestran poco favorables a su uso en la evaluación.

Cambios de actitudes apreciados

En los apartados anteriores se han analizado las actitudes tanto en el momento inicial como en el momento final de la aplicación del programa. Ahora se analizan los posibles cambios de actitudes ocurridos entre estos dos momentos. Para ello se consideraron las ponderaciones o pesos dados a las parejas de ítems mostrados en las tablas 4 y 5, es decir, las ponderaciones iniciales y finales, las cuales son números entre 16 y 80, según todos los participantes tomen la opción TD ($16 \times 1 = 16$) o la opción TA ($16 \times 5 = 80$). La ponderación promedio será $16 \times 3 = 48$ obtenida al considerar que todos los participantes escogieron N (neutro) en todos los ítems del cuestionario.

Tabla 4. Ponderaciones iniciales de las parejas de ítems

	Alumno C ₁	Profesor C ₂	Contenido C ₃	Evaluación C ₄	Peso Total
Calculadora (O ₁)	62	53	70	54	239
Álgebra lineal (O ₂)	74	64	72	63	273
Modelización (O ₃)	60	65	63	60	248
U. Didácticas (O ₄)	61	67	62	54	244
	257	249	267	231	

Tabla 5. Ponderaciones finales de las parejas de ítems

	Alumno C ₁	Profesor C ₂	Contenido C ₃	Evaluación C ₄	Peso Total
Calculadora (O ₁)	71	55	72	60	258
Álgebra lineal (O ₂)	76	70	70	73	289
Modelización (O ₃)	75	75	72	57	279
U. Didácticas (O ₄)	61	64	67	54	246
	283	264	281	244	

A efecto de focalizar las variaciones en las actitudes, en la tabla 6 se muestran las diferencias de ponderaciones o pesos entre los momentos inicial y final. Por ejemplo, la diferencia correspondiente a O_3C_1 es igual a la ponderación del mismo en el momento final menos su ponderación en el momento inicial; es decir, $75-60=15$.

Tabla 6. Diferencias entre ponderaciones iniciales y finales de las parejas de ítems.

	Alumno C_1	Profesor C_2	Contenido C_3	Evaluación C_4	Peso Total
Calculadora (O_1)	9	2	2	6	19
Álgebra lineal (O_2)	2	6	-2	10	16
Modelización (O_3)	10	15	9	-3	31
U. Didácticas (O_4)	0	-3	5	0	2
	26	15	14	13	

Respecto a los objetivos del Programa (O_i), las diferencias mostradas en la tabla 6 ayudan a inferir que el objetivo con mayor cambio positivo fue O_3 : modelización de situaciones del mundo real; seguido de O_1 : dominio de la calculadora gráfica. Por otro lado, el objetivo con menor variación positiva fue O_4 : diseño de unidades didácticas.

En cuanto a las componentes curriculares (C_j), la que presentó mayor cambio positivo fue C_1 : alumno; seguida de C_2 : profesor. La menor diferencia fue para C_4 : la evaluación.

Al revisar los datos obtenidos para la variable bidimensional (O_iC_j); es decir, para la actitud objeto del presente estudio; se tiene que la mayor variación ocurrió en O_3C_1 : actitud hacia la modelización respecto del alumno; seguida de O_3C_2 : actitud hacia la modelización en relación al profesor y O_2C_4 : la actitud hacia el álgebra lineal respecto de la evaluación. Otra variación importante ocurrió en O_1C_1 : actitud hacia la calculadora gráfica referida al alumno y en O_3C_3 : actitud hacia la modelización referida al contenido matemático. Por el contrario, en tres casos se observó variación negativa; en O_4C_2 : actitud hacia el diseño de unidades didácticas en relación al profesor; en O_3C_4 : actitud hacia la modelización respecto de la evaluación; y en O_2C_3 : actitud hacia la importancia del álgebra lineal en relación al contenido matemático.

Del análisis de los resultados se podría inferir que la realización del curso-taller, [a pesar que los participantes puntuaron favorablemente en las ponderaciones de los ítems (valores mayores que 48) al inicio del mismo]; ejerció una marcada influencia en la actitud de los participantes hacia la modelización referida a todas las componentes curriculares excepto la evaluación, donde por el contrario resultó una variación negativa. La actitud hacia la calculadora gráfica referida a todas las componentes curriculares también se incrementó, pero enfatizando principalmente respecto del alumno y la evaluación. Un leve incremento tuvo la actitud hacia la importancia del álgebra lineal en la resolución de problemas del mundo real referida a todas las componentes del currículo, excepto el contenido matemático donde se presentó una variación negativa. Por último, hubo variación positiva en la actitud hacia la necesidad del diseño de unidades didácticas de contenido algebraico respecto del contenido matemático; mientras que respecto del alumno y la evaluación ambas variaciones resultaron nulas; además, en relación al profesor resultó una variación negativa.

En conclusión, con base en las consideraciones anteriores se podría sostener que el desarrollo del programa resultó favorable al cambio de actitudes objeto de estudio. Sin embargo, estas inferencias requieren de un estudio estadístico que pueda dar soporte a lo dicho previamente, para replantear o reformular estos juicios o aseveraciones sobre las causas del cambio actitudinal asignado con la realización del curso-taller.

Análisis log-lineal

A efectos del estudio log-lineal, realizado a partir de la tabla 7, se consideraron las variables: ACTITUD:= Objetivos del curso-taller (O_i), tal que $O_i=i$, DIMENS:= Componentes del currículo (C_j), tal que $C_j=j$ y PRUEBA:= Momento de aplicación del instrumento, tal que momento inicial=1 y momento final=2.

Tabla 7. Ponderaciones iniciales y finales al inicio y al final de la aplicación de la escala.

		Componentes curriculares									
		Alumno C_1		Profesor C_2		Contenido C_3		Eval. C_4		Totales	
		Momento		Momento		Momento		Momento		Momento	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Objetivos del Programa	Calculadora (O_1)	62	71	53	55	70	72	54	60	239	258
	Álgebra lineal (O_2)	74	76	64	70	72	70	63	73	273	289
	Modelización (O_3)	60	75	65	75	63	72	60	57	248	279
	U. Didácticas (O_4)	61	61	67	64	62	67	54	54	244	246
	Totales	257	283	249	264	267	281	231	244		

Al analizar los datos se encontró que:

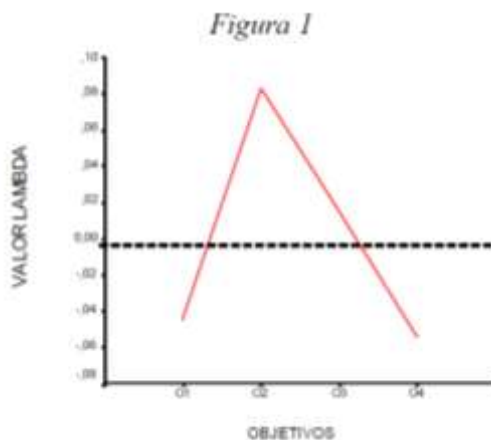
1. Los valores absolutos de z obtenidos para ACTITUD*DIMENS*PRUEBA no superan el valor 1.96, con lo cual se puede afirmar que la variable bidimensional O_iC_j no depende del momento de aplicación del cuestionario; es decir, la realización del curso-taller no generó cambios actitudinales estadísticamente significativos en los profesores en formación.

2. Las variables O_i y C_j no presentan relación estadísticamente significativa puesto que de los resultados obtenidos con el análisis ACTITUD*DIMENS se obtuvo que el valor absoluto de z es menor que 1.96 para todo valor de z . Sin embargo, al buscar una relación entre ambas variables se encontró que el mayor valor de z es 1.26 y corresponde al objetivo relacionado con el uso de la calculadora gráfica (O_1) y la componente curricular del contenido matemático (C_3).

3. Del análisis ACTITUD*PRUEBA se infiere que no hay relación estadísticamente significativa entre los objetivos (O_i) y los momentos de prueba. Sin embargo, existe cierta relación entre el objetivo referido a las unidades didácticas (O_4) y el momento inicial (1) de aplicación del cuestionario ($l=0.0277$, $z=0.7161$).

4. Considerando el análisis DIMENSIÓN*PRUEBA resulta que las componentes curriculares (C_j) tampoco tienen relación estadísticamente significativa con los momentos de prueba. Se aprecia cierta relación entre el componente curricular referido al alumno con el momento final de aplicación de la escala ($l=0.0161$, $z=0.4291$).

5. Del análisis aislado de la variable ACTITUD, es decir los objetivos (O_i) del programa, en la figura 1 son representados los valores de los parámetros lambda estimados.



Del análisis de tales parámetros se obtiene que:

a. La "frecuencia" o ponderación con la que aparece O_1 : dominio de la calculadora gráfica, no difiere del promedio de las "frecuencias" o ponderaciones de los objetivos (O_i) de forma significativa ($t = -0.0442$, $z = -1.1454$).

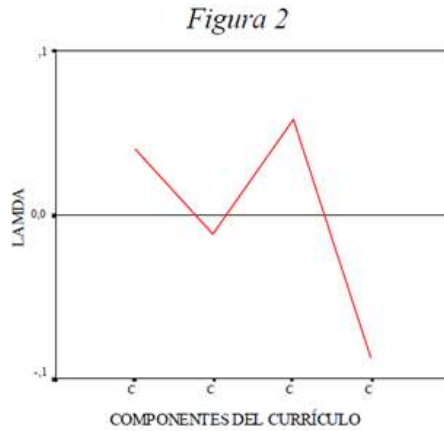
b. El objetivo 2, es decir O_2 : álgebra lineal, aparece con una ponderación superior al promedio de la ponderación de los objetivos de forma significativa ($t = 0.0828$, $z = 2.2371$).

c. La ponderación con la que aparece el objetivo 3, es decir O_3 : modelización, no difiere de la media de la ponderación de los objetivos de forma significativa ($t = 0.0158$, $z = 0.4179$).

La ponderación con la que aparece el objetivo 4, es decir O_4 : unidades didácticas, no difiere de la media de la ponderación de la totalidad de los objetivos, de forma significativa ($t = -0.0543$, $z = -1.4024$).

A manera de conclusión parcial, se puede afirmar que el objetivo 2, es decir O_2 : álgebra lineal, se presenta con una ponderación superior y significativa al resto de los objetivos. Los otros objetivos no difieren de la ponderación media de una manera significativa. Es decir, los profesores en formación dan mayor importancia al contenido matemático en relación con los otros objetivos del programa.

6. Respecto a la variable DIMENS, es decir, C_j: componentes del currículo. En la figura 2 se visualizan los resultados obtenidos.



Analizando los resultados de los parámetros se tiene:

a. La ponderación con la que aparece C₁: alumno, no difiere significativamente de la ponderación promedio de las C_j ($l = 0.0403$, $z = 1.0728$).

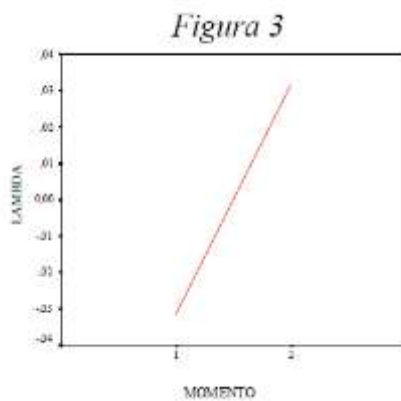
b. La ponderación con la que aparece la componente C₂: profesor, no difiere de la media de la frecuencia de las C_j de forma significativa ($l = -0.0115$, $z = -0.3009$).

c. La componente 3, es decir C₃: contenido matemático, se presenta con una ponderación mayor que el promedio de las C_j aunque no significativamente ($l = 0.0581$, $z = 1.5576$).

d. La componente curricular 4, es decir C₄: uso social, se presenta con una ponderación baja significativamente inferior al resto de las componentes del currículo ($l = -0.0869$, $z = -2.2170$), en cada uno de los momentos de aplicación de la escala.

En conclusión, las tendencias a una ponderación favorable, por parte de los profesores en formación, están hacia C₁ y C₃, aunque no de manera significativa. Por otra parte, hay tendencia no significativa de ponderación no favorable hacia C₂ y finalmente la componente referida a la evaluación fue la que tuvo mayor ponderación desfavorable y además significativa.

7. Respecto a la variable PRUEBA, es decir, los momentos inicial (1) y final (2) de aplicación del instrumento; los parámetros obtenidos se representan en la figura 3.



Conclusiones

Después de realizados los análisis con el apoyo de la tabla de diferencias y el estructurado a partir de las estimaciones del modelo log-lineal, a continuación se presentan algunas comparaciones entre ellos.

Respecto al análisis de los objetivos (O_i) encontramos que el mejor puntuado fue O_3 : modelización, seguido de O_1 : calculadora gráfica, O_2 : álgebra lineal y O_4 : unidades didácticas; sin embargo cuando se revisan los resultados del análisis log-lineal observamos que O_2 es el objetivo mejor ponderado favorablemente con significación estadística, luego le siguen O_3 , O_1 y O_4 respectivamente, pero estos tres no son considerados estadísticamente significativos. Aunque el valor de $l = 0.0158$ para O_3 , permite apreciar un cambio positivo hacia la modelización matemática, pero no estadísticamente significativo. El análisis loglineal también señala cierta tendencia de las ponderaciones de O_1 y O_4 por debajo de la media de las mismas, lo cual expresa una valoración menos favorable hacia ellas.

En relación con las componentes curriculares (C_j), el primer análisis permitió observar que la mayor ponderación fue dada al alumno (C_1), seguida de C_2 , C_3 y C_4 respectivamente. Al observar el análisis log-lineal se notó que el contenido matemático es el mejor ponderado, aunque no estadísticamente significativo, seguido de C_1 , C_2 y C_4 respectivamente; aunque este último tuvo una ponderación baja estadísticamente significativa. Sin embargo, no hay una correspondencia en el orden de importancia de los C_j , tampoco se obtienen contradicciones o resultados que nieguen lo observado en el análisis inicial; es decir, se encontraron cambios favorables en C_j pero no son estadísticamente significativos.

Para la variable bidimensional O_iC_j , el análisis inicial sugiere que O_3C_1 : actitud hacia la modelización respecto del alumno, tiene mejor ponderación, seguido de O_3C_2 : actitud hacia la modelización referida al profesor, O_2C_4 : actitud hacia la resolución de problemas de álgebra lineal respecto del uso social y O_1C_1 : actitud hacia la calculadora gráfica referida al alumno respectivamente. Asimismo, el análisis log-lineal muestra cierta congruencia con lo obtenido en el análisis inicial, aunque no establece ponderación estadísticamente significativa.

Cabe destacar que las diferencias observadas entre dos parámetros adyacentes es menor que 0.1; lo cual indica que las tendencias de las ponderaciones deben interpretarse con ciertas reservas debido a que hay poca diferencia entre ellos. Por ejemplo, el parámetro l para O_1C_3 es 0.0813 y el l correspondiente a O_3C_2 es 0.0743 y su diferencia es igual a $0.0813 - 0.0743 = 0.0070$ la cual es menor que 0.1.

Finalmente, la escala de actitudes permitió apreciar cambios favorables, pero a la luz del análisis log-lineal éstos no resultaron estadísticamente significativos. Asimismo, se detectaron actitudes que no sufrieron cambio luego de la aplicación del programa; lo cual podría conducir a reflexionar sobre aspectos relacionados con el diseño del programa, tales como: revisión del tiempo de duración del desarrollo del programa, adecuación del tiempo de dedicación a las actividades prácticas y teóricas, ampliación de las tareas de carácter didáctico, establecimiento de actividades que involucren evaluación con calculadora y modelización y la adecuación de las condiciones de aplicación del programa. Por otra parte, con esta investigación, se pone en evidencia la necesidad de realizar estudios puntuales dirigidos a indagar acerca de las actitudes en la formación inicial de profesores de matemática, específicamente cuando se toman otros contextos matemáticos con el uso de la modelización y las nuevas tecnologías.

Referencias

Almeqdadi, F. (1997). *Graphics Calculator in Calculus: an Analysis of Students' and Teachers' Attitudes*. Tesis Doctoral. Ohio (USA): Ohio State University

- Ary, D., Jacobs, L. & Razavieh, A. (1990). *Introducción a la Investigación Pedagógica* (2ª edición). México: McGraw Hill.
- Cockcroft, W.H. (1982). *Mathematics Counts*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Di Martino, P. & Zan, R. (2001). Attitude toward mathematics: some theoretical issues. In M. Van Den Heuvel-Panhuizen (ed.). *Proceedings of the 25th conference of the PME*. (vol. 3, 351-358). Utrecht, The Netherlands: Freudenthal Institute.
- Dunham, P.H. & Dick, T.P. (1994). Research on Graphing Calculators. *The Mathematics Teacher*, 87(6), 440-445.
- Gairín, J. (1987). *Las actitudes en Educación. Un estudio sobre la educación matemática*. Barcelona: PPU.
- Galbraith, P. & Haines, C. (1998). Disentangling the nexus: Attitudes to Mathematics and Technology in a Computer Learning Environment. *Educational Studies in Mathematics*, 36, 275-290.
- Galbraith, P., Haines, C. & Izard, J. (1998). How do Students' Attitudes to mathematics Influence the Modelling Activity? En P. Galbraith, W. Blum, G. Booker & I.D. Huntley. *Mathematical Modelling. Teaching and Assessment in a Technology-Rich World*. Chichester (UK): Horwood Publishing.
- Haladyna, T., Shaughnessy, J. & Shaughnessy, J. M. (1983). A Causal Analysis of Attitude Toward Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 14(1) , 19-29.
- Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (1998a). *Diagnóstico general del sistema educativo. Avance de resultados*. Madrid: Autor. Disponible en: <http://www.ince.mec.es/pub/pubeva.htm#ref03>.
- Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (1998b). *Diagnóstico del Sistema Educativo. La escuela secundaria obligatoria, 1997. Elementos para un diagnóstico del Sistema Educativo Español. Informe Global*. Madrid: Autor. Disponible en: <http://www.ince.mec.es/pub/pubeva.htm#ref04>.
- Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (2001). *Evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria 2000 Datos básicos*. Madrid: Autor. Disponible en: <http://www.ince.mec.es/pub/pubeva.htm#ref08>.
- Kissane, B., Kemp, M. & Bradley, J. (1995). Student Reactions to the use of Graphic Calculators. En MERGA 18 GALTHA - *Proceedings of the Mathematics Research Group of Australasia*. Darwin: Northern Territory University. Disponible en: <http://cleo.murdoch.edu.au/learning/pubs/mkemp/merga95.html>.
- McLeod, D. (1985). Affective Issues in Research on Teaching Mathematical Problem Solving. En E. Silver. *Teaching and Learning Mathematical Problem Solving: Multiple Research Perspectives*. (pp.267-279). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- McLeod, D. (1988). Affective Issues in Mathematical Problem Solving: Some Theoretical Considerations. *Journal for Research in Mathematics Education*. 19(2), 134-141.
- McLeod, D. (1992). Research on Affect in Mathematics Education: A Reconceptualization. En D.A. Grows (ed.). *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. (pp. 575-596). New York: Macmillan Publishing Company
- McLeod, D. (1993). Affective Responses to problem Solving. *The Mathematics Teacher*. 86(9), 761-763.
- Mohammad, Y. & Tall, D. (1999). Changing Attitudes to University Mathematics Through Problem Solving. *Educational Studies in Mathematics*, 37, 67-82.
- Ortiz, J. (2000). *Modelización y Calculadora Gráfica en Formación Inicial de Profesores de Matemáticas* (Memoria de Tercer Ciclo). Granada: Universidad de Granada.
- Ortiz, J. & Rico, L. (2001). Graphic Calculators and Mathematical Modelling in a Program for Preservice Mathematics Teachers. En W. Yang, S. Chu, Z. Karian & G. Fitz-Gerald (eds.),

- Proceedings of the 6th Asian Technology Conference in Mathematics*. Melbourne, Australia: University of Melbourne.
- Ortiz, J., Rico, L. & Castro, E. (2001). Attitudes of preservice mathematics teachers towards modeling and the graphic calculator. En M. Van den Heuvel-Panhuizen (ed.), *Proceedings of the 25th Conference of the PME*. (vol. 1). Utrecht, NL: Freudenthal Institute
- Philippou, G.N. & Christou, C. (1998). The effects of a preparatory mathematics program in changing prospective teachers' attitudes towards mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 35, 189-206
- Ponte, J.P., Matos, J.F., Guimaraes, H.M., Cunha, L. & Canavarro, A.P.(1992). Students' Views and Attitudes Towards Mathematics Teaching and Learning: A Case Study of a Curriculum Experience. En W. Geeslin y K. Graham (eds.) *Proceedings of PME 16* (vol.II, p.218-225). Durham, NH: University of New Hampshire.
- Rico, L. (1997). Dimensiones y componentes de la noción de currículo. En L. Rico (ed). *Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria*. (Cap.7). Madrid: Síntesis
- Ruffell, M., Mason, J. & Allen, B. (1998). Studying Attitude to Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 35, 1-18.
- Ruthven, K. (1992). Personal Technology and Classroom Change: A British Perspective. En J. Fey & C. Hirsch (Eds.). *Calculators in Mathematics Education* (1992 Yearbook). Reston, VA: NCTM
- Valdez, E. (1998). *Rendimiento escolar y actitudes hacia las matemáticas. Una experiencia en la escuela secundaria*. México: Cinvestav/IPN.

LOS AUTORES

Dr. José Ortiz Buitrago

Universidad de Carabobo
Campus La Morita. Maracay, Venezuela
e-mail: ortizjo@cantv.net

Dr. Luis Rico Romero

Universidad de Granada
Departamento de Didáctica de la Matemática
Campus de Cartuja. Granada, España
e-mail: lrico@ugr.es

Dr. Enrique Castro Martínez

Universidad de Granada
Departamento de Didáctica de la Matemática
Campus de Cartuja. Granada, España
e-mail: ecastro@ugr.es

Datos de la Edición Original Impresa

- Ortiz, L., Rico, L. y Castro, E. (2003, Diciembre) Actitudes hacia la incorporación de la calculadora gráfica y la modelización en la enseñanza de las matemáticas. *Paradigma*, Vol. XXIV. Nº 2, Diciembre de 2003 /29-56