

# CALCULADORAS GRÁFICAS Y PRECÁLCULO. LAS ACTITUDES DE LOS ESTUDIANTES<sup>1</sup>

Pedro Gómez

“una empresa docente”, Universidad de los Andes

pgomez@uniandes.edu.co

*Las actitudes de los estudiantes es un tema que ha adquirido gran importancia en los planes de reforma de la educación matemática, en particular en aquellos que involucran nuevas tecnologías como las calculadoras gráficas. Utilizando tres instrumentos de recolección y análisis de información (prueba de actitudes, entrevistas clínicas y ensayo escrito), este estudio explora el efecto de la utilización de las calculadoras gráficas en las actitudes hacia las matemáticas de estudiantes de Precálculo en el primer ciclo universitario. Aunque los resultados de la prueba de actitudes no indican diferencias significativas, los resultados de las entrevistas y del ensayo permiten concluir que la utilización de las calculadoras gráficas tuvo efectos en las actitudes de los estudiantes. Los estudiantes perciben las matemáticas como un discurso, no exclusivamente simbólico, y como un conocimiento con valor práctico para la resolución de problemas dentro de un proceso de modelaje de la realidad en el que es posible utilizar diversas estrategias y obtener más de una respuesta válida. Por otra parte, los estudiantes enfatizan la importancia del esfuerzo individual para comprender los temas, en contraposición con la memorización de procedimientos y reconocen que aprender matemáticas significa ser capaz de “ver” los objetos matemáticos y de establecer relaciones entre ellos; poder percibir estas relaciones dentro de una globalidad; y ser capaz de justificar y comunicar sus actividades de resolución de problemas dentro de un ambiente de interacción social.*

## ACTITUDES DE LOS ESTUDIANTES Y CALCULADORAS GRÁFICAS

Las actitudes de los estudiantes se ha convertido en un aspecto relevante de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (NCTM, 1989) y, como lo muestra McLeod (1992), la investigación en el tema ha evolucionado desde los primeros estudios de los años 70 (e.g., Aiken, 1974). Se ha propuesto un nuevo paradigma de investigación con una visión más amplia del tema. Se espera que la investigación dentro de este paradigma tenga una base teórica más sólida, utilice métodos cualitativos de investigación y tenga en cuenta tanto la perspectiva cognitiva, como la afectiva.

En este estudio, la *perspectiva cognitiva* tiene en cuenta un conjunto de ideas, creencias y percepciones que fueron organizadas en tres dimensiones. La dimensión del *auto-concepto* tiene que ver con la percepción que el estudiante tiene de sí mismo en relación con las matemáticas e incluye tres categorías. La confianza (como expresión de sus creencias sobre su competencia matemática), el éxito (relacionado con sus creencias acerca de la importancia y la naturaleza de sus resultados académicos) y las expectativas (que describen su percepción acerca de su relación futura con las matemáticas). La dimensión *matemática* incluye tres categorías que representan sus opiniones acerca del tema de estudio: sus visiones acerca de la naturaleza de las matemáticas como área del conocimiento y como tema de estudio en el sistema escolar, sus ideas acerca de las metas de la instrucción matemática, y sus creencias acerca de la utilidad de las matemáticas desde un punto de vista personal, profesional y cotidiano. La dimensión *didáctica* tiene en cuenta tres categorías que

1. El trabajo que se reporta aquí recibió apoyo de COLCIENCIAS, Texas Instruments, el PLACEM y la Fundación para el Avance de Ciencia y Tecnología del Banco de la República.

tienen que ver con la enseñanza, el aprendizaje y la utilización de recursos en el salón de clase de matemáticas.

La *perspectiva afectiva* se refiere a la percepción por parte del estudiante de sus actividades matemáticas. Dentro de esta dimensión se consideran dos categorías: la satisfacción que el estudiante puede sentir cuando trabaja en matemáticas y su percepción de sus éxitos y fracasos en la escuela. Mientras que las categorías de la perspectiva cognitiva se refieren a estructuras cognitivas permanentes, las categorías de la perspectiva afectiva miran las percepciones recientes que el estudiante tiene de sus actividades matemáticas.

La dimensión cognitiva incluye las actitudes y las creencias de los estudiantes. Schoenfeld (1992) menciona algunas de las creencias típicas de las estudiantes acerca de las matemáticas: 1) los problemas de matemáticas tiene una sola respuesta válida; 2) hay una sola manera correcta de resolver un problema matemático —en general, la forma que el profesor le ha mostrado más recientemente a la clase; 3) los estudiantes comunes y corrientes no pueden esperar llegar a entender las matemáticas; ellos esperan simplemente ser capaces de memorizar y aplicar mecánicamente lo que han retenido sin ninguna comprensión; 4) las matemáticas es una actividad solitaria, hecha por individuos de manera aislada; 5) aquellos estudiantes que han comprendido lo que han estudiado serán capaces de resolver cualquier problema de matemáticas en menos de cinco minutos; 6) las matemáticas que se aprenden en la escuela tienen muy poco que ver con los asuntos de la vida diaria; 7) la prueba formal es irrelevante para el proceso de descubrimiento o invención. El enfatiza la importancia de las actitudes y las creencias de los estudiantes cuando afirma que “los estudiantes abstraen sus creencias acerca de las matemáticas formales —su sensación acerca de la disciplina— a partir principalmente de las experiencias que viven en el salón de clase y estas creencias condicionan su comportamiento de maneras que tienen consecuencias extraordinarias, potentes (y en algunos casos negativas).” (p. 359)

La introducción de una nueva tecnología (como la calculadora gráfica) puede tener efectos en el comportamiento del profesor y de los estudiantes en la interacción en el salón de clase (Gómez y Rico, 1995). Estos cambios pueden afectar las actitudes y las creencias de los estudiantes. Aunque McLeod (1992, 1994) menciona varios estudios sobre actitudes en relación con la utilización del computador en el salón de clase, él no registra ningún estudio que involucre las calculadoras gráficas, como tampoco lo hacen Dunham y Dick (1994) en su revisión de la investigación sobre calculadoras gráficas. Penglase y Arnold (1996) se refieren a algunos estudios que se refieren únicamente acerca de las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y hacia las calculadoras mismas. Sin embargo, “los estudios sobre la utilización de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas es una nueva área en la que la investigación sobre actitudes se necesita particularmente. [...] La aparición de las calculadoras gráficas y de los sistemas de manipulación simbólica, por ejemplo, deben tener eventualmente efectos importantes en las matemáticas que enseñamos. Estos cambios en el currículo estarán acompañados por cambios en las creencias acerca de las matemáticas y por oportunidades para vivir experiencias matemáticas que sean emocionalmente más positivas. La investigación debería guiar nuestros esfuerzos con el propósito de aumentar las reacciones afectivas hacia las matemáticas de carácter positivo a través de la utilización creativa de la tecnología.” (p. 591)

## METODOLOGÍA

### Calculadoras gráficas y precálculo

En este estudio se exploró el impacto de la introducción de las calculadoras gráficas en las actitudes hacia las matemáticas de estudiantes universitarios de primer semestre. La introducción y utilización de las calculadoras gráficas en el curso de precálculo pasó por tres etapas diferentes (Gómez, 1998). En la primera etapa, de *introducción*, que duró un semestre, las calculadoras fueron utilizadas como un elemento complementario pero independiente del currículo. Las tareas que involucraban las calculadoras eran principalmente de tipo operacional y estaban centradas en el manejo de la máquina por parte de los estudiantes. Durante la segunda etapa, que también duró un semestre, la utilización de las calculadoras gráficas se *adaptó* al diseño curricular existente. Aunque los estudiantes no podían utilizar la tecnología por fuera del salón de clase, ni durante las evaluaciones, las calculadoras se utilizaron de manera más intensa en actividades de resolución de problemas que, en todo caso, no aprovechaban todas las potencialidades de la máquina. En la última etapa, se dio una *articulación* entre el diseño curricular y la utilización de las calculadoras gráficas. Los estudiantes pudieron utilizar la tecnología en su casa y durante las evaluaciones. Se produjo e implantó un nuevo diseño curricular. Los objetivos, metodología, contenido y evaluación de este diseño curricular tuvo en cuenta las potencialidades de las máquinas.

### DISEÑO

El estudio se realizó con tres grupos de estudiantes de precálculo de primer semestre de la Universidad de los Andes, en Bogotá, Colombia. El primer grupo tomó el curso tradicional de precálculo ofrecido por la Universidad. El segundo grupo tomó el curso, un semestre más tarde, con la misma profesora y con la utilización de las calculadoras gráficas en la etapa de adaptación que se describió anteriormente. El tercer grupo tomó el curso un año más tarde, con un profesor diferente, cuando la integración de las calculadoras gráficas al currículo se encontraba en la etapa de articulación. Se utilizaron tres instrumentos para recolectar y analizar la información: la escala de actitudes de Fennema y Sherman (1976), entrevistas clínicas y un ensayo escrito. Los primeros dos instrumentos se utilizaron dentro de un diseño cuasi-experimental con los primeros dos grupos de estudiantes. La información se recogió al comienzo y al final del semestre para el primer grupo (de control) y para el segundo grupo (experimental). A los estudiantes del tercer grupo se les pidió que escribieran un ensayo acerca de su percepción acerca de las matemáticas y del curso.

El propósito de utilizar varios instrumentos y métodos para la recolección y el análisis de la información era el de cubrir la mayoría de las dimensiones y categorías que se mencionaron anteriormente y permitir la triangulación de la información. La tabla N° 1 presenta un resumen de las categorías cubiertas por cada instrumento.

En lo que sigue, se presenta el diseño metodológico y los resultados obtenidos.

### LAS ESCALAS DE ACTITUDES DE FENNEMA Y SHERMAN

El estudio utilizó cinco de las nueve escalas disponibles. La escala de actitudes hacia el éxito “está diseñada para medir el grado con el que los estudiantes anticipan consecuencias positivas o negativas como resultado de su éxito en matemáti-

Perspectiva	Dimensión	Categoría	Escalas	Entrevistas	Ensayo
Cognitiva	Auto-concepto	Confianza	✓	✓	✓
		Exito	✓	✓	✓
		Expectativas		✓	
	Matemáticas	Naturaleza		✓	✓
		Metas		✓	✓
		Aplicación	✓	✓	✓
	Didáctica	Enseñanza	✓	✓	
		Aprendizaje		✓	✓
Recursos			✓	✓	
Afectiva	Satisfacción	✓	✓	✓	
	Exito		✓		

Tabla N° 1. Instrumentos y categorías

cas” (Fennema y Sherman, 1976, p. 2). La escala del profesor “está diseñada para medir las percepciones que los estudiantes tienen de las actitudes de su profesor hacia ellos como aprendices de matemáticas” (p. 4). La escala de confianza en el aprendizaje de las matemáticas “pretende medir la confianza en la habilidad que se tiene para aprender y operar apropiadamente en las tareas matemáticas” (p. 4). La escala de motivación en matemáticas “pretende medir motivación. La dimensión va desde inexistencia de compromiso en matemáticas hasta goce activo y búsqueda de retos” (p. 5). La escala de aplicación de las matemáticas “está diseñada para medir las creencias de los estudiantes acerca de la aplicabilidad actual y futura de las matemáticas en su vida académica, profesional y cotidiana” (p. 5). Las escalas que tenían que ver con la madre, el padre y las matemáticas como campo masculino no eran relevantes para este estudio. Por otro lado, no se utilizó la escala de ansiedad porque se sabe que ella está fuertemente correlacionada con la escala de confianza. La tabla N° 1 muestra cómo las cinco escalas que se utilizaron corresponden a cinco de las categorías presentadas al comienzo. Cada escala consiste de seis items positivos y seis items negativos basados en una escala de Likert de cinco puntos. A cada respuesta se le da un valor de uno a cinco, con el peso de cinco asignado a la respuesta de carácter más positivo.

Se tradujeron las cinco escalas y se aplicaron a 29 estudiantes al comienzo de curso del grupo de control (pre), a 19 estudiantes al final de ese curso (post), a 28 estudiantes al comienzo del curso del grupo experimental (pre), y a 23 estudiantes al final de ese curso (post). Se hicieron cuatro análisis por escala: comparación no-pareada al comienzo y al final de cada grupo, y comparación pareada al comienzo y al final para los grupos de control y experimental. La tabla N° 2 presenta los valores p para

cada escala y para el total de las escalas correspondientes a cada uno de los cuatro análisis.

<b>Análisis / Escala</b>	<b>Exito</b>	<b>Confianza</b>	<b>Motivación</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Profesor</b>	<b>Total</b>
Cont. - Exp. (Pre)	.8620	.3120	.5616	.4851	.6149	.4961
Cont. - Exp. (Post)	.8785	.9885	.1283	.6327	.5527	.4775
Control: Post-Pre	.0860	.0816	.2005	.2120	.1887	.0245
Experimt: Post-Pre	.7874	.4107	.2419	.0555	.6738	.5558

*Tabla N° 2. Valores p para las escalas de actitudes de Fennema y Sherman*

La única escala que presentó evidencia de diferencias estadísticamente significativas fue la escala *total* en la comparación pre–post para el grupo de control.

## ENTREVISTAS

Se realizó una serie de estudios de caso con cinco estudiantes de cada uno de los dos grupos. Se hicieron veinte entrevistas clínicas, dos por estudiante, una al comienzo y otra al final del semestre. Los estudiantes se seleccionaron de tal manera que sus resultados en el área de matemáticas de la prueba de estado fueran similares. Se buscó que hubiese estudiantes de ambos sexos, y carreras y contextos familiares diferentes.

### Diseño

El diseño de las entrevistas se basó en las once categorías que se presentaron en la tabla N° 1. Para cada categoría se diseñó un conjunto de indicadores. Con base en estos indicadores se formularon las preguntas abiertas que constituyeron el cuestionario. Se diseñaron formatos para registrar y codificar las respuestas. Por ejemplo, para la categoría de confianza en la dimensión cognitiva, el propósito era explorar la percepción que el estudiante tenía de su confianza en sí mismo, su habilidad para trabajar en matemáticas universitarias, su percepción de él mismo como un buen estudiante de matemáticas, sus posibilidades de obtener una buena calificación en el curso, y su visión del papel de las matemáticas en su carrera. Para la categoría sobre la naturaleza de las matemáticas perteneciente a la dimensión matemática, el propósito era determinar la visión del estudiante sobre las matemáticas, ya sea como un conjunto de reglas y procedimientos, como un conocimiento con valor práctico, como un conjunto estructurado de verdades, o como un conocimiento que se construye socialmente. En el caso de la categoría de enseñanza de la dimensión didáctica, se exploró su visión acerca del papel del profesor en la enseñanza: como alguien que transmite información, que explica, o que facilita y guía el proceso de aprendizaje. Para la categoría de satisfacción de la dimensión afectiva, el propósito era explorar si el estudiante disfrutaba su trabajo en matemáticas dentro y fuera del salón de clase. Se definieron indicadores similares para las otras categorías.

### Análisis

Se produjo un resumen de las respuestas del estudiante después de cada entrevista. Estas respuestas se clasificaron en siete grupos: percepción de él mismo (confianza, éxito y expectativas), visión de las matemáticas (naturaleza, metas y aplicación), visión de la enseñanza, del aprendizaje y de los recursos, y sensaciones acerca de sus actividades matemáticas personales. Se identificaron las respuestas que fueron mencionadas al menos dos veces y se produjo un resumen de estas respuestas para

los cuatro grupos. Se compararon los resultados al comienzo del semestre con el propósito de identificar posibles diferencias en las muestras. También se compararon los resultados al final semestre de tal forma que fuera posible identificar los cambios que eran comunes a ambos grupos entre el comienzo y el final del semestre y aquellos cambios que diferían entre los grupos.

### **Resultados**

No se encontraron diferencias relevantes entre los dos grupos al comienzo del semestre. En ambos grupos los estudiantes mencionaron que se sentían tensos y con poca confianza; tenían una visión de las matemáticas como un conjunto de reglas y procedimientos que les permite resolver ejercicios de manera simbólica; ven la enseñanza como un proceso en el que el profesor explica la teoría, presenta algunos ejemplos, y los estudiantes resuelven ejercicios similares a los ejemplos; ven el aprendizaje como un proceso en que ellos deben registrar los procedimientos necesarios para resolver ejercicios; y disfrutaban parcialmente sus actividades matemáticas.

Se identificaron varios cambios entre el comienzo y el final del semestre para ambos grupos. Las diferencias que fueron comunes para ambos grupos tienen que ver con el hecho de que se sienten más confiados, aunque sus calificaciones no representan lo que ellos esperan; ven el proceso de aprendizaje como un proceso basado en el esfuerzo individual del estudiante; y reconocen la importancia de comprender la teoría y de desarrollar la habilidad para analizar problemas.

Por otro lado, se encontraron algunos cambios entre el comienzo y el final del semestre que diferían entre ambos grupos. Los estudiantes que utilizaron las calculadoras gráficas le dieron más importancia al aspecto gráfico en su visión de las matemáticas. Este punto fue claramente mencionado por todos los estudiantes del grupo experimental, mientras que solamente un estudiante del grupo de control lo mencionó superficialmente. Además, todos los estudiantes del grupo experimental mencionaron la capacidad de “análisis” como parte de la comprensión en matemáticas. Ellos enfatizaron la importancia de ser capaz de “ver” los objetos matemáticos para efectos de decir cosas acerca de ellos. Solamente dos estudiantes del grupo de control mencionaron el aspecto de la capacidad de análisis y no hicieron ninguna reflexión adicional al respecto. Finalmente, aunque en ambos grupos se mencionó la necesidad del trabajo individual en el proceso de aprendizaje, solamente los estudiantes del grupo experimental enfatizaron la importancia de la discusión y de la interacción social en el salón de clase.

### **ENSAYO ESCRITO**

Un año después de haber realizado las pruebas de actitudes y las entrevistas, se utilizó un tercer instrumento. Este era un ensayo escrito que pretendía continuar explorando los efectos de la utilización de las calculadoras gráficas en las actitudes y las creencias de los estudiantes. Dado que las pruebas de actitudes y las entrevistas tuvieron lugar durante la etapa de adaptación mencionada anteriormente, se consideró importante explorar la situación durante la etapa de articulación. Esta parte del estudio se hizo con un grupo de estudiantes que tomó el curso con un profesor diferente, dado que la profesora con la que se trabajó inicialmente ya no estaba dictando este curso. Durante la última semana del semestre el profesor les pidió a los estudiantes que escribieran un ensayo escrito que respondiera las siguientes preguntas: ¿Qué son las matemáticas? ¿Cómo se debe aprender matemáticas? ¿Qué papel juega la calculadora gráfica en el aprendizaje y la enseñanza de

las matemáticas? Adicionalmente, se les pidió a los estudiantes que escribieran una carta, dirigida a un hipotético futuro estudiante del curso, en la que le describieran las principales características del curso y le dieran consejos acerca de su participación en el mismo.

Se produjeron veintiún ensayos. No todos los estudiantes respondieron a todas las preguntas. Sin embargo, dada la naturaleza abierta de la tarea, se consideró que las respuestas eran relevantes en el sentido de que expresaban las opiniones y las percepciones de los estudiantes con respecto a su relación actual con las matemáticas y a su visión acerca del tema, su enseñanza y su aprendizaje. Se produjo un conjunto de descriptores que estaba relacionado con las categorías propuestas en la tabla N° 1 y que representaba la mayor parte de las afirmaciones producidas por los estudiantes. Se codificaron las respuestas de acuerdo a estos descriptores y se calcularon las frecuencias de respuestas para cada uno de ellos. Por ejemplo, para la categoría acerca de la naturaleza de las matemáticas, se definieron los siguientes descriptores y se calcularon sus frecuencias (que aparecen entre paréntesis): las matemáticas son un lenguaje, un medio para decir cosas (3); las matemáticas no son solamente acerca de fórmulas (5); los problemas en matemáticas pueden tener varias respuestas diferentes y puede haber varias estrategias diferentes para resolverlos (7); las matemáticas en este curso son diferentes de las matemáticas escolares (11). Los descriptores que se utilizaron para la categoría de aprendizaje de la dimensión didáctica fueron los siguientes. Saber matemáticas es: ser capaz de analizar (8); ser capaz de establecer relaciones (8); ser capaz de “ver” los objetos matemáticos (5); ver las cosas dentro de un contexto global (6); saber el por qué y el cómo de las cosas (9); ser capaz de resolver problemas (5); ser capaz de explicar y justificar (5); memorizar (6) o hacer cosas mecánicamente (7) no son aspectos que representan el buen aprendizaje de las matemáticas; las matemáticas se aprenden socialmente (4).

Las respuestas de los estudiantes muestran que ellos se sentían confiados y que reconocían la importancia del esfuerzo individual en el éxito. Ellos presentan una visión de las matemáticas como un discurso, no sólo simbólico, y como un conocimiento con valor práctico para la resolución de problemas dentro de un proceso de modelaje en el que se pueden utilizar varias estrategias y se puede obtener más de una respuesta válida. Por otro lado, ellos expresan una visión del aprendizaje de las matemáticas y de la comprensión en el que la memorización y la realización de procesos mecánicos son menos importantes, mientras que resaltan la importancia de ser capaces de ver los objetos matemáticos dentro de un contexto global, sabiendo el por qué y el cómo de las actividades de resolución de problemas y siendo capaces de explicar y de justificar estas actividades. Finalmente, aunque ellos son conscientes de que la calculadora no da las respuestas a los problemas, ellos piensan que la tecnología juega un papel importante en el aprendizaje de las matemáticas como una herramienta complementaria que permite verificar respuestas, identificar errores, comprender problemas y ahorrar tiempo generando representaciones gráficas.

## DISCUSIÓN

Aunque no se encontraron diferencias significativas en las escalas de actitud, los estudios de caso y el ensayo escrito muestran que la innovación curricular que se basó en la utilización de las calculadoras gráficas pudo haber tenido efectos relevantes en las actitudes de los estudiantes. Un análisis de las afirmaciones que constituyen las escalas muestra que esta prueba centra su atención en aspectos que son diferentes de aquellos que se tuvieron en cuenta en las entrevistas y en el ensayo escrito. Las escalas de éxito y confianza tienen en cuenta aspectos afectivos como el

orgullo personal, la confianza en sí mismo y la percepción que uno tiene sobre lo que los demás piensan de uno mismo. Las entrevistas y el ensayo muestran que la percepción que los estudiantes tienen del proceso de aprendizaje se centra en el esfuerzo individual. Por consiguiente la situación no es una de “ser bueno para las matemáticas”, sino más bien otra de que “si trabajo fuertemente, podré tener éxito en matemáticas”. De la misma forma, la escala de aplicación se centra en la percepción inmediata del valor personal de las matemáticas. Las entrevistas y el ensayo muestran una percepción de las matemáticas como algo que se encuentra en todas partes y que tiene un valor práctico, aún si los estudiantes no mencionan su carácter personal o inmediato. Finalmente, las entrevistas y el ensayo muestran que los estudiantes miran ahora los problemas matemáticos como un reto que pueden enfrentar con confianza.

Los resultados de las entrevistas indican que el curso en sí mismo, independientemente de la innovación curricular, afecta algunos aspectos de las creencias de los estudiantes. Al final del semestre, su percepción de las matemáticas es diferente de aquella que construyeron en la escuela. Ellos se sienten más confiados, reconocen el papel del esfuerzo personal en el éxito y de la comprensión de la teoría en el desarrollo de capacidades de análisis que sean diferentes de la memorización y los procesos mecánicos que son tradicionales en las matemáticas escolares. Sin embargo, el grupo que utilizó las calculadoras enfatizó la importancia de la representación gráfica en una visión de las matemáticas como un discurso acerca de objetos que uno debe ser capaz de “ver”. Ellos también reconocieron la importancia de la interacción social en el proceso de aprendizaje.

Los ensayos escritos confirman los resultados de las entrevistas. El aspecto de auto-concepto se centra en el esfuerzo individual. Su visión de las matemáticas, del aprendizaje y de la resolución de problemas es claramente diferente de la lista de creencias de los estudiantes que se presentó al comienzo. Los estudiantes perciben las matemáticas como un discurso y no como un conjunto de fórmulas; ellos reconocen que los problemas pueden tener más de una respuesta y que puede haber más de una manera de resolverlos; y ellos son conscientes de los aspectos prácticos de las matemáticas. Por otro lado, los estudiantes enfatizan la importancia de comprender el tema, en cambio de memorizar procedimientos, y creen que aprender y comprender matemáticas significa ser capaz de establecer relaciones dentro de un contexto global y siendo capaz de comunicarse con otros dentro de un entorno de interacción social.

En resumen, los resultados indican que los estudiantes que participaron en la innovación curricular que involucraba las calculadoras gráficas tienen una visión diferente de su competencia matemática, del tema de estudio y del proceso de aprendizaje. No obstante, no es posible concluir que estos efectos sean una consecuencia inmediata o automática de la utilización de la tecnología. Las actitudes y las creencias de los estudiantes se transforman como consecuencia de su relación con su profesor en el proceso de construcción del conocimiento matemático. Esta relación depende tanto del comportamiento del profesor (y, por consiguiente, de sus creencias y actitudes), como del diseño curricular que se implanta en la interacción que tiene lugar en el salón de clase. La utilización de las calculadoras puede tener efectos en cada uno de estos factores. Esto fue lo que sucedió con la innovación curricular que se reporta aquí (ver Gómez y Rico, 1995 y nuestro artículo *Innovación curricular en precálculo con calculadoras gráficas* en este volumen). Por lo tanto, es posible pensar que el efecto de las calculadoras gráficas en las actitudes de los estudiantes se produce de una manera indirecta a través de la forma en que la tecnología afecta el diseño curricular, las actitudes y las creencias del profesor y la

interacción entre el profesor y los estudiantes en el proceso de construcción del conocimiento matemático.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiken, L.R. (1974). Two scales of attitude toward mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*. 5, pp. 67-71.
- Dunham, P., Dick, T. (1994). Research on graphing calculators. *The Mathematics Teacher*. 87 (6), pp. 440-445.
- Fennema, E., Sherman, J.A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics attitudes scales. *JSAS Catalog of Selected Documents in Psychology*. 6 (31).
- Gómez, P., Rico, L. (1995). Social interaction and mathematical discourse in the classroom. In Meira, L., Carraher, D. (Eds.). *Proceedings of the 19th PME Conference*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, p. I-205.
- Gómez, P. (1998). Graphics calculators integration into curriculum. En Addison Wesley (Ed.) *Proceedings of the tenth International Conference of Technology and Collegiate Mathematics*. Reading, MA: Addison Wesley.
- McLeod, D.B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. In Grouws, D.A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Mcmillan, pp. 575-596.
- McLeod, D.B. (1994). Research on affect and mathematics learning in the JRME: 1970 to the present. *Journal for Research in Mathematics Education*. 25 (6), pp. 637-647.
- NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards*. Reston: NCTM.
- Penglase, M., Arnold, S. (1996). The Graphics Calculator in Mathematics Education: A Critical Review of Recent Research. *Mathematics Education Research Journal*. 8 (1), pp. 58-90.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense Making in Mathematics. In Grouws, D.A. *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Mcmillan, pp. 334-369.