

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA: UNA ASIGNATURA PENDIENTE

Concepción Abraira
Fernández

UNIVERSIDAD DE LEÓN
ESPAÑA

Ante la generalizada recomendación del uso de nuevas tecnologías en la Educación Matemática (Cockcroft, 1982; Davis, 1992; García *et al.*, 1995; Greer, B., 1989; MEC, 1989 y 1992; NCTM, 1992; Rico y Bedoya, 1998; Yabar y Esteve, 1996; entre otros), y en particular de la tecnología informática, los profesionales de la educación, como investigadores de su propia acción que deben ser (Arcaví, 1995; Berenguer *et al.*, 1998; Giménez *et al.*, 1996; Kilpatrick *et al.*, 1992; Llinares y Sánchez, 1990; Rico *et al.*, 1992; Stenhouse, 1984), se encuentran ante la necesidad de responder a la pregunta: ¿ayudan las nuevas tecnologías a la obtención de los resultados pretendidos con la Educación Matemática?

LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

De acuerdo con Pérez Juste (1985:15), la educación es “[...] un proceso intencionado, permanente e inacabado, de mejora del hombre en cuanto tal, cuya finalidad es la realización lo más perfecta posible de todas sus potencialidades”, que supone “enriquecimiento personal que viene del exterior y desenvolvimiento de las propias potencias o disposiciones” (García Hoz, 1984:11), así como “[...] desarrollo integral de la persona dentro de un determinado contexto cultural y social. Comporta por tanto un proceso de transmisión de una cultura y, al tiempo, una preparación para la posible superación de la Cultura transmitida” (Guzmán, 1984).

Chevalard *et al.* (1997: 60) escriben:

“La didáctica de las matemáticas es la ciencia del estudio y de la ayuda al estudio de las matemáticas. Su objetivo es llegar a describir y caracterizar los procesos de estudio –o procesos didácticos– de cara a proponer explicaciones y respuestas sólidas a las dificultades con que se encuentran todos aquellos (alumnos, profesores, padres, profesionales, etc.) que se ven llevados a estudiar matemáticas o a ayudar a otros a estudiar matemáticas”.

Así pues, consideramos que la didáctica de las matemáticas está al servicio de la Educación Matemática, siendo éste un concepto mucho más amplio. Pero en todo caso, para el propósito que nos interesa, podemos entender la Educación Matemática como el “oficio” del profesor de matemáticas, que, obviamente, es enseñar matemáticas, entendiendo que esta acción no tiene sentido a no ser que haya quien aprenda como consecuencia de ella.

Y en relación con el tema de la formación en tecnología que nos ocupa, tal como dicen Rico y Bedoya (1998:114):

“La educación matemática, en tanto implica una actividad intelectual intensa, en la que se representan, se reflexionan, construyen e interiorizan estructuras conceptuales y herramientas intelectuales apropiadas para la representación, comprensión y transformación del mundo, constituye una de las principales disciplinas para alcanzar exitosamente los logros y satisfacer las necesidades

científicas y tecnológicas exigidos en estos tiempos.”

LOS RESULTADOS PRETENDIDOS

El aprendizaje conduce al conocimiento y, en este sentido, los estándares curriculares que propone la National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), consideran que “saber matemáticas es usar matemáticas” (SAEM Thales, 1992:7). Especifican que la Educación Matemática para los estudiantes de Educación Infantil y Primaria debe conducir a:

“(1) que aprendan a valorar la matemática, (2) que se sientan seguros de su capacidad para hacer matemáticas, (3) que lleguen a resolver problemas matemáticos, (4) que aprendan a comunicarse mediante las matemáticas, y (5) que aprendan a razonar matemáticamente” (SAEM Thales, 1992:5).

En relación con las nuevas tecnologías, el tema del presente trabajo, la NCTM considera:

- en todo momento todos los estudiantes deben disponer de calculadoras adecuadas;
- en todas las aulas debiera existir un ordenador con fines ilustrativos;
- todos los estudiantes debieran tener acceso a un ordenador para trabajar individualmente y en grupo;
- los estudiantes debieran aprender el manejo del ordenador como herramienta para procesar información y realizar cálculos en la investigación y resolución de problemas” (SAEM Thales, 1992:7).

Las calculadoras, incluso las gráficas (a precios cada vez más asequibles), y los ordenadores están a disposición de un número cada vez mayor de estudiantes. Usados eficientemente, ayudan a la visualización de conceptos abstractos y permiten crear nuevos entornos que amplían la realidad, facilitan a los estudiantes explorar ideas matemáticas desde múltiples perspectivas (analítica, gráfica y simbólica), permiten la resolución matemática de una amplia gama de problemas de la vida real, facilitan la experimentación, simplifican el cálculo, etc.

Es indiscutible, pues, que los estudiantes deben estar en condiciones de usar los recursos tecnológicos (modernos y antiguos) para la resolución de problemas así como para generar otros nuevos.

En consecuencia, los profesores deben tener una amplia formación que les permita llevar a cabo su función de orientadores del aprendizaje de sus alumnos. Al mismo tiempo, al usar la tecnología como herramienta de enseñanza estarán profundizando en el aprendizaje y comprensión de las ideas matemáticas y de lo que significa enseñarlas, y por tanto incrementando su conocimiento profesional.

Ahora bien, formación es mucho más que conocimiento; “estar formado” significa tener capacidad crítica para decidir cuándo usar nuevas tecnologías y cómo; cuando usar la calculadora o un software específico; si usar las nuevas tecnologías para generar problemas, aclarar conceptos matemáticos importantes, evitar cálculos tediosos o como complemento de otro tipo de actividades, etc.; tal como dice Mandelbrot: “the computer has put the eye back into mathematics” (Citado en Greer y Mulhern, 1989:17).

Existe una amplia gama de software de amplia aceptación para el aprendizaje de las matemáticas, tales como, por ejemplo, LOGO y CABRI (disponible

“Las calculadoras y los ordenadores [...] usados eficientemente, ayudan a la visualización de conceptos abstractos y permiten crear nuevos entornos que amplían la realidad...”

“...el uso eficaz de calculadoras y ordenadores, así como la elección del software adecuado a las necesidades de cada situación didáctica no es trivial ni improvisable, sino que requiere que los profesores, en particular los de Nivel Infantil y Primaria, posean una formación teórica y práctica importante...”

incluso en calculadoras gráficas). Sobre LOGO existen ya trabajos que ponen de manifiesto apoyos y desacuerdos (De Corte y Lieven, 1987; O'Shea y Sels, 1990) sobre la validez del programa para ciertas cuestiones tales como aprendizaje de la geometría, razonamiento, resolución de problemas, etc., sobre todo para niños pequeños. Por su parte, CABRI es un programa ampliamente recomendado pero sobre el cual todavía no hemos encontrado estudios contrastados que permitan calificarlo de idóneo para el aprendizaje de las matemáticas. En todo

caso, saber decidir qué programas, para qué y cuando usarlos, es tanto o más importante que conocer su existencia; es preciso evitar “la fe ciega en el ordenador [...] se puede sacar partido de los fallos que tiene cualquier programa procurando situaciones contradictorias controladas” (García *et al.*, 1995:25).

Ahora bien, el uso eficaz de calculadoras y ordenadores, así como la elección del software adecuado a las necesidades de cada situación didáctica no es trivial ni improvisable, sino que requiere que los profesores, en particular los de Nivel Infantil y Primaria, posean una formación teórica y práctica importante que les permita guiar a sus estudiantes en el uso de las citadas nuevas tecnologías para la adquisición de un aprendizaje significativo y autónomo.

Al respecto, Greer (1989) señala la necesidad de aprender a usarlas como complemento de otros materiales manipulativos, como generadores de nuevas formas de representación, de nuevas concepciones de hacer Matemáticas, por ejemplo, en la reconsideración de las prácticas de cálculos en el aula, de la propia idea de matemáticas o de la visión de la naturaleza de la demostración.

Por su parte, el Comité para la Educación Matemática de Maestros, de la Asociación Matemática de América, incluye entre los estándares comunes para la preparación de los profesores de matemáticas de cualquier nivel en el uso de la tecnología:

“La preparación matemática de los profesores debe incluir experiencias en las cuales se usen calculadoras y ordenadores:

- como herramientas para representar ideas matemáticas y construir diferentes representaciones de conceptos matemáticos;
- generar una amplia gama de formas de pensamiento matemático a través del uso de herramientas de cálculo potentes (incluyendo representación gráfica de funciones, ajuste por curvas, manipuladores simbólicos);
- desarrollar y usar estrategias alternativas para resolver problemas” (MAA, 1991:7).

También el National Council of Teachers of Mathematics (1991), entre los estándares profesionales para la enseñanza de las Matemáticas, señala como “herramientas para mejorar el discurso: [...] estimular y aceptar el uso de ordenadores, calculadoras [...]” (NCTM, 1991:52).

Las ideas anteriores, enmarcadas por la idea de desarrollo profesional (Cardeñoso y Azcárate, 1997), conducen a que la formación de maestros

en las nuevas tecnologías para la educación matemática debe contemplarse desde tres vertientes:

- i) formación general en nuevas tecnologías educativas**
- ii) formación específica en nuevas tecnologías para el aprendizaje de las matemáticas**
- iii) formación específica en nuevas tecnologías para la enseñanza de las matemáticas.**

En los tres casos, la formación debe ser tan amplia y profunda como para que:

- sean capaces de iniciar su labor docente y utilizar de manera óptima los medios tecnológicos (sobreabundantes o escasos);
- puedan continuar su desarrollo profesional sabiendo incorporar las novedades tecnológicas que faciliten su enseñanza y el aprendizaje significativo de sus alumnos, y desechar las que supongan una relación coste/beneficio inadecuada.

EL CASO DE LA UNIVERSIDAD DE LEÓN

La única asignatura que figura en los Planes de Estudio de los distintos títulos de Maestro vigentes en nuestro país, relacionada con la formación en el campo citado, es la troncal Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación.

Aún suponiendo que cubre el apartado i) anterior, es a todas luces insuficiente para proporcionar la formación en Matemáticas y su Didáctica que precisan los maestros, tanto para aprender matemáticas como para aprender a enseñar las matemáticas escolares.

El planteamiento general del apartado anterior y la realidad puesta de manifiesto en un reciente trabajo (Abraira *et al.*, 1997) justifica la necesidad de investigar acerca de la posibilidad de dotar a los futuros maestros de ii) y iii).

El planteamiento del profesor como investigador (Brown *et al.*, 1990; Stenhouse, 1984) responsabiliza de tal investigación a los profesores de Didáctica de las Matemáticas.

En un primer intento de investigar acerca del tema, junto con la confianza en las nuevas tecnologías para potenciar el aprendizaje significativo, permanente y autónomo, es lo que condujo al Departamento de Matemáticas de la Universidad de León a ofertar una asignatura de libre configuración en la Facultad de Educación (Títulos de Maestro y Licenciado en Psicopedagogía).

Los objetivos de esta asignatura eran:

- **Proporcionar a los futuros maestros el conocimiento teórico necesario para una reflexión crítica sobre el uso de la tecnología en la escuela.**
- **Aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura obligatoria de primer curso Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación al caso de las matemáticas y su didáctica.**
- **Diseñar situaciones didácticas adecuadas para el posterior análisis del hacer matemáticas por parte de niños de Educación Infantil y Primaria.**
- **Introducir a los alumnos en el manejo de ordenadores.**
- **Familiarizar a los alumnos con el uso del software educativo.**

LA NECESIDAD DE NUEVOS RESULTADOS

La satisfacción con los resultados obtenidos, tanto en el ámbito docente (consecución de los objetivos propuestos) como en el investigador (el modelo teórico resultó ser adecuado) constituyó un apoyo empírico para replantear la investigación y extender las conclusiones a una población mayor. Su validez externa, teniendo en cuenta que la población afectada se reducía a los 30 alumnos de la asignatura, no era suficientemente significativa como para poder “recomendar” a las autoridades educativas la inclusión de tal asignatura, bien como optativa, bien como obligatoria, en los Planes de Estudio del título de Maestro, cuya primera revisión está próxima. En otras palabras, la investigación realizada podría considerarse como el estudio piloto de la que ahora se proyecta.

“Hay dos factores centrales que están influyendo en la educación Matemática. El primero, los espectaculares avances de la tecnología -en especial la informática- y el segundo, los incipientes pero firmes resultados de la investigación cognoscitiva sobre los procesos de aprendizaje y enseñanza” (Sociedad Madrileña de Profesores de Matemáticas, 1995:14).”

Pero no es solamente la satisfacción con los resultados citados lo que aconseja esta nueva investigación. Posibles investigaciones sugeridas por Kaput (1992) se encaminan a responder las preguntas: ¿qué cambios en las estructuras de la escuela son necesarios para optimizar la potencia de las nuevas tecnologías?, ¿qué nuevas herramientas tecnológicas necesitan los profesores para desarrollar eficazmente su profesión y reformar el currículo cuando sea necesario?, ¿qué estrategias son adecuadas para preparar y actualizar a los profesores y cuál es la formación en tecnología necesaria para un profesor de matemáticas?, ¿qué tipos de ayuda son necesarios para introducir a los profesores en el uso de las nuevas tecnologías?

Por su parte Brooks y Kopp (1990), en relación con la Tecnología y Formación de los Profesores, señalan la conveniencia de investigaciones sobre programas concretos de formación de profesores que contemplen el uso de la tecnología.

En nuestro país, en diversas reuniones profesionales, se trata el problema del uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza de las matemáticas y sus innegables ventajas. Así, en el IV Congreso Regional Castellano-Leonés de Educación Matemática (1996), una de las mesas de trabajo llevaba por título “El ordenador como recurso didáctico en matemáticas”. Tratando de responder a la viabilidad de su utilización en el aula de matemáticas, allí se señalan “problemas de formación del profesorado, problemas de organización escolar: aulas, horarios,... problemas de infraestructura” (Rincón y Ruiz, 1996:59).

En las VII y VIII Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas (1995 y 1997) se constituyeron grupos para el estudio de las nuevas tecnologías y el impacto en el currículo. En la VII, Arcaví, en la conferencia de clausura, afirma:

“Hay dos factores centrales que están influyendo en la educación Matemática. El primero, los espectaculares avances de la tecnología –en especial la informática– y el segundo, los incipientes pero firmes resultados de la investigación cognoscitiva sobre los procesos de aprendizaje y enseñanza” (Sociedad Madrileña de Profesores de Matemáticas, 1995:14).

En las VIII Jornadas, la conferencia de Waits se centraba en las calculadoras y ordenadores en el aula. Al respecto decía:

“Un nuevo reto para profesores de matemáticas: nuestra comunidad [de educadores matemáticos] no puede seguir ignorando el impacto que puede tener en el currículo de matemáticas el que los estudiantes utilicen [el] ordenador.” (Sociedad Castellano-Leonesa de Profesores de Matemáticas, 1997:45)

[...] es preciso su integración en un proyecto docente global y el diseño de la metodología apropiada.

[...] la calidad de la enseñanza evoluciona en función del uso que se haga de los medios intelectuales, físicos, técnicos.

[...] y esto siempre depende en última instancia del factor humano, en concreto, de los profesores" (García et al., 1995:28).

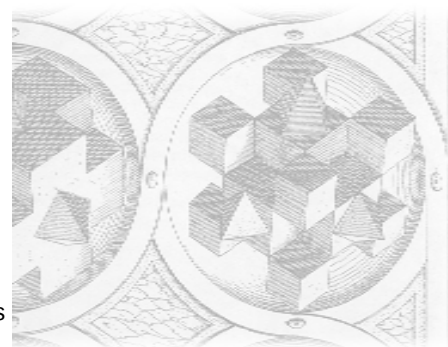
Todo lo antes expuesto muestra el interés, sino necesidad, para el colectivo de profesores de matemáticas, en especial para el de formadores de maestros, dar respuesta a los siguientes interrogantes:

i) ¿qué debe saber un maestro sobre el uso de calculadoras y ordenadores para la enseñanza/aprendizaje de las matemáticas?

ii) ¿qué conocimientos tienen realmente los maestros al finalizar su carrera en el uso de las nuevas tecnologías para la Educación Matemática?

iii) ¿qué propuesta curricular se deriva de la comparación de las respuestas a las preguntas anteriores?

La literatura revisada hasta el momento no permitió dar respuesta a los interrogantes anteriores, por lo que se proyecta una investigación evaluativa (Weiss, 1990) con los objetivos que explicitamos más adelante.



BIBLIOGRAFÍA

- Abraira, C.; Blanco, B.; Cobo, A.; González, A.; Martín, M^a C. (1997). La formación de maestros en tecnología para la Educación Matemática: el caso de la Universidad de León. En Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas/Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Eds.), Actas de las 8^{as} JAEM. Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas (pp. 167-170). Salamanca: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.
- Abraira, C. y Soler, N. (1998). Lenguaje Logo: una experiencia con estudiantes para maestro. En Actas del III Simposio sobre el Currículum en la Formación Inicial de los Profesores de Primaria y Secundaria (pendiente de publicación).
- Berenguer, M^a I., Cobo, B. y Fernández, F. (1998). Investigación en el aula de matemáticas. La tarea docente Granada: Universidad.
- Brooks, D. y Kopp, T. W. (1990). Technology and Teacher Education. En W. R. Houston (Ed.), Handbook of Research on Teacher Education (pp. 498-513). New York: Mcmillan Publishing Company.
- Brown, S. I., Cooney, T. J. y Jones, D. (1990). Mathematics Teacher Education. En W. R. Houston (Ed.), Handbook of Research on Teacher Education (pp. 639-656). New York: Mcmillan Publishing Company.
- Cajaraville, J.A. (1989). Ordenador y Educación Matemática Algunas modalidades de uso Madrid: Síntesis.
- Campbell, P.F. (1990). Using Microcomputers for Mathematics Learning. En J. N. Payne (Ed.), Mathematics for the young child (pp. 265-283). Reston, Virginia: NCTM.
- Cockcroft, W.H. (1985). Las Matemáticas sí cuentan Madrid: MEC.
- Cardeñoso, J.M. y Azcárate, P. (1997). El papel de la didáctica de la matemática en el desarrollo del conocimiento práctico de los profesores. En Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas/Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Eds.), Actas de las 8^{as} JAEM. Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas (pp. 171-174). Salamanca: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.
- Chevalard, Y., Bosch, M. y Gascón, J. (1977). Estudiar matemáticas. El eslabón perdido entre la enseñanza y aprendizaje Barcelona: Horsori.
- De Corte, E. y Verschaffel, L. (1989). Logo: A Vehicle for Thinking. En B. Greer y G. Mulhern (Eds.), New directions in Mathematics Education (pp. 63-81). London and New York: Routledge.
- Davis, R. B. (1992). Reflections on where Mathematics Education now stands and on where it may be going En D. A. Grouws (Ed.), Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning (pp. 724-734). New York: Mcmillan Publishing Company.



García Hoz, V. y Pérez Juste, R. (1984). La investigación del profesor en el aula. Madrid: Escuela Española.

García, A., Martínez, A. y Miñano, R. (1995). Nuevas Tecnologías y Enseñanza de las Matemáticas. Madrid: Síntesis.

Giménez, J., Linares, S. y Sánchez, V. (Eds.) (1996). El proceso de llegar a ser un profesor de primaria. Cuestiones desde la educación matemática. Granada: Comares.

Greer, B. y Mulhern, G. (Eds.) (1989). New directions in Mathematics Education. London and New York: Routledge.

Greer, B. (1989). Cognitive Psychology and Mathematics Education: Convergence, Collaboration and Challenge. En B. Greer y G. Mulhern (Eds.), New directions in Mathematics Education. (pp. 3-28). London and New York: Routledge.

Grouws, D. A. (Ed.) (1992). Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. New York: Mcmillan Publishing Company.

Guzmán, M. de (1984). El papel de la Matemática en el proceso educativo inicial, Enseñanza de las Ciencias, 2 (2), (pp. 91-95).

Houston, W. R. (Ed.) (1990). Handbook of Research on Teacher Education. New York: Mcmillan Publishing Company.

Kaput, J. J. (1992). Technology and Mathematics Education. En D. A. Grouws (Ed.), Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. (pp. 515-556). New York: Mcmillan Publishing Company.

Kilpatrick, J., Rico, L. y Sierra, M. (1994). Educación Matemática e Investigación. Madrid: Síntesis.

Leitzel, J. (Ed.) (1990). A Call For Change: Recommendations For The Mathematical Preparation Of Teachers Of Mathematics. Washington: The Mathematical Association of America.

Linares, S. y Sánchez, M^a V. (Eds.) (1990). Teoría y Práctica en Educación Matemática. Sevilla: Alfar.

M.E.C. (1989): Diseño curricular Base. Educación Infantil. Madrid: Autor.

M.E.C. (1989): Diseño curricular Base. Educación Primaria. Madrid: Autor.

M.E.C. (1989): Plan de Investigación Educativa y de Formación del Profesorado. Madrid: Autor.

M.E.C. (1992): Currículo de Matemáticas de Enseñanza Primaria y Secundaria. Madrid: Autor.

N.C.T.M. (1991). Professional Standards for Teaching Mathematics. Reston, Virginia: Autor.

N.C.T.M. (1992). Estándares curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática. Sevilla: SAEM Thales.

O'Shea, T. y Sels, J. (1985). Enseñanza y aprendizaje con ordenadores. Inteligencia artificial en educación. Madrid: Anaya.

Pérez Juste, R. (1985). Estadística descriptiva, Madrid: UNED.

Payne, J.N. (Ed.) (1990). Mathematics for the young child. Reston, Virginia: NCTM.

Rico, L. (1997) (Ed.). Bases Teóricas del Currículo de Matemáticas en Educación Secundaria. Madrid: Síntesis.

Rico, L. y Bedoya, E. (1998). Calculadoras gráficas. En Berenguer, M^a I., Cardeñoso, J.M^a y Sánchez, J.M^a (Eds.), Investigación en el aula de matemáticas. (pp. 113-131). Universidad de Granada/SAEM THALES: Granada.

Rincón, F. y Ruiz, J. (1996). El ordenador como recurso didáctico en matemáticas. En E. Rodríguez Benito y P. del Río, IV Seminario Congreso Regional de Educación Matemática. (pp. 55-59). Valladolid: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.

Rodríguez Benito, E. y del Río, P. (Coords.) (1996). IV Seminario Congreso Regional de Educación Matemática. Valladolid: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.

Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas/Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Eds.) (1997). Actas de las 8^{as} JAEM. Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas. Salamanca: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.

Stenhouse, L. (1984). Investigación y desarrollo del currículum. Madrid: Morata.

Stufflebeam, D.L. y Shinkfield, A.J. (1987). Evaluación sistemática. Guía teórica y práctica. Madrid: Paidós/MEC.

Udina, F. (1989). Aritmética y Calculadoras. Madrid: Síntesis.

Waits, B.K. (1997). La fusión de Calculadoras y Ordenadoras: el Futuro de la Enseñanza y el Aprendizaje de las matemáticas realzadas por la Tecnología. En Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas/ Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (Eds.), Actas de las 8^{as} JAEM. Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas. (pp. 45-48). Salamanca: Sociedad Castellano Leonesa de Profesorado de Matemáticas.

Weiss, C.H. (1990). Investigación evaluativa. Métodos para determinar la eficiencia de los programas de acción. México: Trillas.

Yábar, J.M. y Esteve, J. (1996). Integración curricular de los recursos tecnológicos en el área de Matemáticas. En D.J. Gallego, C.M. Alonso e I. Cantón (Coords.), Integración curricular de los recursos tecnológicos. (pp. 129-180). Barcelona: Oikos-Tau.