

Réplica a la ponencia “atrapados en la explosión del uso de las tecnologías de la información y comunicación”, De la doctora Olimpia Figueras

Ángel Martínez Recio

Departamento de Matemáticas. Universidad de Córdoba. España

Resumen de la ponencia

En su ponencia, Olimpia Figueras analiza el impacto de las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) en la clase de matemáticas, considerando los cambios que las TIC demandan de los profesores para una correcta impartición de sus enseñanzas (forma de organizar la enseñanza en el aula, manera de obtener la información, forma de proponer actividades y tareas, competencias de los estudiantes, entre otras).

Particularmente analiza las posibilidades del docente para adecuarse a las exigencias que le plantean las TIC.

Comienza su ponencia narrando una experiencia de teleeducación que se desarrolló en México a partir de 1966 y que se extiende hasta nuestros días. Entiendo que la plantea como ejemplo de entorno telemático de aprendizaje que le sirve para reflexionar sobre el impacto de las TIC.

A continuación analiza diversos modos de introducción de las TIC en el aula.

Posteriormente estudia el papel del profesor, que atrapado en esta incesante evolución de la sociedad de la comunicación, tiene que hacer frente a una reorientación incesante de su papel profesional, debiendo adoptar una actitud de aprendizaje permanente, en el plano educativo y en el tecnológico, y un planteamiento constante de búsqueda de nuevas formas de enseñanza en el aula. Todo ello sin tener, necesariamente, la debida preparación para afrontar este reto.

Analiza a continuación la función que pueden tener las bibliotecas digitales, como medio de ofrecer a los docentes, vía Internet, soporte para su proceso de renovación docente.

La ponencia se concluye con la formulación de unas preguntas acerca del papel de los investigadores en este campo:

¿Cómo debemos acompañar a los docentes en su carrera cotidiana para alcanzar la tecnología?

¿Cómo podemos hacernos cómplices de ellos y no de las autoridades educativas que, con su política de mercado, presionan y tensan los procesos educativos?

¿Cómo ayudar a los profesores en servicio para que no se queden en la trampa de manera permanente?

Idea central de la ponencia

A mi juicio, no hay una idea central de la ponencia, puesto que la misma se centra en una descripción genérica de diversos aspectos de la situación mexicana, con relación a las TIC.

Tres ideas fuertes

Podríamos destacar como principales ideas de la ponencia las siguientes:

- Los importantes cambios estructurales que las TIC provocan en los escenarios educativos.
- El fuerte impacto de las TIC en el quehacer docente del profesor en servicio. La necesidad de reorientación de su papel docente, por la introducción de las TIC
- La conveniencia de ofrecer ayuda al profesor en servicio mediante sistemas como las bases de datos digitales y mediante las aportaciones de los investigadores a la docencia de los profesores.

Tres ideas débiles

- Haber planteado la experiencia de teleeducación en México, como ejemplo de entorno educativo apoyado en las TIC, quizá no haya sido lo más acertado. Mejor hubiera sido, a nuestro juicio, considerar los entornos telemáticos representados por las plataformas de e-Learning, que tanto nivel de penetración en educación están teniendo en los últimos años.
- Al hablar de los modos de introducción de las TIC en el aula que se han producido, no considerar el importante uso que los recursos didácticos virtuales están teniendo en área como la nuestra, como herramientas para la producción de aprendizaje significativo.
- Haber polarizado, en su proyecto, el sentido de la biblioteca digital sobre todo al ámbito de los estudios de creencias de los profesores, con bases de datos muy incipientes, enfocadas a nivel de primeros cursos de primaria.

Tres cuestiones específicas de educación matemática a debatir

Las tres cuestiones que propongo para debate están relacionadas con las tres ideas débiles que he señalado antes.

- ¿Qué papel desempeñan los espacios telemáticos abiertos por las plataformas de e-Learning en la enseñanza de las matemáticas en los diferentes niveles educativos. ¿Qué relación tienen con el Espacio Educativo Superior Europeo, de próxima implantación?
- ¿Qué significado y que importancia pueden tener las bibliotecas virtuales como soportes de información al servicio del profesorado y el alumnado.
- ¿Qué importancia concedemos al uso de recursos didácticos virtuales (applets, virtual manipulatives) en la enseñanza de las matemáticas. ¿Qué valor tienen para la producción de aprendizaje significativo?

Yo adelanto mi opinión en cada uno de estos tres puntos.

Plataformas de e-Learning

En la Unión Europea existe actualmente un proceso importante de renovación en la educación universitaria, centrado en el objetivo de consecución del nuevo Espacio Educativo Superior Europeo.

La creación de ese nuevo espacio lleva aparejada la introducción de nuevos objetivos educativos y nuevos modelos de enseñanza, que implican nuevas herramientas de comunicación didáctica.

Los objetivos de enseñanza se van a centrar en el desarrollo de competencias no sólo específicas de la titulación concreta, sino también de un ámbito más general (capacidad para resolver problemas, para gestionar la información, para diseñar y gestionar proyectos, etc.).

El proceso de enseñanza/aprendizaje que se apunta va a poner el foco principal en el trabajo autónomo de los estudiantes, quienes con la ayuda del profesor serán los artífices de la construcción de sus propios conocimientos.

La función del profesor será orientar a los estudiantes en el proceso de construcción de sus conocimientos: presentando los temas, señalando la forma de abordarlos, aportando información pertinente, enfatizando los aspectos más importantes a asimilar, destacando las aplicaciones más relevantes, promoviendo entornos de aprendizaje; etc.

En nuestra opinión, esa función tutorial sólo se puede materializar con el auxilio de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. En particular los entornos telemáticos que abren las plataformas de e-Learning son especialmente valiosos para esos nuevos sistemas de enseñanza.

Una plataforma de e-Learning es una herramienta telemática que abre una amplia variedad de canales de comunicación virtual, síncrona o asíncrona, entre el profesor y los estudiantes, y de éstos entre sí, complementarios de los sistemas tradicionales: mensajería instantánea, chat, foro, tutoría electrónica, pizarra electrónica, videoconferencia, etc. Estos sistemas comunicación virtual favorecen una interacción más reflexiva entre los diversos agentes del proceso de enseñanza/aprendizaje, posibilitando así la construcción de conocimientos significativos por parte de los sujetos que aprenden.

Es oportuno señalar que el proceso de enseñanza/aprendizaje es un proceso eminentemente social, colaborativo. Y que es como consecuencia de un rico y variado conjunto de interacciones sociales como los sujetos pueden atribuir significados a los elementos conceptuales, procedimentales y actitudinales sobre los que operan los procesos de aprendizaje. Esas interacciones cobran toda su potencia, todo su dinamismo mediante la utilización de sistemas de enseñanza virtual, mediante utilización de plataformas de e-Learning.

Bibliotecas virtuales

En el ámbito del e-Learning, nos parece oportuno resaltar la importancia de las bibliotecas virtuales. Pero no con un sentido de herramientas puntuales de apoyo en un ámbito concreto y específico (como el que apunta la ponencia, en torno al campo de las creencias de los profesores). Nosotros consideramos las bibliotecas virtuales en un sentido fuerte del término, como herramientas de un enorme valor potencial en todos los ámbitos del proceso de enseñanza/aprendizaje.

Los sistemas de biblioteca tradicionales ponen al alcance de los estudiantes un conjunto importante pero limitado de fuentes de información. Las bibliotecas virtuales que empiezan a abrirse ante nosotros van a poner a nuestra disposición una cantidad tal de información que el verdadero problema no será la falta de información, sino el exceso de información. Las bases de datos electrónicas, los libros electrónicos con características interactivas y multimedia, consultables mediante conexión a la red de Internet, abren ante nosotros tantas posibilidades de acceso a la información que sitúan como objetivo educativo fundamental la capacitación para la gestión de la información.

Podemos comentar al respecto que en nuestra universidad estamos impulsando un proyecto de biblioteca virtual con un importante componente tecnológico y editorial, al servicio de la enseñanza virtual. Una biblioteca virtual ligada a nuestra plataforma de enseñanza virtual

Recursos didácticos virtuales

En el proceso de aprendizaje, los recursos didácticos desempeñan un papel esencial. La necesidad de rentabilizar al máximo los recursos escolares hace conveniente la introducción en el aula de recursos didácticos versátiles, que permitan crear una amplia variedad de situaciones didácticas relacionadas con el conjunto de contenidos previstos en la planificación docente.

Nos parece por ello que, al analizar el uso de las TIC en educación, el tema de los recursos didácticos virtuales merece una atención especial.

En lo que sigue nos referiremos con el nombre de ‘recursos didácticos virtuales’ a materiales didácticos virtuales de carácter manipulativo (applets, virtual manipulatives). Es verdad que el término ‘recurso didáctico virtual’ puede tener una acepción más amplia. Pero también puede tener la acepción que le damos, en un plano más cotidiano.

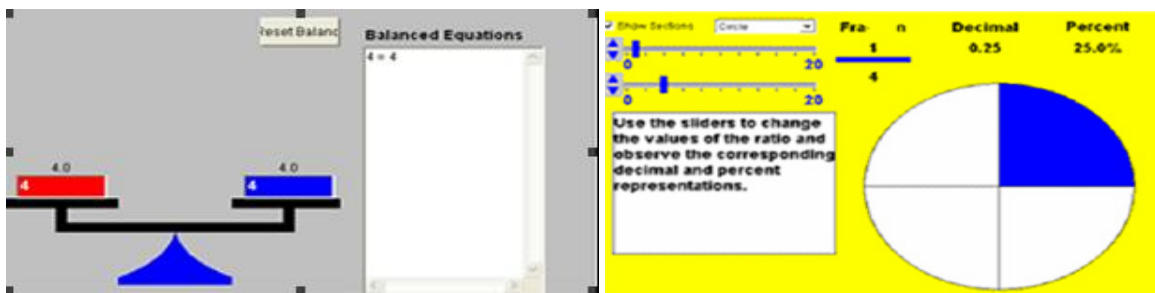
Un libro electrónico puede integrar todo un conjunto amplísimo de recursos educativos de carácter virtual. El libro tradicional puede presentar un determinado recurso y explicar como utilizarlo, pero no puede contener el recurso material en sí mismo (por ejemplo, una balanza, un geoplano o una calculadora). El libro electrónico sí puede integrar el recurso en forma simulada, virtual, transformándolo en un elemento informático de naturaleza similar a la del propio libro electrónico e incorporándolo, así, en el sistema informático que el libro comporta.

Esos recursos didácticos virtuales pueden ser de muy variados tipos. Por ejemplo, un juego de interacciones comerciales, para estudiantes de empresariales. O un laboratorio virtual para estudiantes de química. Aquí nos limitaremos a considerar recursos didácticos virtuales aplicables al área de matemáticas en Primaria y Secundaria. Por ejemplo, ábaco, calculadora, geoplano, graficador de funciones, etc.

Un sitio Web paradigmático, en el ámbito de la educación matemática, es el reservado por el NCTM para alojar un extenso y rico conjunto de recursos didácticos virtuales:

<http://www.illuminations.nctm.org/tools/index.aspx>

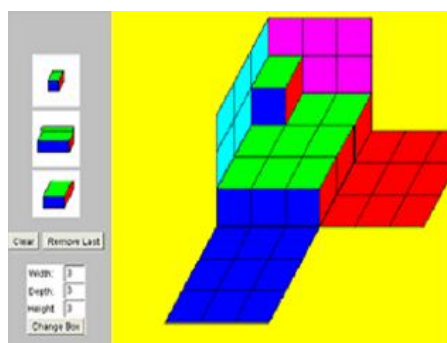
Son recursos tales como:



Balanza Numérica

Fraccionador

Volúmenes de paralelepípedos

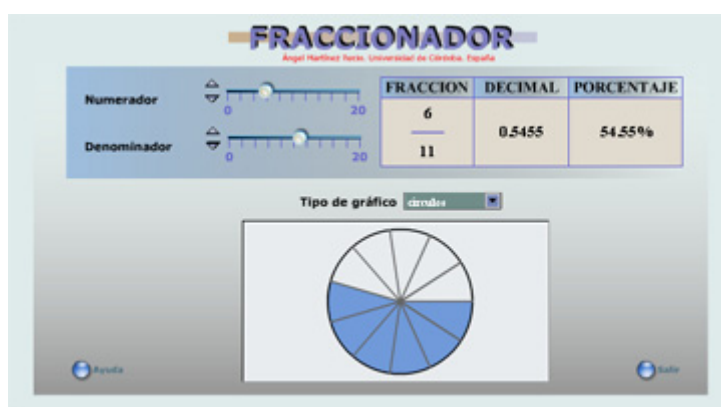


Nosotros hemos desarrollado también varios recursos didácticos virtuales, en esta misma línea de trabajo: Ábaco, Balanza Numérica, Bloques Multibase, Bolas, Calculadora, Dados, Diagrama de Barras, Fraccionador, Geoplano, Herramienta de Dibujo, Geometría de la tortuga, Medida de Superficies, Mosaicos, Regletas, Tangram. Estos recursos se encuentran alojados en la dirección Web:

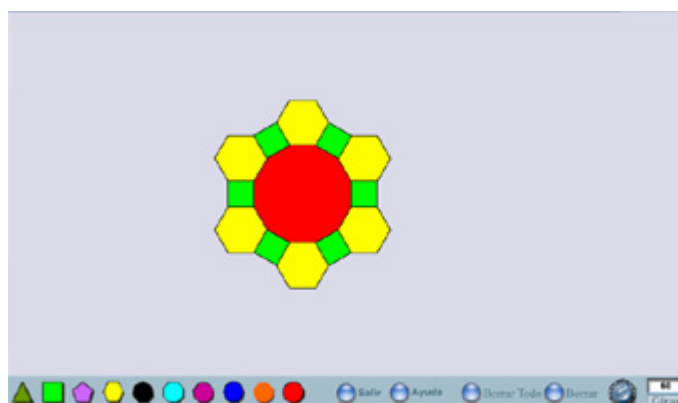
<http://www.uco.es/~ma1marea/Recursos/Recursos.html>



Balanza Numérica



Fraccionador



Mosaicos

Una versión simple de recurso didáctico virtual puede ser la siguiente (puede consultarse en la página del CNICE:

http://descartes.cnice.mecd.es/3_eso/Multiplos_divisores/multiplo.htm)

Los múltiplos de un número.

Los múltiplos de un número natural son los números naturales que resultan de multiplicar ese número por otros números naturales. Decimos que un número es múltiplo de otro si le contiene un número entero de veces.

Múltiplos **5** No múltiplos

Busca los números de abajo que sean múltiplos del número de arriba y colócalos en el rectángulo de la izquierda. En el rectángulo de la derecha coloca los números que no sean sus múltiplos.

Para ello puedes hacer la división mentalmente o valerte de los criterios de divisibilidad.

- El número 0 solamente tiene un múltiplo, que es el 0. Los demás números naturales tienen infinito número de múltiplos. El número 0 es múltiplo de todos los números.
- Todos los números son múltiplos de 1.
- Los múltiplos de 2 terminan en 0, 2, 4, 6, 8.
- En los múltiplos de 3, la suma de los valores de sus cifras es también múltiplo de 3.
- Los múltiplos de 5 terminan en 0, o en 5.
- Los múltiplos de 6 terminan en 0, 2, 4, 6, 8 y la suma de los valores de sus cifras es múltiplo de 3.
- En los múltiplos de 9, la suma de los valores de sus cifras es múltiplo de 9.

74 6 39 19 51 14
40 58 82 62 1 74

inicio

Donde el alumno simplemente tiene que arrastrar los números a uno de los rectángulos de la figura y podrá comprobar inmediatamente si la respuesta que aporta es o no correcta, teniendo información escrita para analizar, en su caso, la causa de su error.

Múltiplos **5** No múltiplos

Busca los números de abajo que sean múltiplos del número de arriba y colócalos en el rectángulo de la izquierda. En el rectángulo de la derecha coloca los números que no sean sus múltiplos.

Para ello puedes hacer la división mentalmente o valerte de los criterios de divisibilidad.

- El número 0 solamente tiene un múltiplo, que es el 0. Los demás números naturales tienen infinito número de múltiplos. El número 0 es múltiplo de todos los números.
- Todos los números son múltiplos de 1.
- Los múltiplos de 2 terminan en 0, 2, 4, 6, 8.
- En los múltiplos de 3, la suma de los valores de sus cifras es también múltiplo de 3.
- Los múltiplos de 5 terminan en 0, o en 5.
- Los múltiplos de 6 terminan en 0, 2, 4, 6, 8 y la suma de los valores de sus cifras es múltiplo de 3.
- En los múltiplos de 9, la suma de los valores de sus cifras es múltiplo de 9.

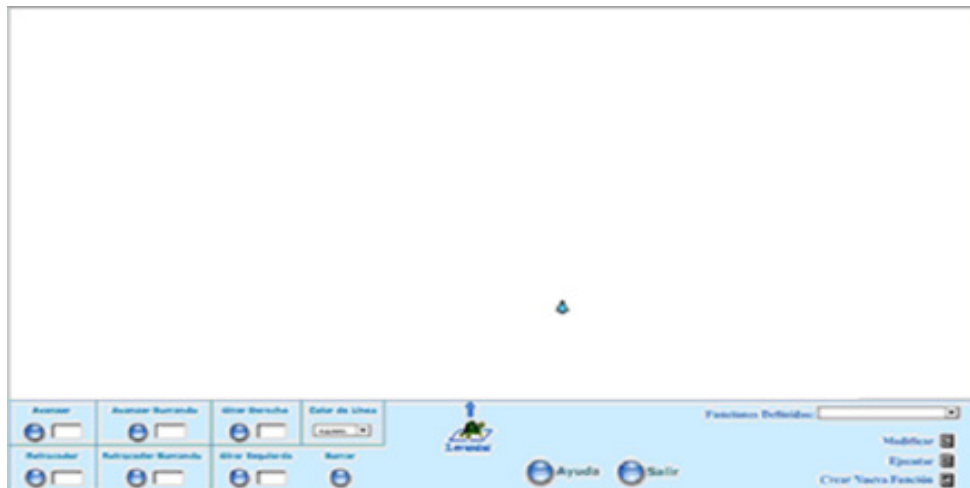
40

14 6 74
19 7 58 39
82 1 62 51

CORRECTO

inicio

Una versión más compleja puede ser la siguiente, correspondiente a nuestra implementación elemental del clásico programa *logo*, de “geometría de la tortuga”:



Este recurso puede ser utilizado para dibujar polígonos regulares. Por ejemplo, el cuadrado puede resultar combinando 4 veces las instrucciones “Avanzar 100” y “Girar Derecha 90” (pues el ángulo del cuadrado es de 90°):



Pero si intentamos dibujar el triángulo equilátero, cuyos ángulos son de 60° , y utilizamos tres veces las instrucciones “Avanzar 100” y “Girar Derecha 60”, nos encontramos con el siguiente dibujo, correspondiente al recorrido efectuado por la tortuga:



Si reflexionamos, podemos darnos cuenta que al avanzar la tortuga, el ángulo de giro corresponderá al ángulo exterior del polígono, razón por la que tendríamos que girar un ángulo de 120° si quisiéramos obtener el triángulo equilátero:



Significado cognitivo de los recursos didácticos virtuales

Un recurso didáctico virtual es, de acuerdo con Moyer, Bolyard, y Spikell (2002), una representación visual, interactiva, en soporte Web, de un objeto dinámico, que presenta oportunidades para construir conocimiento matemático. Esta definición puede valerlos en un primer acercamiento a este tipo de recursos. En todo caso, nosotros sustituiríamos el término “visual” por el término “multimedia” (es decir, pudiendo incluir animaciones, vídeo, audio, etc.), por dar a esta definición un significado más rico, más ajustado a nuestra propia interpretación de su ámbito de aplicaciones.

En esta misma línea, Heddens (2003) considera los recursos didácticos virtuales como simulaciones electrónicas de modelos materiales que ayudan a los alumnos a comprender mejor los objetos matemáticos.

La principal utilidad de los recursos didácticos virtuales, bajo esta interpretación, es la posibilidad que brindan de un acercamiento intuitivo a los objetos matemáticos, a partir de la manipulación simulada de un modelo material relacionado con el objeto matemático en cuestión. Manipulación que facilita la transición desde el plano de lo concreto, de lo empírico al plano de la abstracción matemática.

En esta interpretación, la utilidad del recurso didáctico virtual es similar a la del recurso didáctico material que simula, con las ventajas derivadas de su bajo coste económico y, quizá, de su mayor sencillez de uso. Una ventaja añadida es que el recurso virtual, por su mismo carácter de simulación visual, introduce un primer nivel de abstracción respecto al recurso didáctico material que simula.

Sin embargo no es esa apoyatura en la realidad empírica, en la manipulación de lo concreto lo que constituye, en nuestra opinión, la esencia del recurso didáctico virtual. Para nosotros, su valor fundamental reside en la capacidad que tiene para inducir la abstracción reflexiva sobre los objetos matemáticos con los que, a través del recurso, el sujeto interactúa.

Como señala Clements (1999), lo concreto no necesariamente coincide con lo empírico, con los objetos físicos. Por ejemplo, los números naturales, que pueden aparecer inicialmente para los alumnos como objetos abstractos (a los que se acercan desde la manipulación de objetos y situaciones materiales concretas), posteriormente se transforman en símbolos que, a pesar de su carácter abstracto, llegan a resultar concretos para los alumnos (el alumno puede comprobar la propiedad conmutativa de la suma actuando directamente sobre los propios números, sin necesidad de apoyarlos sobre objetos o situaciones materiales).

El recurso múltiplos y divisores (antes presentado) puede ser un ejemplo de recurso didáctico virtual que no simula un recurso didáctico material, sino que constituye un recurso con sentido propio en el ámbito virtual, aportando una forma lúdica de trabajar la noción de múltiplo. En el recurso, los números aparecen como objetos simbólicos sobre los se puede actuar, como si fueran objetos materiales (desplazándolos de una zona a otras, accionando mensajes de advertencia al desplazar los números a una zona, etc.). El valor del recurso no reside aquí en su capacidad para inducir pensamiento abstracto por manipulación de un sistema material simulado, sino en el entorno lúdico que crea para realizar operaciones estrictamente matemáticas.

Como indica Clements (1999), el carácter físico de un recurso didáctico no conduce al significado de la idea matemática. Los estudiantes pueden requerir inicialmente un material concreto para construir significados, pero posteriormente deben *reflexionar sobre las acciones* que hacen con los recursos y, con ayuda del profesor, crear representaciones crecientemente sofisticadas para sustentar sus ideas matemáticas. Es una abstracción reflexiva, usando la terminología de Piaget (1980), que no deriva directamente, mediante la percepción, de la acción manipulativa sobre el objeto, sino que resulta de la reflexión que se hace sobre las acciones que se ejercen sobre el objeto.

Es esa reflexión sobre las acciones, que con su ayuda se hacen, la que da auténtico valor al recurso didáctico virtual. De acuerdo con Dörfler (1991), en los procesos de reflexión abstractiva, la atención se centra sobre algunas relaciones que se ponen de relieve entre los objetos y situaciones soportes de la acción, durante el proceso de acción/reflexión. Estas relaciones demuestran ser estables cuando se repiten. Son *invariantes* de la acción.

Esos invariantes necesitan una cierta descripción simbólica. Los símbolos utilizados empiezan a sustituir gradualmente a los objetos de las acciones, llegando a hacerse finalmente objetos independientes de dichas acciones, manifestándose como objetos meramente simbólicos que obtienen su significación y sentido de las reglas que “gobiernan” dichas acciones (por ejemplo, los números naturales aparecen finalmente como objetos que se pueden definir y operar de acuerdo con las reglas de un sistema simbólico, axiomático, sin necesidad de pensar en las situaciones físicas en las que se puede apoyar inicialmente su construcción: regletas Cuisenaire, ábaco, etc.).

Los ejemplos analizados en el apartado anterior, utilizando nuestra herramienta “logo”, nos permiten apreciar esa característica de los recursos didácticos virtuales que les hace aparecer como instrumentos favorecedores de la abstracción reflexiva: su carácter dinámico, interactivo, que permite al alumno plantear y recorrer diferentes direcciones de trabajo, experimentar conjeturas, probar distintas hipótesis en relación al problema que le ocupa, anticipar resultados, etc.

La elaboración de hipótesis, la posibilidad de anticipar mentalmente los resultados de las acciones nos sitúan en un escenario simbólico, donde el objeto es sustituido por su representación mental (o por su expresión simbólica), sobre la que se ensayan acciones también mentales, operaciones matemáticas.

Este carácter de los recursos virtuales, como herramientas favorecedoras de la abstracción reflexiva, enlaza bien con la consideración, que prevalece hoy en la mayoría de las propuestas curriculares relativas a los procesos de aprendizaje matemático, que entienden esencialmente como procesos de razonamiento.

Hay que tener en cuenta que, como recuerda Batista (1999), la matemática es primero y ante todo una forma de razonamiento.

El currículo tradicional ha puesto un énfasis especial sobre los procedimientos, sobre los algoritmos. En las propuestas curriculares actuales para la educación matemática se presta, en cambio, una atención creciente a los procesos de razonamiento matemático y de resolución de problemas. Se espera de los estudiantes que sean capaces de aplicar variadas estrategias y líneas de razonamiento en diferentes situaciones.

Utilización de los recursos didácticos virtuales

Por muy ricas que sean las posibilidades didácticas que ofrece un recurso didáctico, no se puede esperar que dicho recurso agote el conjunto de expresiones posibles, que en el marco de la realidad exterior, puede presentar un objeto matemático dado. Si se tiene en cuenta que el significado de un objeto es la enciclopedia de usos del término que denota al objeto, es necesario experimentar con diversos recursos y situaciones didácticas para poder alcanzar un aprendizaje significativo del mismo.

Hay que tener presente que, para nosotros -Martínez Recio (2000)-, los objetos matemáticos son objetos complejos que integran notaciones, elementos conceptuales y fenomenologías. Las fenomenologías de un objeto matemático son situaciones y problemas de tipo matemático, que corresponden a situaciones y fenómenos de la realidad exterior a dicho objeto, en las que dicho objeto se pone de manifiesto. Y que entre los elementos fenomenológicos y los elementos conceptuales existe una relación que expresa la vinculación de lo particular con lo general, de lo concreto con lo abstracto. La paulatina exploración de diferentes fenomenologías correspondiente a un mismo objeto matemático, permite ir construyendo los diferentes elementos conceptuales que dicho objeto matemático comporta.

Habitualmente, un recurso didáctico se corresponde con un marco fenomenológico determinado, que no agota el conjunto de expresiones didácticas del objeto matemático en cuestión. Por ejemplo, las regletas Cuisenaire nos introducen en el marco fenomenológico del número natural como expresión de la longitud. Las calculadoras nos introducen en un ámbito numérico más estrictamente simbólico. Ambos recursos deben ser combinados, junto a otros varios, para permitir una construcción crecientemente enriquecida de la noción de número.

Por lo demás, los conceptos matemáticos, según Vergnaud (1990), aparecen interrelacionados, conformando campos conceptuales. De manera que la comprensión de un concepto implica el conocimiento de las interrelaciones de dicho concepto con otros elementos de su propio campo conceptual. Lo que aconseja un uso de los recursos didácticos ligados a campos conceptuales.

Como ejemplo, en la dirección Web <http://www.uco.es/~malmare/a/Aritmetica/Divisibilidad/Divisibilidad0.html> puede observarse una posible forma de trabajar los objetos matemáticos correspondientes a un determinado campo conceptual –la divisibilidad-, apoyada en la utilización de recursos didácticos virtuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clements, D. (1999). “Concrete” manipulatives, concrete ideas.
http://www.gse.buffalo.edu/org/buildingblocks/NewsLetters/Concrete_Yelland.htm
- Dörfler, W. (1991). Forms and means of generalization in mathematics. En A. J. Bishop et al. (Eds.): *Mathematical Knowledge: Its Growth Through Teaching* (pp. 63-85). Dordrecht: Kluwer, A. P.
- Heddens, J. (2003). Improving Mathematics Teaching by Using Manipulatives.
<http://www.fed.cuhk.edu.hk/~flee/mathfor/edumath/9706/13hedden.html>
- Martínez Recio, A. (2000). Una aproximación epistemológica a la enseñanza y el aprendizaje de la demostración matemática. Córdoba: Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba.
- Moyer, P., Bolyard, J. y Spikell, M. (2002), What are virtual manipulatives.
http://my.nctm.org/eresources/view_media.asp?article_id=1902
- Piaget, J. y García, R. (1984). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI Editores.
- Vergnaud, G. (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. En P. Nesher and J. Kilpatrick (Eds.): *Mathematics and Cognition: A Research Synthesis by the International Group for the PME* (pp. 14-30). Cambridge: Cambridge University Press.