



Influencia de las Nuevas Tecnologías en la Evolución del Aprendizaje y las Actitudes Matemáticas de Estudiantes de Secundaria

María del Mar García López

Isabel María Romero Albaladejo

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales,
Universidad de Almería, Almería

María del Mar García López: Edificio Departamental de Humanidades y Ciencias de la Educación I. Ctra. de Sacramento, s/n. 04120 La Cañada de San Urbano, Almería. España. E-mail: imromero@ual.es

© Education & Psychology I+D+i and Editorial EOS (Spain)

Resumen

El presente artículo es parte de un estudio realizado con estudiantes de Educación Secundaria en el aula de matemáticas. El interés de nuestra investigación radica en conocer la influencia del uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) en las actitudes y el aprendizaje de las matemáticas que nuestro alumnado pone de manifiesto cuando trabaja la resolución de problemas contextualizados. Se trata de un trabajo colaborativo entre una profesora de Secundaria y otra de Universidad, siguiendo un esquema de investigación-acción. La triangulación de los datos recogidos con distintos instrumentos revela que el uso de las TIC en el aula ha contribuido a mejorar las actitudes y el aprendizaje numérico de un gran porcentaje de los estudiantes que participaron en la experiencia.

Palabras Clave: TIC, matemáticas, actitudes, aprendizaje, competencias, educación secundaria.

Recibido: 29/11/08 *Aceptación inicial:* 29/11/08 *Aceptación final:* 02/02/09

Abstract

The present article is part of a study carried out with Secondary School students in the Mathematics class. The interest of our research lies in exploring the influence of the use of ICT (Information and Communication Technology) in students' attitudes and learning of mathematics, when solving contextualized problems. This is a collaborative work between a Secondary School teacher and a University professor, following an action-research methodology. The triangulation of the data collected by means of different instruments reveals that the use of ICT in the classroom has helped to improve the attitudes and the numerical learning of a large percentage of the students who participated in the experiment.

Keywords: ICT, mathematics, attitudes, learning, competences, secondary education.

Received: 11/29/08 *Initial Acceptance:* 11/29/08 *Final Acceptance:* 02/02/09

Introduction

Este artículo presenta algunos resultados de una investigación en el aula sobre la influencia del uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para trabajar contenidos numéricos. Dicha investigación ha sido realizada por una profesora de Educación Secundaria, en colaboración con una profesora de la Universidad de Almería. El origen de la misma fue la preocupación de la profesora de Secundaria por la falta de motivación del alumnado por aprender los contenidos matemáticos que la escuela les brinda, así como su interés en indagar de forma sistemática el modo de superar estas deficiencias actitudinales y lograr un mayor aprendizaje de sus alumnas y alumnos. El hecho de que la profesora trabajara en un centro TIC propició la incorporación de estas tecnologías para contribuir a lograr el propósito inicial.

De este modo, nuestro trabajo giró en torno a dos grandes incógnitas: ¿Pueden las TIC mejorar el aprendizaje matemático del alumnado? ¿Y las actitudes relacionadas con las matemáticas? También intentamos averiguar si existe relación de dependencia entre mejora actitudinal-mejora cognitiva.

Partiendo de los focos de interés mencionados, explicitaremos a continuación los antecedentes y el marco teórico que tuvimos en cuenta para nuestra investigación. Seguidamente, describiremos la metodología que seguimos y en qué consistió cada una de las fases del trabajo (Planificación, Acción, Observación y Reflexión). Concluiremos exponiendo las mejoras que se produjeron tanto en el aprendizaje numérico como en las actitudes, en un gran porcentaje de los estudiantes.

Antecedentes y objetivos de la investigación

En las últimas décadas, y sobre todo en los últimos años, son muchos los docentes e investigadores que han estudiado la utilidad de las TIC en matemáticas. Así podemos citar a modo de ejemplo: Complejidad de las matemáticas escolares y diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje con tecnología (Gómez, 2005), On the use of de computational tools to promote students' mathematical thinking (Santos-Trigo, 2006), La formación TIC del profesorado de matemáticas de los centros públicos de secundaria (Santandreu y Gisbert, 2005).

Según autores como Cabero (1999b); Beltrán (2001); Kennedy, Odell y Klett (2001), el uso de las TIC en la enseñanza presenta una serie de ventajas, en comparación con los antiguos recursos educativos llevados al aula:

- ▶ *Flexibilidad instruccional*, facilitan ritmos de aprendizaje distintos.
- ▶ *Complementariedad de códigos*, permiten al estudiante recibir la información desde distintos canales sensoriales.
- ▶ *Aumento de la motivación*, acompañado de una mayor implicación en su proceso de aprendizaje.
- ▶ *Actividades colaborativas y cooperativas*, se produce una mayor interacción verbal y participación en los trabajos, que potencia las relaciones sociales.

Nos planteamos comprobar si estas ventajas atribuidas a las TIC se ponían de manifiesto al trabajar contenidos matemáticos, puesto que respondían a nuestros objetivos iniciales de lograr un aumento de la motivación que repercutiese en una mejora cognitiva y actitudinal en nuestra área.

Por lo que respecta al material didáctico que puede desarrollarse con las TIC, éste puede estar encapsulado bien en un soporte físico informático (disquetes, zip, CD-ROM, DVD...) o bien difundirse por medio de una red (Internet, Intranets...). Una de las utilidades de Internet en el campo educativo es la posibilidad de crear *Plataformas de Gestión del Conocimiento*, para facilitar la producción y asimilación del conocimiento. Nuestra investigación requirió del uso de una de estas plataformas: la plataforma Moodle. Moodle es una plataforma virtual interactiva, en la que los profesores podemos editar nuestros contenidos y estructurarlos en todo momento, así como gestionar la agenda y el sistema de avisos para acontecimientos y convocatorias; además permite que los estudiantes suban archivos con sus ejercicios, y calificarlos sí así se desea. En nuestro caso, Moodle nos sirvió de soporte donde ubicar los materiales y actividades diseñadas para trabajar los contenidos de matemáticas seleccionados a través de las TIC y posteriormente recoger información aportada por los estudiantes, permitiéndoles el acceso no sólo durante las sesiones de clase sino también desde sus hogares.

Por otro lado, son cada vez más los materiales educativos que podemos encontrar en la web y que pertenecen a lo que se ha denominado *Software Libre*, por ser gratuito para cualquier usuario. Para este trabajo nos centramos en la consulta de páginas web (interactivas o no) sobre contenidos matemáticos, elaboradas en su mayoría por otros docentes, así como en

el uso del programa matemático Open Office Calc, dada la sencillez de manejo de esta hoja de cálculo.

En referencia a los dos interrogantes principales de nuestra investigación, a la hora de abordar el primero: ¿Pueden las TIC mejorar el aprendizaje matemático del alumnado?, optamos por situarnos en el marco del Proyecto OCDE/PISA (2003). En dicho estudio, el foco principal de atención sobre el aprendizaje matemático pasa a ser la “alfabetización matemática” definida como “las capacidades de los estudiantes para analizar, razonar y comunicar eficazmente cuando identifican, formulan y resuelven problemas matemáticos en una variedad de dominios y situaciones, además de no sólo usar las matemáticas para resolver problemas sino también comunicar, valorar, apreciar y disfrutar con las matemáticas”. Esta concepción va en detrimento del conocimiento matemático y las destrezas tal como están definidos en el currículo tradicional de matemáticas. Desde esta perspectiva, “el énfasis se pone en el conocimiento matemático puesto en funcionamiento en una multitud de contextos diferentes, por motivos reflexivos, variados y basados en la intuición personal, es decir, en las capacidades personales” (Rico, 2005b).

Dentro de la mencionada línea, y con objeto de aproximarnos a los intereses del alumnado, decidimos introducir nociones y conceptos matemáticos a partir de la resolución de problemas contextualizados, que los estudiantes resolverían trabajando con TIC. A través de la resolución de problemas, pretendíamos evaluar la mejora del aprendizaje matemático del alumnado, asumiendo que éste está caracterizado, organizado y basado en una serie de competencias matemáticas básicas. Entendemos por dichas competencias: “los procesos que deben activarse para conectar el mundo real, donde surgen los problemas, con las matemáticas y resolver entonces la cuestión planteada, lo cual permite concretar el significado general mediante diversos tipos de capacidades de análisis, razonamiento y comunicación que los estudiantes ponen en juego cuando resuelven problemas matemáticos en una variedad de dominios y situaciones” (OCDE, 2004b). Coincidimos con Lupiáñez y Rico (2006) en que “el término competencia alude a los modos en que los escolares actúan cuando hacen matemáticas y se enfrentan a problemas”.

Las competencias matemáticas seleccionadas por la OCDE para los Informes PISA y que adoptamos en nuestra investigación son: Resolver problemas, Usar herramientas y recursos, Comunicar, Modelar, Representar, Pensar y Razonar, Argumentar y Uso del lenguaje

simbólico, formal y técnico y las operaciones. Cada una de estas competencias puede dominarse a distintos niveles. Así, el citado proyecto describe los siguientes niveles de complejidad a partir de los tipos de requisitos cognitivos necesarios para resolver diferentes problemas matemáticos:

Tabla 1. Niveles de complejidad o grupos de competencias.

Primer Nivel: Grupo de Reproducción

Los estudiantes pueden resolver cuestiones que impliquen contextos simples o familiares donde toda la información relevante está claramente definida. Pueden hacer una interpretación bastante limitada de la situación y hacer uso de un único modo de representación. Son capaces de hacer aplicaciones directas de conocimientos matemáticos ya estudiados así como interpretaciones literales de los resultados.

Segundo Nivel: Grupo de Conexión

Los estudiantes pueden trabajar efectivamente con situaciones relativamente desconocidas. Pueden interpretar y seleccionar e integrar diferentes representaciones, uniéndolas directamente a situaciones de la vida real; aplicar estrategias simples para la resolución de problemas; usar cadenas de razonamientos o secuencias de cálculos así como expresar brevemente sus interpretaciones, resultados y razonamientos.

Tercer Nivel: Grupo de Reflexión

Los estudiantes pueden trabajar con situaciones desconocidas que requieren reflexión y creatividad. Pueden seleccionar, comparar, evaluar estrategias apropiadas para la resolución del problema así como diseñar nuevas y útiles estrategias; poseen alto nivel de interpretación; son capaces de unir diferentes clases de informaciones y representaciones y moverse flexiblemente entre ellas. Además, comunican sus acciones y reflexiones según sus propios hallazgos, interpretaciones y argumentaciones.

Estas competencias y niveles son comunes para las distintas líneas principales del currículo de matemáticas: Cantidad, Espacio y forma, Cambio y relaciones e Incertidumbre. Dado que los contenidos trabajados con los estudiantes pertenecían al ámbito numérico y funcional (Cantidad y Cambio y relaciones), concretaremos la noción de competencia en estos casos. Así, según el informe PISA, una persona competente numéricamente es aquella que manifiesta sentido numérico, comprensión del significado de las operaciones, sentido de la magnitud de los números, y a su vez es capaz de realizar cálculos elegantes, cálculo mental y

estimaciones. A su vez, una persona es competente o muestra un adecuado pensamiento funcional cuando es capaz de reconocer y comprender las relaciones y los tipos de cambio fundamentales (funciones lineales, exponenciales, periódicas o logarítmicas), así como pasar de una a otra de sus representaciones visuales: numéricamente (en una tabla), simbólicamente o gráficamente.

Por lo que respecta al segundo de los interrogantes principales: ¿Pueden las TIC mejorar las actitudes relacionadas con las matemáticas de nuestros estudiantes?, adoptamos como marco teórico de referencia los trabajos de Gómez-Chacón (1998, 2002 y 2005). Coincidimos con dicha autora en que “la importancia y la insistencia dada al tema de las actitudes en educación matemática es, hoy en día, asumida y aceptada por el profesorado cada vez más dispuesto a reconocerlas como elementos de indiscutible valor e interés en el proceso de enseñanza-aprendizaje”.

Siguiendo a Gómez-Chacón y otros autores, dentro del área de matemáticas podemos distinguir dos grandes categorías: Actitudes hacia la matemática y Actitudes matemáticas. (Callejo, 1994; Gómez-Chacón, 2000a; Hernández y Gómez Chacón, 1997; NTCM, 1991). Las actitudes hacia la matemática se refieren a la valoración y el aprecio de esta disciplina y al interés por esta materia y por su aprendizaje, y subrayan más la componente afectiva que la cognitiva; aquella que se manifiesta en términos de interés, satisfacción, curiosidad, valoración, etc. También hacen referencia a la componente comportamental o de implicación, al autoconcepto y la componente de creencia del entorno. Las actitudes matemáticas, por el contrario, tienen un carácter marcadamente cognitivo y se refieren al modo de utilizar capacidades generales como la flexibilidad del pensamiento, la apertura mental, el espíritu crítico, la objetividad, la perseverancia, la precisión, la creatividad, etc. que son importantes en el trabajo en matemáticas.

Nuestra intuición como docentes nos llevó a pensar que las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y las actitudes matemáticas, podían influir o estar relacionadas con el rendimiento de los alumnos y alumnas en dicha materia, relación abordada y confirmada en los estudios de Ramírez (2005) con estudiantes de primaria y de Akey (2006) para el caso de estudiantes de secundaria, por citar algunos ejemplos. Por ello, creímos interesante estudiar si el hecho de introducir nuevos recursos tecnológicos y estrategias metodológicas en aula, pro-

duciría una mejora de las actitudes relacionadas con las matemáticas de nuestros estudiantes que, a su vez, mejorase su rendimiento en nuestra asignatura.

Método

Debido a la condición de una de las investigadoras como profesora de secundaria en ejercicio, optamos por una metodología de Investigación-Acción (I-A), pues consideramos que la investigación hecha por los profesores es muy importante, tanto para su desarrollo profesional, como para la generación de conocimiento a partir de escenarios reales, que puede ser de utilidad para otros profesionales de la educación. Por otra parte, también nos pareció adecuado el hecho de trabajar en colaboración con la Universidad, actuando de nexo entre la teoría y la práctica educativa.

El esquema de las experiencias de I-A responde, según Kemmis (1992), a la estructura de una espiral cíclica formada por ciclos de investigación compuestos cada uno de ellos por cuatro fases: Planificación, Acción, Observación y Reflexión. La investigación se desarrolló en dos ciclos, en los que seguimos las cuatro fases del esquema de Kemmis mencionadas. El ciclo 1 lo consideramos como un estudio piloto para comprobar la bondad de los instrumentos diseñados, así como la adecuación de las actividades planteadas y transcurrió durante el curso 2004-05. El ciclo 2, que incorporaba los cambios y novedades que estimamos oportunas tras la revisión del ciclo 1, se desarrolló durante el curso 2005-06, y es el que describimos en esta ocasión.

Fase de planificación

Este proyecto fue llevado a la práctica en un Instituto de Educación Secundaria de la provincia de Almería, categorizado como centro TIC, que cuenta con equipos informáticos en todas o casi todas las aulas con conexión a Internet, de modo que cada pareja de estudiantes tiene asignado un ordenador para su uso durante la jornada escolar. La siguiente tabla refleja la muestra de cursos y estudiantes seleccionados para la experiencia definitiva:

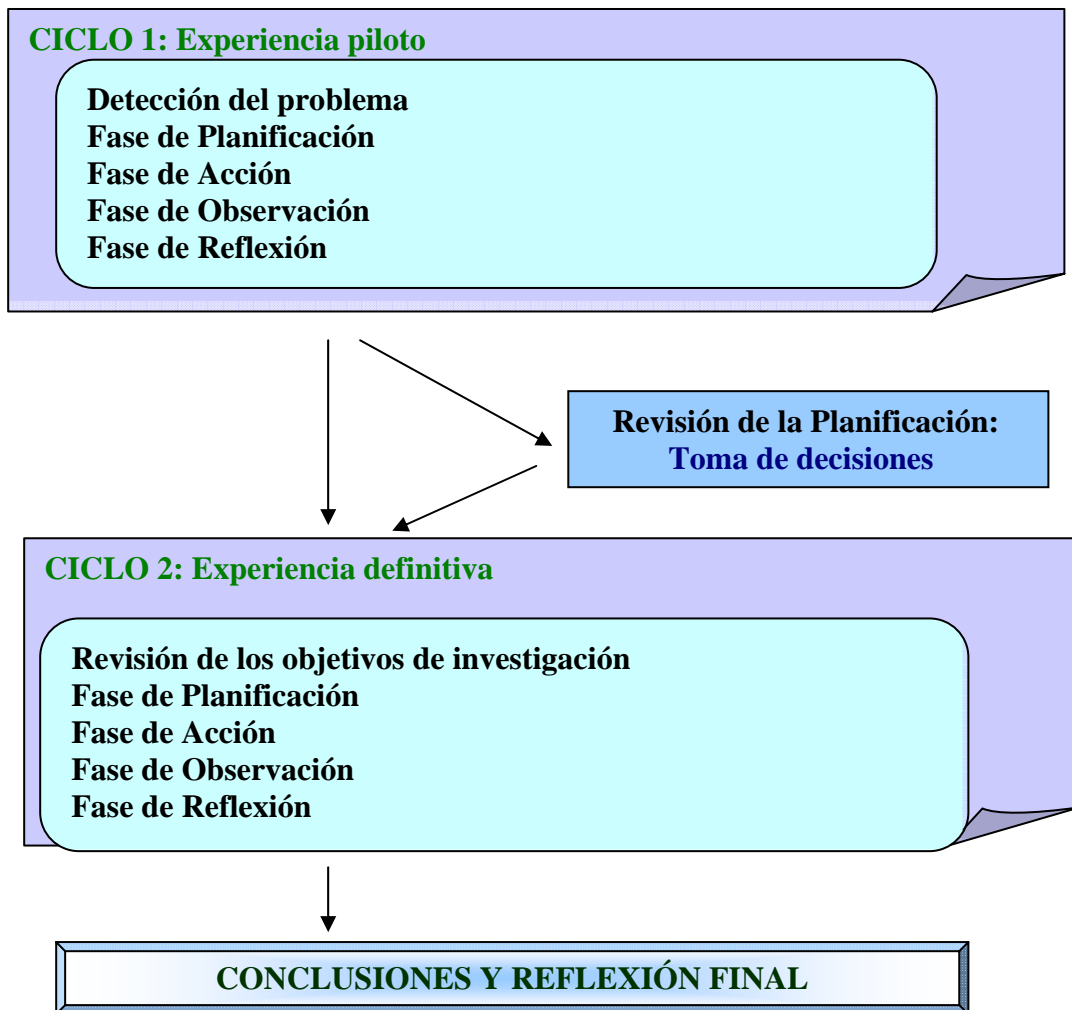


Figura 1. Ciclos de la investigación

Tabla 2. Muestra de cursos y estudiantes.

	Asignatura	Número de estudiantes
3º ESO B	Matemáticas	24
3º ESO C	Matemáticas	17
4º ESO	Matemáticas Opción B	16
1º Bachillerato	Matemáticas I	22

Los estudiantes no habían usado previamente las TIC como recurso para introducir y trabajar contenidos matemáticos, sino que estaban acostumbrados a recibir las explicaciones

previas de la profesora en la pizarra, antes de trabajar individualmente la resolución de ejercicios, usando el libro de texto como único recurso en el aula.

Debido a que pretendíamos explorar la influencia de las herramientas TIC en el aprendizaje de contenidos matemáticos, diseñamos actividades para realizar con TIC (en adelante, actividades TIC) y otras para realizar con “Lápiz y Papel” (en adelante, LP). Para que la comparación fuese posible, y nos aportara la información que buscábamos, tuvimos especial cuidado en que la única diferencia entre los dos tipos de actividades fuese el uso de las tecnologías. Por lo demás, ambos tipos de actividades respondían a un mismo esquema:

- Planteamos a los estudiantes problemas de la vida cotidiana (que llamamos Proyectos), como modo de hacer patente la importancia de las matemáticas en la vida diaria.
- Los proyectos fueron realizados por los estudiantes de modo colaborativo y autónomo. De este modo, esperábamos favorecer la comunicación entre el alumnado y lograr que descubriesen por sí mismos los contenidos matemáticos necesarios para la resolución de los problemas planteados.
- El papel de la profesora fue el de orientadora, guía y mediadora del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Tras la realización de cada proyecto por parte de los estudiantes, se realizaba una puesta en común en la que distintos grupos exponían las diferentes estrategias de resolución seguidas y eran discutidas por el grupo-clase.
- Las distintas cuestiones o actividades contenidas en los proyectos fueron clasificadas según los 3 niveles de complejidad enunciados por PISA, que expusimos en la tabla 2.1. El nivel de competencia otorgado a cada cuestión fue consensuado por distintos expertos, teniendo presente en cada caso el curso al que iba dirigida. Tratamos de que hubiese homogeneidad entre el número de proyectos y cuestiones para trabajar con TIC y con LP de cada nivel en cada curso, aumentando progresivamente el número de actividades de nivel 3 desde 3º de ESO a 1º de Bachillerato, dada la madurez cognitiva de los estudiantes de esas edades.

Diseñamos también una relación de ejercicios sobre los contenidos trabajados con TIC y con LP para cada grupo, para que los estudiantes trabajasen en casa, aunque en la Fase de Observación nos centramos en los Proyectos trabajados en el aula con TIC y con LP para extraer nuestros resultados.

Las actividades de LP de todos los grupos nos ayudaron a introducir los contenidos de funciones y a reforzar contenidos numéricos que, en cada caso respondían al currículum del nivel educativo correspondiente. Algunas de estas actividades fueron seleccionadas del proyecto PISA/OCDE y la gran mayoría las extrajimos del libro del Shell Centre for Mathematical Education: “El lenguaje de funciones y gráficas” (1990). Aunque con distintos niveles de profundización, las actividades sobre funciones trabajaban contenidos matemáticos como: descripción e interpretación de enunciados y gráficas analizando su significado, reconocimiento de las principales características de las funciones, aplicación de la teoría de funciones a la resolución de problemas de la vida cotidiana, simulación y modelización de fenómenos reales mediante funciones. Un ejemplo de tales actividades puede verse en el cuadro 1.

Las actividades TIC nos ayudaron a introducir distintos contenidos para cada curso:

- 3º ESO: Se trabajó sobre todo interpretación de gráficos estadísticos, obtención de parámetros estadísticos, significado de los mismos y su aplicación a la interpretación de la variación de un conjunto de datos.
- 4º ESO: Estudiamos contenidos de Trigonometría: reconocimiento y cálculo de razones trigonométricas, resolución de triángulos rectángulos, aplicaciones de la trigonometría a la vida real.
- 1º de Bachillerato Tecnológico y de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud: Seleccionamos contenidos de Estadística y Probabilidad. Trabajamos fundamentalmente los mismos contenidos que para 3º de ESO aunque más profundamente, y otros contenidos sobre Probabilidad como cálculo de probabilidades en sucesos elementales y compuestos, probabilidad condicionada, y aplicaciones de estos contenidos a situaciones problemáticas reales.

Para organizar las actividades TIC usamos la plataforma Moodle, que nos permitió mantener comunicación de muy diversos modos (foros, chats, correos electrónicos, buzones de sugerencias) con nuestros estudiantes, ubicar los proyectos diseñados y proporcionarles enlaces con ayudas o información que preveíamos algunos estudiantes podrían necesitar en ciertos proyectos. Las actividades diseñadas para trabajar con TIC exigían mayoritariamente búsqueda de información por Internet, pues muchos de los problemas requerían para su resolución del manejo de contenidos desconocidos para los estudiantes, y también del manejo de algunos programas de software libre como hojas de cálculo (Open Office) para resolver problemas

estadísticos o numéricos. Algunas de las actividades TIC sobre los contenidos trabajados en 4º de ESO se presentan en el cuadro 2.

Proyecto 1.- Fechando el carbono:

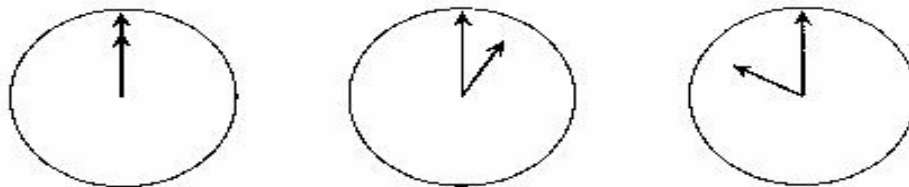
Esta es una técnica para descubrir la antigüedad de un objeto antiguo (como un hueso, un mueble, una tabla), midiendo la cantidad de Carbono 14 que contiene. Mientras están vivos, los animales y plantas tienen una cantidad constante de Carbono 14, pero cuando mueren disminuye por la radiactividad. La cantidad de Carbono 14 en un objeto t miles de años después de muerto viene dada por la fórmula: $a = 15,3 \cdot 0,886^t$ (La cantidad “ a ” mide la velocidad de desintegración de átomos de Carbono 14 y se mide en “desintegraciones por minuto por gramo de carbón [dmg]”).

1. Imagina que tienes dos muestras de madera. Una está cogida de un árbol reciente y la otra de una muestra de carbón de leña hallado en Stonehenge y que tiene 4000 años. ¿Cuánto Carbono 14 contiene cada muestra? (Responde en dmg) ¿Cuánto tardará la cantidad de Carbono 14 de cada muestra en hacerse la mitad? Estas dos respuestas deberían ser iguales (¿por qué?) y se llama vida media del Carbono 14.

2. El carbón vegetal de las cuevas de Lascaux en Francia dio una cantidad de 2,34 dmg. Estima la fecha de formación del carbón y da una fecha para las pinturas encontradas en la cueva.

3. Los huesos A y B son x e y miles de años antiguos respectivamente. El hueso A contiene el triple de Carbono 14 que el hueso B. ¿Qué puedes decir sobre x e y ?

Proyecto 2.- Chatear: Mark (de Sydney, Australia) y Hans (de Berlín, Alemania) se comunican a menudo a través de Internet mediante el chat. Tienen que conectarse a Internet a la vez para poder chatear. Para encontrar una hora apropiada para Chatear, Mark buscó un mapa horario mundial y halló lo siguiente:



Greenwich 12 de la noche Berlín 1:00 de la noche Sydney 10:00 de la mañana

Pregunta 1: Cuando son las 7 de la tarde en Sydney, ¿qué hora es en Berlín?

Pregunta 2: Mark y Hans no pueden chatear entre las 9:00 de la mañana y las 4:30 de la tarde, de sus respectivas horas locales, porque tienen que ir al colegio. Tampoco pueden desde las 11:00 de la noche hasta las 7:00 de la mañana, de sus respectivas horas locales, porque están durmiendo. ¿A qué horas podrían chatear Mark y Hans? Escribe las respectivas horas locales.

Cuadro 1. Ejemplo de Proyectos y Actividades de Lápiz y Papel para 4º de ESO

Proyecto 1.- Realizad un trabajo sobre la “*Historia de la Trigonometría*” buscando la información necesaria en Internet:

ORÍGENES DE LA TRIGONOMETRÍA

Como habréis comprobado, la información sobre la Historia de la Trigonometría que he colocado en Moodle es muy escasa y seguro que habéis pensado que no aclara cuáles son sus orígenes. Pues bien, esa es vuestra labor: elaborar un trabajo sobre los Orígenes de la Trigonometría que permita que una persona que no conozca nada acerca del tema entienda qué es, cómo surgió y a quién/quienes son debidos estos logros matemáticos. A modo de Anexo debéis incluir todas las páginas que os hayan sido útiles para elaborar el trabajo.

Proyecto 2.- Debes construir un *goniómetro artesanal*, para ello busca la información necesaria en la red que te ayude a construirlo, a comprender su utilidad y a manejarlo correctamente.

Proyecto Manos a la Obra.- Consiste en la determinación de la altura de dos edificios del centro usando el goniómetro construido en la actividad anterior y una cinta métrica. (Como los estudiantes no conocían las razones trigonométricas, debían buscar información en Internet acerca de ellas, que les ayudase a plantear y resolver el problema). Después de resolver el problema, les planteamos la siguiente cuestión:

¿Errores en los resultados? Reflexiona y argumenta cómo un pequeño error en la medición del ángulo, puede conducir a resultados muy lejanos de la realidad. No desesperes porque los grandes sabios de la historia también tuvieron que enfrentarse a este problema.

Proyecto Seguimos trabajando.- Debes calcular las alturas de los dos edificios del proyecto anterior usando semejanza de triángulos. Como tampoco hemos trabajado estos contenidos debes buscar información en la red que te aclare el modo de hacerlo y cuando tengáis clara una estrategia a seguir procederemos a tomar las medidas que creáis oportunas en el patio para cada uno de los edificios.

Cuadro 2. Ejemplo de Proyectos y Actividades Realizadas con TIC en 4º de ESO

Fase de acción

Decidimos no seguir el mismo orden de actuación en todos los grupos y en algunos casos empezamos por las actividades TIC y en otros por las actividades con LP, con la intención de comprobar si esta variable influía en los resultados (si bien no demostró ser significativa). En la siguiente tabla presentamos la temporalización, junto con el número de sesiones empleadas:

Tabla 3. Datos de la Puesta en Práctica de las Actividades TIC y de Lápiz y Papel

	Actividades con TIC	Actividades de Lápiz y Papel
3º ESO B	Nº Sesiones: 17 Temporalización: 17 abril - 29 mayo	Nº Sesiones: 16 Temporalización: 3 febrero - 17 marzo
3º ESO C	Nº Sesiones: 18 Temporalización: 18 abril - 26 mayo	Nº Sesiones: 16 Temporalización: 3 febrero - 17 marzo
4º ESO	Nº Sesiones: 19 Temporalización: 31 enero - 24 marzo	Nº Sesiones: 16 Temporalización: 18 abril - 23 mayo
1º BACH	Nº Sesiones: 17 Temporalización: 24 abril - 30 mayo	Nº Sesiones: 17 Temporalización: 1 febrero - 17 marzo

Como ya hemos avanzado, nuestro *Plan de acción* para la intervención en el aula de matemáticas se planteó a través de la combinación de técnicas metodológicas diversas, frente a la metodología a la que los alumnos y alumnas estaban acostumbrados: la clase magistral. El papel de la profesora fue el de conductora o mediadora del aprendizaje, potenciando la participación activa de sus estudiantes en las actividades presentadas. Además, intentamos interesar al alumnado en la búsqueda de distintas estrategias matemáticas y reforzar su autoestima a través de la retroalimentación y de la consideración de la bondad de cometer errores como signo de trabajo e investigación. Como la mayoría de las cuestiones planteadas a los estudiantes en las actividades TIC y de LP, requerían la comprensión de contenidos matemáticos que, en su mayoría, los alumnos no conocían de antemano, partimos de sus conocimientos previos y les fuimos facilitando herramientas para que ellos fueran los artífices de su propio aprendizaje. Las actividades fueron aumentando de complejidad a medida que los estudiantes iban afianzando los nuevos contenidos trabajados. Con ellas también tratamos de mejorar las actitudes hacia las matemáticas de nuestro alumnado, planteando situaciones reales en las que la aplicabilidad y utilidad de las matemáticas, así como la importancia de las mismas a lo largo de la historia, quedaba puesta de relieve.

Fase de Observación

Utilizamos distintos instrumentos de observación, para comprobar si se produjeron las mejoras deseadas, tanto en el aprendizaje matemático como en las actitudes de nuestros estudiantes, que iremos detallando en párrafos siguientes según su utilidad para informar de nuestros objetivos o focos de interés.

Para analizar la posible mejora cognitiva experimentada por nuestro alumnado nos centramos en el análisis de las producciones escritas de los estudiantes (actividades TIC y actividades de LP). También hicimos uso de los exámenes escritos realizados individualmente en los temas objeto de la investigación y, con anterioridad, a lo largo del curso. Además, para poder complementar y triangular los resultados obtenidos con los instrumentos anteriores, nos ayudamos de la información recogida en los diarios de cada grupo y en los registros de observaciones que diseñamos previamente (consistentes en tablas de doble entrada con las que tratábamos de infagar acerca del grado en que cada estudiante ponía de manifiesto cada una de las competencias PISA cuando resolvía las actividades planteadas). Rellenamos los registros de observaciones para cada pareja durante cada sesión, y al término de cada una de ellas, anotamos en los diarios aquella información que nos parecía relevante para el análisis cognitivo que no había quedado reflejada con los otros métodos observacionales.

Para el análisis de las transformaciones actitudinales diferenciamos los instrumentos según las dos categorías señaladas anteriormente en el segundo capítulo. Exploramos las actitudes “hacia las matemáticas” analizando las respuestas a dos cuestionarios que previamente diseñamos y que colocamos en Moodle:

✓Cuestionario “Actitud hacia las mates” cuyos ítems fueron adaptados de escalas ya diseñadas y validadas como la “Escala de Actitud de Carácter Verbal” de Gairín (1987) que pretende evaluar las actitudes hacia las matemáticas en general, y la de Giménez (1997a), que es una adaptación de la anterior para el caso concreto de las fracciones, que nos permiten evaluar las componentes actitudinales ya expuestas en el capítulo 2: afectiva, cognitiva, comportamental o de implicación, autoconcepto y creencia del entorno. Respondieron a este cuestionario en dos ocasiones: antes y después de la experiencia con TIC.

✓ Cuestionario “Me interesa tu opinión”, diseñado por nosotras para obtener información acerca de los posibles cambios que los estudiantes afirmaron haber experimentado en las componentes afectiva, cognitiva, comportamental al usar las TIC para trabajar contenidos matemáticos. Además, este cuestionario contaba con ítems pertenecientes a la componente de trabajo colaborativo, pues nos pareció interesante explorar su opinión sobre este modo de trabajo que no era el habitual en nuestra asignatura. Fue contestado al finalizar las actividades con TIC.

Contamos también con instrumentos comunes para ambas categorías de actitudes: las entradas de los diarios de cada sesión grupal y un buzón de sugerencias ubicado en Moodle, en el que los estudiantes nos relataron sus opiniones acerca del trabajo en matemáticas con TIC y los cambios positivos o negativos que éstas produjeron en sus actitudes. La triangulación de la información recabada de los instrumentos anteriores, junto con la extraída de los registros de observaciones, que también contenían entradas relativas a estas actitudes, nos permitió indagar sobre las posibles transformaciones de las “actitudes hacia las matemáticas” de nuestros estudiantes, provocadas por el uso de las TIC.

Para explorar posibles transformaciones en las actitudes matemáticas nos servimos, además de los diarios y del buzón de sugerencias antes mencionados, de los informes escritos por los estudiantes para cada actividad. Les pedimos que, en estos documentos no sólo incluyesen los cálculos y argumentaciones que les llevaron a obtener una respuesta a los problemas, sino también los procesos seguidos. Estas anotaciones de los estudiantes nos aportaban información bastante útil acerca de su flexibilidad del pensamiento y espíritu crítico, y también de su creatividad, perseverancia y precisión.

Fase de Reflexión

Aunque nos decantamos por una metodología básicamente cualitativa, nos ayudamos del análisis estadístico de los datos para apoyar nuestras conclusiones. Procedimos a realizar distintos análisis de todos los datos recogidos atendiendo a nuestros focos de interés iniciales, que ahora exponemos empezando por el análisis de competencias, para el que contamos con los datos completos de 48 estudiantes, debiendo descartar los restantes por no disponer de toda la información necesaria.

Nuestro objetivo era comprobar si las competencias de los estudiantes mejoraron con la inclusión en el aula de matemáticas de las nuevas tecnologías para trabajar contenidos introducidos a partir de fenómenos o situaciones reales, en la línea del proyecto OCDE/PISA 2003. Con esta finalidad, comenzamos por determinar el grupo de competencia o nivel en que se situaba cada alumno (1=Reproducción, 2=Conexión o 3=Reflexión) tras realizar las actividades TIC y las de LP, las cuales estaban clasificadas atendiendo a esos tres mismos grupos de competencia o niveles de complejidad (tabla 2.1). Para ello, repetimos el siguiente proceso dos veces, una vez para las actividades TIC y otra para las de LP: para cada estudiante procedimos a la corrección de las distintas actividades de un mismo nivel asignando las puntuaciones: 1=mal, 2=regular, 3=bien; más tarde sumamos las puntuaciones obtenidas en las actividades del mismo nivel y calculamos el porcentaje asociado a esa puntuación respecto de la puntuación máxima que podía alcanzarse, hallando así el porcentaje de acierto obtenido por cada estudiante en cada nivel. Para ilustrar este procedimiento, incluimos las puntuaciones logradas por un alumno de 1º de bachillerato en las actividades LP:

Tabla 4. Ejemplo del cálculo de los porcentajes de acierto en cada nivel

	Número actividades	Puntuación obtenida	Puntuación máxima	Porcentaje de acierto
Nivel 1	2	6	6	100 %
Nivel 2	5	11	15	73,3 %
Nivel 3	5	12	15	80 %

Con los valores calculados, procedimos a realizar distintos análisis estadísticos, que nos permitiesen contrastar si existían diferencias significativas entre los porcentajes obtenidos con TIC y con LP, las cuales evidenciasen una evolución positiva o negativa del aprendizaje realizado con TIC. Al realizar con el programa SPSS distintas pruebas (test *t de student* de comparación de medias relacionadas y a dos pruebas *no paramétricas* para 2 muestras relacionadas tipos Wilcoxon y signos) con los porcentajes de acierto de las actividades TIC y en las de LP de los tres niveles, sólo obtuvimos diferencias significativas en las actividades de nivel 3. La ausencia de diferencias en el nivel 1 (actividades del grupo de reproducción) se debió a la homogeneidad de las puntuaciones alcanzadas por los estudiantes en ambos tipos de actividades: 45 y 48 estudiantes obtuvieron un porcentaje de acierto del 100 % en las TIC

y LP, respectivamente, lo que es comprensible por tratarse de actividades rutinarias que no ofrecieron dificultades. En el nivel 2 de complejidad (grupo de conexión), tampoco las pruebas estadísticas encontraron diferencias, aunque merece la pena reseñar que un 50 % de los estudiantes mejoró la puntuación lograda en el nivel 2 al usar las nuevas tecnologías, dato nada despreciable pues implicaba una mejora de un 25% de los alumnos y alumnas de 3º ESO B, un 53,85 % de 3º ESO C, un 58,33 % de 4º ESO B y un 72,72 % de 1º de Bachillerato. Respecto a las actividades enmarcadas en el nivel 3 (grupo de reflexión), si se detectaron diferencias significativas: 31 estudiantes (64,58 %) mejoraron al usar las TIC; si bien hemos de reseñar que, aunque los porcentajes de acierto de los estudiantes aumentaron, en su mayoría éstos no llegaron a ser muy elevados, como podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 5. Porcentaje de acierto de los 31 estudiantes que mejoraron en el nivel 3 con TIC

ACTIVIDADES DE NIVEL 3	LÁPIZ Y PAPEL		TIC	
	N	%	N	%
< 50 %	16	51,6 %	1	3,2 %
Porcentaje de acierto [50 %, 66,6 %]	14	45,2 %	26	83,9 %
> 66,6 %	1	3,2 %	4	12,9 %

Continuando con el análisis, realizamos una clasificación de los estudiantes de cada grupo en los tres niveles establecidos considerando que un alumno/a está en:

- ♦ Nivel 1: Ha obtenido un porcentaje $\geq 66,6\%$ en las actividades del nivel 1.
- ♦ Nivel 2: Aquellos alumnos/as que habiendo alcanzado el nivel 1, obtengan un porcentaje $\geq 66,6\%$ en las actividades del nivel 2.
- ♦ Nivel 3: Aquellos alumnos/as que habiendo alcanzado el nivel 2, obtengan un porcentaje $\geq 66,6\%$ en las actividades del nivel 3.

Al analizar cada estudiante en concreto, obtuvimos los siguientes datos referentes al nivel alcanzado con TIC y con LP por el grupo de 48:

- 5 bajaron de nivel al usar las TIC
- 19 permanecieron en el mismo nivel alcanzado con las actividades de LP
- 24 mejoraron el nivel obtenido con LP al usar las TIC.

De estos datos se desprende que sólo un 10,42 % del alumnado respondió negativamente a la incorporación de las TIC en términos de adquisición de competencias, mientras que el 50 % logró mejorar con TIC el nivel alcanzado con LP.

Estudiamos también si los 24 estudiantes (50 %) que mejoraron su nivel de adquisición de las competencias matemáticas seleccionadas, aumentaron su calificación en el examen que realizaron sobre los contenidos trabajados con TIC (en adelante “examen TIC”), respecto al examen sobre los contenidos de LP (en adelante “examen LP”), y a los realizados a lo largo del curso, previamente a la puesta en práctica de la investigación. Obtuvimos que 19 de ellos, es decir en el 79,17 % de los casos, la mejora de competencias evidenciada en las actividades realizadas en clase, también vino acompañada de una mayor puntuación en el examen TIC con respecto a la puntuación obtenida en el examen LP y a la puntuación media de todos los exámenes realizados con anterioridad a lo largo del curso. Los 5 restantes estudiantes no mejoraron sus calificaciones gracias al trabajo con TIC, a pesar de mostrar una evolución de sus competencias usando estas tecnologías, pero tampoco empeoraron, es decir, mantuvieron homogeneidad en cuanto a la calificación obtenida en todos los exámenes contrastados.

Los datos anteriores hacen referencia al análisis de las competencias PISA en general, sin centrarnos en ninguna específicamente. No obstante, a pesar de que no realizamos un análisis exhaustivo de cada una por separado, sí que podemos aportar algunos datos más concretos tras la triangulación de las producciones escritas de los estudiantes (actividades TIC, LP y exámenes escritos), de los diarios de clase y de los registros de competencias, que evidenció que no todas las competencias mejoraron en la misma medida. Destacamos las siguientes competencias, por presentar una mejoría más notable:

- Uso de Herramientas y Recursos: Aunque multitud de docentes compartimos la opinión de que nuestros alumnos han nacido en la era tecnológica y, por ello, manejan las TIC con soltura, el trabajo en el aula puso de manifiesto que el uso de Internet que hacen es bastante sesgado y la experiencia les aportó otra perspectiva, quizás menos lúdica pero más educativa, del modo de aprovechar este valioso recurso. Por citar algunos ejemplos, los estudiantes de 4º de ESO, mejoraron a la hora de realizar búsquedas de información en la red, pasando de una búsqueda superficial y poco estructurada a una búsqueda intensa y exhaustiva, como pudimos comprobar durante las sesiones de aula y después al evaluar los trabajos presentados sobre “Historia de la Trigonome-

tría”. Por su parte, los estudiantes de 3º de ESO, que no habían trabajado antes contenidos estadísticos ni con hojas de cálculo, demostraron gran maestría a la hora de usar Open Office para comprobar si los cálculos que previamente habían obtenido eran correctos.

▪ Representar: Tanto en las actividades TIC como en el examen TIC los estudiantes lograron descodificar, codificar e interpretar formas de representación más o menos familiares de los objetos matemáticos que contenían, así como cambiar entre diferentes formas de representación. En el caso del Proyecto Manos a la Obra (cuadro 2) realizado por los 16 estudiantes de 4º de ESO, todos lograron representar en el papel la situación planteada por el problema, identificar los datos que necesitaban y después trasladarla a la vida real para tomar las medidas en el patio que se correspondiesen a los datos requeridos. También es un dato significativo el hecho de que, aunque no todos superaron el examen TIC, sí que representaron correctamente las situaciones planteadas en los problemas que éste incluía, a diferencia de etapas anteriores en las que se únicamente llegaban a leer el enunciado de los problemas sin ser capaces de abordarlos. Creemos que a la mejora de esta competencia contribuyó la función estructuradora de la realidad que atribuimos como ventaja a las TIC respecto de otros recursos, y que se confirmó en el aula; en definitiva, es cierto que se aprende mejor lo que se ve.

▪ Comunicar: Mejoró notablemente, tanto oralmente como por escrito, en todos los grupos, aunque hemos de destacar 3º ESO B que, por tratarse del grupo menos motivado y con peor rendimiento académico en matemáticas, fue el que mostró más notoriamente su evolución. Podemos destacar, según queda reflejado en la mayoría de las entradas del diario de este grupo y también en los registros de observaciones de muchos de estos estudiantes:

- Cómo el uso de las TIC provocó un aumento de la participación en las puestas en común: muchos de los estudiantes que habitualmente no participaban se unieron a los pocos que lo hacían habitualmente, contando y debatiendo las distintas estrategias de resolución de cada actividad.
- Que durante las actividades TIC el intercambio de información entre parejas fue bastante fluido: compartían procedimientos de resolución y se ayudaban entre ellos, mientras que durante las actividades de LP la comunicación entre estudiantes

resultó menos fructífera, reduciéndose estos intercambios a un pequeño porcentaje del grupo.

- Su empeño en mejorar su modo de expresarse, usando un lenguaje matemáticamente más adecuado del que normalmente empleaban.

Para concluir nuestro análisis de competencias, debemos incluir también aquellas que menos evolucionaron al incorporar las TIC, como se observó tras la triangulación de todos los datos recogidos, que fueron Argumentar y Pensar y Razonar. Aunque el uso de las TIC provocó que bastantes estudiantes razonasen y argumentasen sus estrategias de resolución de los problemas planteados, fueron muchos los que siguieron teniendo dificultades a la hora de dar argumentaciones matemáticas correctas. La deficiencia en estas competencias, arrastrada de cursos anteriores, requiere de un entrenamiento y tratamiento continuado, y era de esperar que no iba a mejorar notablemente sólo por el hecho de incorporar las TIC en matemáticas, por mucho que éstas ayudasen a que los estudiantes trabajasen más en nuestra asignatura.

Por lo que respecta a las competencias particulares del ámbito numérico, el análisis de las producciones escritas de las actividades TIC de los escolares y el de los registros de observación de las sesiones en las que se realizaron estas actividades, mostró la evolución de los estudiantes. En efecto, éstos no sólo lograron representar la situación planteada y usar las herramientas TIC para buscar información que les permitiese elaborar una estrategia de resolución, sino que se plantearon la validez de sus resultados numéricos (mientras que muchos de estos estudiantes no manifestaron esta actitud cuando trabajaron las actividades sin TIC). Demostraron tener sentido para las cantidades y las estimaciones, desechando aquellas soluciones “imposibles” que obtuvieron (por ejemplo, las relativas a medidas de las alturas de los edificios del centro) e indagando de dónde provenía el error, hasta descubrir que los datos recogidos tampoco eran correctos (muchos consideraron el ángulo suplementario al que correspondía cuando usaron el goniómetro) o estaban incompletos (estudiantes que no tuvieron en cuenta que a la altura obtenida debían añadirle su estatura aproximada, desde sus pies hasta sus ojos, que era desde dónde tomaron la medida del ángulo).

Por otra parte, el análisis de las actividades LP (realizadas sin TIC) nos reveló sustanciosa información acerca de la competencia funcional de nuestros estudiantes. En general, no se alcanzó un nivel adecuado pues la mayoría de los estudiantes mostraron dificultades para reconocer las relaciones entre las variables presentadas en los problemas, así como a la hora

de manejar las distintas representaciones de las mismas. En el caso de las actividades que aparecen en el cuadro 1 encontramos que un elevado porcentaje de los estudiantes de 1^o de Bachillerato que se enfrentaron al Proyecto 1, a pesar de haber trabajado con anterioridad las funciones logarítmicas y exponenciales, no supo interpretar la representación simbólica o algebraica asociada a la velocidad de descomposición del carbono 14 y contestar a las cuestiones. Con respecto al Proyecto 2, hemos de decir que aunque todos contestaron adecuadamente a la primera cuestión consistente en una operación numérica sencilla, no ocurrió lo mismo con la segunda cuestión que fue realizada correctamente por un 27,27 % del grupo porque se trataba de una cuestión más compleja (nivel 3) en la que debían previamente reconocer las relaciones y el cambio entre los horarios de los diferentes lugares. Otras de las cuestiones que les planteamos a este grupo implicaban reconocimiento de funciones lineales y cuadráticas, presentadas de diferentes modos: a partir de un enunciado y de diagramas. En ambos casos hemos de decir que nuestros estudiantes no demostraron gran maestría en el paso de un sistema de representación a otro y, consecuentemente, un elevado porcentaje de ellos no logró resolver las cuestiones planteadas.

En lo referente al análisis actitudinal, comenzamos por las “Actitudes hacia las matemáticas”. Realizamos, del mismo modo que para los niveles de competencia, un análisis estadístico de cada uno de los cuestionarios y un análisis conjunto de ambos usando el programa SPSS, el cual triangulamos con la información contenida en los diarios, en los registros de observaciones y con las opiniones del alumnado depositadas en los buzones de sugerencias. Consideramos para este análisis la totalidad del alumnado (79 estudiantes), por tener toda la información necesaria de cada uno de ellos.

Al analizar el cuestionario de “actitudes hacia las matemáticas” contrastamos las respuestas obtenidas para un mismo ítem antes y después del trabajo con TIC para comprobar, mediante pruebas de comparación de medias para muestras relacionadas, si existían diferencias significativas en las actitudes de nuestros estudiantes provocadas por la incorporación de las TIC. Encontramos tales diferencias para las componentes afectivas, de creencia del entorno y de autoconcepto, mientras que las restantes componentes: cognitiva y comportamental, no las mostraron. Los cuestionarios evidenciaron que el trabajo con TIC les había proporcionado una visión más acertada de la utilidad e importancia de las matemáticas en la vida y les había ayudado a apreciar más el trabajo en nuestra área, pero muchos de ellos seguían teniendo dificultades de aprendizaje, coincidiendo estos resultados con las opiniones que los estu-

diantes depositaron en los buzones de sugerencias y con las observaciones de los registros y de los diarios. Sin embargo, la ausencia de diferencias obtenida en el cuestionario en lo referente a su implicación en el trabajo en clase, no se veía apoyada por el resto de la información recogida pues, la mayoría de las opiniones de los buzones de sugerencias estaban en la línea de la siguiente:

“Trabajando con los ordenadores me he sentido más segura. He comprendido mejor las mates y trabajo más activamente en las clases. ¡Me gustaría que siguiéramos haciendo este tipo de trabajo por medio de ordenadores!” (alumna de 3º ESO C)

Con el cuestionario “Me interesa tu opinión”, comenzamos por obtener la puntuación media obtenida por cada estudiante en cada componente (afectiva, cognitiva, comportamental y de trabajo colaborativo) y para ello, consideramos todas las respuestas pertenecientes a cada una de ellas y calculamos su valor medio (sumándolas todas y dividiendo entre el número de respuestas). Consideramos estos valores representativos de cada componente y les aplicamos las mismas pruebas estadísticas que para el otro cuestionario, estableciendo así si existían diferencias significativas entre las respuestas otorgadas a unas componentes u otras. De estos análisis merece especial mención los resultados obtenidos al contrastar la componente cognitiva con la afectiva: encontramos diferencias significativas, pues mientras que un 24,1 %, mostró una opinión negativa sobre la mejora de su aprendizaje de las matemáticas usando las TIC y no consideró útil el uso de los ordenadores para facilitar la adquisición de conocimientos ni como recurso para llegar a la comprensión de los mismos, las respuestas negativas de los estudiantes se redujeron a un 11,4 % al preguntarles si les había gustado este modo de trabajar las mates y si habían reconocido en mayor grado su importancia. Otros datos extraídos de este cuestionario, en consonancia con las conclusiones extraídas del cuestionario de actitudes hacia las mates, son: el 68,4 % mostró una opinión positiva acerca de la mejora de su aprendizaje usando las TIC, el 83,5 % afirmó que les había gustado más este modo de trabajo y que habían reconocido más la importancia de las matemáticas, el 79,8% valoró positivamente su implicación en el trabajo en clase y el 94,9% opinó muy favorablemente acerca del trabajo colaborativo con sus compañeros. De todos estos datos, se desprende que en el aspecto que los estudiantes experimentaron menor mejoría como consecuencia del trabajo con TIC en matemáticas fue en el cognitivo, pues para un 31,6 % no implicó que comprendiesen con mayor rapidez, les pareciese más fácil la asignatura o se sintiesen más seguros trabajando las matemáticas con los ordenadores, dato que viene a confirmar el análisis de competencias

ya expuesto. También los resultados evidenciaron algunas las ventajas para la enseñanza atribuidas a las TIC: ayudaron a que cada grupo de estudiantes trabajase a su ritmo y de modo autónomo, lograron motivar a los estudiantes y potenciaron las relaciones sociales entre ellos al usarlas de modo cooperativo.

Por lo que respecta a las “Actitudes matemáticas”, la información proporcionada por los estudiantes en los informes escritos de las actividades, en el buzón de sugerencias y durante la realización de las mismas (recogida en los diarios), nos revela las transformaciones producidas en las actitudes matemáticas de nuestros estudiantes: se produjeron mejoras tanto en la *flexibilidad de pensamiento* como en la *apertura mental* del alumnado; aumentó su *espíritu crítico*, al comprobar la bondad de las soluciones obtenidas y reflexionar sobre sus errores y sobre otros aspectos que antes no ponían en entredicho, como puede ser la información recibida de los medios de comunicación; mostraron mayor *perseverancia*, *precisión* y *creatividad*, al esforzarse y responsabilizarse más de sus trabajos, no contentándose con encontrar una única estrategia o modo de solución, sino intentando buscar otros caminos o alternativas y valorando la adecuación de los mismos a las situaciones planteadas. En este punto, debemos decir que, de entre las actitudes anteriores, destacó en mayor grado la *precisión* que nuestros estudiantes mostraron no sólo en las representaciones sino también en los cálculos numéricos. Por ejemplo, y continuando con las actividades TIC del cuadro 2, nos sorprendió que nuestros estudiantes se cuestionasen porque no todos obtenían la misma medida de las alturas de los edificios si esta medida era invariable y repitieran ellos mismos por decisión propia las mediciones y los cálculos en varias ocasiones hasta lograr una mejor aproximación a la altura real de los edificios.

Incluimos, para ilustrar lo anterior, un extracto del diario de 1^o de Bachillerato relativo a la sesión TIC número 3:

...cada grupo ha realizado distintos razonamientos para argumentar sus respuestas, a veces correctas y otras no, pero he podido observar que aún en el caso de no llegar a la solución correcta, han desarrollado mayor espíritu crítico hacia la información disponible y mayor apertura mental a la hora de buscar estrategias. Además, son más perseverantes e intentan resolver las cuestiones de forma autónoma buscando información en Internet, en el libro de texto... pero la gran mayoría de estudiantes no solicitan mi ayuda...

Al analizar la relación entre mejora actitudinal y mejora del rendimiento, encontramos que de los estudiantes que mejoraron su nivel de competencias matemáticas y su rendimiento en los exámenes como consecuencia del uso de las TIC, un 63,16 % también mejoró actitudes. Sin embargo, no podemos afirmar que exista una correlación total entre ambas variables, pues no todos aquellos que experimentaron mejoras actitudinales (97,47 %) lo hicieron en el ámbito cognitivo.

Conclusiones

La información extraída de los análisis anteriores y su posterior triangulación nos aportó respuestas detalladas a nuestras preguntas de investigación, que exponemos a continuación:

- Las transformaciones cognitivas fueron leves (un 50 % del alumnado mejoró su nivel de adquisición de competencias usando las TIC, aunque no siempre estas mejoras fueron notables) y no se presentaron en todos los estudiantes por igual. No mejoraron todas las competencias matemáticas estudiadas, aunque si hubo un avance destacable en tres de ellas: Uso de Herramientas y Recursos, Comunicar y Representar.
- La competencia numérica de nuestros estudiantes evolucionó en varios aspectos, al trabajar problemas de la vida cotidiana y obtener resultados que respondían a valores o medidas reales. Se profundizó, sobre todo, en la validez de los resultados obtenidos, en las estimaciones y en el diagnóstico y tratamiento de los errores.
- La competencia funcional del alumnado no se vio alterada positivamente por el trabajo en el aula de las actividades de LP sobre estos contenidos. Sólo unos pocos estudiantes mejoraron, mientras que el resto no logró comprender las relaciones y los tipos de cambio fundamentales, ni tampoco pasar de una forma de representación a otra/s.
- Se produjo una mejora notable en las actitudes hacia las matemáticas debida al uso de las TIC en todos los grupos de estudiantes, resaltando una visión más positiva

de las matemáticas como ciencia, un mayor interés por el trabajo científico, así como una valoración de los métodos de enseñanza.

- Las actitudes matemáticas también sufrieron una destacable transformación, pues el alumnado demostró mayor espíritu crítico, perseverancia, precisión y creatividad, así como un aumento de su flexibilidad de pensamiento y apertura mental, debido a los recursos proporcionados por las TIC.
- Los resultados obtenidos sobre la posible relación entre “mejora de actitudes ↔ mejora de rendimiento”, no evidencian una correlación total, si bien ponen de manifiesto que existe una relación entre las dos componentes del binomio en ambas direcciones.
- En general, las TIC produjeron un aumento de la motivación, mejora del comportamiento y del ritmo de trabajo del alumnado, que fue más visible en aquellos grupos caracterizados por la falta de interés por el aprendizaje de matemáticas y demás asignaturas.

Referencias

- Akey, T. (2006): *School context, student attitudes and behaviour, and academic achievement: An exploratory analysis. Informe de investigación*. Publicación electrónica: http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2/content_storage_01/0000000b/80/31/25/01.pdf.
- Beltrán, J. (2001). La nueva pedagogía a través de Internet. Ponencia presentada en el *I Congreso Nacional de Educared*. Madrid, 18-20 enero. Recuperado desde: <http://www.educared.net/htm/congreso-i/documentacion.htm>
- Cabero, J. (1999b). Definición y clasificación de los medios y materiales de enseñanza. En J. Cabero (Ed.): *Tecnología Educativa* (pp. 35-51). Madrid. Síntesis.
- Callejo, M. L. (1994). *Un Club matemático para la diversidad*. Madrid: Narcea.
- Gairín, J. (1987). *Las actitudes en Educación. Un estudio sobre educación matemática*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias.
- García, M. M. y Romero, I. M. (2007). *Influencia de las nuevas tecnologías en el aprendizaje de las matemáticas*. Almería: Editorial Universidad de Almería.
- Giménez, J. (1997a). Nunca es tarde para mejorar las actitudes: el caso de las fracciones. *Uno*, 13, 63-80.
- Gómez-Chacón, I. M. (1998). Una metodología cualitativa para el estudio de las influencias afectivas en el conocimiento de las matemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 431-450.
- Gómez-Chacón, I. M. (2000a). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Madrid: Narcea.
- Gómez-Chacón, I. M. (2002). Cuestiones afectivas en la enseñanza de las matemáticas: una perspectiva para el profesor. En L. C. Contreras y L. J. Blanco: *Aportaciones a la formación inicial de maestros en el área de matemáticas: Una mirada a la práctica docente*. Cáceres: Universidad de Extremadura.
- Gómez-Chacón, I. M. (2005). Motivar a los alumnos de secundaria para hacer matemáticas. Publicado en: *Matemáticas: PISA en la práctica. Curso de formación de Profesores*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Gómez, P. (2007). Complejidad de las matemáticas escolares y diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje con tecnología. *Revista EMA*, 2005, 10(2)-10(3), 353-373.
- Hernández, R. P. y Gómez-Chacón, I. M. (1997). Las actitudes en educación matemática. Estrategias para el cambio. *Uno*, 13, 41-61.

- Kemmis, S. (1992). *Action Research*. Barcelona. Laertes.
- Kennedy, T. J., Odell, M. R. L. y Klett, M. D. (2001). *Internet en las escuelas de Estados Unidos: Una perspectiva desde el programa GLOBE*. Ponencia presentada en el I Congreso Nacional de Educared. Madrid, 18-20 de enero. Recuperado desde: <http://www.educared.net/htm/congreso-i/documentacion.htm>
- Lupiáñez, J. L. y Rico, L. (2006). Análisis didáctico y formación inicial de profesores: competencias y capacidades del aprendizaje de los escolares. En P. Bolea, M. J. González y M. Moreno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática. X Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM)*. (pp. 225-236). Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses y Universidad de Zaragoza.
- NTCM (1991). *Estándares curriculares y de evaluación para la educación matemática*. Sevilla: THALES.
- OCDE (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework. Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. París: OCDE.
- OCDE (2004b). *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de Problemas*. París: OCDE.
- Ramírez, M. J. (2005): Actitudes hacia las matemáticas y rendimiento académico entre estudiantes de octavo básico, *Estudios pedagógicos*, 31(1), pp. 97-112.
- Rico, L. (2004). Evaluación de competencias matemáticas. Proyecto pisa/OCDE 2003. En E. Castro y E. De la Torre (Eds.): *Actas VIII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática*. La Coruña: Universidad de A Coruña.
- Rico, L. (2005b). Competencias matemáticas e instrumentos de evaluación en el estudio PISA 2003. *Suma*, 3, 11-25.
- Santandreu, M. M., Gisbert, M. (2005) El profesorado de matemáticas frente al uso de las tecnologías de la información y la comunicación. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 19, 1-9
- Santos-Trigo, M. (2006). On the use of computational tools to promote students' mathematical thinking. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11, 361-376.
- Shell Centre For Mathematical Education (1990). *El lenguaje de funciones y gráficas*. Madrid: MEC, Centro de Publicaciones; Bilbao: Servicio Editorial, Universidad del País Vasco.