

APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS MEDIANTE EL ORDENADOR EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Karlos Santiago Etxeberria, Juan Etxeberria Murgiondo y José Francisco Lukas Mujika
Universidad del País Vasco

Esta investigación procede de un proyecto de investigación financiada por la Federación de Ikastolas de Gipuzkoa (103.448,28 €) a través de un contrato realizado con el departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación de la Universidad del País Vasco.

RESUMEN

El presente artículo se inserta dentro del campo de implantación y uso de las TIC como medio de aprendizaje en la Educación Primaria. Con objeto de mejorar el aprendizaje de las matemáticas por parte del alumnado, las Federación de Ikastolas del País Vasco (Cooperativa de centros privados concertados con el Gobierno Vasco) crearon el Programa Ikasys para introducir el ordenador en el aprendizaje de las matemáticas y desde entonces se está implantando, gradualmente, en los centros escolares pertenecientes a la citada Federación. En este artículo se explica brevemente en qué consiste el Programa Ikasys y se contextualiza el mismo, haciendo una reseña de las investigaciones que se han realizado en este campo señalándose los resultados obtenidos en los mismos. Posteriormente, se presenta la metodología llevada a cabo en la experimentación del programa, así como los resultados obtenidos. Para la evaluación del mismo se ha optado por la complementariedad metodológica integrando procedimientos cuantitativos y cualitativos. Entre estos, cabe destacar que los alumnos que han participado en el programa

Correspondencia:

Universidad del País Vasco. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación. Avda. de Tolosa, 70. 20018 Donostia-San Sebastián
Karlos Santiago Etxeberria, E-mail: karlos.santiago@ehu.es
Juan Etxeberria Murgiondo, E-mail: juanito@ehu.es
José Francisco Lukas Mujika, E-mail: jf.lukas@ehu.es

han obtenido en todos los cursos analizados (2^o, 4^o y 6^o de primaria) resultados superiores a aquellos que no han participado, aunque varían en función de la competencia evaluada.

Palabras clave: aprendizaje basado en el ordenador; aprendizaje de matemáticas; evaluación; complementariedad metodológica; educación primaria.

COMPUTER-ASSISTED LEARNING OF MATHEMATICS IN PRIMARY EDUCATION

ABSTRACT

This article is about the implementation and use of ICT as a means of learning in Primary Education. In order to enhance mathematics learning, the Ikastolas organism from the Basque Country (cooperative of private and state-subsidised schools) developed the Ikasys Programme with the purpose of integrating computers in the learning of mathematics. This paper briefly describes the contents of the Ikasys Programme, and outlines the results of research undertaken to date on this area. Methodological complementarity with quantitative and qualitative procedures was used to assess the programme. Students in all levels participating in the programme (2nd, 4th and 6th grade) achieved better results than those not involved in the programme. There was, however, variation in terms of the competencies assessed.

Keywords: computer-based learning; mathematics learning; evaluation; methodological complementarity; primary education.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Estudios Previos

Uno de los problemas que tienen muchos de los estudios acerca del impacto en la educación de la utilización de los ordenadores en el aprendizaje escolar es que no han llegado a crear un marco teórico que nos permita entender lo que ocurre cuando los ordenadores entran en las aulas para, de esta manera, poder integrar estas tecnologías en la práctica docente del profesorado (Área, 2005).

En la bibliografía científica podemos constatar que en los últimos años ha aumentado el número de proyectos relacionados con el uso de los ordenadores en el aprendizaje escolar. Sin embargo, una de las lagunas en la investigación acerca de este tipo de proyectos es la falta de evaluaciones acerca de los mismos y sus efectos (Aliaga, Orellana y Suárez, 2004; Tejedor, 2009).

La mayoría de los estudios acerca del impacto de los ordenadores en el aprendizaje del alumnado son normalmente de carácter experimental. Se parte de ciertas hipótesis o cuestiones de investigación y a través de diseños con grupos control y experimental, se intenta medir el impacto del programa en el alumnado; la investigación que presentamos está vinculada con este tipo de trabajos. No obstante, en el meta análisis realizado sobre los muchos trabajos publicados, no se observa una evidencia empírica suficiente que permita señalar y concordar las posibles mejoras del uso de los ordenadores en

el rendimiento del alumnado. Investigaciones dentro de este grupo son las de Blok y otros (2002), Parr (2000), Kulik (1994) y Reeves (1998).

En cuanto a la integración de las tecnologías en el aprendizaje de las matemáticas, es a partir de la década de los 90, cuando desde los gobiernos, principalmente Australia, Reino Unido y Estados Unidos, se comenzó a promover el uso e integración de las mismas en el currículo de las escuelas, partiendo de la hipótesis de que en la enseñanza de las matemáticas las tecnologías electrónicas podían y debían ser utilizadas para la mejora del aprendizaje de las y los estudiantes (Lynch, 2006).

Sin embargo, los resultados de las investigaciones publicadas en este campo, no han sido concluyentes. Al igual que en otros ámbitos de aprendizaje, se han realizado, y evaluado, estudios en los que no se han obtenido evidencias de los beneficios en el rendimiento en matemáticas por la introducción de ordenadores en las aulas. A título de ejemplo podemos tomar los estudios llevados a cabo por Angrist & Lavy (2002), Carr y otros (2011), Dunleavy & Heinecke, (2008) o Dynarski y otros (2007). Ambigua

Los estudios en los que los resultados dejan entrever mejoras en el rendimiento en matemáticas han sido investigaciones en las que se ha utilizado la metodología experimental en sus diferentes posibilidades, pero en la mayoría de los casos han utilizado la estrategia del grupo control (Clariana, 2009; Myers, 2009). Algunos meta-análisis realizados años anteriores, también han llegado a la conclusión de que el uso de las tecnologías ha tenido impactos positivos en el rendimiento de las y los estudiantes (Goldberg, Russell, & Cook, 2003). Sin embargo, en algunos de estos estudios dichas mejoras se dan en períodos cortos de tiempo, no siendo evidentes los efectos a largo plazo (O'Dwyer y otros, 2008)

Además de los estudios referenciados en las líneas anteriores, en la bibliografía científica también encontramos estudios sobre los usos y prácticas pedagógicas con ordenadores en contextos reales. Estos estudios de caso se realizan a nivel de centro o de aula utilizando una metodología mayoritariamente cualitativa (observaciones, entrevistas, análisis de documentos, grupos de discusión, etc.). Dentro de esta categoría merece atención especial la investigación realizada por Zhao y otros (2002). En esta investigación se planteó analizar y dar respuesta a la pregunta de por qué el profesorado no innova sus prácticas docentes cuando disponen de ordenadores. De los resultados obtenidos concluyeron que los factores asociados con el docente innovador jugaron un rol mucho más relevantes que el contexto del proyecto.

Cada uno de estos tipos de estudio por separado (experimentales y estudios de caso cualitativos) ofrecen ciertos tipos de información, pero a la vez todos son limitados porque adolecen de ofrecer una visión integrada de lo que está ocurriendo. Así, por ejemplo, el propio Lynch (2006) reconoce la falta, en los estudios experimentales analizados, de información acerca de cómo son utilizados los ordenadores, cuestión imprescindible de cara a mejorar la práctica educativa. Otro aspecto que no se suele tener en cuenta en estos estudios es la posible influencia del factor "profesorado", en forma de distintas variables como los aspectos pedagógicos relacionados con su práctica docente, las interacciones entre docente-estudiante, formación en tecnologías y actitud hacia las mismas, etc. Por último, habría que destacar estudios en los que se tiene en cuenta el factor de motivación hacia las matemáticas. En este sentido es de destacar el estudio de Gómez Chacón (2010) en el que se concluye que en el aprendizaje de las

matemáticas con ordenadores hay una mayor correlación con la motivación hacia los ordenadores que la motivación hacia las matemáticas. El conocimiento de estas posibles influencias, es muy importante para entender los posibles efectos de la utilización de tecnologías en el rendimiento del alumnado.

En el estudio que presentamos se ha aplicado un diseño cuasiexperimental para comprobar la influencia de un programa de enseñanza de las matemáticas mediante el ordenador (Ikasys) en el rendimiento en matemáticas. Se ha pretendido analizar si la participación en el programa ha tenido como consecuencia una mejora en las competencias matemáticas trabajadas a través del mismo. Junto a esto, se ha intentado comprobar si se ha dado una transferencia de esa mejora a competencias matemáticas no trabajadas directamente con el programa Ikasys. Así, se ha intentado comprobar si se daban mejoras en la motivación y autonomía del alumnado participante en la experimentación. Además, se ha analizado la bondad de los diferentes aspectos como el software, hardware, ejercicios utilizados, metodología, atención a la diversidad, etc.

La investigación en educación debería dirigirse hacia investigaciones que intenten integrar las virtudes de cada tipo de estudio para mitigar las limitaciones de cada uno de ellos. La transformación del aprendizaje a través de la utilización de las tecnologías, no es solamente en términos de qué o cuánto se aprende, sino también en cómo se aprende (Rodríguez Conde, Olmos Migueláñez y Martínez Abad, 2012). En este sentido, a través del diseño aplicado, se han pretendido solventar las lagunas que tradicionalmente se han detectado en los estudios de tipo experimental.

1.2. Programa Ikasys

El programa Ikasys ha sido creado por la Federación de Ikastolas del País Vasco y tiene como objetivo que el alumnado aprenda a través del ordenador (Federación de Ikastolas, 2009). En última instancia se pretendía extender este proyecto al resto de centros escolares dependientes de la citada Federación y para ello, durante el curso 2008/09 se puso en marcha de manera experimental en 19 centros escolares del País Vasco, encargándose a un grupo de investigadores de la Universidad del País Vasco la evaluación de dicha implementación experimental.

Este programa pretende ofrecer al y la estudiante herramientas sólidas adaptadas a sus necesidades, para que entienda y pueda hacer frente a las situaciones-problema que le surgen en el aula en el día a día, partiendo de situaciones simples (aprendizajes puntuales). A través de las actividades presentadas, el alumnado se ejercita en aprendizajes puntuales que le ayudarán en el desarrollo de las competencias inherentes a las matemáticas.

Este proyecto asume la hipótesis de que cada estudiante tiene un estilo y ritmo propios a la hora de aprender para conseguir las competencias básicas, siendo el adecuar la respuesta a las necesidades de cada cual, uno de los mayores problemas de la educación. En este sentido se trata de un sistema innovador en el ámbito de la investigación educativa que, a través de actividades didácticas de amplia tipología, pretende servir para desarrollar los recursos que el alumnado necesita para conseguir las competencias básicas en matemáticas.

El programa *Ikasys*, es un sistema para que cada estudiante aprenda con su ordenador. Es un conjunto que une tres elementos: herramientas informáticas (hardware), aplicaciones informáticas (software) y estrategias curriculares (contenidos). Entre sus funciones cabe destacar las de ejercitar al alumnado en diversos procedimientos del aprendizaje (cálculo, resolución de problemas, ...), memorizar diversos contenidos del aprendizaje, desarrollar la comprensión y trabajar de forma autónoma y personalizada en base a las capacidades, nivel y ritmo de aprendizaje de cada cual.

Además de tener en cuenta la pluralidad, en el sentido de que cada estudiante trabajará en base a su nivel de ejercicios previamente acordados, el programa puede ayudar en el seguimiento del alumnado con necesidades especiales y también en diferentes necesidades de las y los estudiantes inmigrantes.

Junto a la pluralidad y la atención a la diversidad, el programa *Ikasys* contempla la evaluación. A medida que se vayan realizando ejercicios, la aplicación los corregirá; se trata de una corrección instantánea. Una vez terminado el trabajo, el o la alumna, junto al docente, hará una valoración de las actividades y de las dificultades que ha tenido. Y, en base a la valoración que hagan, decidirán entre ambos qué medidas deben adoptar y qué compromisos de trabajo establecerán en adelante. (Etxeberria, Santiago, Lukas, Gobantes, 2011).

Por último, habría que decir que este proyecto asume la idea de que los verdaderos cambios en los procesos de enseñanza-aprendizaje se darán cuando el uso de las TIC esté integrado dentro de la dinámica del centro (Boza, Toscano, Méndez, 2009).

1.3. Contenidos pedagógicos del programa *Ikasys* en el área de matemáticas

Los contenidos del área de matemáticas están organizados en bloques temáticos y temas. Un **bloque temático** es una gran unidad en la que se agrupa el saber del área para su posterior proyección didáctica. A la hora de definir los bloques temáticos del área de Matemáticas, se ha tomado como base el modelo que se utiliza para la ordenación del currículum. Los bloques temáticos en el área de Matemáticas han sido los siguientes: Números, Cálculo, Magnitudes y Medidas, Geometría, Estadística, Probabilidad, Resolución de problemas y Lógica.

Por **tema** se entiende cada agrupación de contenidos que, englobados bajo un título, posee la unidad suficiente para ser objeto de un desarrollo posterior en subtemas. Los temas se han distribuido por cursos, aunque en algunos casos teniendo en cuenta las características de los contenidos, éstos se han clasificado por ciclos o incluso en otros casos puede haber temas que sólo se tratan en un ciclo concreto. En el área de Matemáticas los temas elegidos para que se traten mediante el programa se basan en los mismos temas que son objeto de estudio de los alumnos en esas áreas y esos niveles. En total son 41 temas distribuidos en los diferentes niveles.

Dentro de cada tema existen **actividades** de ejercitación secuenciadas según el grado de dificultad. Estas actividades se recogen en **tablas** (conjunto de celdas donde se distribuyen los temas divididos en subtemas que se estudian en cada nivel) que a su vez están constituidas por **celdas** (conjuntos de 10 actividades de la misma tipología y del mismo nivel de dificultad en lo referente a un objetivo o aprendizaje específico. Cada tabla está constituida por 25 celdas. Cada columna vertical de la tabla trata contenidos

de un tema concreto; de una columna a la siguiente se va incrementando el nivel de dificultad de los contenidos. En la mayoría de los casos la última columna agrupa actividades que ayudan en la síntesis de los contenidos tratados en las anteriores.

Existen diferentes tipologías de actividades que explicaremos más adelante. De cualquier manera, cada actividad está formada por los siguientes elementos:

- *Enunciado*: corresponde a la tipología de la actividad y comunica al alumno o alumna qué es lo que debe hacer específicamente.
- *Pregunta*: no es necesario que aparezca en todos los casos, pero en algunos de ellos el enunciado necesita una pregunta al lado, para ayudar a resolver la actividad.
- *Aciertos del total*: informa del número de actividades respondidas en cada celda y de la cantidad de actividades correctamente respondidas.
- *Progresión en el nivel*: es la barra que informa al alumno o alumna de su posición respecto a la resolución de las actividades conforme va respondiendo a ellas dentro de la celda.
- *Feedback*: será la respuesta que aparezca en la pantalla una vez que se haya realizado la actividad.

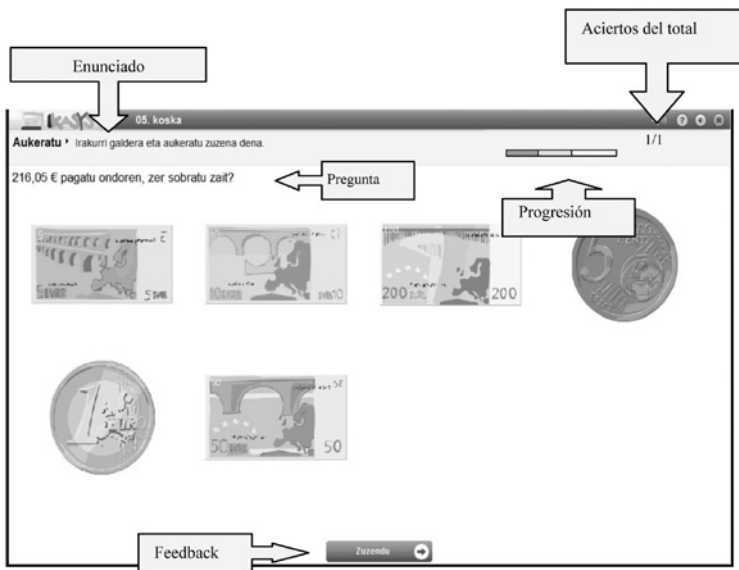


FIGURA 1
EJEMPLO DE ACTIVIDAD

Seguidamente se explican las principales **tipologías de actividades** incluidas en el programa Ikasys:

- **Elegir**: el alumno o alumna debe escoger la respuesta correcta entre las opciones que se le ofrecen.
- **Identificar**: debe reconocer siguiendo los criterios que se le proporcionan elementos diferentes dentro de una información.

- **Completar:** debe adecuar diferentes tipos de elementos (palabras, números,...) incluidos en palabras, números o frases, escribiendo en los espacios vacíos o seleccionando entre las opciones ofrecidas.
- **Escribir:** debe responder por escrito el ejercicio con diferentes elementos.
- **Ordenar:** debe organizar elementos de varios tipos dependiendo de los criterios que se le ofrecen.
- **Unir:** debe relacionar en parejas o tríos los diferentes elementos dados.
- **Clasificar:** algunas veces deberá clasificar elementos de varios tipos según un criterio dado; en otras ocasiones, en cambio, debe hacer lo contrario, es decir, teniendo la clasificación, debe crear o elegir los criterios utilizados en dicha clasificación.
- **Completar una tabla:** debe llenar las celdas vacías que aparecen en una tabla, según un criterio dado.
- **Completar los espacios en blanco:** debe completar los huecos que aparecen en la actividad.
- **Colocar:** debe colocar las palabras en los huecos basándose en una imagen.
- **Calcular:** debe realizar operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación y división) en diferentes conjuntos numéricos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Objetivos

En el marco de la investigación que da origen a este trabajo, el objetivo fundamental ha sido conocer el impacto del programa Ikasys en la mejora competencial del alumnado en matemáticas. Junto a esto se ha pretendido conocer si el posible impacto tenía el mismo impacto al variar el nivel socioeconómico y cultural del alumnado. Además, se ha querido comprobar si el programa posibilitaba otra serie de mejoras planteadas por el mismo, tales como la motivación y la autonomía del alumnado. Junto a ello, también se ha analizado la bondad de los diferentes aspectos del programa (software, hardware, ejercicios,...).

2.2. Diseño

De cara a lograr estos objetivos, se ha optado por una vía de complementariedad metodológica que permita aprovechar las distintas aportaciones tanto de la metodología cuantitativa como de la cualitativa.

La integración de las metodologías cuantitativa y cualitativa puede realizarse utilizando diferentes estrategias. Bericat (1998), realiza una interesante aportación al sintetizar, a partir de su visión acerca de la integración de métodos, las diversas opciones de integración metodológica en tres estrategias básicas de integración: *complementación, combinación y triangulación*.

En esta evaluación se han aplicado dos de esas estrategias de complementariedad. Podemos hablar de complementación, ya que en este caso se han utilizado métodos diferentes en las mismas situaciones o centros. Así, por ejemplo, se utilizaron pruebas

objetivas y cuestionarios cerrados y, a la vez se plantearon estrategias de tipo cualitativo como entrevistas, grupos de discusión y observación cualitativa.

Igualmente podemos hablar de triangulación, en el sentido de que la utilización de métodos diferentes ha permitido dar una visión completa al contrastar dos tipos de información diferente, la cualitativa y la cuantitativa. Esto ha permitido una interpretación más en profundidad de la información recogida a través de diferentes estrategias e instrumentos utilizados.

La evaluación del impacto se ha hecho mediante un “diseño cuasiexperimental con grupo de control no equivalente”. La variable dependiente es el rendimiento en los niveles 2º, 4º y 6º de Educación Primaria en matemáticas. En este rendimiento se han diferenciado las competencias trabajadas directamente con el programa *Ikasys* y aquellas que no han sido trabajadas directamente. Para cada centro y nivel se seleccionaron al azar dos aulas. En una de ellas (el grupo experimental) se aplicó el programa mientras que la otra continuó con el programa habitual (grupo control). Al final del proceso se recogieron datos del rendimiento en matemáticas en ambos grupos y se han comparado de cara a analizar el posible impacto del programa en el grupo experimental. Para garantizar la igualdad entre los grupos experimental y control o, en su caso, conocer la posible igualdad o desigualdad entre los mismos, se recogieron datos acerca de aspectos socioeconómico-culturales, inteligencia general y rendimiento previo de los alumnos. Los análisis previos realizados mostraron que no había diferencias significativas en las tres variables mencionadas en ninguno de los tres cursos estudiados (Santiago et al. 2009). Para la consecución del segundo objetivo planteado, se optó por una metodología básicamente cualitativa para comprender con un mayor nivel de profundidad todos los aspectos relacionados con los componentes del programa (hardware, software, contenidos curriculares) y los procedimientos relacionados con su aplicación.

2.3. Participantes

En la evaluación del programa *Ikasys* participaron 19 centros educativos que voluntariamente estuvieron dispuestos a llevar a cabo esta experiencia. Cada uno de estos centros debía tener al menos dos aulas en cada uno de los cursos de aplicación (2º, 4º y 6º de Educación Primaria). Se aplicó el programa en una de las aulas elegida al azar (grupo experimental) teniendo otra de las aulas la consideración de grupo control. En la siguiente tabla puede observarse el número de participantes.

TABLA 1
ALUMNADO PARTICIPANTE

	2º	4º	6º
Grupo control	405	382	392
Grupo Experimental	410	409	407
TOTAL	815	791	799

De la misma manera, 57 profesores y profesoras y direcciones de los 19 centros escolares participaron en los los grupos de discusión y entrevistas.

2.4. Recogida de datos

Las estrategias utilizadas para la recogida de información fueron los siguientes

- **Rendimiento previo del alumnado.** Los datos de rendimiento se han conseguido a través de las calificaciones finales del curso anterior en matemáticas. Estos datos nos permitieron comprobar la equivalencia de los grupos control y experimental.
- **Observación participante en las aulas.** Se observaron “in situ” las aulas de 2º, 4º y 6º de primaria de los centros participantes, mientras se estaba aplicando el programa.
- **Grupos de discusión.** En estos grupos ha participado profesorado de matemáticas de las aulas del grupo experimental. Estos grupos de discusión han permitido analizar cuáles son las tendencias y las opiniones sobre el programa implementado.
- **Entrevistas semi-estructuradas a directores, responsables del programa y personas implicadas en el diseño del programa.** A través de estas entrevistas se ha buscado obtener información acerca de las características y problemas planteados por la implementación del programa Ikasys desde el punto de vista de los equipos directivos y diseñadores del programa.
- **Cuestionario de nivel socio-económico y cultural a alumnado.** Para medir el nivel socioeconómico cultural, se ha utilizado el “Cuestionario de contexto” diseñado por el Instituto de Evaluación y Asesoramiento Educativo (Marchesi y Martín, 2002). Los resultados obtenidos se han categorizado en cuatro niveles: bajo, medio-bajo, alto y medio-alto.
- **Prueba de inteligencia general.** Para ello se ha utilizado la prueba de inteligencia general de Raven.
- **Pruebas de rendimiento.** Se han construido pruebas de aprendizaje para medir las competencias de matemáticas adquiridas tanto por el alumnado del grupo control como el del grupo experimental en cada uno de los 3 cursos. Las pruebas recogen, en función del nivel educativo, los contenidos relativos a los siguientes bloques temáticos: Números, Cálculo, Magnitudes y Medidas, Geometría, Estadística, Probabilidad, Resolución de problemas y Lógica. Para 2º de Primaria se construyó una única prueba objetiva con ítems de elección múltiple cuyo contenido medía los bloques temáticos de Números, Cálculo y Geometría. En esta prueba se diferenciaron los ítems en función de si medían competencias trabajadas directamente mediante el programa Ikasys (MateIkasys) o competencias no trabajadas directamente (MateNOIkasys), constituyendo la suma de los dos grupos de ítems el total de ítems de la prueba de matemáticas. En 4º y en 6º curso también se construyeron pruebas con una lógica similar. Es decir, pruebas objetivas con ítems de elección múltiple que recogían además de los bloques mencionados para la prueba de 2º, las de Magnitudes y Medidas en 4º y Estadística y Probabilidad en 6º. En este caso, también, se distinguieron los ítems

en función de si se trabajaron o no mediante la aplicación. En 4º y 6º, además de la mencionada prueba objetiva, se construyeron (una para cada curso) pruebas de respuesta abierta que medían la capacidad de razonamiento matemático. Estas pruebas consistían en la realización de 7 ejercicios para cuya solución era necesario efectuar un proceso de razonamiento, previo a un sencillo cálculo, que permitía obtener el resultado adecuado. Eran preguntas abiertas, y la puntuación global variaba de 0 a 20. El proceso de construcción de las pruebas requirió una aplicación piloto de las mismas y tras los análisis pertinentes, efectuados los cambios necesarios, se elaboraron las pruebas definitivas. La aplicación de las pruebas se realizó al final del curso.

En la siguiente tabla pueden comprobarse los coeficientes de fiabilidad (Alfa de Cronbach) obtenidos en cada una de las pruebas y subpruebas:

TABLA 2
COEFICIENTES DE FIABILIDAD DE LAS PRUEBAS DE RENDIMIENTO

	2º	4º	6º
MateIkasys	0,78 (25 ítems)	0,79 (24 ítems)	0,75 (25 ítems)
MateNOIkasys	0,68 (14 ítems)	0,63 (16 ítems)	0,77 (23 ítems)
MATEMÁTICAS	0,85 (39 ítems)	0,86 (40 ítems)	0,87 (48 ítems)
Razonamiento		0,69 (7 ítems)	0,72 (7 ítems)

2.5. Análisis

A partir de la información recogida, se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de las pruebas utilizadas: análisis de la fiabilidad y validez de la prueba y análisis de los ítems, tanto de las pruebas definitivas como de las previamente aplicadas en la prueba piloto.
- Análisis de los datos recogidos a través de las pruebas y cuestionarios, que han consistido básicamente en:
 - Análisis descriptivo de datos: porcentajes, frecuencias, medidas de centralización y dispersión.
 - Análisis bivariado de la asociación/relación entre variables: coeficientes de correlación y contingencia.
 - Análisis factorial: Análisis de Componentes Principales.
 - Comparación de medias: Pruebas T de Student y Análisis de Varianza y Covarianza.

El análisis de la información recogida a través de las entrevistas y grupos de discusión ha seguido el siguiente proceso: a) Reducción de la información, b) Organización y presentación de la información y c) Análisis e interpretación de los resultados. Como puede observarse por las fases planteadas, se ha desarrollado lo que se conoce como un

análisis cualitativo comprensivo de los datos recogidos. Para ello se han seleccionado e identificado un conjunto de categorías.

Para la realización de los análisis cuantitativos se utilizó SPSS y para los análisis cualitativos NVIVO.

3. RESULTADOS

3.1. Impacto del programa en el rendimiento en matemáticas

En las siguientes tablas se presentan las medias aritméticas y las desviaciones típicas en la prueba de matemáticas y en las subpruebas obtenidas por el alumnado de 2º, 4º y 6º de primaria que han participado en el Programa Ikasys junto con el alumnado que ha formado parte del grupo control. En las dos últimas columnas se presentan el valor de la significación estadística después de comparar las puntuaciones de ambos grupos y el tamaño del efecto medido con la *d* de Cohen (obtenido mediante el cálculo de la diferencia de medias, en valor absoluto, dividido entre la desviación típica global).

TABLA 3
PRUEBA T-TEST EN 2º CURSO EN MATEMÁTICAS

	EXPER-CONTR	N	Media	Desviación típ.	Error típ. media	T-test Sig.	d Cohen
MATEMÁTICAS	Experimental	391	28,18	6,296	,318	.033	.15
	Control	394	27,25	5,893	,297		
MateIkasys	Experimental	391	17,75	4,326	,219	.032	.15
	Control	394	17,11	4,026	,203		
MateNOIkasys	Experimental	391	10,43	2,388	,121	.088	.12
	Control	394	10,14	2,376	,120		

TABLA 4
PRUEBA T-TEST EN 4º CURSO EN MATEMÁTICAS

	EXPER-CONTR	N	Media	Desviación típ.	Error típ. media	T-test Sig.	d Cohen
MATEMÁTICAS	Experimental	396	42,30	8,468	,426	.038	.15
	Control	369	41,07	7,907	,412		
MateIkasys	Experimental	397	15,00	4,538	,228	.007	.19
	Control	370	14,15	4,238	,220		
MateNOIkasys	Experimental	397	10,70	2,543	,128	.052	.14
	Control	370	10,32	2,825	,147		
Razonamiento	Experimental	396	16,61	2,711	,136	.959	.00
	Control	369	16,60	2,475	,129		

TABLA 5
PRUEBA T-TEST EN 6º CURSO EN MATEMÁTICAS

EXPER-CONTR		N	Media	Desviación típ.	Error típ. media	T-test Sig.	d Cohen
MATEMÁTICAS	Experimental	385	46,65	9,733	,496	.001	.24
	Control	376	44,35	9,236	,476		
Matelkasys	Experimental	398	16,67	4,202	,211	.000	.29
	Control	382	15,46	4,181	,214		
MateNOIkasys	Experimental	398	13,79	4,369	,219	.017	.17
	Control	382	13,06	4,184	,214		
Razonamiento	Experimental	385	16,16	2,853	,145	.052	.14
	Control	353	15,75	2,919	,155		

En general, es posible apreciar que los alumnos de 6º curso obtienen diferencias con un mayor tamaño del efecto (mayor d de Cohen) que los de 4º y, éstos a su vez, mayor que los de 2º.

Como puede observarse en la tabla 3, los alumnos de 2º de primaria del grupo experimental obtienen mejores resultados que los alumnos del control cuando se toman las puntuaciones totales en la prueba de matemáticas. Estas diferencias, a pesar de que son significativas, no son importantes, el valor de la d de Cohen es 0.15.

No obstante, estas diferencias no se mantienen constantes en las dos subpruebas de matemáticas. En la subprueba en la que las tareas a realizar se han trabajado directamente con el programa Ikasys, las diferencias, son estadísticamente significativas. No obstante, en la subprueba que requiere competencias no trabajadas directamente mediante el programa, no hay diferencias entre los alumnos del grupo control y grupo experimental.

Si nos atenemos a los resultados mostrados en la tabla 4, la situación vuelve a repetirse. Los alumnos de 4º del grupo experimental obtienen una puntuación en la prueba total de matemáticas superior a los alumnos del grupo control. Las diferencias son mayores que las de 2º curso (el valor de la d de Cohen llega hasta 0.19 en las tareas trabajadas directamente con el programa Ikasys), y aunque las diferencias resultan estadísticamente significativas, el tamaño del efecto no es importante.

En este caso, sin embargo, las diferencias observadas en las dos subpruebas de matemáticas se hacen más evidentes. En el caso de las tareas trabajadas mediante el programa, las diferencias entre el grupo experimental y control son mayores, mientras que en las competencias no trabajadas directamente, las diferencias a nivel estadístico vuelven a desaparecer.

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos por los alumnos de 6º. Como puede observarse, los alumnos del grupo experimental vuelven a obtener puntuaciones

más altas que los alumnos del grupo control. El tamaño del efecto es mayor (el valor de la *d* de Cohen asciende hasta 0,29 para el caso de las tareas trabajadas mediante el programa).

Vuelve a reiterarse la situación de 2º y 4º de primaria. Las diferencias son mayores en la subprueba que mide las competencias que han sido trabajadas mediante el programa que en la subprueba que mide el resto de competencias, aunque en este caso, estas diferencias también son significativas.

En las pruebas que miden la capacidad de razonamiento, los resultados, tanto en 4º como en 6º, son similares en el grupo experimental y control. La capacidad de razonamiento no es una competencia que se trabaje directamente con el programa y, por tanto, es lógica la similitud de los resultados en ambos grupos.

3.2. Relación entre el rendimiento en matemáticas y el Nivel Socioeconómico y Cultural

Es conocida la influencia del nivel socioeconómico en el rendimiento escolar. Conscientes de ello, se clasificó al alumnado en función de los cuatro niveles obtenidos tras la aplicación del "Cuestionario de contexto". A continuación presentamos los resultados obtenidos en matemáticas tras efectuar la partición de la muestra en cada uno de los niveles educativos, en función del nivel socioeconómico y cultural y del grupo al que pertenecen (experimental-control).

TABLA 6
MATEMÁTICAS 2º CURSO: RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO Y GRUPO EXPERIMENTAL-CONTROL

ISEC	EXPER-CONTR	Media	Desv. típ.	N
Bajo	Experimental	27,44	6,105	85
	Control	25,94	5,616	78
	Total	26,72	5,906	163
Medio-Bajo	Experimental	27,68	6,191	77
	Control	28,11	5,877	88
	Total	27,91	6,011	165
Medio-Alto	Experimental	28,74	5,525	85
	Control	27,58	5,327	81
	Total	28,17	5,444	166
Alto	Experimental	29,97	6,054	86
	Control	27,16	5,403	75
	Total	28,66	5,911	161

TABLA 7
MATEMÁTICAS 4º CURSO: RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO Y GRUPO EXPERIMENTAL-CONTROL

ISEC	EXPER-CONTR	Media	Desv. típ.	N
Bajo	Experimental	39,97	8,851	87
	Control	37,99	7,480	68
	Total	39,10	8,310	155
Medio-Bajo	Experimental	42,49	8,481	74
	Control	42,12	7,587	82
	Total	42,29	7,999	156
Medio-Alto	Experimental	41,45	8,261	88
	Control	41,73	8,025	80
	Total	41,58	8,127	168
Alto	Experimental	45,17	8,218	90
	Control	43,57	7,402	74
	Total	44,45	7,877	164

TABLA 8
MATEMÁTICAS 6º CURSO: RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL NIVEL SOCIOECONÓMICO Y GRUPO EXPERIMENTAL-CONTROL

ISEC	EXPER-CONTR	Media	Desv. típ.	N
Bajo	Experimental	43,46	8,611	81
	Control	43,19	9,110	90
	Total	43,32	8,852	171
Medio-Bajo	Experimental	47,04	9,428	96
	Control	45,08	8,146	86
	Total	46,12	8,876	182
Medio-Alto	Experimental	48,92	10,095	92
	Control	45,64	10,184	85
	Total	47,34	10,243	177
Alto	Experimental	48,35	9,246	92
	Control	45,37	8,875	80
	Total	46,97	9,170	172

Dos son los objetivos pretendidos con el análisis de varianza bivariante efectuado en cada uno de los niveles educativos. Por una parte, analizar las diferencias obtenidas entre los distintos niveles socioeducativos y por otra, comprobar la estabilidad de las mismas tanto en el grupo control como en el experimental (interacción).

Si observamos las diferencias en los distintos niveles del ISEC, se puede afirmar que en general a medida que el nivel socioeconómico es mayor se incrementan las

puntuaciones en matemáticas en los tres cursos. Estas diferencias son significativas en 2º curso ($F=3,176$; $p=.024$), 4º curso ($F=6,356$; $p=.000$) y 6º curso ($F=11,924$; $p=.000$). A medida que aumenta el nivel educativo se incrementan las diferencias entre los diferentes niveles del ISEC. Sin embargo, es de destacar que esta tendencia no se mantiene entre los niveles medio-bajo y medio-alto en 2º y 4º curso.

Por otra parte las tendencias se mantienen constantes en el grupo experimental y control no existiendo interacción entre los factores. Los valores de la F y su significatividad en cada uno de los cursos son los siguientes: 2º curso ($F=2,166$; $p=.091$), 4º curso ($F=.679$; $p=.565$) y 6º curso ($F=.930$; $p=.426$).

3.3. Iksys y la motivación

En general, el alumnado de todos los centros participantes ha trabajado con Iksys muy motivado. Esta motivación, que se ha comprobado en todos los cursos, ha contribuido a que las y los alumnos mostraran un mayor gusto por las matemáticas. En este sentido, cuando se les ha preguntado si prefieren trabajar las matemáticas mediante Iksys o mediante el sistema tradicional, la gran mayoría del alumnado se ha decantado por Iksys. Hay que señalar el hecho de que esta motivación se ha dado entre todo tipo de alumnado. Es decir, tanto en alumnado brillante y aplicado como en alumnado con más dificultades y menos aplicado. Ello ha contribuido a que en las sesiones de Iksys la concentración del alumnado en el trabajo que tenía que realizar fuera considerable. Esto se ha constatado tanto en las observaciones realizadas en las aulas como en los grupos de discusión realizados con el profesorado. No obstante, esta motivación ha sido mayor al principio de curso, decayendo algo en los cursos superiores y a medida que avanzaba el año.

3.4. Iksys y la diversidad

Se ha comprobado que el Programa Iksys respeta el ritmo de trabajo de cada estudiante. Dado que posibilita adecuar los ejercicios a cada cual, permite responder a la diversidad de una manera adecuada. Igualmente potencia el trabajo autónomo del alumnado. De la misma manera se ha corroborado que es una aplicación interesante para el alumnado que presenta necesidades especiales. Ha resultado enriquecedor para el alumnado que tiene más necesidades, para aquellos que han de acudir a las aulas de apoyo. Hay que tener en cuenta que el Programa posibilita al docente para programar previamente los ejercicios de matemáticas que ha de hacer cada estudiante pudiendo de esta manera adecuarlo a cada situación de aprendizaje concreto.

3.5. Iksys y la metodología

Otro aspecto que interesaba analizar era el relativo a la metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto y los cambios que podría representar en la metodología tradicional. En general, tanto en las observaciones realizadas como en los grupos de discusión, así como en las entrevistas realizadas se ha podido constatar que la metodología propuesta ha resultado eficiente. El docente ha pasado de ser el referente y guía del aula a ser ayudante y orientador del proceso de aprendizaje.

Al tener que enfrentarse cada alumno o alumna con el programa de manera individual, se ha potenciado el trabajo autónomo de cada cual apreciándose una concentración en el trabajo poco usual en otro tipo de situaciones. En este sentido la satisfacción del profesorado ha sido unánime al señalar que el clima de trabajo en el aula ha sido inmejorable (el 78% ha señalado que mediante Ikasys se ha potenciado el trabajo autónomo del alumnado).

3.6. El Software y el Hardware de Ikasys

La utilización del Software ha resultado muy sencilla para todas y todos los alumnos de los tres cursos que han participado. Los diferentes tipos de ejercicios que se plantean han resultado en general apropiados. Al responder a un ejercicio, el programa señala la corrección o incorrección de la respuesta dada. En el caso de que la respuesta sea errónea, antes de pasar al siguiente ejercicio, el sistema obliga al alumno o alumna a ver cuál era la respuesta correcta. Este aspecto ha sido señalado como muy positivo por parte del alumnado y del profesorado dado que contribuye a que se mejore el aprendizaje.

En cuanto al Hardware involucrado en el programa se debería diferenciar entre los distintos dispositivos. El microordenador utilizado por cada alumno o alumna ha resultado adecuado, al igual que el armario móvil para cargar los microordenadores y el router. No obstante, se ha constatado que en algunos centros se han dado problemas técnicos sobre todo al comienzo del curso. Estos problemas se han debido a tres causas diferentes: la infraestructura deficiente del centro escolar, el sistema Wifi, el desconocimiento en el uso del programa, el ordenador, el router, etc. Estos problemas en algún caso han resultado graves llegando incluso a poner en entredicho la propia viabilidad del programa.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos llevan a pensar que el programa ha tenido un impacto beneficioso en el rendimiento general en matemáticas ya que en los tres cursos analizados las puntuaciones obtenidas por los alumnos del grupo experimental son superiores a las puntuaciones obtenidas por los alumnos del grupo control. No obstante, dado que mediante el programa Ikasys no se trabajan todas las competencias involucradas en el currículum de las matemáticas, se ha analizado si la mejora es general o parcial a las competencias directamente relacionadas con el programa. Tal y como se ha podido comprobar con los resultados expuestos, esta mejora es más elevada en las competencias trabajadas directamente, dado que en todos los casos se han alcanzado diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo control. Sin embargo, cuando se ha analizado si realmente se da una transferencia de las competencias matemáticas trabajadas por el programa a aquellas competencias no trabajadas por el programa, se ha observado que las diferencias entre el grupo experimental y el grupo control han disminuido y en algunos casos desaparecido. Por lo tanto, las mejoras obtenidas y constatadas con los resultados alcanzados son mejoras que parece pertinente valorar como parciales y no generales.

El rendimiento en matemáticas es mayor a medida que los niveles del nivel socioeconómico y cultural son mayores. Estas diferencias son superiores en los niveles educativos más altos.

En lo que no cabe ninguna duda es en la motivación que ha generado el programa en el alumnado. Desde las distintas perspectivas se ha corroborado este dato y se ha podido comprobar que trabajar las matemáticas con estas tecnologías es mucho más motivador para el alumnado que utilizar materiales tradicionales.

El Programa Iksys se ha mostrado como una herramienta versátil que posibilita la adecuación de los ejercicios de matemáticas a cada alumna y alumno y a cada situación de aprendizaje concreto. Resulta un instrumento válido para responder a la diversidad del alumnado.

La metodología utilizada para llevar adelante el Programa Iksys ha resultado adecuada. Se ha constatado que el alumnado trabaja de manera autónoma y con una gran concentración. El docente ha pasado de ser guía y único referente a ser una persona de apoyo.

El Software utilizado en el Programa Iksys ha resultado adecuado tanto en lo que se refiere a la simplicidad de uso del programa para el alumnado como en los distintos tipos de ejercicios que se plantean. Con respecto al Hardware necesario para llevar a cabo el programa se ha constatado que los problemas técnicos pueden dificultar el adecuado proceso del programa. Por ello, es conveniente que antes de comenzar con las sesiones de Iksys se garantice que la infraestructura del centro sea adecuada, el sistema Wifi funcione adecuadamente y que el profesorado involucrado en el Programa tenga la formación necesaria y suficiente para resolver los problemas que puedan surgir.

En definitiva, este estudio nos permite concluir que los factores más relevantes que contribuyen al éxito de programas educativos como Iksys son los siguientes:

- Acceso del alumnado a la tecnología
- Formación tecnológica del profesorado
- Formación pedagógica del profesorado
- Motivación por parte del profesorado
- Configuración de un equipo de apoyo técnico
- Integración de la tecnología en clase

BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga, F., Orellana, N., & Suárez, J. (2005). Implantación y utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la escuela. *Bordón*, 56(3-4), 443-468.
- Angrist, J., & Lavy, V. (2002). New evidence on classroom computers and pupil learning. *The economic Journal*, 112, 735-765.
- Área, M. (2005). Las tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 11 (1), 3-25. Recuperado de http://www.uv.es/relieve/v11n1/RELIEVEv11n1_1.htm
- Bericat, E. (1998). *La integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social*. Barcelona: Ariel.
- Boza, A., Toscano, M. de la O., & Méndez, J. M. (2009). El impacto de los proyectos TICs en la organización y los procesos de enseñanza-aprendizaje en los centros educativos. *Revista de Investigación Educativa*, 27(1), 263-289.

- Blok, H., Oostdam, R., Otter, M., & Overmaat, M. (2002). Computer-assisted instruction in support of beginning reading instruction: A review. *Review of Educational Research*, 72(1), 101-130.
- Carr, M., Taasoobishirazi, G., Stroud, R., & Royer, J. M. (2011). Combined fluency and cognitive strategies instruction improves Mathematics achievement in early elementary school. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 323-333.
- Clariana, R. (2009). Ubiquitous gíreles laptops in Upper Elementary Mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(1) 5-21.
- Dunleavy, M., & Heinecke, W. F. (2008). The impact of 1:1 laptop use on middle school Math and Science Standardized Test Scores. *Computers in the schools*. 24(3-4), 7-22.
- Dynarski, M., Agodini, R., Heaviside, S., Novak, T., Carey, N., Campuzano, L., Means, B., Murphy, R., Penuel, W., Javitz, H., Emery, D., & Sussex, W. (2007). *Effectiveness of reading and mathematics software products: Findings from the first student cohort*. Washington D.C.: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences. Recuperado de <http://ctl.sri.com/publications/displayPublication.jsp?ID=773>
- Etxeberria, J., Santiago, K., Lukas, J. F., & Gobantes, A. (2011). Ordenagailu bidezko ikaskuntza: Ikasys Proiektuaren Ebaluazioa. *Tantak*, 23(2) , 33-49.
- Federación de Ikastolas (2009). *El Proyecto Ikasys*. Recuperado de http://www.ikasys.net/wordpress/?page_id=3&langswitch_lang=es
- Goldberg, A., Russell, M., & Cook, A. (2003). The effect of computers on student writing: A meta-analysis of studies from 1992 to 2002. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 2(1), 1-51. Recuperado de <http://ejournals.bc.edu/ojs/index.php/jtla/article/view/1661>
- Gomez Chacón, I. M. (2010). Actitudes de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática con tecnología. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(2), 227-244.
- Kulik, J. (1994). Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction. En E. L. Baker & H. F. Jr. O'neil (Eds.), *Technology assessment in education and training* (pp. 9-33). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Lynch, J. (2006). Assessing effects of technology usage on mathematics learning. *Mathematics Education Research Journal*, 18(3), 29-43.
- Marchesi, A., & Martín, E. (Comp.) (2002). *Evaluación de la Educación Secundaria. Fotografía de una etapa polémica*. Madrid: SM.
- Myers, R. Y. (2009). *The effects of the use of technology in Mathematics instruction on student achievement*. FIU Electronic Theses and Dissertations, 136. Recuperado de <http://digitalcommons.fiu.edu/etd/136>
- O'dwyer, L. M., Russell, M., Bebell, D., & Tucker-Seeley, K. (2005). Examining the relationship between students' Mathematics test scores and computer use at home and at school. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 6(5), 1-45. Recuperado de <http://ejournals.bc.edu/ojs/index.php/jtla/article/view/1635/1479>
- Parr, J. (2000). *A review of the literature on computer-assisted learning, particularly integrated learning systems, and outcomes with respect to literacy and numeracy*. Wellington, Nueva Zelanda: Ministerio de Educación. Recuperado de www.minedu.govt.nz/web/document/document_page.cfm?id=5499

- Reeves, T. C. (1998). *The impact of media and technology in schools: A research report prepared for The Bertelsmann Foundation*. Recuperado de <http://treeves.coe.uga.edu/edit6900/BertelsmannReeves98.pdf>
- Rodríguez Conde, M. J., Olmos Migueláñez, S., & Martínez Abad, F. (2012). Propiedades métricas y estructura dimensional de la adaptación española de una escala de evaluación de competencia informacional autopercebida (IL-HUMASS). *Revista de Investigación Educativa*, 30(2), 347-365.
- Santiago, K., Etxeberria, J., Lukas, J. F., & Gobantes, A. (2009). Diseño de investigación para la evaluación del programa Ikasys. En A. Boza (Coord.), *Educación, investigación y desarrollo social. Actas del XIV Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa* (pp. 1559-1566). Huelva: Universidad de Huelva.
- Tejedor, J. (2010). Aportaciones de las TIC al desarrollo social. En A. Boza, J. M. Méndez, M. Monescillo, & M. De La O. Toscano (Eds.), *Educación, investigación y desarrollo social* (pp. 135-153). Madrid: Narcea.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., & Byers, J. (2002). Conditions for classroom technology innovations: Executive summary. *Teachers College Record*, 104(3), 482-515.

Fecha de recepción: 14 de febrero de 2013.

Fecha de revisión: 14 de febrero de 2013.

Fecha de aceptación: 16 de mayo de 2013.

