

El diseño de contextos educativos mediados por ordenador y el aprendizaje de contenidos procedimentales de matemáticas en la ESO¹.

Manoli Pifarré y Jaume Sanuy

Título en inglés.

The design of a didactical sequence mediated by a computer and the learning of mathematical procedural knowledge in Secondary Education.

Resumen. En este artículo se justifica teóricamente y se evalúa el diseño de un contexto educativo mediado por ordenador para favorecer el aprendizaje de procedimientos de resolución de problemas sobre el contenido matemático de la proporcionalidad. Los principios educativos que han guiado el diseño y el proceso de evaluación son los siguientes: a) estudiar las características del programa informático que pueden potenciar el aprendizaje de estrategias de resolución de problemas. Nuestro trabajo ha utilizado una hoja de cálculo como programa informático; b) contextualizar las actividades y los problemas a resolver en situaciones del entorno cotidiano del alumno y c) facilitar el aprendizaje compartido y colaborativo de procedimientos de resolución de problemas entre los diferentes miembros de la comunidad escolar. Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran que la mediación de la hoja de cálculo en la resolución de tareas matemáticas ha definido una manera de aprender cuantitativamente y cualitativamente diferente.

Palabras clave. Proceso de enseñanza/aprendizaje; artefactos culturales; hoja de cálculo; estrategias de resolución de problemas; proporción.

Abstract: Within this article is included a description, justification and evaluation of

¹ Enseñanza Secundaria Obligatoria

a didactical sequence mediated by a computer to improve the learning of problem solving strategies about proportionality. The design and evaluation of the didactical sequence is guided by three principles: a) study the attributes of the software to improve the development of problem solving strategies. In our study we use a spreadsheet; b) to context the activities and the problems to solve in students' every day practices, and c) to facility the co-operative learning of problem solving strategies among the different members of the school community. Our study show that problem solving mediated by a spreadsheet improve the quantitative and qualitative learning.

Keywords: Teaching/learning process; artefacts tools; spreadsheets; mathematics; problem solving strategies and proportion.

Datos sobre los autores: Manoli Pifarré Turmo es profesora de Psicología Evolutiva y de la Educación en la Universidad de Lleida donde trabaja en el estudio de la influencia de las características del contexto educativo en el desarrollo cognitivo, especialmente en el desarrollo del conocimiento matemático. Jaume Sanuy Burgués es profesor de Psicología Evolutiva y de la Educación en la Universidad de Lleida donde dirige la línea de investigación centrada en el desarrollo cognitivo en contextos educativos.

Dirección. Departamento de Pedagogía y Psicología. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Lleida. Campus de la Caparrella s/n. 25192-Lleida. E-mail: pifarre@pip.udl.es – sanuy@pip.udl.es

Agradecimientos: Esta investigación ha sido realizada gracias a una ayuda para la financiación de proyectos de investigación de la Universidad de Lleida, proyecto nº 812.

En las dos últimas décadas, se han realizado un gran número de investigaciones que pretenden estudiar las diferentes funciones educativas que el software informático puede desarrollar para facilitar y mejorar el aprendizaje de los alumnos. La principal hipótesis de trabajo de este conjunto de investigaciones es que el ordenador puede desempeñar funciones mucho más importantes que la de aumentar la eficacia y la rapidez de los alumnos en la resolución de las tareas escolares. Este instrumento puede desarrollar funciones de amplificador y reorganizador de la actividad cognitiva y facilitar el aprendizaje del alumno (Pea, 1987; Martí, 1992).

Ahora bien, los resultados conseguidos en dichas investigaciones no siempre se muestran unánimes en cuanto a las ventajas educativas del uso de un programa informático. Mientras en unas investigaciones se obtienen resultados positivos en el aprendizaje de los alumnos cuando utilizan el ordenador, en otras se obtienen resultados inferiores a los esperados. Si adoptamos una perspectiva de análisis sociocultural, la diversidad de los resultados conseguidos cuando se utiliza la mediación del ordenador para facilitar el aprendizaje de los alumnos puede explicarse por las características de las variables del contexto educativo en el cual se incorpora el uso del ordenador. Variables del contexto educativo como: el contenido de aprendizaje, las características de las actividades de enseñanza/aprendizaje, la función del profesor, la interacción entre los alumnos, la edad de los alumnos o los métodos de evaluación se muestran determinantes para explicar los resultados obtenidos con la herramienta informática (Clements y Sarama, 1997; Salomon y Perkins, 1998).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, surge la necesidad de realizar estudios que permitan determinar qué variables del contexto educativo inciden en el aprendizaje mediado por ordenador y cómo estas variables pueden incorporarse en el diseño de

situaciones de enseñanza y aprendizaje que utilicen el ordenador como amplificador y reorganizador de la actividad cognitiva del alumno.

El estudio que se presenta en este artículo se sitúa en esta línea de trabajo y pretende analizar cómo se puede integrar el ordenador en el contexto educativo de la E.S.O. como herramienta que puede incidir en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos procedimentales de matemáticas.

EL PROBLEMA: ORDENADOR Y APRENDIZAJE

La aproximación sociocultural del proceso de enseñanza-aprendizaje destaca la relación entre el desarrollo de los procesos mentales de los sujetos y las características de los escenarios culturales, históricos e institucionales en los cuales participan. Diferencias en la organización social y cultural entre diversas sociedades producirán cambios en el desarrollo de los procesos psicológicos de los individuos, procesos que no maduran espontáneamente sino que requieren de la relación interpersonal para su construcción. Desde esta perspectiva, la mediación social de otras personas, de las herramientas culturales (instrumentales y simbólicas) y de las entidades y organizaciones sociales se muestran ejes clave para explicar el desarrollo individual (Salomon y Perkins, 1998).

De acuerdo con Bellamy (1996), tres consecuencias o variables educativas se derivan de la teoría sociocultural del desarrollo humano para el diseño de situaciones educativas que utilicen herramientas tecnológicas como el ordenador: en primer lugar, es necesario conocer las características de la herramienta que se utilice, porque las características peculiares de cada herramienta generan un tipo de actividad mental diferenciada y explican la manera de aprender que se deriva de ella. En segundo lugar, es importante contextualizar las actividades educativas al entorno cultural y utilizar herramientas

similares a las que se utilizan en la sociedad en la que vive el alumno. Y, en tercer lugar, el diseño de entornos educativos mediados ha de potenciar la interacción y el intercambio social entre los diferentes miembros de la comunidad escolar.

A continuación, pasamos a estudiar con más detalle las tres variables apuntadas haciendo referencia a como se pueden concretar en el diseño de una situación educativa concreta, principal objetivo de nuestro estudio.

Tecnología y mente

Cualquier actividad mental está mediada por el uso de diferentes herramientas instrumentales y simbólicas aportadas por el entorno cultural en el que vive el sujeto. El uso de herramientas nos permite procesar de manera diversa la información que nos llega de nuestro entorno, transformando también, así, nuestras capacidades cognitivas. En palabras de Salomon, Perkins y Globerson (1991), trabajar con una herramienta inteligente como el ordenador *“tiene efectos en “qué” hace el alumno, “cómo” lo hace y “cuando” lo hace”* (pág. 3).

Los diferentes procesos implicados en el uso de una herramienta son, en última instancia, los que explican la manera de aprender que se deriva y los cambios cognitivos que se producen en el individuo (Martí, 1992). Así, será necesario conocer las características generales y específicas de la herramienta que se utilice con el objetivo de diseñar la situación educativa que aproveche mejor sus potencialidades para favorecer el aprendizaje. En este sentido, nuestro estudio parte para el diseño y el análisis de la propuesta de enseñanza-aprendizaje de las características del ordenador, en general, y de las características de la hoja de cálculo, en particular.

Desde nuestra perspectiva, y en referencia a las características educativas más relevantes

de una hoja de cálculo, y que hemos trabajado en nuestro estudio, destacamos las cuatro siguientes:

En primer lugar, el programa permite realizar cálculos de manera sencilla y rápida. El alumno tiene a su alcance un entorno que le permite experimentar, explorar y manipular entornos numéricos. Esta facilidad de manipular entornos numéricos puede favorecer el aprendizaje significativo de conceptos matemáticos porque el alumno tiene la oportunidad de ser un sujeto activo en la manipulación de contenidos de un alto nivel de abstracción, una de las bases del aprendizaje significativo. En palabras de Abramovich y Nabors (1997) *“the students were engaged in a dialogue with the spreadsheet in which significant mathematical explorations took place”* (pág.16)

En segundo lugar, la estructura simbólica de la hoja de cálculo, un cuadro de doble entrada formado por múltiples casillas relacionadas entre ellas, requiere que el alumno organice y planifique la información que introduce en la hoja de trabajo (Fillooy y Sutherland, 1996).

En tercer lugar, la dinámica de trabajo con una hoja de cálculo facilita que el alumno regule sus acciones respetando todo un conjunto de reglas. El ordenador ejecuta y calcula automáticamente las órdenes que introduce el alumno, éste sabe que el número que aparece en pantalla tiene una correspondencia directa con sus acciones y que, a diferencia del cálculo que se realiza con papel y lápiz, no tiene posibilidad de error. Este hecho puede favorecer que el alumno evalúe los resultados conseguidos y se cuestione sobre la validez del proceso de resolución seguido (Pifarré y Monereo, 1995).

En cuarto lugar, el uso de la hoja de cálculo en la resolución de un problema libera al alumno de una parte del trabajo y permite que dedique sus esfuerzos cognitivos a pensar

cómo resolver el problema y qué procedimientos son los más adecuados para llegar al objetivo planteado por el problema, “... *the spreadsheet does the work, and the student does the thinking*” (Dyrli 1986:51).

Aprendizaje en contexto

Desde la perspectiva sociocultural, el contexto social y el individuo se consideran como un sistema integrado y altamente situado, en palabras de Salomon y Perkins (1998):

“Accordingly, the learning products of this system, jointly constructed as they are, are distributed over the entire social system rather than possessed by the participating individual...”

The identity of an individual... is a function of her being (or becoming) a part of a greater entity.” (Salomon y Perkins, 1998:4-5)

De acuerdo con este planteamiento, uno de los objetivos de la educación ha de ser proveer a los alumnos de los medios adecuados y necesarios que les permitan participar de manera activa en el contexto social y cultural al cual pertenecen. Así, los alumnos han de tener acceso y participar en actividades culturales auténticas y manejando instrumentos similares a los que utiliza la sociedad en la que viven. Esta participación creciente en las actividades culturales de su entorno permitirá a los alumnos interiorizar los saberes culturales de la comunidad en la que viven, y así, identificarse y participar como miembros de esta comunidad.

Recogiendo esta propuesta, nuestro trabajo utiliza un programa informático de uso generalizado en el mundo laboral y social, como es el programa de una hoja de cálculo. Se ha diseñado una situación educativa que utiliza este programa informático para potenciar el aprendizaje de estrategias de resolución de problemas sobre el contenido matemático de la proporcionalidad. El objetivo de nuestra propuesta es doble, por un lado, pretendemos que el alumno aprenda a utilizar un instrumento cultural de su

entorno de la misma manera en que lo hacen los adultos, para resolver problemas. Por otro lado, pretendemos que con el uso de este instrumento el alumno desarrolle un conjunto de estrategias que le sean útiles para resolver otros problemas que se le planteen en la comunidad en la que vive.

Aprendizaje cooperativo

Desde la perspectiva sociocultural se destaca que el aprendizaje es fruto de la construcción participada en un determinado contexto social. Así, el pensamiento es mediado por instrumentos y por estructuras sociales las cuales se rigen por unas pautas de interacción social y de distribución de tareas.

Esta naturaleza social del desarrollo de los alumnos sugiere que las situaciones de aprendizaje que utilicen el ordenador han de facilitar la interacción y la colaboración social entre los diferentes miembros de la comunidad escolar.

En este sentido, diferentes estudios han mostrado la función del aprendizaje cooperativo en el desarrollo individual. Las conclusiones de estos estudios destacan que la interacción cooperativa puede, por un lado, aumentar las actividades prosociales de los alumnos y los sentimientos de pertenencia a una comunidad social (por ejemplo el trabajo realizado por Battistich, *et al.* 1997) y, por otro lado, favorecer el desarrollo social e intelectual de los alumnos (por ejemplo en el campo de la resolución de problemas: King, 1997).

Nuestro trabajo, haciéndose eco de esta tercera variable teórica para el diseño de entornos mediados por ordenador, ha incorporado el uso del programa informático de la hoja de cálculo como herramienta de enseñanza-aprendizaje, formando parte de las estructuras sociales del aula de matemáticas. De este modo, el profesor utiliza la hoja de

cálculo como instrumento para enseñar contenidos matemáticos y los alumnos la utilizan como instrumento para aprender y resolver problemas.

Además, y recogiendo las conclusiones destacadas por diferentes estudios sobre los potenciales beneficios del aprendizaje cooperativo en el desarrollo social e intelectual de los alumnos, en el diseño e implementación de la propuesta de enseñanza-aprendizaje que se presenta en este artículo se favorece el aprendizaje compartido y colaborativo de procedimientos de resolución de problemas matemáticos con la mediación de las características de una hoja de cálculo. En este sentido, nuestra propuesta ha puesto un especial énfasis en la creación de situaciones de discusión sobre el proceso de resolución de problemas matemáticos en parejas y en pequeños grupos con diferentes niveles de competencia matemática.

En los próximos apartados expondremos las características de la propuesta de enseñanza-aprendizaje que incorpora los tres ejes teóricos analizados anteriormente y el proceso de investigación diseñado para evaluar la incidencia que este contexto educativo tiene en el proceso de aprendizaje de los alumnos de contenidos procedimentales del área de las matemáticas.

UN EJEMPLO DE INTERVENCIÓN EN MATEMÁTICAS: EL USO DE LA HOJA DE CÁLCULO

Objetivos

En primer lugar, nuestro trabajo pretende aportar nuevos datos sobre cómo integrar la herramienta informática, en general, y en nuestro caso concreto el programa de una hoja de cálculo, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos matemáticos en la

Enseñanza Secundaria Obligatoria.

En segundo lugar, analizar qué características han de tener las situaciones de enseñanza-aprendizaje que utilicen el ordenador para potenciar el aprendizaje de los alumnos.

En tercer lugar, evaluar en qué medida el diseño de una situación de enseñanza-aprendizaje con unas características contextuales concretas que utiliza la mediación del programa informático de una hoja de cálculo para resolver problemas matemáticos modifica los procesos cognitivos y de interacción social que el alumno realiza durante el proceso de resolución de un problema.

Para alcanzar estos tres objetivos, nuestro trabajo diseña, implementa y evalúa dos propuestas didácticas, que definen dos contextos de aprendizaje diferentes, puesto que una propuesta utiliza la mediación del programa de la hoja de cálculo para resolver problemas y la otra no. Ahora bien, las dos propuestas tienen como principal finalidad que los alumnos aprendan procedimientos para resolver problemas sobre proporcionalidad directa y comparten las mismas características en relación con los contenidos de aprendizaje, las actividades, la metodología de enseñanza y de evaluación.

MÉTODO

Participantes

La muestra que participa en nuestro estudio está formada por todos los alumnos de tercero de E.S.O. del Instituto “Ronda” de la ciudad de Lleida, un total de 106 sujetos.

La muestra de alumnos se distribuye en seis grupos clase. Tres clases forman el grupo que denominamos como “*contexto ordenador*”, el cual realiza los aprendizajes

escolares con la mediación del programa informático de la hoja de cálculo. Las otras tres clases forman el grupo que denominamos como “*contexto no ordenador*”, el cual no utiliza el medio informático para realizar los aprendizajes escolares.

En total, el grupo “*contexto ordenador*” lo forman 46 alumnos y el grupo “*contexto no ordenador*” lo forman 60 alumnos. La diferencia en el número de alumnos de cada grupo viene condicionada por el hecho que el aula de informática del centro esta equipada con ocho ordenadores. Los alumnos trabajan durante la realización de la propuesta de enseñanza-aprendizaje en parejas y los alumnos que podían trabajar con la hoja de cálculo es limitada a 16 por grupo.

Al inicio del estudio se comprueba que los dos grupos de alumnos son homogéneos y comparables en relación con los conocimientos previos sobre el contenido de la proporcionalidad. Este análisis se realiza mediante una prueba de evaluación inicial que consistió en la resolución de seis problemas sobre proporcionalidad.

Procedimiento

El procedimiento experimental consta de dos fases o momentos: una primera fase, en la que se realiza la intervención o proceso de enseñanza-aprendizaje y, una segunda fase, en la que tiene lugar la evaluación de las acciones cognitivas, metacognitivas y sociales que los alumnos realizan durante la resolución de un problema.

Primera fase: Características de la intervención.

La fase de intervención ha consistido en la realización por parte de los alumnos de una propuesta de enseñanza-aprendizaje de procedimientos de resolución de problemas sobre el contenido de la proporcionalidad y durante un trimestre de clase (30 horas de clase, aproximadamente). La propuesta de enseñanza-aprendizaje presenta dos

modalidades de ejecución, los alumnos del “*contexto ordenador*” resuelven las actividades y los problemas de la propuesta con el uso del programa informático de la hoja de cálculo. En cambio, los alumnos del “*contexto no ordenador*” los resuelven con el uso de una calculadora.

En líneas generales, la propuesta didáctica se divide en dos partes bien diferenciadas. Una primera parte que tiene como principal objetivo el aprendizaje del contenido de la proporcionalidad directa. En esta primera parte de la propuesta didáctica se plantean problemas cotidianos sencillos y se favorece que el alumno aplique, perfeccione y amplíe las estrategias de resolución de este tipo de problemas adquiridas de manera intuitiva y espontáneamente en la vida cotidiana.

Una segunda parte que tiene como principal objetivo favorecer el aprendizaje colaborativo de estrategias de resolución de problemas complejos sobre proporcionalidad directa. En esta segunda parte de la propuesta didáctica, las parejas de alumnos resuelven 10 problemas contextualizados en la vida cotidiana. En estos problemas se presentan situaciones problemáticas amplias, con una gran cantidad de datos y que implican la búsqueda de un proceso de resolución. El alumno para poder contestar a la pregunta planteada en el enunciado del problema es necesario que seleccione y articule diferentes estrategias de resolución, tanto generales como específicas del contenido de la proporcionalidad.

Para conseguir que los alumnos resuelvan con éxito estos problemas complejos, se ha diseñado un proceso de enseñanza-aprendizaje que guía el aprendizaje de estrategias cognitivas y metacognitivas de resolución de problemas con el uso del programa informático de una hoja de cálculo. Esta guía del aprendizaje de los alumnos se realiza con un material didáctico formado por un conjunto de instrucciones/guía sobre

diferentes aspectos del proceso de resolución de un problema –que denominamos como *hojas para pensar el problema*.

Las “*hojas para pensar el problema*” pretenden conseguir un doble objetivo, en primer lugar, guiar y enriquecer el proceso de resolución con el uso de una hoja de cálculo. Este material didáctico ha sido diseñado para ser una ayuda externa que el alumno utiliza mientras resuelve el problema. Se plantea al alumno un conjunto de interrogantes, de indicaciones y de sugerencias sobre las posibles acciones a realizar para resolver el problema y se favorece que el alumno utilice las posibilidades de la hoja de cálculo para seleccionar los procedimientos más adecuados y resolver el problema con éxito. Concretamente, la guía hace reflexionar a los alumnos sobre la necesidad de aprender y utilizar estrategias para: entender y analizar el problema; planificar un plan de resolución; organizar los datos y el plan de resolución en un cuadro de doble entrada y evaluar el proceso de resolución del problema y el resultado obtenido.

En segundo lugar, la guía también pretende organizar y estructurar los procesos de interacción de las parejas de alumnos durante la resolución del problema. La formulación de preguntas y respuestas sobre el proceso de resolución del problema entre los miembros de la pareja puede favorecer que la interacción de éstos verse sobre aspectos relevantes de la tarea y de su resolución, aspectos que no aparecen espontáneamente en todos los grupos de iguales y que pueden repercutir positivamente en el aprendizaje de los alumnos (O’Donnell y Danserau, 1992; King, 1997)

Segunda fase: evaluación de las características del proceso de resolución de problemas.

El objetivo del proceso de evaluación es conocer en qué medida las características

específicas de cada contexto (ordenador - no ordenador) modifican el tipo de estrategias cognitivas y metacognitivas que utilizan los alumnos para resolver el problema y las características de la interacción social de las parejas de alumnos durante el proceso de resolución.

Para realizar esta evaluación, las parejas de alumnos resuelven un problema de características similares a los resueltos durante el período de intervención. Los alumnos del grupo “*contexto ordenador*” resuelven este problema con el programa informático de la hoja de cálculo y el grupo de alumnos “*contexto no ordenador*” lo resuelven con una calculadora que les facilita las operaciones de cálculo.

Los datos se recogen a partir de la grabación en vídeo del proceso de resolución del problema con y sin uso de la hoja de cálculo, de 12 parejas de alumnos. Posteriormente, la información grabada se transcribe en unos protocolos que recogen de manera simultánea las acciones y las verbalizaciones de los dos alumnos de cada pareja.

Finalmente, se categoriza la información grabada y transcrita en función de las diferentes categorías elaboradas en un instrumento de evaluación específicamente diseñado en nuestro estudio y que describen las características de la actividad cognitiva, metacognitiva y social de los dos alumnos de cada pareja durante la resolución del problema. El proceso de categorización de la información se ha realizado utilizando un procedimiento de toma de decisiones por consenso entre dos jueces.

Las categorías de la dimensión cognitiva y metacognitiva se han diseñado a partir de la investigación realizada en el marco de la resolución de problemas y que ha dedicado una buena parte de sus esfuerzos en identificar los diferentes procesos y estrategias cognitivas y metacognitivas que los sujetos realizan para resolver un problema.

Concretamente, la elaboración de las categorías cognitivas y metacognitivas de nuestro estudio se ha realizado a partir de la revisión de los trabajos de Schoenfeld (1985, 1992a, 1992b), Garofalo y Lester (1985) y Artzt y Armour-Thomas (1992). En estos trabajos, las diferentes acciones que realizan los sujetos para resolver un problema se agrupan en diferentes episodios heurísticos o grupos de acciones con objetivos bien definidos que realizan los expertos para resolver un problema. En estos trabajos, un episodio es definido como:

“... macroscopic chunks of consistent behavior ... These episodes are periods of time during which the problem solver (or problem-solving group) is engaged in a single set of actions of the same type or character, such as planning or exploration.” (Schoenfeld, 1985:271)

A partir de esta revisión teórica, las categorías cognitivas y metacognitivas definidas en nuestro trabajo son las siguientes:

Categorías cognitivas.

El principal objetivo de las categorías cognitivas es aportar un mapa descriptivo del objetivo u orientación cognitiva de las diferentes acciones que realizan los dos grupos de alumnos para resolver el problema. Se definen las cinco categorías cognitivas siguientes:

- **Lectura inicial.**
- **Análisis.** El alumno divide el problema en componente más básicos, examina y busca las relaciones entre los diferentes elementos.
- **Planificación.** El alumno realiza acciones como: seleccionar la estrategia general de resolución del problema; tantear o explorar posibles acciones para resolver el problema; explicitar un conjunto de procedimientos ordenados a ejecutar;

organizar los datos o las acciones que realizará para resolver el problema.

- **Ejecución.** El alumno realiza un conjunto de acciones y de procedimientos matemáticos para resolver el problema.
- **Revisión.** El alumno realiza acciones para controlar, revisar la validez del proceso de resolución y/o de los resultados que va obteniendo y detectar posibles errores.

Categorías de la dimensión metacognitiva.

La dimensión metacognitiva pretende describir en qué acciones para resolver el problema el alumno ejecuta procesos metacognitivos. En esta dimensión se categorizan las dos vertientes clásicas en el estudio de la metacognición: el conocimiento declarativo sobre la propia actividad cognitiva y el conocimiento relacionado con la gestión, la regulación y el control de los procesos cognitivos implicados en la resolución de una tarea (Flavell, 1992; Martí, 1995).

Los indicadores utilizados en nuestro estudio para codificar las dos vertientes señaladas se refieren a: a) reflexiones sobre el enunciado y estructura del problema; b) reflexiones sobre las capacidades del alumno para resolver el problema y c) reflexiones o comentarios sobre el proceso de resolución, o bien cuando se observa que el alumno realiza una acción de manera consciente, controlada y/o regulada.

Esta dimensión se ha categorizado con la categoría: **metacognición – no metacognición.**

Categorías de la dimensión social.

Un gran número de estudios ha centrado su interés en conocer los procesos interactivos

que pueden favorecer el aprendizaje de los alumnos en un contexto de resolución de problemas en pequeños grupos. Diversos trabajos de investigación destacan la importancia de la variable: manera en que los iguales interactúan durante la resolución de una tarea, en el aprendizaje de los alumnos (Lacasa y Herranz, 1995; Roselli, Gimelli y Hechan, 1995). Una de las conclusiones de estos estudios es que el éxito individual está asociado a interacciones de tipo igualitario y compartido entre los miembros del grupo.

En nuestro trabajo para estudiar la manera en que las parejas de alumnos interactúan durante la resolución de un problema se han definido las tres categorías siguientes:

- **Interacción compartida:** Los dos miembros de la pareja participan activamente y se implican por igual en la resolución del problema. Se observa un solo proceso de resolución.
- **Interacción paralela:** Los dos miembros de la pareja participan activamente en la resolución del problema, pero realizan acciones diferentes y de manera simultánea. Se observan contactos puntuales entre los dos alumnos (comentarios, miradas...) o bien lo que realiza un miembro es tomado en consideración por el otro (sugerencias, repartición de tareas...). Se observa dos procesos de resolución.
- **No interacción:** La actividad no es compartida en ningún sentido.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran diferencias en la resolución del problema evaluado entre los dos contextos de aprendizaje tanto de tipo cuantitativo como cualitativo.

Se comparan los resultados cuantitativos obtenidos por los dos grupos en la resolución correcta del problema con la aplicación de la prueba T-TEST de SPSS. El problema se puntúa de 0 a 1 punto. Tal y como se muestra en la tabla I, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, a favor del grupo que ha utilizado la hoja de cálculo para realizar los aprendizajes [$t(1,105) = 3.95; p = .000$].

TABLA I
Comparación de los resultados obtenidos en la resolución del problema

	ORDENADOR		NO ORDENADOR		Valor t	Valor p
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Rendimiento	0.73	0.29	0.47	0.39	3.95	.000

Este resultado presenta el mismo sentido que los obtenidos en diversos estudios en que se utilizan las potencialidades educativas del ordenador para favorecer el aprendizaje de los alumnos. Entre los estudios más próximos a nuestro trabajo mostramos los resultados positivos conseguidos por Lambrecht (1993) cuando los alumnos utilizan una hoja de cálculo para resolver problemas relacionados con el campo temático de la banca. En los resultados cualitativos obtenidos en nuestro estudio también se observan importantes diferencias entre los dos contextos de aprendizaje. El grupo de alumnos que utiliza la hoja de cálculo realiza un mayor número de acciones encaminadas a analizar, planificar y revisar el proceso de resolución que los alumnos que no utilizan esta herramienta informática, como se puede observar en la tabla II y en la figura 1.

TABLA II
Comparación de las acciones cognitivas y metacognitivas realizadas durante la resolución del problema (datos expresados en porcentaje de tiempo que el alumno presenta una determinada categoría)

	ORDENADOR		NO ORDENADOR		Valor t	Valor p
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Lectura inicial	2.87	2.25	3.72	2.14	-.95	.35

Análisis	9.28	6.1	8.53	9.43	.23	.82
Planificación	13.2	6.02	6.46	5.65	2.83	.01
Ejecución	55.87	15.9	58.04	18.37	-.31	.76
Revisión	1.9	2.18	0.96	1.41	1.25	.22
No acción	16.88	20.17	22.28	18.69	-.68	.50
Metacognición	28.8	16.67	15.41	8.88	2.27	.033

El análisis estadístico de los datos mediante una comparación de medias T-TEST de SPSS muestra diferencias significativas en la categoría de planificación ($t(1,23) = 2.83$; $p=.01$).

También se observan diferencias estadísticamente significativas en las acciones metacognitivas que los dos grupos de alumnos realizan durante la resolución del problema ($t(1,23) = 2.27$; $p=.033$).

----- Insertar figura 1 -----

La mayor presencia de acciones cognitivas encaminadas a analizar, planificar y revisar el proceso de resolución y el mayor número de acciones metacognitivas del grupo de alumnos del contexto que utiliza la mediación del programa informático de la hoja de cálculo para realizar los aprendizajes del área de matemáticas son muy importantes. Un gran número de estudios ha destacado, por un lado, la importancia de este tipo de acciones para resolver con éxito un problema matemático y, por otro lado, la posibilidad de incrementar este tipo de acciones después de un período de instrucción específicamente diseñado para conseguir este objetivo (Schoenfeld, 1985, 1992a, 1992b; King, 1997, entre otros).

Desde nuestro punto de vista, las tres características siguientes de la interacción alumno-hoja de cálculo, y que no se producen cuando no se utiliza esta herramienta, pueden explicar los resultados obtenidos en nuestro trabajo.

En primer lugar, la manera de organizar y de manipular la información en la hoja de trabajo del programa informático favorece que el alumno realice acciones encaminadas a organizar y planificar los datos y el proceso de resolución del problema. La estructura simbólica de la hoja de cálculo, diferentes casillas relacionadas entre ellas formando un cuadro de doble entrada, favorece que el alumno realice acciones como las siguientes: analizar qué datos presentados en el enunciado del problema son conocidos y cuales son desconocidos; traducir la información del enunciado del problema en información matemática que el programa pueda manipular; nombrar las filas y columnas del cuadro de doble entrada y organizar la hoja de trabajo para conseguir el objetivo del problema (Pifarré, 1999).

En segundo lugar, las características del programa informático tienen una incidencia positiva en los procesos de revisión y control del proceso de resolución, ya que, por un lado, las acciones del alumno tienen una consecuencia inmediata en la pantalla del ordenador y éste puede modificarlas fácilmente si no se adecuan a sus objetivos. Por otro lado, el entorno informático registra y muestra todas las acciones realizadas para resolver el problema y facilita que el alumno las pueda revisar y modificar.

En tercer lugar, el alumno tiene que hacer explícitas, en formato de órdenes o de fórmulas matemáticas, todas las acciones para resolver el problema porque si no lo hace el ordenador no realizará los cálculos necesarios para solucionarlo. Esta característica potencia una mayor consciencia de todo el proceso de resolución. Estos resultados son consistentes con los destacados por otros estudios (por ejemplo: Steren, 1996).

Las características de la interacción social de los dos grupos de alumnos también presentan diferencias notables, como se observa en la tabla III y en la figura 2. El contexto “ordenador” muestra fundamentalmente una interacción compartida, es decir,

hay un solo proceso de resolución en el cual los dos miembros de la pareja participan activamente. En cambio, el grupo de alumnos del contexto “no ordenador” presenta en menor grado este tipo de interacción – 68% del tiempo de resolución del problema- y presenta en un mayor grado una interacción en paralelo -20% del tiempo utilizado para resolver el problema- es decir, en este período de tiempo, los dos miembros de la pareja del contexto “no ordenador” se reparten las tareas y realizan acciones diferentes y de manera simultánea. Estos resultados son congruentes con los presentados por otros estudios que han analizado la interacción con el uso de la herramienta informática (Nastasi y Clements, 1992; Amigues y Agostinelli, 1992; entre otros).

TABLA II

Comparación del tipo de interacción que presentan los alumnos durante la resolución del problema (datos expresados en porcentaje de tiempo que el alumno presenta una determinada categoría)

	ORDENADOR		NO ORDENADOR		Valor t	Valor p
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Compartida	96.82	2.11	68.77	33.3	2.91	.014
Paralelo	0.53	1.23	20.04	30.7	-2.2	.05
No interacción	2.66	2.31	11.19	16.82	-1.74	.11

----- Insertar figura 2 -----

Diferentes argumentos explican este resultado, entre los que destacan, por un lado, el hecho de trabajar con una única pantalla de ordenador en la que aparecen visualizadas las acciones que realiza el alumno. La pantalla hace las funciones de puente de unión entre los diferentes niveles de representación de la tarea y del proceso para resolverla. En la pantalla se genera una nueva representación que los dos alumnos pueden manipular con la ayuda del teclado y del ratón, favoreciendo, así, la interacción compartida entre ellos (O'Malley, 1992; Griffin, Belyaeva y Soldatova, 1992; Dillenbourg y Self, 1992).

Y, por otro lado, destacamos un argumento muy relacionado con el anterior: el feedback inmediato en la pantalla del ordenador a una acción del alumno ofrece la posibilidad de comentar, discutir o aprobar la acción realizada (Amigues y Agostinelli, 1992).

CONSIDERACIONES FINALES

Nuestro trabajo ha mostrado que las características de la interacción alumno-hoja de cálculo y la peculiar manera de organizar y de manipular la información matemática de este programa informático han definido una manera diferente de aprender tanto cuantitativamente como cualitativamente. Desde nuestro punto de vista teórico, esta diferencia viene definida por las características del contexto educativo en el cual se inserta el ordenador y como éste aprovecha las peculiaridades de la herramienta informática como potenciadoras del aprendizaje.

Entre las características del contexto educativo que nuestro trabajo ha mostrado que tienen una incidencia en la mediación positiva del ordenador en el aprendizaje de contenidos procedimentales del área de las matemáticas destacamos las tres siguientes:

a) El diseño de los problemas a resolver por el alumno contextualizados en situaciones cotidianas de su entorno; b) el diseño de materiales didácticos que, por un lado, integren las características educativas del programa informático que se utiliza y, por otro lado, guíen la selección, la organización, la gestión y el control de los diferentes procedimientos para resolver un problema con la mediación de la herramienta informática y, c) la creación de espacios de discusión y de reflexión alrededor del proceso de resolución de problemas como, por ejemplo, el trabajo en pequeños grupos o en parejas.

Finalmente, La Unión Matemática Internacional (IMU) ha declarado el año 2000 como el Año Mundial de las Matemáticas. Uno de los objetivos que la IMU pretende con esta declaración es el de promocionar el conocimiento y el uso de las matemáticas en todo el mundo habida cuenta que suponen un bagaje necesario para entender el mundo en que vivimos y un pilar fundamental de la cultura. Desde nuestro punto de vista, en el ámbito educativo este objetivo podrá conseguirse si los contenidos que se trabajan en las aulas pasan de ser unos contenidos formales sin una relación con el entorno en el que vive el alumno, a ser contenidos significativos y un instrumento imprescindible para resolver situaciones problemáticas de la vida cotidiana. Las nueva tecnologías, como el ordenador, que ya están al alcance de todos, pueden contribuir a conseguir este objetivo, tal y como se ha evidenciado en nuestro trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVICH, S. y NABORS, W. (1997). Spreadsheets as generators of new meanings in middle school algebra. Computers in the schools 13 (1/2), 13-25.
- AMIGUES, R. y AGOSTINELLI, S. (1992). Collaborative problem-solving with a computer: how can an interactive learning environment be designed? European Journal of Psychology of Education, VII (4), 325-337.
- ARTZT, A. F. y ARMOUR-THOMAS, E. (1992). Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving in small group. Cognition and instruction, 9 (2), 137-175.
- BATTISTICH, V., SOLOMON, G., WATSON, M. y SCHAPS, E. (1997). Caring school communities. Educational Psychologist, 32 (3), 137-151.
- BELLAMY, R. K. E. (1996). Designing educational technology: computer-mediated change. En B. A. Nardi. Context and consciousness. Activity theory and human-computer interaction (pág. 123-146). Cambridge MA: MIT Press.
- CLEMENTS, D. H. y SARAMA, J. (1997). Research on Logo: a decade of progress. Computers in the Schools, 14 (1/2), 9-46.
- DILLENBOURG, P. y SELF, J. A. (1992). A computational approach to socially distributed cognition. European Journal of Psychology of Education, VII (4), 353-372.

- DYRLI, O. E. (1986). Electronic spreadsheets in the curriculum. Computers in the schools, 3 (1), 47-54.
- FLAVELL, J. (1992). Metacognition and Cognitive Monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. En T. O. Nelson (Ed.). Metacognition. Core readings (pàg. 3-8). Boston: Allyn and Bacon.
- FILLOY, E. y SUTHERLAND, S. (1996). Designing curricula for teaching and learning algebra. En A. J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick y J. Laborde. International handbook of mathematics education (139-160). London: Kluwer Academic Publishers.
- GAROFALO, J. y LESTER, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. Journal for research in mathematics education, 16, 163-176.
- GRIFFIN, P.; BELYAEVA, A. y SOLDATOVA, G. (1992). Socio-historical concepts applied to observations of computer use. European Journal of Psychology of Education, VII (4), 269-286.
- KING, A. (1997). Ask to think-tel why: a model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex learning. Educational Psychologist, 32 (4), 221-235.
- LACASA, P. y HERRANZ, P. (1995). Aprendiendo a aprender: resolver problemas entre iguales. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia. CIDE.
- LAMBRECHT, J. (1993). Applications software as cognitive enhancers. Journal of Research on Computing in Education, 25 (4), 506-520.
- MARTÍ, E. (1992). Aprender con ordenadores en la escuela. Barcelona: ICE/Horsori.
- MARTÍ, E. (1995). Metacognición: entre la fascinación y el desencanto. Infancia y aprendizaje, 72, 9-32.
- NASTASI, B. y CLEMENTS, D. H. (1992). Social-cognitive behaviors and higher-order thinking in educational computer environments. Learning and instruction, 2, 215-238.
- O'DONNELL, A. M. y DANSERAU, D. F. (1992). Scripted Cooperation in Student Dyad: A method for analyzing and Enhancing academic learning and performance. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Eds.). *Interaction in Cooperative Groups*, pp. 120-141. Cambridge: University Press.
- O'MALLEY, C. (1992). Designing computer systems to support peer learning. European Journal of Psychology of Education VII (4), 339-352.
- PEA, R. (1987). Cognitive technologies for mathematics education. En A. Schoenfeld. Cognitive science and mathematics education (pàg. 89-122). New York: LEA.
- PIFARRÉ, M. y MONEREO, C. (1995). La hoja de cálculo en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. Novática, 117, 30-35.
- PIFARRÉ, M. (1999). Estrategias de resolución de problemas matemáticos: Incidencia del uso de la hoja de cálculo en la enseñanza-aprendizaje de la proporcionalidad. Tesis doctoral. Universidad de Lleida.

- ROSELLI, N. D., GIMELLI, L. E. y HECHAN, M. E. (1995). Modalidades de interacción sociocognitiva en el aprendizaje de conocimientos en pareja. En P. F. Berrocal y M. A. M. Zabal (Comp.). La interacción social en contextos educativos (pàg. 137-166). Madrid: Siglo XXI.
- SALOMON, G. y PERKINS, D.(1998). Individual and social aspects of learning. Review of Research in Education, 23, 1-24.
- SALOMON, G., PERKINS, D. N. y GLOBERSON, T. (1991). Partners in cognition: extending human intelligence with intelligent technologies. Educational Researcher, 20 (3), 2-9.
- SCHOENFELD, A. (1985). Mathematical problem solving. New York: Academic Press.
- SCHOENFELD, A. (1992a). Learning to think mathematically: Problem Solving, Metacognition, and sense Making in mathematics. En D. Grows. Handbook for research on mathematics teaching and learning (pàg. 334-370). New York: Macmillan Publishing Company.
- SCHOENFELD, A. (1992b). On paradigms and methods: what do you do when the ones you know don't do what you want them to? Issues in the analysis of data in the form of videotapes. Journal of the Learning Sciences, 2 (2), 179-214.
- STEREN, B. (1996). Interacción entre iguales y procesos mediatizados por ordenador. Analisis e intervención en contexto escolar. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

Figura 1: Porcentaje de tiempo que los alumnos realizan acciones cognitivas y metacognitivas para resolver el problema.

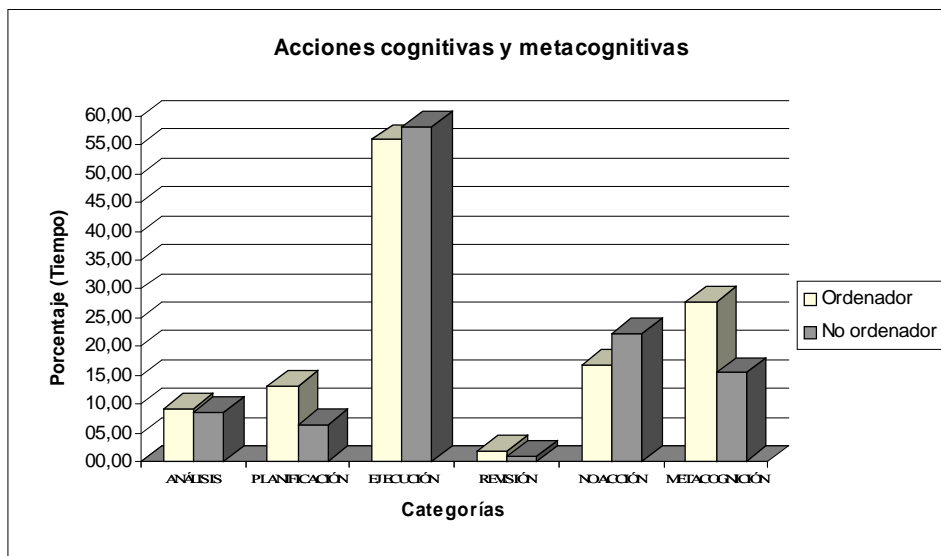


Figura 2: Porcentaje de tiempo en referencia al tipo de interacción que los alumnos presentan durante la resolución del problema.

