

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

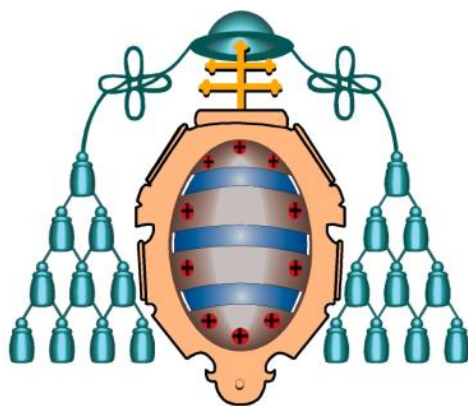
Departamento de Psicología

ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE
FORMATOS DIGITALES PARA LA
ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS
MATEMÁTICAS EN TERCER CICLO DE
EDUCACIÓN PRIMARIA

Programa de Doctorado en Psicología regulado por el Real Decreto 1393/2007

TESIS DOCTORAL

Autora: Marisol Fernández Cueli



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Psicología

ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE FORMATOS
DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA Y
APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN
TERCER CICLO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Programa de Doctorado en Psicología regulado por el Real Decreto 1393/2007

TESIS DOCTORAL

Autora

Marisol Fernández Cueli

Directores

Paloma González Castro

Julio Antonio González García



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE FORMATOS DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN TERCER CICLO DE EDUCACIÓN PRIMARIA	Inglés: ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF DIGITAL FORMATS FOR TEACHING AND LEARNING MATHEMATICS IN UPPER ELEMENTARY SCHOOL
2.- Autor	
Nombre: MARISOL FERNÁNDEZ CUELI	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: PSICOLOGÍA	
Órgano responsable: UNIVERSIDAD DE OVIEDO	

RESUMEN (en español)

En el proceso de aprendizaje, las cuestiones afectivo-motivacionales han mostrado una marcada influencia jugando un papel clave en el rendimiento académico. Principalmente, en el área de las matemáticas variables como la utilidad percibida por los estudiantes, la competencia percibida, la motivación intrínseca y la ansiedad son claves en el aprendizaje en esta área. Dada su relevancia, no es sólo necesario conocer cómo determinan el rendimiento en matemáticas, sino también, cómo mejorar e intervenir sobre estos aspectos. Teniendo esto en cuenta, se plantearon tres objetivos específicos. En primer lugar, analizar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en el área de matemáticas. En segundo lugar, desarrollar una herramienta de intervención que permita la estimulación no sólo de las competencias matemáticas sino también de las variables afectivo-motivacionales. En tercer lugar, analizar en qué medida las condiciones afectivo-motivacionales preexistentes interactúan con la efectividad de este tipo de herramientas instruccionales en el área de las matemáticas.

Para alcanzar el primero de estos objetivos, se trabajó con 626 estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria (10-13 años). Todos realizaron el Inventario de Actitud hacia las Matemáticas (IAM) dirigido a evaluar la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por esta asignatura. Además, se recogió una medida del rendimiento académico antes y después de la realización del cuestionario. Los resultados mostraron que el rendimiento académico previo se relacionaba significativamente con las variables afectivo-motivacionales estudiadas. Ninguna de las variables afectivo-motivacionales predijo el rendimiento académico posterior.

Para alcanzar el segundo de los objetivos, se diseñó y desarrolló la herramienta hipertextual llamada Hipatia dirigida a estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria y a trabajar no sólo las competencias matemáticas y adquisición de contenidos sino también, las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje. Así, en Hipatia se trabaja la utilidad percibida (a través de ejercicios basados en situaciones reales), la competencia percibida (favoreciendo el control del aprendiz sobre el proceso de aprendizaje y a través de la guía durante el proceso), la motivación intrínseca (feedback contingente inmediato tras la relación de las tareas) y la ansiedad hacia las matemáticas (estableciendo una secuencia de aprendizaje lógica que favorezca un marco de aprendizaje estable y uniforme y, a través de la

rutina se lo que va a pasar, disminuya la ansiedad). Estos aspectos resultaron referentes clave para potenciar la mejora de las variables afectivo-motivacionales.

Para alcanzar el tercero de los objetivos, se llevó a cabo un estudio empírico con 425 estudiantes (10-13 años) quienes trabajaron durante un mes con Hipatia y realizaron el IAM antes y después de esta intervención (se recogieron los resultados en utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas). Los estudiantes fueron clasificados en tres grupos: baja, media y alta utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en competencia percibida y ansiedad ante las matemáticas (la competencia percibida se incrementó y disminuyó la ansiedad). Además, la intervención resultó eficaz en los estudiantes con niveles bajos, medios y altos. Quienes presentaban puntuaciones más bajas, se incrementaban. Quienes presentaban niveles medios, considerados adecuados y positivos, no mostraron ningún cambio y, quienes presentaban niveles altos y poco ajustados a la realidad, adaptaron sus percepciones presentando puntuaciones medias en el postest. De ahí, se deduce la necesidad de ajustar las intervenciones a las necesidades de los estudiantes y, por tanto, a su perfil y características iniciales.

La idea principal que se pudo extraer de la consecución de estos tres objetivos es que si bien las variables afectivo-motivacionales no condicionaron el rendimiento académico posterior, el rendimiento previo sí resultó ser un determinante en la explicación de las diferencias en dichas variables. Sin embargo, la intervención con herramientas específicas desarrolladas para tal fin, produce una mejora a nivel afectivo-motivacional, principalmente, en aquellos estudiantes que más lo precisan.

RESUMEN (en Inglés)

Affective-motivational components have been shown to be important determining factors of academic achievement. Specifically, in the area of mathematics, variables such as perceived usefulness, perceived competence or value given to learning the subject, intrinsic motivation, and anxiety, deserve special consideration. Given their relevance, it is therefore necessary to examine not only how these components explain success in mathematics, but also how to enhance them. Taking these aspects into consideration, three main aims have been proposed. First, it was analyzed the reciprocal relationship between certain affective-motivational variables and academic achievement in mathematics. Second, it was developed a hypermedia tool, aimed at improving basic mathematics skills, as well as affective-motivational components. Finally, it was examined the extent to which previous levels in affective-motivational components influence the effectiveness of this tool in mathematics.

In order to address the first objective, a sample of 626 fifth and sixth grade students (10-13 years) was selected. The Attitudes Towards Mathematics Inventory (IAM), was administered. It evaluates the perceived competence, perceived usefulness of mathematics, intrinsic motivation, anxiety, and feelings evoked by the subject. A measure of mathematics achievement was also taken, based on students' academic grades before and after the evaluation. Results showed that previous academic achievement in mathematics was significantly related to the analyzed affective-motivational variables. None of the affective-motivational variables got to predict further academic achievement.

In order to accomplish the second objective, a hypermedia tool (Hipatia) was developed. This tool was meant for students at fifth and sixth grades, and it is aimed at enhancing not only basic mathematical abilities and contents, but also the affective-motivational components related to mathematics. Hipatia aims to improve perceived usefulness (e.g., it uses exercises based on daily situations), perceived competence (e.g., It engages students to exercise more control over their learning, and gives specific guidance during this process), intrinsic motivation (e.g., it provides immediate and contingent feedback after the task), and mathematics anxiety (e.g., It establishes a logical learning sequence, which provides the learning process with high levels of stability and uniformity, ultimately reducing anxiety). These aspects were key features to improve affective-motivational components.

In order to achieve the third objective, an empirical study with four hundred twenty-five

students (10-13 years) was conducted. All the participants used Hipatia in their regular class for a month and they completed the IAM before and after the intervention (results were collected for perceived competence, perceived usefulness of mathematics, intrinsic motivation, and mathematics anxiety). Students were classified according to their previous level in these variables: low, medium, and high perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation and mathematics anxiety. Statistically significant differences between pre- and post-test measures were found in the variables of perceived competence and mathematics anxiety (perceived competence increased and mathematics anxiety decreased). Furthermore, the intervention was effective for the students with low, medium and high levels in each one of the affective-motivational variables. Students with previously low levels showed an increase in these variables. Students with medium levels (considered adequate and positive), did not show any change, while those who had high (and maladjusted) levels seemed to adapt their perceptions, showing medium scores in the posttests. It was concluded the need to adjust the interventions to students' profiles and characteristics.

On the basis of these findings, it can be stated that the studied affective-motivational variables did not predict further academic achievement, whereas previous achievement was revealed as an important determining factor in the explanation of individual differences in those components. Nevertheless, the intervention with specific tools did improve these effective-motivational components, mainly in those students who most needed it.



RENUNCIA COAUTORES PRESENTACIÓN TRABAJOS FORMANDO PARTE DE TESIS DOCTORAL

Tesis Doctoral
Título: ANÁLISIS DE LA EFICACIA DE FORMATOS DIGITALES PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN TERCER CICLO DE EDUCACIÓN PRIMARIA
Autor: Marisol Fernández Cueli
Programa de doctorado: Psicología

RENUNCIA:	
<p>Los restantes coautores de las publicaciones que forman parte de este trabajo, han defendido su tesis doctoral y alcanzado con anterioridad a este momento el título de doctor, lo que les exime de realizar la presente renuncia.</p>	

Agradecimientos

Esta tesis es producto del trabajo conjunto de diferentes profesionales. De entre todos ellos, mi agradecimiento, en primer lugar, a los directores Julio Antonio González García y Paloma González Castro quienes me dieron la magnífica oportunidad de iniciar este proceso de formación bajo su tutela y han sido guía y apoyo constante durante toda esta etapa. También, quisiera agradecerles, el ejemplo que han sido por su labor, dedicación y buen hacer como grandes profesionales, psicólogos e investigadores y, sobre todo, como personas. Por su generosidad, su disponibilidad, su tiempo, su atención, su confianza, por su valor, gracias.

En segundo lugar, al grupo ADIR y, más concretamente, a los profesores José Carlos Núñez, Celestino Rodríguez, David Álvarez y Rebeca Cerezo quisiera agradecerles sus pautas, orientaciones, sugerencias y recomendaciones que han resultado especialmente enriquecedoras y han favorecido mi formación y sin duda este trabajo. A Trinidad García con quien he compartido estos cuatro años, gracias por su ayuda, sus aportaciones y su colaboración con las traducciones pero además, gracias por su actitud serena y tranquila. A Natalia Suárez, Ellian Tuero y Estrella Fernández por los consejos, favores y trabajos compartidos.

Finalmente, por todo, gracias al profesor Luis Álvarez, de quien tuve la inigualable oportunidad de aprender. Gracias por permitirme teclear tantos aprendizajes, por los consejos, los desafíos, gracias por todo lo que nos dejaste, tanto que aún seguimos y seguiremos trabajando sobre tus palabras, tus principios e ideas, y añorándolas. Por las hojas en rojo, los tachones, las terceras y cuartas y quintas revisiones. Por las comas, los puntos, los paréntesis, cierra guion y punto y coma. Por todo, gracias Luis.

Esta Tesis Doctoral ha sido realizada gracias al apoyo financiero del proyecto I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación de referencia EDU2010-19798 y a una beca de Formación personal Investigador (FPI) de referencia BES-2011-045582.

Índice

Resumen.....	1
Summary.....	5
Introducción.....	9
Objetivos.....	14
Estudio 1. Variables afectivo-motivacionales y rendimiento en matemáticas: Un análisis bidireccional.....	15
Resumen.....	19
Introducción.....	20
Método.....	23
Resultados.....	26
Discusión.....	30
Referencias.....	33
Estudio 2. Hipatia: A hipermedia learning environment in mathematics (Hipatia: Un entorno de aprendizaje hipermedia en matemáticas).....	37
Abstract.....	41
Introduction.....	42
Target Demographic.....	47
Theoretical Framework.....	47
Description of the Program.....	49
Classroom Application.....	52
Summary.....	52

Directions for Future Research.....	53
References.....	54
Estudio 3. Intervención sobre las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en matemáticas	60
Resumen.....	64
Introducción.....	65
Método.....	67
Resultados.....	71
Discusión.....	74
Referencias.....	77
Discusión de resultados.....	83
Limitaciones y líneas futuras.....	89
Conclusiones.....	91
Conclusions.....	93
Referencias bibliográficas.....	95

Resumen

En el proceso de aprendizaje, las cuestiones afectivo-motivacionales han mostrado una marcada influencia jugando un papel clave en el rendimiento académico de los estudiantes. Principalmente, en el área de las matemáticas variables como la utilidad percibida por los estudiantes, la competencia percibida, la motivación intrínseca y la ansiedad son claves en el aprendizaje en esta área. Dada su relevancia, no es sólo necesario conocer cómo determinan el rendimiento en matemáticas, sino también, cómo mejorar e intervenir sobre estos aspectos. En este sentido, en la actualidad las nuevas tecnologías como las herramientas hipermedia ofrecen múltiples oportunidades, entre ellas, la mejora de las variables afectivo-motivacionales. Aunque dicha mejora debe estar contrastada en estudios empíricos.

Teniendo en cuenta estos aspectos, en esta tesis doctoral se plantearon tres objetivos específicos. En primer lugar, analizar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en el área de matemáticas. En segundo lugar, desarrollar una herramienta de intervención que permitiera la estimulación no sólo de las competencias matemáticas sino también de las variables afectivo-motivacionales. En tercer lugar, analizar en qué medida las condiciones afectivo-motivacionales preexistentes interaccionan con la efectividad de este tipo de herramientas instruccionales en el área de las matemáticas.

Para alcanzar el primero de estos objetivos, se trabajó con una muestra de 626 estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria (10-13 años). Todos los estudiantes realizaron el Inventario de Actitud hacia las Matemáticas (IAM) formado por 20 ítems con modalidad de respuesta tipo Likert. El IAM está dirigido a evaluar la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por esta asignatura. Además, se recogió una medida del rendimiento académico antes y después de la realización del cuestionario (calificaciones o notas del segundo y tercer trimestre). Con el fin de conocer la relación recíproca entre las variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en matemáticas se realizaron dos análisis. Para determinar cómo el rendimiento académico influye en las variables afectivo-motivacionales de los alumnos hacia las matemáticas, se optó por llevar a cabo Análisis Multivariados de la Varianza (MANOVA) tomando como variable

independiente el rendimiento académico (calificaciones de la segunda evaluación) y como variables dependientes la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por la asignatura. Para determinar cómo las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las matemáticas condicionan el rendimiento académico, se llevaron a cabo análisis de regresión lineal jerárquica. Con ello se pretendía conocer el poder predictivo de las variables incluidas (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados) sobre el rendimiento académico.

Los resultados mostraron que el rendimiento académico previo se relacionó significativamente con las variables afectivo-motivacionales estudiadas aunque con pequeños tamaños del efecto. Además, ninguna de las variables afectivo-motivacionales predijo el rendimiento académico posterior. Se concluyó en este sentido que los alumnos con un bajo rendimiento en matemáticas tienen mayor probabilidad de presentar niveles más bajos en las variables afectivo-motivacionales relacionadas con la asignatura. Sin embargo, la presencia de niveles bajos en estas variables no condiciona necesariamente el rendimiento académico en matemáticas, al menos, en estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria.

Teniendo en cuenta la relación observada entre el rendimiento académico y las variables afectivo-motivacionales, conviene poner en marcha estrategias específicas de intervención dirigidas a la mejora de estos aspectos. Por ello, para alcanzar el segundo de los objetivos, se diseñó y desarrolló la herramienta hipermedia llamada Hipatia. El desarrollo de Hipatia se inició en la Universidad de Minho (Portugal) bajo la dirección del profesor Pedro Rosário. Esta herramienta está dirigida a estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria y a trabajar no sólo las competencias matemáticas y adquisición de contenidos sino también, las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje. Así, en Hipatia se trabaja la utilidad percibida (a través de ejercicios basados en situaciones reales), la competencia percibida (favoreciendo el control del aprendiz sobre el proceso de aprendizaje y a través de la guía durante el proceso), la motivación intrínseca (feedback contingente inmediato tras la relación de las tareas) y la ansiedad hacia las matemáticas (estableciendo una secuencia de aprendizaje lógica que favorezca un marco de aprendizaje estable y uniforme y, a través de la rutina se lo que va a pasar, disminuya la ansiedad). Se concluyó una vez finalizado

su diseño y desarrollo que estos aspectos eran referentes clave para potenciar la mejora de las variables afectivo-motivacionales.

No obstante, para alcanzar el tercero de los objetivos, una vez desarrollada la herramienta y con el fin de conocer su eficacia se llevó a cabo un estudio empírico. Participaron en este caso 425 estudiantes de entre 10 y 13 años de edad. Todos los participantes trabajaron durante un mes con la herramienta hipermmedia Hipatia. Antes y después de esta intervención realizaron el cuestionario IAM del que se recogieron los resultados en cuatro variables: utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas.

El análisis de las diferencias entre el pretest y el postest en las cuatro variables dependientes fue realizado mediante la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. Para analizar la mejora en función de los niveles previos en las variables afectivo-motivacionales, los estudiantes fueron clasificados en tres grupos: baja, media y alta utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas. Esta clasificación se realizó utilizando como referencia los puntos correspondientes a los percentiles 33 y 66 en cada una de las cuatro variables. A los estudiantes con puntuaciones inferiores al percentil 33 se les asignó al grupo de «baja utilidad, baja competencia, baja motivación intrínseca o baja ansiedad», a los que estaban entre 33 y 66 al de «media» y a los que puntuaron por encima del percentil 66 al grupo de «alta». Una vez conformados los tres grupos, se analizó el cambio entre el pretest y el postest en cada variable dependiente mediante la prueba *t* de Student.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en las variables competencia percibida y ansiedad ante las matemáticas, aunque el tamaño de las diferencias fue muy pequeño. La competencia percibida de los estudiantes para las matemáticas se incrementó tras la intervención y disminuyó la ansiedad hacia la asignatura. Además, los estudiantes con niveles bajos, medios y altos en cada una de las variables afectivo-motivacionales, mostraron tres perfiles específicos tras la intervención. Los alumnos con un nivel bajo en utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad ante las matemáticas, tras la intervención incrementaron significativamente sus puntuaciones en estas variables. Los estudiantes con niveles altos, mostraron también un cambio estadísticamente significativo en las cuatro variables dependientes con puntuaciones más bajas en el postest. Los alumnos con niveles medios en las variables dependientes, no mostraron ningún cambio. Se concluyó que la intervención resultaba eficaz en los

estudiantes con niveles bajos, medios y altos. Quienes presentaban puntuaciones más bajas, mejoraron su utilidad, competencia, motivación intrínseca y ansiedad. También, quienes presentaban niveles medios, considerados adecuados y positivos, no mostraron ningún cambio y, quienes presentaban niveles altos y poco ajustados a la realidad, adaptaron sus percepciones presentando puntuaciones medias en el postest. De estos resultados se deduce la necesidad de ajustar las intervenciones a las necesidades de los estudiantes y, por tanto, a su perfil y características iniciales.

La idea principal que se pudo extraer de la consecución de estos tres objetivos es que si bien las variables afectivo-motivacionales no condicionaron el rendimiento académico posterior, el rendimiento previo si resultó ser un determinante en la explicación de las diferencias en dichas variables. No obstante, la intervención con herramientas específicas desarrolladas para tal fin, produce una mejora a nivel afectivo-motivacional, principalmente, en aquellos estudiantes que más lo precisan.

Summary

Affective-motivational components have been shown to be important determining factors of students' learning and academic outcomes. Specifically in the area of mathematics, variables such as perceived usefulness, perceived competence or value given to learning the subject, intrinsic motivation, and anxiety deserve special consideration. Given their relevance, it is therefore necessary to examine not only how these components explain success in mathematics, but also how they can be enhanced. In this context, new technologies, such as hypermedia tools, offer new opportunities for information processing and manipulation, and may improve these affective-motivational components. Nevertheless, their efficacy must be empirically demonstrated.

Taking these aspects into consideration, three main aims have been proposed. First, the reciprocal relationship between certain affective-motivational variables and academic achievement in mathematics was analyzed. Second, a hypermedia tool was developed, aimed at improving basic mathematics skills as well as affective-motivational components. Finally, the extent to which previous levels in affective-motivational components influence the effectiveness of this tool in mathematics was examined.

In order to address these objectives, a sample of 626 fifth and sixth grade students (10-13 years) took part in the study. Participants were administered the Attitudes Towards Mathematics Inventory (IAM), comprised of 20 Likert-type items. This scale evaluates the components of perceived competence, perceived usefulness of mathematics, intrinsic motivation, anxiety, and feelings evoked by the subject. A measure of mathematics achievement was also taken, based on students' academic grades before and after the evaluation (second and third term). In order to determine the reciprocal relationship between the studied affective-motivational variables and academic achievement in mathematics, two statistical analyses were conducted. First, Multivariate Analysis of the Variance (MANOVA) was conducted to analyze how mathematics achievement influences affective-motivational components. The independent variable was mathematics achievement (academic grades in the second term), whereas perceived competence, perceived usefulness, intrinsic motivation, anxiety, and feelings evoked by the subject were the dependent variables. Second, in

order to examine how the affective-motivational variables related to mathematics predict academic achievement, hierarchical linear regression analyses were conducted. These analyses were aimed at analyzing the predictive value of the studied variables (perceived competence, perceived usefulness, intrinsic motivation, anxiety, and feelings evoked by the subject) on mathematics achievement.

Results showed that previous academic achievement in mathematics was significantly related to the analyzed affective-motivational variables, although effect sizes were low. Nevertheless, none of the affective-motivational variables predicted further academic achievement. It has been concluded in this sense that students with low levels of achievement in mathematics were more likely to show low levels in the studied affective-motivational variables related to the subject, whereas low levels in these variables did not determine mathematics achievement, at least in fifth and sixth grade students.

Since there is a significant relationship between academic achievement in mathematics and the affective-motivational variables, it is necessary to design and implement specific intervention tools focused on improving these components. Thus, in order to accomplish the second objective, a hypermedia tool (“Hipatia”) was developed and its effectiveness was tested. Hipatia was initially designed at the University of Minho (Portugal), under the supervision of Professor Pedro Rosário. This tool was meant for students in fifth and sixth grades, and it is aimed at enhancing not only basic mathematical abilities and contents, but also the affective-motivational components related to mathematics. In this way, Hipatia aims to improve perceived usefulness (e.g., it uses exercises based on daily situations), perceived competence (e.g., it engages students to exercise more control over their learning and gives specific guidance during this process), intrinsic motivation (e.g., it provides immediate and contingent feedback after the task), and mathematics anxiety (e.g., it establishes a logical learning sequence, which provides the learning process with high levels of stability and uniformity, ultimately reducing anxiety). Once this hypermedia tool was designed and developed, it was concluded that these aspects would be key features to improve affective-motivational components.

However, in order to achieve the third objective (i.e., to analyze the benefits of the hypermedia tool in the affective-motivational variables and if such benefits are related to the previous affective-motivational levels), the effectiveness of Hipatia was tested through an empirical study. Four hundred twenty-five students took part in this

study (10-13 years). All the participants used Hipatia in their regular class for a month. They completed the IAM before and after the intervention. Results from four variables were collected: perceived competence, perceived usefulness of mathematics, intrinsic motivation, and mathematics anxiety.

Pretest-posttest differences in the four affective-motivational variables were analyzed by means of student's t test for paired samples taking the whole sample. To analyze the effectiveness of the tool as function of previous levels in the studied affective-motivational variables, students were classified according to their previous level in these variables: low, medium, and high perceived usefulness; perceived competence; intrinsic motivation; and mathematics anxiety. This classification was made using 33rd and 66th percentiles as cut points in each variable. Students who scored below 33rd percentile were assigned to the group of «low usefulness, competence, intrinsic motivation, and anxiety», while those who scored between 33rd and 66th percentile were assigned to the «medium usefulness, competence, intrinsic motivation, and anxiety» group, and those with scores above 66th percentile were assigned to the «high usefulness, competence, intrinsic motivation, and anxiety» group. Once the groups were made, pretest-posttest differences for each dependent variable were analyzed, using student's t test.

Statistically significant differences between pre- and post-test measures were found in the variables of *perceived competence* and *mathematics anxiety*, although effect sizes were low. Perceived competence increased after the intervention with Hipatia, while mathematics anxiety decreased. Furthermore, students with different levels in each one of the affective-motivational variables (low, medium, and high), showed three specific profiles after the intervention. The group with low levels in perceived usefulness, perceived competence, motivation, and mathematics anxiety showed a significant improvement in these variables. Students in the group with high levels in the dependent variables also showed a significant change, but in this case with lower scores in the posttest. Finally, student with medium levels in the affective-motivational variables did not show any significant change due to the intervention. It was concluded that the intervention was effective for the students with low, medium and high levels. Students with previously low levels in these variables showed an increase in perceived usefulness, competence, motivation, and anxiety. In addition, the student with medium levels in these variables (considered adequate and positive), did not show any change, while those who had high (and maladjusted) levels seemed to

adapt their perceptions, showing medium scores in the post-tests. It is concluded, therefore, the advisability to adjust the interventions to students' profiles and characteristics.

On the basis of these findings, it can be stated that the studied affective-motivational variables did not predict further academic achievement, whereas previous achievement was revealed as an important determining factor in the explanation of individual differences in those components. Nevertheless, the intervention with specific tools did improve these effective-motivational components, mainly in those students who most needed it.

Introducción

La adquisición de competencias matemáticas es una preocupación creciente dentro de la comunidad educativa (Calero, Choi, y Waisgrais, 2010; Choi y Calero, 2013). Informes de índole internacional, coinciden al señalar el bajo rendimiento académico de los estudiantes españoles de Educación Primaria y Secundaria en el área de las matemáticas. Por ejemplo, el informe del Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos (*Programme for International Student Assessment; PISA*; OCDE, 2014) realizado en el año 2012, mostró que los estudiantes españoles de Educación Secundaria obtenían resultados inferiores al promedio de los 65 países evaluados. También, en Educación Primaria, el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (*Trends in Mathematics and Science Study; TIMSS*), realizado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement; IEA*) reflejó que los estudiantes de 4º de primaria alcanzaban resultados por debajo de la media de la OCDE y la UE (IEA, 2012).

Dada esta situación, cabe preguntarnos qué condicionantes determinan el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas para, de esta forma, desarrollar estrategias de intervención dirigidas a trabajar esos factores clave en la adquisición de competencias matemáticas. Así, sería conveniente no solo el diseño y desarrollo de estrategias de intervención específicas en función de los condicionantes observados, sino también, el estudio de la eficacia de las mismas sobre las variables pertinentes. En definitiva, para llevar a cabo estas finalidades, sería necesario tener en cuenta estos tres aspectos. En primer lugar, analizar qué variables afectan al rendimiento académico en matemáticas. En segundo lugar, desarrollar una herramienta de intervención que permita la estimulación no sólo de las competencias matemáticas sino también de los factores asociados al aprendizaje y detectados inicialmente para, en tercer lugar, analizar la eficacia de este tipo de herramientas sobre las variables clave observadas. Ello permitirá conocer en mayor medida las variables relevantes en el aprendizaje en matemáticas y contar con estrategias de trabajo que hayan mostrado su efectividad en la mejora de estos aspectos.

En este sentido, diferentes grupos de variables han sido estudiadas en relación con el rendimiento académico en matemáticas. Autores como Calero et al. (2010) y Rosário et al. (2012a), han destacado la importancia de las variables contextuales, personales, cognitivas y afectivo-motivacionales. Dada la influencia y relevancia de las variables afectivo-motivacionales en el aprendizaje, estas son el objeto de análisis en este trabajo. Concretamente, se tuvieron en cuenta la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por esta asignatura, las cuales, forman parte del concepto del dominio afectivo. McLeod (1989) define el dominio afectivo como un extenso rango de sentimientos y estados de ánimo que incluyen como componentes específicos las actitudes, creencias y emociones. Las creencias se definen en términos de experiencias y conocimientos subjetivos (Bermejo, 1996). Así, podemos distinguir entre creencias sobre las matemáticas (consideración de la utilidad de la materia; utilidad percibida) y creencias en relación con las matemáticas (consideración del estudiante de su capacidad para afrontar ese aprendizaje; competencia percibida). Las actitudes, se refieren a la predisposición que muestra el estudiante a la hora de enfrentarse a las tareas matemáticas, lo cual, se relaciona con la ansiedad, la motivación y los sentimientos provocados por la asignatura (Gil, Blanco, y Guerrero, 2005). Finalmente, las emociones son las respuestas afectivas resultado de la interpretación realizada de un aprendizaje (Gómez-Chacón, 2000). En este trabajo, hablaremos de variables afectivo-motivacionales para referirnos específicamente a la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad y sentimientos provocados por las matemáticas dado que, tal y como se plantea a continuación, estas variables se han relacionado con el rendimiento académico y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La relación entre estas variables y el aprendizaje comenzó a señalarse en la década de los 70, produciéndose un incremento en los últimos años de las investigaciones que relacionan la dimensión afectiva y motivacional con el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas (Dettmers et al., 2011; Gómez-Chacón, 2000; Hintsanen et al., 2012). Por ejemplo, Dettmers et al. (2011) estudiaron la relación entre las emociones positivas y negativas durante la ejecución de tareas matemáticas observando que, mientras que las emociones positivas se relacionaban con mayor esfuerzo y dedicación en la tarea, las emociones negativas predecían negativamente el logro en matemáticas. También, los propios informes internacionales como PISA, han evaluado la significatividad de la motivación, ansiedad y competencia percibida del

alumnado en relación con los resultados obtenidos en la prueba. De estos análisis, se destacó que a mayor motivación, competencia percibida y menor ansiedad, mejores resultados en esta área (OCDE, 2014). En definitiva, las investigaciones en esta línea se han centrado principalmente en el análisis de cómo lo afectivo-motivacional puede condicionar el rendimiento en matemáticas. No obstante, el propio rendimiento académico puede a su vez influir sobre las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes, tal y como apuntan autores como Goetz, Frenzel, Hall y Pekrun (2008) y Stevens, Olivrez y Hamman (2006). De ahí, el interés de analizar la relación recíproca entre las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en matemáticas y el rendimiento en esta área. Este análisis permitirá determinar la relación entre estas variables para, a partir de ahí, desarrollar una estrategia de intervención específica que tenga en cuenta no sólo la adquisición de competencias matemáticas para mejorar el rendimiento de los estudiantes, sino también, la mejora del componente afectivo-motivacional.

El diseño y desarrollo de una estrategia de intervención específica resulta clave dado que, la promoción del aprendizaje depende tanto de la mejora en el procesamiento de la información de los estudiantes como de la forma en que se presentan los materiales (Valle et al., 2009). Para alcanzar una metodología de trabajo en matemáticas dirigida a trabajar estos aspectos, algunas investigaciones han resaltado la importancia del uso de las nuevas tecnologías (Engel y Onrubia, 2013; Ojeda, Perales, y Gutiérrez-Pérez, 2012; Reed, Drijvers, y Kirschner, 2010). Entre estos nuevos recursos, destaca el uso de herramientas electrónicas, tales como ambientes de aprendizaje en la Web, pizarras digitales (*Interactive White Boards* -IWBs-) y entornos hipermedia, entendidos estos como sistemas adaptativos de aprendizaje que se presentan en web y proporcionan un ambiente personalizado en el que la información se representa en diferentes modalidades (imágenes, textos, videos, audios,...) (Özyurt, Özyurt, Baki, Güven, y Karal, 2012). A este nivel se han desarrollado multitud de recursos, los cuales, están dirigidos a la enseñanza de contenidos de forma explícita (Özyurt, 2012), al aprendizaje de procesos heurísticos (Rodríguez, Gil, García, y López, 2008) o a la ejecución de actividades y tareas como la resolución de problemas matemáticos (Andrade-Aréchiga, Lopez, y Lopez-Morteo, 2012; López-Vargas, Hederich-Martínez, y Camargo-Urbe, 2012). Sin embargo, dada la relación entre el rendimiento y el componente afectivo-motivacional, es necesario estimular también este aspecto, teniendo en cuenta que si bien los estudiantes están muy familiarizados con las nuevas tecnologías, no muestran

esta misma habituación en su utilización para fines educativos (Núñez et al., 2011). De ahí, la importancia de que el desarrollo de las herramientas tecnológicas se realice con el fin de fomentar el proceso de enseñanza-aprendizaje, los aspectos afectivo-motivacionales y, en definitiva, la autorregulación entendida como proceso activo, en el cual, los estudiantes establecen los objetivos que guían su aprendizaje intentando monitorizar, regular y controlar su cognición, motivación y comportamiento con la intención de alcanzarlos (Rosário et al., 2012a).

Finalmente, aunque el desarrollo de herramientas tiene de por sí una gran relevancia, resulta necesario la evaluación de sus beneficios con el fin de determinar si realmente tiene un efecto positivo sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. En esta línea, algunas investigaciones han tratado de analizar el efecto de este tipo de herramientas sobre el rendimiento académico en matemáticas (Özyurt, 2012; Shin, Sutherland, Norris, y Soloway, 2012). Özyurt (2012) llevó a cabo un estudio con diez profesores y setenta estudiantes de décimo grado con el propósito de diseñar un sistema basado en la Enseñanza Web de las Matemáticas para estudiantes de 10º grado. Los datos obtenidos del estudio mostraron que el sistema desarrollado tenía un efecto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes. Al mismo tiempo, Shin et al. (2012), con el fin de establecer los efectos de la tecnología sobre el aprendizaje de las matemáticas, realizaron dos trabajos con 41 alumnos de segundo grado (7 - 8 años) que utilizaban o bien un juego basado en la tecnología o bien un juego en papel durante 5 semanas. Sus resultados revelaron nuevamente beneficios sobre el aprendizaje de las habilidades aritméticas.

Otros autores, como Andrade-Aréchiga et al. (2012) y Kim y Hodges (2012) han tratado de analizar los efectos de la intervención con este tipo de herramientas sobre las actitudes y los aspectos motivacionales de estudiantes de Educación Secundaria y universitarios. Por ejemplo, Andrade-Aréchiga et al. (2012) observaron beneficios sobre la motivación, satisfacción y atención de 102 estudiantes de educación secundaria que habían trabajado con una plataforma interactiva para el aprendizaje de habilidades de cálculo. El estudio sobre estas variables, resulta clave dado que siguiendo a Bazán y Aparicio (2006) y Watt (2000) el componente afectivo-motivacional disminuye en los estudiantes a medida que avanza la escolarización, sobre todo, en el área de las matemáticas. De ahí también, la importancia de que la intervención vaya dirigida a estudiantes de Educación Primaria en los que se analicen variables afectivo-motivacionales relevantes en el aprendizaje como son la *utilidad percibida* (grado en

que el estudiante percibe como valiosos y ventajosos los aprendizajes relacionados con las matemáticas); *competencia percibida* (grado de confianza del estudiante para aprender y obtener buenos resultados en matemáticas); *motivación intrínseca* (gusto e interés del estudiante por las matemáticas, satisfacción personal en el trabajo en este tipo de contenidos); *ansiedad ante las matemáticas* (grado de ansiedad del alumno al enfrentarse a la asignatura).

Además, si bien todas estas variables resultan relevantes, se debe tener en cuenta que cada estudiante parte de unos niveles iniciales de utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad. Ello, puede afectar a la intervención de tal manera que los beneficios resulten dependientes de estos niveles previos en cada una de las mencionadas variables. Es este otro aspecto clave a tener en cuenta en el análisis de los efectos de la estrategia desarrollada (Kopcha y Sullivan, 2008) por lo que será necesario determinar la eficacia de la herramienta en función de la utilidad percibida inicialmente por el estudiante, de su competencia percibida previamente, de su motivación y ansiedad inicial (bajas, medias o altas).

Teniendo en cuenta las tres ideas principales descritas, se plantean los siguientes objetivos.

Objetivos

En esta tesis doctoral, se plantean tres objetivos principales que se desarrollan en los tres estudios que se exponen a continuación.

Dado el bajo rendimiento académico en matemáticas, se ha destacado inicialmente la necesidad de analizar cómo las variables afectivo-motivacionales se relacionan con el rendimiento académico en esta área. Ello, con el fin de diseñar y desarrollar una estrategia de intervención que permita trabajar no sólo la adquisición de competencias matemáticas sino también las variables afectivo-motivacionales estudiadas. Además, una vez desarrollada la herramienta sería necesario el análisis de sus beneficios sobre las variables objetivo de estudio. Por ello, se han plantado los siguientes objetivos que se desarrollarán en tres estudios:

En primer lugar, el objetivo del primero de los estudios fue (Cueli, González-Castro, Álvarez, García, y González-Pienda, 2014):

Analizar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en el área de matemáticas.

En segundo lugar, el objetivo del segundo de los artículos fue (Cueli, González-Castro, Krawec, Núñez, y González-Pienda, En prensa):

Presentar y describir el diseño y desarrollo de la herramienta hipermedia llamada Hipatia.

En tercer lugar, el tercero de los artículos (Cueli, González-Castro, Rodríguez, Núñez, y González-Pienda, En prensa), planteó como objetivo:

Analizar en qué medida las condiciones afectivo-motivacionales preexistentes interaccionan con la efectividad de este tipo de herramientas instruccionales en el área de las matemáticas.

En las páginas siguientes, se presentan los tres estudios señalados.

ESTUDIO 1

Estudio 1

VARIABLES AFECTIVO-MOTIVACIONALES Y RENDIMIENTO EN
MATEMÁTICAS: UN ANÁLISIS BIDIRECCIONAL

AFFECTIVE-MOTIVATIONAL VARIABLES AND PERFORMANCE IN
MATHEMATICS: A BIDIRECTIONAL ANALYSIS

MARISOL CUELI, PALOMA GONZÁLEZ-CASTRO, LUIS ÁLVAREZ, TRINIDAD GARCÍA, Y

JULIO ANTONIO GONZÁLEZ-PIENDA

Universidad de Oviedo

VARIABLES AFECTIVO-MOTIVACIONALES Y RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS:
UN ANÁLISIS BIDIRECCIONAL *

AFFECTIVE-MOTIVATIONAL VARIABLES AND PERFORMANCE IN MATHEMATICS:
A BIDIRECTIONAL ANALYSIS

MARISOL CUELI,** PALOMA GONZÁLEZ-CASTRO, LUIS ÁLVAREZ, TRINIDAD GARCÍA Y JULIO ANTONIO GONZÁLEZ-PIENDA
Universidad de Oviedo (España)

Citación: Cueli, M., González-Castro, P., Álvarez, L., García, T., & González-Pienda, J. A. (2014).
Variables afectivo-motivacionales y rendimiento en matemáticas: Un análisis bidireccional.
Revista Mexicana de Psicología, 31(2), 153-163.

Resumen: El componente afectivo tiene una marcada influencia en el aprendizaje de las matemáticas. El propósito de este trabajo es comprobar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en esta área. Participaron 626 estudiantes (10-13 años) clasificados en tres grupos con base en su rendimiento en matemáticas (bajo, medio y alto). Se aplicó el Inventario de Actitud hacia las Matemáticas (IAM) y se registró el rendimiento en matemáticas (previa y posteriormente al IAM). Los análisis multivariados de la varianza y el análisis de regresión mostraron que mientras que el rendimiento previo predijo los niveles de las variables afectivo-motivacionales medidas, aunque es pequeña la cantidad de varianza explicada, éstas no hicieron lo mismo con respecto del rendimiento próximo. Estos resultados son discutidos a la luz de los resultados de la investigación pasada y se sugieren líneas de investigación futura.

Palabras clave: autoeficacia, ansiedad, motivación intrínseca, competencia percibida, utilidad percibida.

Abstract: The affective component has an important influence on the learning of mathematics. The aim of this paper is to determine the interaction between certain affective-motivational variables and performance in mathematics. The study involved 626 students (10-13 years) classified into three groups based on their performance in math (low, medium and high). The Attitude Towards Mathematics Inventory survey was applied (ATMI). Performance in mathematics was also recorded (pre-and post-ATMI). Multivariate analysis of variance and analysis of regression indicated that previous performance predicted the levels of affective-motivational variables measured, although the amount of variance explained is small, these did not happen in post-performance. These results are discussed in the light of past research but future lines of research are also suggested.

Keywords: self-efficacy, anxiety, intrinsic motivation, perceived competence, perceived usefulness.

La Revista Mexicana de Psicología, está incluida en el Science Citation Index, ocupando en el año 2013 el puesto 99 en la categoría de Psicología Multidisciplinar con un Factor de Impacto de 0.436.

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]



2013 JCR Social Science Edition

Rank in Category: **REVISTA MEXICANA DE PSICOLOGIA**

Journal Ranking ⓘ

For **2013**, the journal **REVISTA MEXICANA DE PSICOLOGIA** has an Impact Factor of **0.436**.

This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
PSYCHOLOGY, MULTIDISCIPLINARY	129	99	Q4

Resumen

Resumen: El componente afectivo tiene una marcada influencia en el aprendizaje de las matemáticas. El propósito de este trabajo es comprobar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en esta área. Participaron 626 estudiantes (10-13 años) clasificados en tres grupos en base a su rendimiento en matemáticas (bajo, medio y alto). Se aplicó el Inventario de Actitud hacia las Matemáticas (IAM) y se registró el rendimiento en matemáticas (previa y posteriormente al IAM). Los análisis multivariados de la varianza y el análisis de regresión mostraron que mientras que el rendimiento previo predijo los niveles de las variables afectivo-motivacionales medidas, aunque es pequeña la cantidad de varianza explicada, éstas no hicieron lo mismo con respecto al rendimiento próximo. Estos resultados son discutidos a la luz de los resultados de la investigación pasada y se sugieren líneas de investigación futura.

Palabras clave: Auto-eficacia, ansiedad, motivación intrínseca, competencia percibida, utilidad percibida.

Abstract: The affective component has an important influence on the learning of mathematics. The aim of this paper is to determine the interaction between certain affective-motivational variables and performance in mathematics. The study involved 626 students (10-13 years) classified into three groups based on their performance in math (low, medium and high). The Attitude Towards Mathematics Inventory survey was applied (ATMI). Performance in mathematics was also recorded (pre-and post-ATMI). Multivariate analysis of variance and analysis of regression indicated that previous performance predicted the levels of affective-motivational variables measured, although the amount of variance explained is small, these did not happen in post-performance. These results are discussed in the light of past research but future lines of research are also suggested.

Keywords: Self-efficacy, anxiety, intrinsic motivation, perceived competence, perceived usefulness.

Introducción

Los últimos informes relativos al rendimiento académico elaborados tanto por la Asociación Internacional de Evaluación del Rendimiento Escolar (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement*, IEA) como los Proyectos PISA (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, 2010), son coincidentes en señalar el bajo rendimiento en matemáticas de los estudiantes españoles de Educación Primaria y Secundaria en comparación con otras áreas del currículo. La prueba TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) de evaluación de la competencia matemática realizada por la *International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA, 2011), en la que participaron 4183 alumnos españoles de 4º de primaria mostró que, el alumnado español obtuvo 483 puntos, situándose por debajo del promedio de los 63 países evaluados. La proporción de alumnos con bajos resultados en matemáticas fue del 13%, mientras que la proporción de alumnos excelentes en esta área resultó en un 1%.

Dentro de la investigación escolar, el aprendizaje se ha venido midiendo por los logros académicos en base a aspectos cognitivos, a pesar de la marcada influencia de las cuestiones afectivas en la determinación de la calidad del aprendizaje (Pekrun, Goetz, Frenzel, Barchfeld, y Perry, 2011; Valle et al., 2009). Tal y como han planteado autores como Op't Eynde y Turner (2006) y Dettmers et al. (2011) las emociones de los estudiantes son una parte integral del aprendizaje, en estrecha interacción con los procesos cognitivos y conativos.

Desde la década de los 70, las investigaciones en didáctica de las matemáticas han comenzado a centrarse en estos procesos (Gómez-Chacón, 2000), sobre todo, desde los trabajos de McLeod (1988, 1992, 1994) donde se puso de manifiesto la importancia de las cuestiones afectivas en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. A partir de los años ochenta, al menos en lo concerniente a las matemáticas, hemos asistido a una progresiva revalorización del componente afectivo en el conocimiento (Hidalgo, Maroto, y Palacios, 2004). Sin embargo, y a pesar del volumen creciente de investigaciones que han señalado que las emociones influyen significativamente en los logros de aprendizaje de los estudiantes (Walshaw y Brown, 2012) y, a pesar de la evidente importancia de las mismas en la ejecución de las tareas, ha habido menos intentos de analizar sistemáticamente los antecedentes de las mismas en estos contextos (Dettmers et al., 2011). En este estudio, se pretende evaluar cómo el rendimiento

académico previo en matemáticas condiciona las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las mismas y, a su vez, cómo éstas influyen en el rendimiento académico posterior. Los estudios previos, han relacionado el rendimiento y lo afectivo-motivacional, centrándose principalmente en cómo estas variables afectivo-motivacionales hacia las matemáticas determinaban el rendimiento académico en esta asignatura (Hintsanen et al., 2012; Lambic y Lipkovski, 2012; Molerá-Botella, 2012). Así, las investigaciones que se describen a continuación, han observado como el rendimiento se ve condicionado por variables tales como la ansiedad, la percepción de competencia, la autoeficacia, el interés o la motivación.

Siguiendo a Ashcraft (2002), la ansiedad es uno de los factores principales que conduce a los estudiantes a evitar esta área académica. Este hecho, tiene una gran relevancia teniendo en cuenta que alrededor del 20% del alumnado presenta este tipo de ansiedad (Ashcraft y Ridley, 2005) asociada a las manipulaciones numéricas y matemáticas para resolver problemas. Otros estudios, han comprobado que las creencias de los estudiantes sobre su competencia, es uno de los predictores más significativos de la ansiedad ante las matemáticas (Ahmed, Minnaert, Kuyper, y Van der Werf, 2012). En particular, los investigadores han destacado que, la auto-evaluación de la propia capacidad, el auto-concepto y la auto-eficacia predicen la ansiedad ante las matemáticas (Meece, Wigfield, y Eccles, 1990; Pajares y Miller, 1994).

Al mismo tiempo, se ha estudiado el efecto de otras variables como la motivación y las variables contextuales. Rosario et al. (2012) examinaron en qué medida los logros de los alumnos en Matemáticas (quinto a noveno grado de educación obligatoria) se explicaban por este grupo de variables. Participaron en el estudio 571 estudiantes (10 a 15 años de edad). Los resultados indicaron que el logro en matemáticas podía ser predicho por la autoeficacia en esta área, el éxito escolar y el aprendizaje autorregulado (en un 41.5% de la varianza explicada) y que estas mismas variables, podían ser explicadas por otras motivacionales como las metas de logro y las variables contextuales. Por lo tanto, en esta investigación ya se sugirió que el logro en matemáticas puede ser predicho por diferentes variables, entre ellas, el éxito escolar alcanzado en esta área, o lo que es lo mismo, el rendimiento previo.

En definitiva, el rendimiento académico se ha estudiado principalmente como consecuencia de las actitudes o emociones ante el proceso de aprendizaje pero también, como un antecedente de las mismas. En esta línea, Chiu (2012) ha descrito dos modelos, el primero (en el que se podrían encuadrar algunas de las investigaciones descritas hasta

el momento), el modelo de auto-mejora (*self-enhancement model*) sostiene que la autoconfianza tiene un efecto sobre los logros, mientras que el segundo, el modelo de desarrollo de habilidades (*skill-development model*) sostiene que los logros tienen un efecto sobre el autoconcepto académico. En la línea del modelo de desarrollo de habilidades, Goetz et al. (2004) realizó un estudio con 1762 estudiantes de matemáticas de quinto y sexto grado. Su objetivo fue relacionar el logro en matemáticas con las experiencias emocionales. Sus resultados mostraron que el alto rendimiento daba lugar a un aumento en el disfrute de las actividades relacionadas con las matemáticas ($r = .43$) y la disminución de la ansiedad en esta área. Por lo tanto, sentimientos más positivos hacia las matemáticas y menor ansiedad en los estudiantes con mejores resultados previos en matemáticas. Más tarde, Goetz, Frenzel, Hall y Pekrun (2008) realizaron una segunda investigación con el fin de examinar la función del rendimiento académico como un antecedente crítico de las experiencias emocionales positivas del alumnado, teniendo en cuenta que, al igual que el refuerzo y el castigo, estas son las formas más relevantes de retroalimentación de la competencia de los estudiantes. En concreto, examinaron las relaciones entre el logro del alumnado el curso anterior en matemáticas y el disfrute en una muestra de 1380 estudiantes de entre 5º y 10º grado. Sus resultados reflejaron que el rendimiento en matemáticas evaluado en el curso académico anterior predijo positivamente el disfrute en las clases de matemáticas, observándose por lo tanto nuevamente que a mejor rendimiento previo sentimientos más positivos hacia esta área.

En esta línea Stevens, Olivrez y Hamman (2006) estudiaron las variables cognitivas, motivacionales y emocionales con relación al rendimiento académico en matemáticas, medido en este caso a través de la ejecución en dos tareas. Trabajaron con una muestra de 666 estudiantes de entre 4º y 10º y plantearon un modelo estructural en el que el rendimiento previo en matemáticas presentó una asociación positiva con la autoeficacia en esta área (.25), y esta última, con la ejecución en matemáticas. Sin embargo, esta asociación entre autoeficacia y ejecución, resultó ser relativamente pequeña (.28). No obstante, además de estas relaciones, los resultados de Stevens et al. (2006) mostraron una asociación positiva entre la ansiedad y la ejecución en matemáticas, entre la autoeficacia y la motivación intrínseca y entre la autoeficacia y la ejecución. No mostraron asociación sin embargo entre el rendimiento previo y variables como la ansiedad o la utilidad percibida. Estos resultados, podrían deberse a que en esta investigación se toma como medida del rendimiento previo la información aportada por

el propio estudiante, en lugar de la trayectoria previa recogida en actas de evaluación del equipo docente.

Teniendo en cuenta los resultados de estas investigaciones, el propósito de este trabajo es comprobar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en el área de matemáticas. Se plantean dos propósitos específicos. En primer lugar, se pretende analizar si el rendimiento académico previo (obtenido de las actas de evaluación aportadas por los centros educativos con el consentimiento de los padres), se asocia con las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las matemáticas. Así, se evalúan cinco variables: la utilidad percibida, la competencia percibida, la motivación intrínseca, la ansiedad ante las matemáticas y los sentimientos provocados por las mismas. La hipótesis de partida es que la asociación entre el rendimiento previo y las variables afectivo-motivacionales será positiva y estadísticamente significativa. En segundo lugar, se pretende analizar si las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes hacia las matemáticas predicen el rendimiento académico posterior en esta asignatura, controlando el efecto del rendimiento previo. En este caso, la hipótesis de partida es que las variables afectivo-motivacionales predecirán de forma estadísticamente significativa el rendimiento futuro.

Método

Participantes

Participaron en esta investigación 626 estudiantes, 296 niñas y 330 niños, de entre 10 y 13 años de edad escolarizados en 5º y 6º de Educación Primaria (EP). De la muestra total, 258 sujetos (41.2%), estaban escolarizados en 5º de EP y 368 sujetos (58.8%) en 6º de EP. La muestra se obtuvo mediante un procedimiento intencional, siguiendo un muestreo por conveniencia (Casal y Mateu, 2000) y utilizando una serie de variables marcadoras, tales como el curso (5º y 6º de EP), el tipo de colegio (público o concertado) y el contexto educativo (Sistema Educativo Español). Los participantes se clasificaron en tres grupos en base al rendimiento académico en matemáticas en la segunda evaluación: Rendimiento bajo (sujetos con una calificación de entre 0 y 5), rendimiento medio (sujetos con una calificación de entre 6 y 8) y rendimiento alto (sujetos con una calificación de 9 o 10). El grupo de rendimiento bajo estaba formado por 127 niñas y 147 niños, que hacían un total de 234 sujetos, de los cuales, 108 asistían a 5º de EP y 166 a 6º. El grupo de rendimiento medio lo formaban 101 niñas y 121

niños que hacían un total de 222 sujetos, de los cuales, 94 cursaban 5° de EP y 128 6°. En el grupo de rendimiento alto se encontraban 68 niñas y 62 niños, que hacían un total de 130 sujetos, 56 cursaban 5° de EP y 74, 6°.

Los análisis realizados con respecto a los participantes de esta investigación no mostraron diferencias estadísticamente significativas en función del colegio $F(2, 623) = 1.87, p = .15, \eta^2 = .006$; el curso $F(2, 623) = .33, p = .71, \eta^2 = .001$; ni el género $F(3, 623) = .84, p = .42, \eta^2 = .003$. Si aparecieron diferencias estadísticamente significativas en función de la edad $F(3, 623) = 6.05, p = .002, \eta^2 = .019$; aunque el tamaño del efecto fue mínimo.

Instrumentos

Se utilizó como instrumento de evaluación el Inventario de Actitudes hacia las Matemáticas (IAM). Este inventario resulta de la ampliación de la escala de evaluación de actitudes hacia las matemáticas (FSS), de Fennema y Sherman (1978). Se emplearon cinco de las quince dimensiones evaluadas en el IAM (González-Pienda et al., 2012): utilidad percibida ($\alpha = .67$), competencia percibida ($\alpha = .77$), motivación intrínseca ($\alpha = .75$), ansiedad ($\alpha = .89$) y sentimientos provocados ($\alpha = .80$). Se seleccionaron cuatro ítems del conjunto que formaba cada una de las citadas dimensiones (aquellos que mostraban mayor fiabilidad). La utilidad percibida evalúa el grado en que el estudiante percibe como valiosos y ventajosos los aprendizajes relacionados con la asignatura de matemáticas. La competencia percibida aporta información sobre el grado de confianza del estudiante para aprender y obtener buenos resultados en matemáticas. La motivación intrínseca se refiere al gusto e interés del estudiante por las matemáticas y a su satisfacción personal en el trabajo en este tipo de contenidos. La ansiedad ante las matemáticas evalúa el grado de ansiedad del alumno al enfrentarse a la asignatura. Finalmente, los sentimientos provocados aportan información sobre la intensidad de las emociones presentes durante el trabajo en el área de matemáticas. Los ítems que conforman el test están formulados de forma positiva y negativa. La modalidad de respuesta es tipo Likert, el sujeto debe contestar si lo que se indica en el ítem es totalmente falso (1), bastante falso (2), a medias (3), bastante cierto (4) o totalmente cierto (5).

Además, se registró el rendimiento académico obtenido de las calificaciones en matemáticas de los estudiantes en la segunda evaluación del curso académico 2011/2012. Los estudiantes habían recibido la nota en esta asignatura aproximadamente

dos semanas antes de la realización del IAM. Para analizar cómo las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes determinan el rendimiento académico, se registraron también los resultados académicos obtenidos en la tercera evaluación (aproximadamente mes y medio después de la realización del test).

Procedimiento

Una vez obtenida la autorización de los directores de las escuelas y el consentimiento de los padres y/o tutores de los estudiantes, se realizó la recogida de la información en una sesión de clase (aproximadamente 50 minutos). La participación del alumnado fue voluntaria, teniendo presente en todo momento la total garantía de confidencialidad de los datos. La información referente al rendimiento académico en matemáticas la aportaron los directores de cada uno de los centros educativos (actas de evaluación). Los docentes habían entregado al alumnado los resultados o calificaciones en matemáticas de la segunda evaluación aproximadamente dos semanas antes de la realización del IAM (información necesaria para la consecución del primer propósito). Además, en torno a un mes y medio después de la realización del cuestionario los alumnos recibieron la nota de la tercera evaluación (información necesaria para la consecución del segundo propósito). Dado que en algunas de las variables no todos los sujetos han contestado, aunque hay pocas variaciones, puede verse modificado el tamaño muestral.

Análisis de los datos

Dado el primer propósito de este trabajo, determinar cómo el rendimiento académico influye en las variables afectivo-motivacionales de los alumnos hacia las matemáticas, además de los estadísticos descriptivos, se optó por llevar a cabo Análisis Multivariados de la Varianza (MANOVA) utilizando el programa SPSS 19.0. Se tomó como variable independiente el rendimiento académico (calificaciones de la segunda evaluación) y como variables dependientes la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca ante las matemáticas, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por esta área. Para la interpretación de los tamaños del efecto se utilizó el criterio establecido en el trabajo clásico de Cohen (1988), en base al cual, un efecto es pequeño cuando $\eta_p^2 = .01$ ($d = .20$), el efecto es medio cuando $\eta_p^2 = .059$ ($d = .50$) y el tamaño del efecto es grande si $\eta_p^2 = .138$ ($d = .80$).

Para alcanzar el segundo propósito, es decir, analizar cómo las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las matemáticas condicionan el rendimiento académico, se llevaron a cabo análisis de regresión lineal jerárquica. Con ello se pretendía conocer el poder predictivo de las variables incluidas (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca hacia las matemáticas, ansiedad hacia las matemáticas y sentimientos provocados por estas) sobre el rendimiento académico.

Resultados

Predicción de las variables afectivo-motivacionales por el rendimiento previo

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos y las intercorrelaciones entre las variables incluidas en el estudio.

Tabla 1

Correlaciones entre las variables de rendimiento académico en matemáticas y las afectivo-motivacionales hacia las mismas. Medias, desviaciones típicas, mínimos, máximos, asimetría y curtosis.

	1	2	3	4	5	6	7
1. Rendimiento en matemáticas T1	—	-.222(**)	.188(**)	.187(**)	-.252(**)	-.231(**)	.770(**)
2. Utilidad percibida		—	-.394(**)	-.238(**)	.316(**)	.424(**)	-.210(**)
3. Competencia percibida			—	.455(**)	-.394(**)	-.593(**)	.166(**)
4. Motivación intrínseca				—	-.459(**)	-.465(**)	.191(**)
5. Ansiedad matemática					—	.576(**)	-.250(**)
6. Sentimientos provocados						—	-.225(**)
7. Rendimiento en matemáticas T2							—
<i>Media</i>	1.77	1.91	4.16	3.51	2.24	1.77	2.73
<i>Desviación Típica</i>	.77	.92	.80	.91	.97	.92	.93
<i>Min.</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Max.</i>	3	5	5	5	5	5	4
<i>Asimetría</i>	.42	1.14	-1.60	-.40	.63	1.54	-.11
<i>Curtosis</i>	-1.20	.84	2.74	-.34	-.33	1.96	-.96

Nota: **La correlación es significativa al nivel .01 (bilateral).

Asimismo, en la Tabla 2 se aportan las medias y las desviaciones típicas correspondientes a las cinco variables afectivo-motivacionales vinculadas con las matemáticas evaluadas en esta investigación (utilidad percibida, competencia percibida, ansiedad ante las matemáticas, motivación intrínseca y sentimientos provocados), según el grupo de rendimiento (bajo, medio, alto).

Tabla 2

Diferencias en las variables afectivo-motivacionales en función del rendimiento académico previo.

	Bajo (<i>n</i> = 271)	Medio (<i>n</i> = 221)	Alto (<i>n</i> = 130)	Total (<i>N</i> = 622)
	<i>M</i> (<i>DT</i>)	<i>M</i> (<i>DT</i>)	<i>M</i> (<i>DT</i>)	<i>M</i> (<i>DT</i>)
Utilidad percibida	2.14(.99)	1.76(.85)	1.63(.76)	1.89(.92)
Competencia percibida	3.99(.89)	4.24(.75)	4.37(.66)	4.16(.81)
Motivación intrínseca	3.34(.91)	3.54(.88)	3.79(.85)	3.51(.90)
Ansiedad matemática	2.51(.99)	2.12(.94)	1.90(.86)	2.24(.98)
Sentimientos provocados	2.00(.99)	1.64(.82)	1.48(.70)	1.76(.90)

Nota: Las variables utilidad percibida y sentimientos provocados están formuladas de forma negativa, de manera que una puntuación de 1 es indicativa de alta utilidad percibida y/o sentimientos positivos y, una puntuación de 5 es indicativa de baja utilidad y/o sentimientos negativos. Las variables competencia, motivación intrínseca y ansiedad están formuladas de manera positiva, de tal forma que una puntuación de 1 refleja baja competencia/motivación/ansiedad, mientras que una puntuación de 5 refleja alta competencia/motivación/ansiedad.

El Análisis Multivariado de la Varianza (MANOVA) mostró la presencia de efectos estadísticamente significativos de la variable independiente (rendimiento académico) sobre las dependientes (utilidad, competencia, motivación, ansiedad y sentimientos provocados) entre los grupos $\lambda_{\text{Wilks}} = .90$, $F(10, 1230) = 6.61$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .051$. El tamaño del efecto fue ciertamente pequeño, de lo que se extrae que la variable independiente explica un bajo porcentaje de la varianza explicada. En cuanto al análisis de los efectos intersujetos, los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos, tanto para la utilidad percibida $F(2, 619) = 18.01$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .055$; la competencia percibida $F(2, 619) = 11.50$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .036$; la motivación intrínseca $F(2, 619) = 11.27$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .035$; la ansiedad ante las matemáticas $F(2, 619) = 21.53$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .065$ y los sentimientos provocados por las mismas $F(2, 619) = 18.54$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .057$.

Los resultados obtenidos mediante las pruebas post hoc de comparaciones múltiples de Scheffé mostraron que, tal y como se puede observar en la Tabla 3, las diferencias fueron estadísticamente significativas en las cinco variables dependientes al comparar los grupos de rendimiento bajo y alto, lo cual también ocurrió al comparar los

grupos de rendimiento bajo y medio (salvo para competencia percibida) y, sin embargo, la diferencias no fueron estadísticamente significativas al comparar los grupos de rendimiento medio y alto (salvo para motivación intrínseca).

Tabla 3

Análisis posthoc.

	Bajo vs. Medio	Bajo vs. Alto	Medio vs. Alto
	<i>MD</i>	<i>MD</i>	<i>MD</i>
Utilidad percibida	.37***	.51***	.13
Competencia percibida	-.24**	-.38***	-.13
Motivación intrínseca	-.20*	-.44***	-.24*
Ansiedad matemática	.39***	.61***	.22
Sentimientos provocados	.36***	.51***	.15

Nota: *MD* = Diferencia de medias

* = $p < .05$. ** = $p < .01$. *** = $p < .001$.

Los datos aportados en las Tablas 2 y 3 indican que, los estudiantes con mejores resultados académicos (rendimiento alto), percibieron una mayor utilidad de esta área del currículo y expresaron sentimientos más positivos hacia la misma. Además, los alumnos con rendimiento más bajo exhibieron también más baja percepción de competencia, niveles más bajos de motivación intrínseca y mayor ansiedad ante las matemáticas.

Por último, en la figura 1, se muestra el perfil que sigue cada una de las variables evaluadas en base al rendimiento académico.

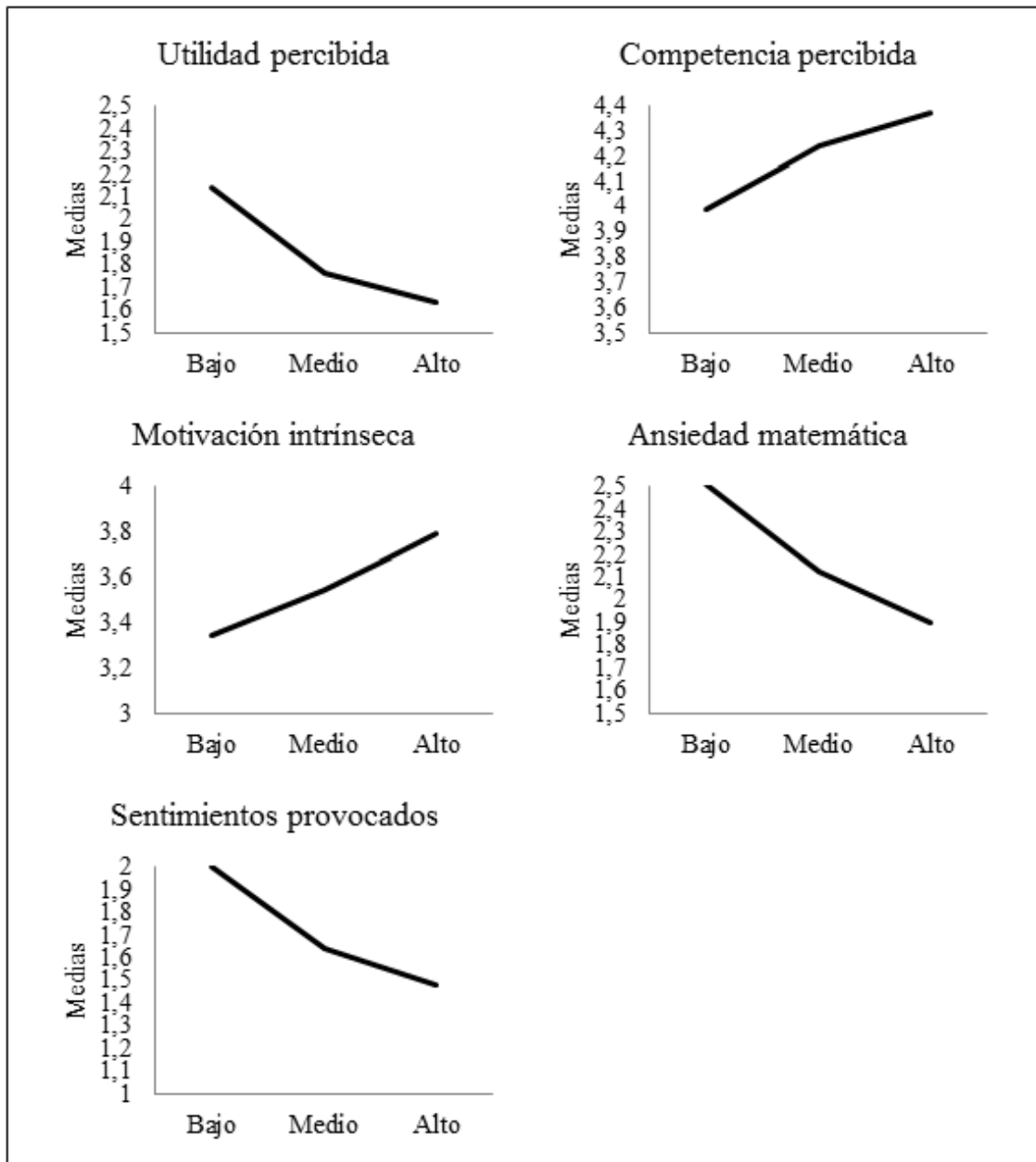


Figura 1. Perfil de las variables evaluadas en base a los niveles de rendimiento académico en matemáticas. En cada perfil, el rendimiento está dividido en tres grupos: bajo (estudiantes con calificación de entre 0 y 5), medio (estudiantes con calificación de entre 6 y 8) y alto (estudiantes con calificación de 9 o 10). Para la interpretación de las puntuaciones medias de cada uno de los grupos, se debe tener en cuenta que las variables utilidad percibida y sentimientos provocados están formuladas de forma negativa mientras que las variables competencia, motivación intrínseca y ansiedad están formuladas de manera positiva.

Predicción del rendimiento a partir de las variables afectivo-motivacionales.

Para alcanzar el segundo propósito, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal jerárquica utilizando el método de pasos sucesivos. Se tomó como variable dependiente la nota en matemáticas obtenida por los alumnos en la tercera evaluación.

En un primer bloque se introdujo como variable independiente la nota de la segunda evaluación, con el fin de controlar el efecto de la misma sobre el rendimiento posterior. En un segundo bloque se introdujeron las cinco variables afectivo-motivacionales como variables independientes (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad ante las matemáticas y sentimientos provocados).

Los resultados aportaron un único modelo en el que el rendimiento previo mostró un alto poder predictivo del rendimiento académico futuro. El rendimiento previo (nota de la segunda evaluación) predijo un 62% de la varianza explicada del rendimiento final ($F(1, 620) = 1015.78; p < .001; \beta = .788, t = 31.87, p < .001$). Cuando en el segundo paso se introdujo el bloque de las variables afectivo-motivacionales, ninguna de las variables resultó estadísticamente significativa en su predicción del rendimiento final en matemáticas, sugiriendo que su contribución a la predicción de dicho rendimiento es irrelevante en presencia del efecto del rendimiento previo.

Discusión

El propósito planteado en este trabajo fue comprobar la relación recíproca entre determinadas variables afectivo-motivacionales y el rendimiento en el área de matemáticas. En primer lugar, se examinó como el rendimiento académico previo se asocia con las variables afectivo-motivacionales (tales como la utilidad percibida, la competencia percibida, la motivación intrínseca, la ansiedad ante las matemáticas y los sentimientos provocados por las mismas) relacionadas con el aprendizaje y rendimiento en matemáticas. En segundo lugar, se evaluó cómo estas variables afectivo-motivacionales de los estudiantes hacia las matemáticas predicen el rendimiento académico posterior en esta asignatura, controlando el efecto del rendimiento previo.

Se plantearon dos hipótesis de partida. La primera, fue que la asociación entre el rendimiento previo y las variables afectivo-motivacionales sería positiva y estadísticamente significativa, hipotetizando que a mayor rendimiento en matemáticas mayor sería la competencia percibida para esta materia, mayor la motivación intrínseca, mayor la utilidad percibida, menor la ansiedad y más positivos los sentimientos y emociones asociadas con esta disciplina. Efectivamente, los resultados obtenidos mostraron que, existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, aunque éstas, presentaron un pequeño tamaño del efecto; es decir, el rendimiento previo explicó un bajo porcentaje de las variables afectivo-motivacionales evaluadas. Se puede

concluir entonces, que se cumple la primera hipótesis planteada. La variable que mostró mayor asociación fue la ansiedad ante las matemáticas. Investigaciones como la de Ashcraft (2002), han puesto de manifiesto la importancia de esta variable sobre la ejecución y rendimiento en matemáticas. La segunda variable con mayor poder explicativo fueron los sentimientos provocados por las matemáticas. También el trabajo de Goetz et al. (2004) mostró que el alto rendimiento en quinto grado daba lugar a un aumento en el disfrute de las actividades relacionadas con las matemáticas y la disminución de la ansiedad en esta área. Parece clara la asociación entre ansiedad y sentimientos provocados (o disfrute en matemáticas) y el rendimiento previo. Las restantes variables evaluadas (utilidad percibida, competencia percibida y motivación intrínseca), que también revelaron un poder explicativo significativo, podrían influenciarse mutuamente. Por ejemplo, algunos trabajos (Meece et al., 1990; Pajares y Miller, 1994) han revelado que la competencia percibida (que en este trabajo explica un 3.6% de la varianza) predice la ansiedad ante las matemáticas.

No obstante, los resultados de Stevens et al. (2006), no mostraron la presencia de una asociación significativa entre el rendimiento previo y variables como la ansiedad o la utilidad percibida. Estos resultados, podrían deberse a que en la citada investigación se toma como medida del rendimiento previo la información aportada por el propio estudiante, en lugar de la trayectoria previa recogida en actas de evaluación del equipo docente. Además, en la citada investigación se les preguntaba a los estudiantes no por la calificación actual, sino por su calificación habitual en matemáticas.

Con respecto a la segunda hipótesis, se planteó que las variables afectivo-motivacionales predecirían de forma estadísticamente significativa el rendimiento futuro. Una vez realizados los análisis de regresión se observó que, la única variable con poder explicativo del rendimiento posterior fue el rendimiento previo. Ninguna de las variables afectivo-motivacionales aportó, de forma estadísticamente significativa, varianza explicada sobre la nota final o rendimiento posterior por lo que no se puede concluir la afirmación de la segunda hipótesis. Estos resultados difieren sustancialmente de los aportados por otras investigaciones (Rosario et al., 2012; Walshaw y Brown, 2012), las cuales, han mostrado que variables como la ansiedad, la motivación o la percepción de competencia condicionan el rendimiento académico posterior del alumno. Por ejemplo, el disfrute ha mostrado ser un factor clave en la explicación del rendimiento en matemáticas. Lambic y Lipkovski (2012) indicaron que la motivación derivada del disfrute en las matemáticas tiene una influencia mucho mayor que otras

variables como la conciencia de los estudiantes sobre la utilidad de la asignatura, que en nuestra investigación no resultó estadísticamente significativa. Sin embargo, en la investigación de Lambic y Lipkovski (2012) se trabajó con una muestra de estudiantes de 5° a 8° grado, se evaluó la motivación, la utilidad percibida y la nota se registró a partir de los datos aportados por los propios estudiantes, lo cual, podría estar sesgado no solo por el recuerdo del propio estudiante sino también por su deseabilidad social, lo que condicionaría la sinceridad en sus respuestas. En este mismo sentido, Brown, Brown y Bibby (2008) mostraron que el disfrute (que conduce a la motivación intrínseca) resulta ser un factor determinante en la participación en los cursos de matemáticas. Sin embargo, a diferencia de nuestro trabajo, la muestra estaba formada por sujetos de 16 años y, aunque no se hace referencia a cómo ello afecta al rendimiento académico, las diferencias podrían deberse al momento evolutivo y que sea esta cuestión (la edad) la que determinara en cierto modo la influencia de las variables afectivo-motivacionales sobre el rendimiento. Quizás, sujetos de edades más tempranas no hayan hecho una asociación clara entre su predisposición motivacional y su ejecución y rendimiento. En lo referente a la ansiedad y la percepción de competencia, estas podrían estar íntimamente relacionadas tal y como han planteado Ahmed et al. (2012). Además, siguiendo a Stevens et al. (2006), la ansiedad y la percepción de competencia influyen directamente sobre la ejecución en tareas matemáticas, de manera que, estas variables afectivo-motivacionales podrían relacionarse directamente con la ejecución durante la tarea (con el proceso) pero, no así con el resultado (rendimiento académico).

De forma general, se pueden concluir dos repercusiones prácticas de los resultados obtenidos. En primer lugar, los alumnos con un bajo rendimiento en matemáticas tienen mayor probabilidad de presentar actitudes más negativas hacia la asignatura. Sin embargo, la presencia de actitudes negativas no condiciona necesariamente el rendimiento académico en matemáticas con lo que un estudiante con baja motivación o escasa utilidad percibida de las matemáticas no presentará obligatoriamente un bajo rendimiento. No obstante, cabe tener en cuenta dos deficiencias presentes en esta investigación. En primer lugar, no se ha tenido en cuenta a los sujetos con dificultades de aprendizaje en matemáticas, esta sería a su vez una línea futura de trabajo. En segundo lugar, se han empleado como instrumentos de medida cuestionarios de autocumplimiento por el propio estudiante que, en el futuro, sería conveniente contrastar con otras pruebas de evaluación.

Finalmente, teniendo en cuenta estos resultados, cabría preguntarse entonces, qué debe incluir una metodología de enseñanza de las matemáticas orientada a alcanzar resultados positivos en el proceso de aprendizaje, en el rendimiento académico y, también orientada a disminuir el fracaso escolar en matemáticas. Algunos estudios han apuntado hacia el uso de las nuevas tecnologías, específicamente, aquellas orientadas a proporcionar ambientes de aprendizaje interactivos, favorables para el desarrollo de los procesos autorregulatorios relacionados con la planificación o la ejecución (monitorización de los diferentes pasos para la obtención de un resultado) (Azevedo y Jacobson, 2008; Cueli, García, y González-Castro, 2013). Autores como Shin, Sutherland, Norris y Soloway (2012) han destacado que el uso de la tecnología en el aula, tiene efectos positivos en los estudiantes, en su aprendizaje y en la puesta en marcha de habilidades aritméticas. En esta línea Walker et al. (2012) señalaron también efectos positivos de la tecnología en el nivel de conocimientos y en las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas. Teniendo en cuenta este aspecto, una de las líneas futuras que se puede plantear a tenor de los resultados obtenidos, es analizar cómo se modifican las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las matemáticas tras la intervención con programas informatizados y como el trabajo siguiendo esta metodología de aprendizaje determina el rendimiento académico.

Referencias

- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., y Van der Werf, G. (2012). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 22(3), 385-389. doi: 10.1016/j.lindif.2011.12.004
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 181-185. doi:10.1111/1467-8721.00196
- Ashcraft, M. H., y Ridley, K. S. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 315–327). New York: Psychology Press.
- Azevedo, R., y Jacobson, J. (2008). Advances in scaffolding learning with hypertext and hypermedia: a summary and critical analysis. *Education Technology Research and Development*, 56(1), 93-100. doi: 10.1007/s11423-007-9064-3

- Brown, M., Brown, P., y Bibby, T. (2008). "I would rather die": Reasons given by 16-year-olds for not continuing their study of mathematics. *Research in Mathematics Education*, 10(1), 3-18. doi: 10.1080/14794800801915814
- Casal, J., y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Revista de Epidemiología y Medicina preventiva*, 1, 3-7.
- Chiu, M.S. (2012). Differential psychological processes underlying the skill-development model and self-enhancement model across mathematics and science in 28 countries. *International Journal of Science and Mathematics*, 10(3), 611-642. doi: 10.1007/s10763-011-9309-9
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum
- Cueli, M., García, T., y González-Castro, P. (2013). Self-regulation and academic achievement in mathematics. *Aula Abierta*, 41(1), 39-48.
- Dettmers, S., Trautwein, U., Lüdtke, O., Goetz, T., Frenzel, A., y Pekrun, R. (2011). Students' emotions during homework in mathematics: Testing a theoretical model of antecedents and achievement outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 25-35. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.001
- Fennema, E., y Sherman, J.A. (1978). Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9(3), 189-203. doi: 10.2307/748997
- Goetz, T., Pekrun, R., Zirngibl, A., Jullien, S., Kleine, M., Vom Hofe, R., y Blum, W. (2004). Academic achievement and emotions in mathematics: A longitudinal multilevel analysis perspective. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18(3-4), 201-212. doi: 10.1024/1010-0652.18.4.201
- Goetz, T., Frenzel, A.C., Hall, N.C., y Pekrun, R. (2008). Antecedents of academic emotions: Testing the internal/external frame of reference model for academic enjoyment. *Contemporary Educational Psychology*, 33(1), 9-33. doi: 10.1016/j.cedpsych.2006.12.002
- Gómez-Chacón, I.M. (2000). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Madrid: Narcea.
- González-Pienda, J.A., Fernández-Cueli, M., García, T., Suárez, N., Tuero-Herrero, E., y Da Silva, E.H. (2012). Diferencias de género en actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza obligatoria. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 3(1), 55-73.

- Hidalgo, S., Maroto, A., y Palacios, A. (2004). ¿Por qué se rechazan las matemáticas? Análisis evolutivo y multivariante de actitudes relevantes hacia las matemáticas. *Revista de Educación*, 334, 75-95.
- Hintsanen, M., Alatupa, S., Jokela, M., Lipsanen, J., Hintsala, T., y Leino, M. (2012). Associations of temperament traits and mathematics grades in adolescents are dependent on the rater but independent of motivation and cognitive ability. *Learning and Individual Differences*, 122(4), 490-497. doi: 10.1016/j.lindif.2012.03.006
- International Association for the evaluation of educational achievement IEA. (2011). *Resultados de las pruebas PIRLS y TIMSS de 2011 en España*. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Lambic, D., y Lipkovski, A. (2012). Measuring the influence of students' attitudes on the process of acquiring knowledge in mathematics. *Croatian Journal of Education*, 14(1), 187-205.
- McLeod, D.B. (1988). *Beliefs, attitudes, and emotions: new view of affect in mathematics education*. New York: Springer-Verlang.
- McLeod, D.B. (1992). Affective issues in mathematical problem solving: some theoretical considerations. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(2), 134-141.
- McLeod, D.B. (1994). Research on affect and mathematics learning in the JRME: 1970 to the present. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 637-647.
- Meece, J. L., Wigfield, A., y Eccles, J. S. (1990). Predictors of math anxiety and its influence on young adolescents' course enrollment intentions and performance in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 60-70. doi:10.1037/0022-0663.82.1.60
- Molerá-Botella, J. (2012). Is There a Relationship in Primary Education Between Affective Factors in Mathematics and Academic Performance? *Estudios Sobre Educación*, 23, 141-155.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE. (2010). *PISA 2009 Results*. Paris: OCDE.
- Op't Eynde, P., y Turner, J. (2006). Focusing on the complexity of emotion issues in academic learning: A dynamical component systems approach. *Educational Psychology Review*, 18(4), 361-376. doi:10.1007/s10648-006-9031-2

- Pajares, F., y Miller, M. D. (1994). The role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem-solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193-203. doi:10.1037/0022-0663.86.2.193
- Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P., y Perry, R. P. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The achievement emotions questionnaire (AEQ). *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 36-48. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.002
- Rosario, P., Lourenco, A., Paiva, O., Rodrigues, A., Valle, A., y Tuero-Herrero, E. (2012). Prediction of mathematics achievement: effect of personal, socioeducational and contextual variables. *Psicothema*, 24(2), 289-295.
- Shin, N., Sutherland, L.M., Norris, C.A., y Soloway, E. (2012). Effects of game technology on elementary student learning in mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 540-560. doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01197.x
- Stevens, T., Olivrez, A., y Hamman, D. (2006). The role of cognition, motivation, and emotion in explaining the mathematics achievement gap between Hispanic and White students. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 28(2), 161-186. doi: 10.1177/0739986305286103
- Valle, A., Núñez, J.C., Cabanach, R.G., Rodríguez, S., González-Pienda, J.A., y Rosario, P. (2009). Perfiles motivacionales en estudiantes de secundaria: análisis diferencial en estrategias cognitivas, estrategias de autorregulación y rendimiento académico. *Revista Mexicana de Psicología*, 26(1), 113-124.
- Walker, A., Recker, M., Ye, L., Robertshaw, M.B., Sellers, L., y Leary, H. (2012). Comparing technology-related teacher professional development designs: a multilevel study of teacher and student impacts. *Educational Technology Research and Development*, 60(3), 421-444. doi: 10.1007/s11423-012-9243-8
- Walshaw, M., y Brown, T. (2012). Affective productions of mathematical experience. *Educational Studies in Mathematics*, 80(1), 185-199. doi: 10.1007/s10649-011-9370-x

ESTUDIO 2

Estudio 2

HIPATIA: A HYPERMEDIA LEARNING ENVIRONMENT IN MATHEMATICS

HIPATIA: UN ENTORNO DE APRENDIZAJE HIPERMEDIA EN MATEMÁTICAS

MARISOL CUELI¹, PALOMA GONZÁLEZ-CASTRO¹, JENNIFER KRAWEC², JOSÉ CARLOS
NÚÑEZ¹, JULIO ANTONIO GONZÁLEZ-PIENDA¹.

¹ *Department of Psychology, Faculty of Psychology, University of Oviedo, Spain.*

² *Department of Teaching and Learning, School of Education and Human Development,
University of Miami, United States of America.*



© Copyright: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia (España)

Revista científica de Psicología
Periodicidad cuatrimestral (un volumen anual con tres números en enero, mayo y octubre).
Sistema estandarizado de revisión científica externa de originales

anales de psicología se encuentra en los siguientes repertorios de factor de impacto:

- JCR (Journal Citation Reports):
Factor de impacto (jun 2011): 1.338
Ranking: 47 de 120 (en Psychology-Multidisciplinary)
- SJR (Scimago Journal Rank, de Elsevier):
Factor de impacto 2011: 0.028
- In-Race (Granada, España):
(<http://w3.um.es/in-race/psicologia-2010.htm>)
Factor de impacto 2010 (publ. 2011): 1.068
Ranking: n° 2 en Psicología

Principales repertorios de índices/sumarios y bases de datos en que se encuentra indexada:

- SSCI (Social Sciences Citation Index), SCImP (Science Citation Index Expanded), Web of Knowledge, Web of Science (todas de ISI Thomson Reuters)
- SCOPUS (de Elsevier)
- PsycInfo database, Psychological Abstracts y PsycLit (de A.P.A., American Psychological Ass., Washington, U.S.A.)
- Índice Español de Ciencias Sociales A: Psicología y Educación (CINDOC, CSIC, Madrid)
- PSICODOC (Col. Ofc. Psicólogos, España)
- Anuario de Psicología Clínica producida en lengua española (Madrid)
- Ulrich's International Periodicals Directory
- PIO (Periodical Index Online)
- En la web (open Access): Open Science Directory (EBSCO), DOI, SCIRUS, PsycInfo, PsycFirstView, Google Scholar, Dialnet, e-revistas, Racolecta, RedAlyc

Principales índices de calidad editorial y sistemas de evaluación de revistas:

- ERH (European Reference Index for the Humanities, de la European Science Foundation)
- Evaluación FECYT-RÉCYT (Madrid): Sello de excelencia, edición 2011
- Criticos Latinos
- Criticos CNEAI
- DICE (Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas, CSIC, CINDOC, ANECA)
- RESH (Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanas Valoración integrada, IEDCYT-CSIC)
- MIAR (Misma d'informació per a l'avaluació de Revistes. Base de datos con la que se obtiene el ICDS)

DIRECCIONES:

Envío y recepción de originales:

Director de "Anales de Psicología"
Facultad de Psicología,
Universidad de Murcia
Campus de Espinardo
Aptdo. 4021, 30080 Murcia (España).
Correo electrónico: analesps@um.es

Solicitud de canje con otras revistas:

Servicio de Intercambio Científico.
Universidad de Murcia
Biblioteca General (Campus de Espinardo)
Aptdo. 4021, 30080 Murcia (España).
Correo electrónico: mjem@um.es
Internet, dirección World Wide
Web <http://revistas.um.es/analesps/>

DATOS DEL ARTÍCULO:

Título: Hipatia: un entorno de aprendizaje hipermedia en matemáticas

Autores: Marisol Cueli, Paloma González-Castro, Jennifer Krawec, José C. Núñez, Julio A. González-Pienda

CÓDIGO: 185641

Recibido: 11-11-13

Asunto: ACEPTACIÓN DEL ARTÍCULO

Agustín Romero Medina
Director de *anales de psicología*
Facultad de Psicología, Universidad de Murcia
Aptdo. 4021, 30080 Murcia
Tlf: 868 883483, Fax: 868 884115
E mail: analesps@um.es

Murcia, a 07 de julio de 2014

Estimado compañero:

Por la presente, te comunico que, con fecha de hoy, el artículo enviado a *anales de psicología* cuyos datos son los mencionados más arriba, ha sido aceptado para su publicación en esta revista. La separata del artículo la obtendrás en formato pdf en la página web de la revista (<http://revistas.um.es/analesps/>) en cuanto sea publicado en el número correspondiente.

Gracias por tu colaboración y espero que sigas contando con esta revista para publicar tus trabajos.

Recibe un cordial saludo,



Fdo.: Agustín Romero Medina

La Revista Anales de Psicología, está incluida en el Science Citation Index, ocupando en el año 2013 el puesto 92 en la categoría de Psicología Multidisciplinar con un Factor de Impacto de 0.549.

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]



2013 JCR Social Science Edition

Rank in Category: Anales de Psicología

Journal Ranking ⓘ

For **2013**, the journal **Anales de Psicología** has an Impact Factor of **0.549**.

This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
PSYCHOLOGY, MULTIDISCIPLINARY	129	92	Q3

Abstract

Abstract: Literature revealed the benefits of different instruments for the development of mathematical competence, problem solving, self-regulated learning, affective-motivational aspects and intervention in students with specific difficulties in mathematics. However, no one tool combined all these variables. The aim of this study is to present and describe the design and development of a hypermedia tool, Hipatia. Hypermedia environments are, by definition, adaptive learning systems, which are usually a web-based application program that provide a personalized learning environment. This paper describes the principles on which Hipatia is based as well as a review of available technologies developed in different academic subjects. Hipatia was created to boost self-regulated learning, develop specific math skills, and promote effective problem solving. It was targeted toward fifth and sixth grade students with and without learning difficulties in mathematics. After the development of the tool, we concluded that it aligned well with the logic underlying the principles of self-regulated learning. Future research is needed to test the efficacy of Hipatia with an empirical methodology.

Keywords: Hypermedia, interactive white boards, learning environment, self-regulated learning, mathematics.

Resumen: La literatura existente señala los beneficios de diferentes herramientas dirigidas al desarrollo de la competencia matemática, la solución de problemas y los aspectos afectivo-motivacionales y la intervención en estudiantes con dificultades específicas de aprendizaje en matemáticas. Sin embargo, no existe una herramienta que combine todas estas variables. El objetivo de este estudio es presentar y describir el diseño y desarrollo de una herramienta hipermedia llamada Hipatia. Los ambientes hipermedia son, por definición, sistemas adaptativos de aprendizaje que son habitualmente empleados para proporcionar ambientes personalizados de aprendizaje. Este trabajo describe los principios en los que se basa la herramienta hipermedia Hipatia, así como, una revisión de las tecnologías disponibles desarrolladas en diferentes áreas académicas. Hipatia fue creada para potenciar la autorregulación del aprendizaje y desarrollar habilidades específicas matemáticas y la resolución de problemas. La herramienta está dirigida a estudiantes de quinto y sexto curso de Educación Primaria con y sin dificultades de aprendizaje en matemáticas. Tras el desarrollo de la Hipatia, se puede concluir que efectivamente subyace los principios del aprendizaje autorregulado. En investigaciones futuras será necesario poner a prueba la eficacia de la herramienta a través de metodologías empíricas.

Palabras clave: Hipermedia, pizarras interactivas, ambientes de aprendizaje, aprendizaje autorregulado, matemáticas.

Introduction

The process of student learning is influenced not only by students' cognitive skills but also by their affect and motivation (Barca-Lozano, Almeida, Porto-Rioboo, Peralbo-Uzquiano, & Brenlla-Blanco, 2012; Hintsanen et al., 2012; Lambic & Lipkovski, 2012). This influence holds true in the area of mathematics as well, where student performance is affected by different variables such as attitude, motivation and emotion. The latest reports on student achievement from the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) and Pisa Projects (Organization for Economic Cooperation and Development, 2010) indicate particularly poor mathematics performance for students of Spain (IEA, 2011). In addition to these indicators of math difficulty for Spanish students across grade levels, research shows clear deficits in affective-motivational aspects as well (Cueli, González-Castro, Álvarez, García, & González-Pienda, 2014; Valle et al., 2009); thus, it is critical that we identify intervention tools that offer job-oriented instruction that not only develops knowledge and the acquisition of academic content, but also enhances strategic and self-regulated learning and increases student motivation and positive attitudes toward mathematics.

To reach a working methodology in mathematics aimed at achieving the above objectives, some research has highlighted the importance of using new technologies (Reed, Drijvers, & Kirschner, 2010). The advent of these new technologies, such as Interactive White Boards (IWBs) and hypermedia environments (e.g., Digital-Text; which is a universal school content base, presented as online multimedia textbooks, and specially designed to work with the new classroom technologies), has opened a new field of research that studies the effectiveness of these new learning environments and teaching methods (Engel & Onrubia, 2013; Macias-Ferrer, 2007; Ojeda, Perales, & Gutierrez-Perez, 2012). The advent of computers in schools occurred in the early 1980s; however, despite evidence that the use of digital technologies can enhance the teaching and learning of mathematics (Kaput & Hegedus, 2007; Lazakidou & Retalis, 2010, Reed et al., 2010), they are often not a mainstay in typical classroom instruction (Gross, 2002). For computer technology to be effective in classroom use, they must take into account the guidelines and activities necessary to fully support the educational process (Brown, 2009; Keengwe, Onchwari, & Wachira, 2008; Oncu, Delialioglu, & Brown, 2008; Purvis, Aspden, Bannister, & Helm, 2011; Tamar & Rivka, 2008).

Among these new technologies, research points to the use of electronic tools such as computer-based learning environments (CBLEs) on the IWBs and hypermedia environments. CBLEs are effective to the extent that they can adapt to the needs of individual learners by systematically and dynamically providing scaffolding of key learning processes during learning (Azevedo, Moos, Johnson, & Chauncey, 2010). IWBs are a large interactive display that combines an electronic touchable whiteboard connected to a network computer and a data projector (Al-Qirim, 2011), which projects the computer's desktop onto the board's surface where users control the computer using a pen, finger, stylus, or other device (Lee, Cheng, Rai, & Depickere, 2005). Hypermedia environments are, by definition, adaptive learning systems, which are usually web-based application programs that provide a personalized learning environment (Özyurt, Özyurt, Baki, Güven, & Karal, 2012). As will be described below, these instruments have been used with the aim of increasing problem-solving proficiency (for students without difficulties) or supporting the acquisition of mathematical skills (for students with learning difficulties). They have also been used to enhance students' self-regulated learning as well as their attitude toward mathematics. In this sense, learning in a hypermedia environment requires students to adjust and adapt their activities and strategies to achieve their goals, thereby self-regulating their learning. This is an active process in which subjects set goals that guide their learning, while attempting to monitor, regulate and control their cognition, motivation and behavior in order to succeed in a task (Rosário et al., 2012; Fernández et al., 2013). The topic of self-regulated learning in hypermedia learning environments is one that is being widely treated (Artino & Stephens, 2009; Azevedo & Aleven, 2013; Barnard, Lan, To, Paton, & Lai, 2009). However, other research, such as that conducted by Walker and colleagues (2012), has attempted to study the benefits of these tools not only academically, but also affective-motivationally. This study was conducted with a sample of 1247 students (ages 12 to 15) who completed pre/post questionnaires which contained seven self-report Likert scale items. Two items addressed student behavior, three addressed knowledge and two addressed attitude. Findings showed gains not only in terms of conceptual content acquisition, but also on a behavioral and attitudinal level.

In this sense, we can find different programs developed and research on various hypermedia environments. Following is the description of some of the programs designed to achieve the same objectives we outlined for Hipatia. We classified these programs based on the aim of the tool (i.e., work solving problems, develop self-

regulating strategies, etc.), the technique used (heuristic learning, guided self-regulation learning, etc.), student grade, and the academic content area.

Programs developed

The following describes the programs developed in order to achieve an improvement in the self-regulatory skills development, content exposure, or practical exercises. Also, these can be classified based on the content or educational stage (course) for which they are intended. Table 1 shows the classification of these programs based on these aspects.

Table 1

Description of hypermedia learning environments ranked based on the aim, theoretical model and students who are directed.

Program	Aim	Technique	Grade	Academic content
Sharp Online	Work solving problems.	Techniques of heuristic learning	Adaptive	Mathematics
WBMTS	Learn basic and specific math's skills	Expose academic content	10 th grade	Mathematics
PIAC	Decrease mathematics difficulties.	Direct instruction.	High education	Mathematics
MetaTutor	Stimulate self-regulation learning. Asses cognitive, metacognitive, affective and motivational process	Guided self-Regulated Learning	High education	Human circulatory system
iStart	Work on strategies based on Self-regulation learning	Guided self-Regulated Learning	High education	Reading and comprehension skills

Sharp Online. Rodríguez, Gil, García and Lopez (2008) presented the development of a web application called SHARP Online: An Adaptive Hypermedia

System for solving math problems. The pedagogical foundation of this application is in the techniques of heuristic learning support in solving mathematical problems. Adaptability of the system is achieved through the use of an algorithm that allows the user to build the mathematical knowledge adaptively using training methods. This application also provides the teacher with the option to include content through specific modules. It was originally developed for educational contexts in the field of mathematics education so it includes a module for editing and visualizing mathematical formulas in a web environment.

Web Teaching of Mathematics (WBMTS). Hypermedia environments have shown promise not only with acquisition of basic math skills and problem solving, but also with the acquisition of specific mathematical skills. Özyurt (2012) conducted a study with ten teachers and seventy high school sophomores with the goals of designing a system based on WBMTS for the learning of probability and then implementing and evaluating its effectiveness in tenth grade students. Data from the study were analyzed by analysis of covariance and showed that the system WBMTS had a positive effect on the academic performance of students in the skill tested.

PIAC. Andrade-Aréchiga, López and López-Morteo (2012) conducted a study in which an intervention was designed to help students overcome difficulties related to the concepts of calculus. Intended as a specific intervention for mathematics difficulties, they used an interactive platform for learning calculus, called PIAC, with a total of 102 students. The application allows students to manage, display and present a wide variety of content, including text, images, video, and interactive content. The use of PIAC to support to learning of calculus concepts was shown to be effective; further, results indicated positive response to the program and also showed that benefits occurred not only in the students' academic performance, but also on the motivational aspects of the learning process. Thus, they concluded that the technology-based intervention provides a positive influence on the learning process.

MetaTutor. Developed by Azevedo et al. (2012), MetaTutor is a learning tool designed to teach and train students to self-regulate. Moreover, it is a research tool used to select trace data on the cognitive, metacognitive, affective, and motivational processes that students employ as they learn. This learning tool is a multi-agent,

adaptive hypermedia learning environment, designed to train, model, and foster students' SRL while learning about the human circulatory system. The primary goal underlying the design of MetaTutor is to investigate how advanced learning technologies (ALTs) can adaptively scaffold learners' SRL while they learn about complex biological topics (Azevedo et al., 2012). As a learning tool, MetaTutor has a host of features that embody and foster self-regulated learning. Additionally, MetaTutor collects information from user interactions with it to provide adaptive feedback on the deployment of students' SRL behaviors. This tool includes the avatar, or meta-tutor, which is an application of hypermedia environments that promotes student self-regulated learning through guidance and immediate feedback on answers (Cerezo et al., 2010).

iSTART. Interactive Strategy Training for Active Reading and Thinking is an intelligent tutoring system designed to improve students' reading comprehension skills (Jackson, Boonthum, McNamara, 2010). *iSTART* teaches students how to self-explain and which strategies will most effectively aid comprehension from moment to moment (Kurby et al., 2012). These authors used the Reading Strategy Assessment Tool (RSAT) to assess how *iSTART* changes the relation between important self-explanation reading strategies-bridging and elaboration-and online comprehension, and how often they are produced. *iSTART* is designed so that teachers and researchers may add their own texts into the system.

In short, as can be seen in table 1, the programs described are directed to stimulate various aspects through different content in a specific age range. However, there has not been found a program that combines the aims of all those reviewed above. Although it is true that many tools have been developed for learning academic content, it seems that the theoretical models upon which they are based are oriented more to the explanation of content and execution by the student than to the stimulation of self-regulation learning and affective-motivational variables. There are two programs that incorporate both of these components; however, these are aimed at learning the circulatory system (MetaTutor) and developing reading comprehension skills (*iStart*).

Given the potential of new technologies and the results provided by previous research that found positive effects of these tools in the teaching and learning process of the students, the objective of the current work is to design and develop a hypermedia tool, called *Hipatia*, based on the principles of self-regulated learning (similar to

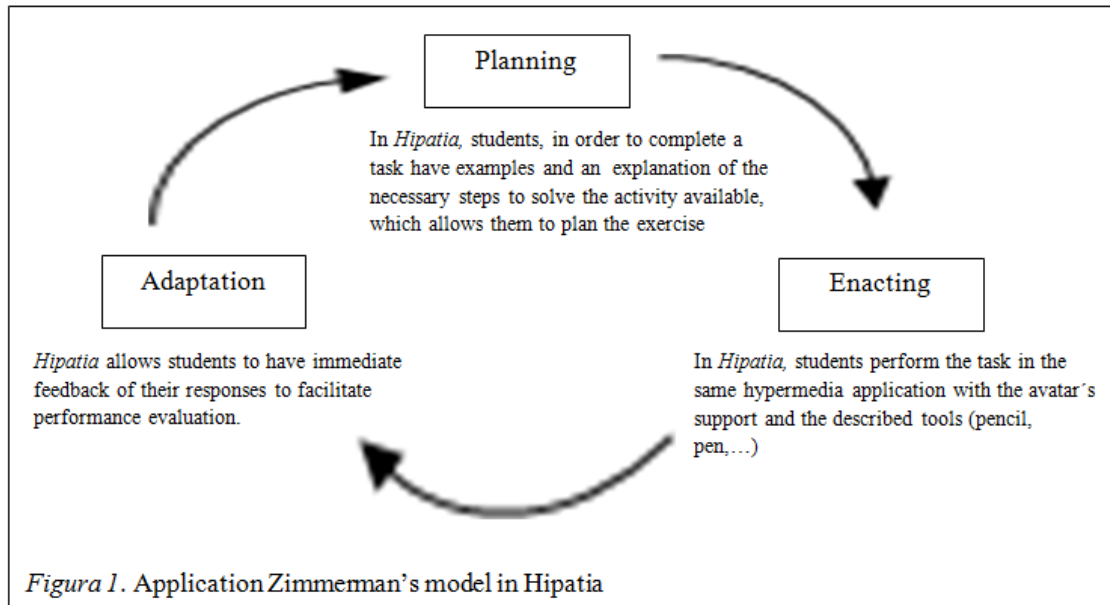
MetaTutor or iSTART but directed toward mathematical content). Further, it was important that the program be adaptative so that it can be used with students with various learning difficulties (similar to PIAC). Thus, Hipatia will combine in one tool the principles seen in the above literature: enhanced self-regulated learning, development of specific content skills, and effective problem solving (similar to Sharp, which focuses on problem solving). This technology is geared to students in fifth and sixth grades with and without learning difficulties in mathematics. It also includes the avatar, which has been mainly applied only in high school so far.

Target Demographic

The sample to be targeted by the intervention program consists of students in grades five and six. This level was selected because results from the Trends in International Mathematics and Science Study (IEA, 2011) showed below average academic achievement in mathematics for fourth grade students. Further, students at this age generally have sufficient computer resources (i.e., equipped with computers and have basic knowledge about handling them) but are still young enough that intervention may prevent the difficulties or shortcomings often experienced by secondary school students. Thus, the mathematical content of the hypermedia system described in the current study are adapted to the competences proposed by the administration of the Spanish education system for this stage of the curriculum. The following sections describe the tool, Hipatia, and its application to classroom instruction, as well as implications for future research.

Theoretical Framework

The designed instrument, Hipatia, is a hypermedia tool intended to improve math skills in fifth and sixth grades. The theoretical foundation of the content is based on Zimmerman's (2008) model of self-regulation, which states that students operate their self-regulated learning through the implementation of a number of strategies that activate and modify their cognition, metacognition and behavior. These strategies are variously applied before, during, and after the learning takes place; each follows the phases of planning, implementation and evaluation of the process (Figure 1).



Also, Hipatia is directed for students with and without learning disabilities in mathematics. Maccini, Gagnon and Hughes (2002) showed three practices for working with students with learning disabilities in mathematics: hypermedia software programs, contextualized learning, and multimedia software. Hipatia is hypermedia software that provides contextualized learning, as content is only shown after an example that activates prior knowledge. This is very relevant, especially considering that math skills evolve in a hierarchical and inclusive way (Kikas, Peets, Palu, & Afanasjev, 2009; Olkun, Altun, & Deryakulu, 2009). Moreover, Swanson (1999) reviewed 20 years of research on intervention with students with learning disabilities in mathematics and concluded that the two teaching practices with best results are direct instruction and cognitive strategies of self-regulation and control. These results were supported by the meta-analysis by Kroesbergen and van Luit (2003), which also indicates that the intervention strategies with improved outcomes for teaching students in elementary school with learning disabilities in mathematics were self-instruction and direct instruction of cognitive strategies. This is in the line of Hipatia, which uses direct instruction and includes the avatar for enhancing this point. If the student gives the wrong answer, the avatar provides prompts to determine which procedure to follow to self-correct (based on self-regulatory logic and direct instruction) in order to reach the correct answer.

Description of the Program

The program described below is an adaptation of the tool *Hypatia*, initially developed in Portugal (<http://www.hypatiamat.com/>). Hipatia is a researcher-developed hypermedia program that was created to support the development of students' self-regulatory skills and the acquisition of specific math skills. Because of the nature of the tool, one of the goals of Hipatia is to improve students' motivation toward math. As it is designed, the teacher and the student can work with the application both from the computer and from the whiteboard; thus, it is an in-class tool meant to supplement and reinforce whole-class instruction. Hipatia was created and established in a web space (www.institutouria.es/hyp), making it accessible to both the students and faculty. In this space, there are different sections or links. First, there is a section concerning the content, which lists each of the topics offered (loci, angles, polygons, areas, etc.). Second, there is a specific section for calculating activities, working this skill in a fun way through games. Third, there are sections describing the project and sections which give visitors the opportunity to collaborate. The application can be run from the student's own computer (at home or at school), from the teacher, or from the interactive whiteboard.

In this regard, students using Hipatia follow a predetermined series of tasks. First, they are presented a concept through an example (thus activating prior knowledge); then they process the content, first with simple tasks and then with progressively more difficult tasks. The underlying concepts of these initial phases are learning to learn and self-regulatory enhancement planning. Once students have acquired the knowledge, they practice with different activities (i.e., "learning to do," or execution) and the program gives students immediate feedback once they complete the task; this component of the tool supports affective-motivational development as it is an immediate and contingent reinforcement (Cameron, Pierce, Banko, & Gear, 2005). Feedback makes learning more active, autonomous, reflective, and critical (Martínez-Berruezo & García-Varela, 2013).

After feedback, each topic includes a final summary that lists the main ideas learned, thus facilitating the process of self-evaluation and monitoring of learning. Some of the mathematical content includes loci, polygons, perimeter, area, and angles. To more clearly describe the sequencing of the instrument's content, one of the lessons

(on angles) is described below. It is important to note that all the proposed content follows the same dynamics as shown below.



Figure II. Translation: *Geometry in the plane: Angles.*

All the topics are divided into 10 sections, within which appear different activities that present relevant concepts, exercises and problems. Students navigate through activities using the arrows (as evident in the figures). The Hipatia program has several tools but the following three are used most frequently: pencil, pen, and rubber/eraser. The pen allows students to write and to conduct operations while the pen allows them to point out or highlight data. Students use these tools to perform the requested activities, operate to solve a problem, outline the statement when necessary, and seek strategies to solve a problem. For this, they have to click on the tool, which appears at the top right of the screen. In addition, the teacher and the student have the option to change the data in the exercises by a specific button (shown at the top of the screen in some exercises). Using this option, the problem statement remains invariable while the numerical data change. This action facilitates the consolidation of knowledge needed to repeatedly perform the activity. Further, students can obtain a proposed correct solution, receive clarification on words (those underlined with a dotted line include a comment when you mouse over them), check their responses (through immediate feedback), and receive the guidance of the avatar or meta-tutor.

Ángulos

Concepto de ángulo | motivación 1

Indice

Tobias fue a pasar el fin de semana a la playa con unos amigos. Después de cenar, ya por la noche, comenzaron a montar la tienda de campaña en una parte plana del camping, junto a un poste de luz en una zona iluminada por éste.

El triángulo verde representa la tienda.

Intenta imaginar una zona iluminada por el foco de luz y coloca el triángulo, en el esquema de al lado, de forma que se sitúe enteramente en la zona iluminada.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Figure III. In the lesson on angles, this first step provides the example to activate prior knowledge. Translation: example of a Spanish task.

The avatar, which can be seen at the top right of Figure 3, acts as a guide in the learning process, emerging when the student makes a mistake or seeks to provide an answer before attempting the exercise. Based on student performance errors, the avatar gives specific instruction tailored to each response and, therefore, to the specific needs of each student. In this way, deficits related to specific learning difficulties in mathematics are addressed. Other tools offered by the program are the protractor, ruler, and compass, which are necessary for various activities.

The main way in which students are assessed on their learning is through questioning. There are two types of questions posed to students in Hipatia: theoretical open-ended questions where they must write the correct answer in the space provided, and multiple choice questions where the student chooses the answer in a set. The different question types demand a different cognitive load; whereas multiple-choice questions require students to identify the right answer from a finite list, open-ended questions require that students produce an answer that demonstrates the conceptual and relational underpinnings of the skill (García-Beltrán, Martínez, Jaén, & Tapia, 2006).

Classroom Application

The application can be run from the student's own computer (at home or at school), the teacher's computer, or the interactive whiteboard. This means that the application in the classroom can be done in multiple ways. Further, all students and the teacher can access the application simultaneously. As the tool includes both theoretical concepts and practical activities, the application can be done in all weekly math classes to show a content to perform an exercise and correct it. In addition, homework can be given through the application, provided that the student has available personal computer.

Summary

The aim of this study was to present and describe the design and development of an hypermedia tool, Hipatia, which sought to boost self-regulated learning, develop specific math skills, and promote effective problem solving. It was targeted toward fifth and sixth grade students with and without learning difficulties in mathematics and it included the avatar to guide the teaching-learning process and self-regulation simultaneously. A thorough review of the literature revealed the benefits of different instruments for the development of mathematical competence (Özyurt, 2012) and problem solving (Koehler, 2002), guided self-regulated learning (Azevedo & Aleven, 2013), improving affective-motivational aspects (Walker et al., 2012), and intervention in specific difficulties in mathematics (Andrade-Aréchiga et al., 2012). However, no one tool combined all these variables; this was our goal with Hipatia. It can be concluded that it adapts to student proficiency with each skill and adjusts in each individual case to individual student needs. This is relevant in the context of diversity, especially because research makes clear that not all students learn the same way at the same speed (Lee et al., 2005).

The importance of the guide in the learning process has great relevance considering that students who performed better academically place more emphasis on the planning phase of self-regulated learning (Cueli, García, & González-Castro, 2013). Hence, it is very important to strengthen and practice this first phase with students who struggle. Overall, we have concluded that Hipatia is well aligned with the principles of self-regulated learning.

Directions for Future Research

The true benefits of Hipatia still need to be tested with an empirical methodology. Therefore, one of the future lines of research includes the implementation of the tool in the daily classroom routine in order to ascertain its impact compared to traditional teaching methods. To do this, the technology should be implemented over an extended time and there should be comparison groups who do not use this or other digital tools. To do so would require the consent of the centers as well as parents of students. In order to see the benefits of working with this tool, the researcher should apply at least one of the proposed themes and also compare the results of students with other groups of the same level of education who had worked the same subject following a traditional methodology in order to determine and then compare the rate and depth of acquisition of math skills through each method. The teacher must be trained in handling Hipatia and implement the schedule with fidelity. Also, to study the effects on self-regulation of learning, questionnaires may be used for self-regulation, which should be completed prior to and after the intervention.

In addition to assessing the effectiveness of Hipatia improving self-regulation, it is necessary to know its benefits on students' academic performance in this subject and on other affective-motivational variables related to mathematics such as anxiety, motivation or perceived competence. These variables, as well as self-regulation, would be assessed using self-report methods responded by a group of students who would work with the hypermedia tool and another group of students who would follow a traditional learning methodology. Furthermore, the questionnaires would be completed prior to and after the intervention. An expert would go to the schools to give the specific instructions and supervise the administration. At the same time, this process would be done by means of an online platform where the students would be required to enter with an individual username and password. However, other process-based assessment could be carried out, following protocols such as thinking aloud or triple task, as applications to the area of mathematics are already being initiated (García & González-Pienda, 2012).

On the whole, the line of future research proposed is to analyze the impact of the tool on three key areas: mathematical learning process, students' self-regulation in this subject and other affective-motivational variables. Taking the guidelines described here

into account, a first empiric study was carried out with the aim of analyzing the benefits of this new technology in four affective-motivational variables (perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation and anxiety towards mathematics) and determine if such benefits are related to the previous affective-motivational levels in these variables. To achieve this goal 425 fifth and sixth grade students received an intervention with Hipatia. This first application was based on the work with the topic “Loca” which students learned during a month three times per week. The affective -motivational levels of all students were collected before and after intervention using the Inventory of Attitudes towards Mathematics (González-Pienda et al., 2012; Rosário et al., 2007). The results of the t Student Test for related samples showed statistically significant differences in the post-test compared to pretest variables in perceived competence and math anxiety. In addition, the students with low prior affective-motivational levels obtained greater benefits from the intervention (Cueli, González-Castro, Rodríguez, Núñez, & González-Pienda, In press).

References

- Al-Qirim, N. (2011). Determinants of interactive white board success in teaching in higher education institutions. *Computers & Education*, 56(3), 827-838. doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.024
- Andrade-Aréchiga, M., López, G., & López-Morteo, G. (2012). Assessing effectiveness of learning units under the teaching unit model in an undergraduate mathematics course. *Computers & Education*, 59(2), 594-606. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.010
- Artino A., & Stephens, J. (2009). Academic motivation and self-regulation: a comparative analysis of undergraduate and graduate students learning online. *Internet and Higher Education*, 12(3), 146-151. doi: 10.1016/j.iheduc.2009.02.001
- Azevedo, R., & Aleven, V. (Eds.). (2013). *International handbook of metacognition and learning technologies*. Amsterdam, The Netherlands: Springer
- Azevedo, R., Moos, D.C., Johnson, A.M., & Chauncey, A.D. (2010). Measuring cognitive and metacognitive regulatory processes during hypermedia learning: Issues and challenges. *Educational Psychologist*, 45(4), 210-223. doi: 10.1080/00461520.2010.515934

- Azevedo, R., Witherspoon, A., Graesser, A. C., McNamara, D. S., Chauncey, A., Siler,... & Lintean, M. (2009). MetaTutor: Analyzing self-regulated learning in a tutoring system for biology. In V. Dimitrova, B. Mizoguchi, B. du Boulay y A.C. Graesser (Eds.), *Artificial intelligence in education; Building learning systems that care; from knowledge representation to affective modeling* (pp. 635-637). Amsterdam, The Netherlands: IOS Press
- Barca-Lozano, A., Almeida, L.S., Porto-Rioboo, A.M., Peralbo-Uzquiano, M.P., & Brenlla-Blanco, J.C. (2012). Motivación escolar y rendimiento: impacto de metas académicas, de estrategias de aprendizaje y autoeficacia. *Anales de Psicología*, 28(3), 848-859. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.28.3.156101>
- Barnard, L., Lan, W.Y., To, Y.M., Paton, V., & Lai, S.H. (2009). Measuring self-regulation in online and blended learning environments. *Internet and Higher Education*, 12(1), 1-6. doi: 10.1016/j.iheduc.2008.10.005
- Brown, G. (2009). *Review of education in mathematics, data science and quantitative disciplines*. Report to the Group of Eight Universities.
- Cameron, J., Pierce, W.D., Banko, K.M., & Gear, A. (2005). Achievement-based rewards and intrinsic motivation: A test cognitive mediators. *Journal of Educational Psychology*, 97(4), 641-655. doi: 10.1037/0022-0663.97.4.641
- Cerezo, R., Núñez, J.C., Rosário, P., Valle, A., Rodríguez, S., & Bernardo, A.B. (2010). New media for the promotion of self-regulated learning in higher education. *Psicothema*, 22(2), 306-315.
- Cueli, M., García, T., & González-Castro, P. (2013). Self-regulation and academic achievement in mathematics. *Aula Abierta*, 41(1), 39-48.
- Cueli, M., González-Castro, P., Álvarez, L., García T., & González-Pienda, J.A. (2014). Variables afectivo-motivaciones y rendimiento en matemáticas: Un análisis bidireccional. *Revista Mexicana de Psicología*, 31(2), 153-163.
- Cueli, M., González-Castro, P., Rodríguez, C., Núñez, J.C., & González-Pienda, J.A. (En prensa). Intervención sobre las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en matemáticas. *Educación XXI*
- Engel, A., & Onrubia, J. (2013). Estrategias discursivas para la construcción colaborativa del conocimiento en entornos virtuales de aprendizaje. *Cultura y Educación*, 25(1), 77-94. doi: 10.1174/113564013806309082

- Fernández, E., Bernardo, A., Suárez, N., Cerezo, R., Núñez, J.C., & Rosário, P. (2013). Prediction of use self-regulation strategies in higher education. *Anales de Psicología*, 29(3), 865-875. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.139341>
- García, T., & González-Pienda, J. A. (2012). Evaluación del proceso de aprendizaje autorregulado en el área de las matemáticas mediante pizarras digitales. En J. Dulac-Ibergallartu y C. Alconada-Fernández (Eds.), *III Congreso pizarra digital: publicación de comunicaciones* (pp.85-92). Madrid: Ediciones Pizarratic.
- García-Beltrán, A., Martínez, R., Jaén, J.A., & Tapia, S. (2006). Self-assessment in virtual teaching and learning environments. *Revista de Educación a Distancia, monográfico*, M6, 1-14. Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/M6>
- González-Pienda, J.A., Fernández-Cueli, M., García, T., Suárez, N., Tuero-Herrero, E., & Da Silva, E.H. (2012). Diferencias de género en actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza obligatoria. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 3(1), 55-73.
- Gros, B. (2002). Knowledge construction and technology. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 11(4), 323-343.
- Hintsanen, M., Alatupa, S., Jokela, M., Lipsanen, J., Hintsanen, T., & Leino, M. (2012). Associations of temperament traits and mathematics grades in adolescents are dependent on the rater but independent of motivation and cognitive ability. *Learning and Individual Differences*, 122(4), 490-497. doi: 10.1016/j.lindif.2012.03.006
- International Association for the evaluation of educational achievement IEA. (2011). *Resultados de las pruebas PIRLS y TIMSS de 2011 en España*. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Jackson, G.T., Boonthum, C., & McNamara, D.S. (2010). The Efficacy of Extended Practice with iSTART: Low Ability Students Catch up. In V. Alevan, J. Kay, & J. Mostow (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems. 10th International Conference part II* (pp. 349-351). Pittsburgh: Springer.
- Kaput, J., & Hegedus, S. (2007). Technology becoming infrastructural in mathematics education. In R. Lesh, E. Hamilton, y J. Kaput (Eds.), *Proceedings of the foundations for the future in mathematics and science* (pp. 173–192). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Keengwe, J., Onchwari, G., & Wachira, P. (2008). The use of computer tools to support meaningful learning. *Association for the Advancement of Computing in Education Journal*, 16(1), 77-92.
- Kikas, E., Peets, K., Palu, A., & Afanasjev, J. (2009). The role of individual and contextual factors in the development of math skills. *Educational Psychology*, 29(5), 541-560. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01443410903118499>.
- Koehler, M.J. (2002). Designing Case-Based Hypermedia for Developing Understanding of Children's Mathematical Reasoning. *Cognition & Instruction*, 20(2), 151-195. doi: 10.1207/S1532690XCI2002_2
- Kroesbergen, E.H., & Van Luit, J.E.H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs. *Remedial and Special Education*, 24(2), 97-114.
- Kurby, C.A., Magliano, J.P., Dandotkar, S., Woehrle, J., Gilliam, S., & McNamara, D.S. (2012). Changing how students process and comprehend texts with computer-based self-explanation training. *Journal of Educational Computing Research*, 47(4), 429-459. doi: 10.2190/EC.47.4.e
- Lambic, D., & Lipkovski, A. (2012). Measuring the influence of students' attitudes on the process of acquiring knowledge in mathematics. *Croatian Journal of Education-Hrvatski Casopis za Odgoji Obrazovanje*, 14(1), 187-205.
- Lazakidou, G., & Retalis, S. (2010). Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics. *Computers & Education*, 54(1), 3-13. doi: 10.1016/j.compedu.2009.02.020
- Lee, C.H.M., Cheng, Y.W., Rai, S., & Depickere, A. (2005). What affect student cognitive style in the development of hypermedia learning system? *Computers & Education*, 45(1), 1-19. doi:10.1016/j.compedu.2004.04.006.
- Maccini, P., Gagnon, J.C., & Hughes, C.A. (2002). Technology-based practices for secondary students with learning disabilities. *Learning Disabilities Quarterly*, 25(4), 247-261. doi: 10.2307/1511356
- Macias-Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(4), 1-17.
- Martínez-Berruezo, M., & García-Varela, A. (2013). Analysis of the impact of virtualization on motivation in first-year teaching students. *Revista de Educación*, 362, 42-68. doi: 0.4438/1988-592X-RE-2011-362-152

- Ojeda, F., Perales, F.J., & Gutiérrez-Pérez, J. (2012). Evaluación de la calidad de webs y blogs sobre educación ecológica. *Cultura y Educación*, 24(1), 77-93. doi: 10.1174/113564012799740812
- Olkun, S., Altun, A., & Deryakulu, D. (2009). Development and evaluation of a case-based digital learning tool about children`s mathematical thinking for elementary school teachers. *European Journal of Teacher Education*, 32(2), 151-165. doi: 10.1080/02619760902783875
- Oncu, S., Delialioglu, O., & Brown, C. (2008). Critical components for technology integration: how do instructors make decisions? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 27(1), 19-46.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE. (2010). PISA 2009 Results. Paris: OCDE.
- Özyurt, H. (2012). Implementation and evaluation of a web based mathematics teaching system enriched with interactive animations for the probability unit. *Energy Education Science and Technology Part b-social and Educational Studies*, 4(3), 1167-1180.
- Özyurt, O., Özyurt, H., Baki, A., Güven, B., & Karal. (2012). Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study. *Expert Systems with Applications*, 39(15), 12092-12104. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.018>
- Purvis, A., Aspden, L., Bannister, P., & Helm, P. (2011). Assessment strategies to support higher level learning in blended delivery. *Innovations in Education and Teaching International*, 48(1), 91-100. doi: 10.1080/14703297.2010.543767
- Reed, H., Drijvers, P., & Kirschner, P. (2010). Effects of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55(1), 1-15. doi: 10.1016/j.compedu.2009.11.012
- Rodríguez, R., Gil, A.B., García, F.J., & López, R. (2008). SHARP Online: An Adaptive Hypermedia System Applied to Mathematical Problem Solving. *Journal of Universal Computer Science*, 14(19), 3099-3113.
- Rosário, P., Lourenço, A., Olímpia-Paiva, M., Núñez, J.C., González-Pianda, J.A., & Valle, A. (2012). Autoeficacia y utilidad percibida como condiciones necesarias para un aprendizaje académico autorregulado. *Anales de psicología*, 28(1), 37-44.

- Rosário, P., Mourão, R., Núñez, J. C., González-Pineda, J., Solano, P. y Valle, A. (2007). Eficacia de un programa instruccional para la mejora de procesos y estrategias de aprendizaje en la enseñanza superior. *Psicothema*, 19(3), 422-427.
- Swanson, H.L. (1999). Instructional components that predict treatment outcomes for student with learning disabilities: Support for a combined strategy and direct instruction model. *Learning Disabilities Research and Practice*, 14(3), 129-140. doi: 10.1207/sldrp1403_1
- Tamar, L., & Rivka, W. (2008). Teachers' views on factors affecting effective integration of information technology in the classroom: developmental scenery. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(2), 233-263.
- Valle, A., Núñez, J.C., Cabanach, R.G., Rodríguez, S., González-Pienda, J.A., & Rosario, P. (2009). Perfiles motivacionales en estudiantes de secundaria: análisis diferencial en estrategias cognitivas, estrategias de autorregulación y rendimiento académico. *Revista Mexicana de Psicología*, 26(1), 113-124.
- Walker, A., Recker, M., Ye, L., Robertshaw, M.B., Sellers, L., & Leary, H. (2012). Comparing technology-related teacher professional development designs: a multilevel study of teacher and student impacts. *Etryd-educational Technology Research and Development*, 60(3), 421-444. doi: 10.1007/s11423-012-9243-8.
- Zimmerman, B. J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: Historical, background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166-183. doi: 10.3102/0002831207312909

ESTUDIO 3

Estudio 3

INTERVENCIÓN SOBRE LAS VARIABLES AFECTIVO-MOTIVACIONALES
RELACIONADAS CON EL APRENDIZAJE EN MATEMÁTICAS

INTERVENTION ON THE AFFECTIVE-MOTIVATIONAL VARIABLES
RELATED TO MATHEMATICS LEARNING

MARISOL CUELI, PALOMA GONZÁLEZ-CASTRO, CELESTINO RODRÍGUEZ, JOSÉ CARLOS

NÚÑEZ Y JULIO ANTONIO GONZÁLEZ-PIENDA.

Universidad de Oviedo

Marta Ruiz Corbella
Editora Educación XXI



D^a. Marta Ruiz Corbella, Editora de la revista *Educación XXI* de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia,

CERTIFICA

Que D. Celestino Rodríguez Pérez, han presentado el artículo "Intervención sobre las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en matemáticas", el cual ha sido valorado positivamente por el Consejo Científico de Educación XXI, habiendo sido aceptado para su publicación, por lo que será incluido en nuestra revista en uno de los próximos volúmenes.

Para que conste, y a petición de los interesados, firmo la presente certificación.

En Madrid, a 05 de Febrero de 2015

Fdo.: Marta Ruiz Corbella
Editora
Educación XXI.



La Revista Educación XX1, está incluida en el Science Citation Index, ocupando en el año 2013 el puesto 208 en la categoría de Psicología Multidisciplinar con un Factor de Impacto de 0.163.

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]




2013 JCR Social Science Edition

 **Rank in Category: Educacion XX1**

Journal Ranking ⓘ

For **2013**, the journal **Educacion XX1** has an Impact Factor of **0.163**.

This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
EDUCATION & EDUCATIONAL RESEARCH	219	208	Q4

Resumen

Resumen: Uno de los condicionantes en el aprendizaje de las matemáticas son las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes. Así, variables como la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas juegan un papel clave en el aprendizaje de esta asignatura. Teniendo en cuenta las nuevas metodologías en la enseñanza de esta asignatura, tales como las pizarras digitales y las aplicaciones hipermedia, en este estudio se pretende analizar el beneficio del uso de las mismas en términos de las condiciones afectivo-motivacionales mencionadas y en qué medida dichos beneficios están relacionados con los niveles afectivo-motivacionales previos. Para alcanzar este objetivo se trabajó con 425 estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria quienes recibieron instrucción matemática con el apoyo de una herramienta hipermedia. Se recogieron los niveles afectivo-motivacionales de todos los estudiantes antes y después de la intervención instruccional utilizando el Inventario de Actitud hacia las Matemáticas. Los resultados de la prueba *t de student* para muestras relacionadas mostraron diferencias estadísticamente significativas en el postest frente al pretest en las variables competencia percibida y ansiedad ante las matemáticas. Además, fueron aquellos estudiantes con bajos niveles afectivo-motivacionales previos quienes mostraron un mayor beneficio de la intervención. Estos resultados son discutidos a la luz de las conclusiones de la investigación pasada y se sugieren líneas de investigación futura.

Palabras clave: Aplicación hipermedia, matemáticas, utilidad percibida, competencia percibida, motivación, ansiedad.

Abstract: One of the limitations in the learning of mathematics is the affective-motivational variables of students towards this subject. Thus, variables such as perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation and anxiety towards mathematics play a key role in the learning of this subject. Given the new methodologies in the teaching of mathematics such as digital whiteboards and hypermedia applications, what we pretend with this study is to analyze the benefits of those new technologies in the affective-motivational variables mentioned and if such benefits are related to the previous affective-motivational levels in these same variables. To achieve this goal we worked with 425 fifth and sixth grade students who received an intervention with a hypermedia tool. The affective -motivational levels of all students were collected before and after treatment using the Inventory of Attitudes towards Mathematics. The results of the t Student Test for related samples showed statistically significant differences in the post-test compared to pretest variables in perceived competence and math anxiety. In addition, the students with low prior affective-motivational levels showed greater benefit from the intervention. These results are discussed based on the conclusions of past research but future research lines are suggested.

Key words: Hypermedia application, mathematics, perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation, anxiety.

Introducción

Con la llegada de las nuevas tecnologías se abre un nuevo campo de investigación en el estudio de la efectividad de estos nuevos entornos de aprendizaje y metodologías de enseñanza de las matemáticas (Engel y Onrubia, 2013; Kaput y Hegedus, 2007; Lazakidou y Retalis, 2010; Macias-Ferrer, 2007; Reed, Drijvers, y Kirschner, 2010). Estas herramientas deben tener en cuenta las directrices educativas y actividades necesarias para apoyar plenamente el proceso de aprendizaje (Brown, 2009; Kersaint, 2007; García-Varcárcel y Tejedor, 2012; Keengwe, Onchwari, y Wachira, 2008; Oncu, Delialioglu, y Brown, 2008; Purvis, Aspden, Bannister, y Helm, 2011; Tamar y Rivka, 2008) y, sobre todo, para favorecer no sólo la adquisición de contenidos sino también la mejora de los aspectos autorregulatorios y afectivo-motivacionales.

Entre estas nuevas tecnologías, la investigación apunta a la utilización de medios electrónicos, tales como ambientes de aprendizaje en ordenador (Computer Based-Learning Environments -CBLEs-; Azevedo, Moos, Johnson, y Chauncey, 2010), pizarras digitales (Interactive White Boards; Al-Qirim, 2011) y entornos hipermedia (Özyurt, Özyurt, Baki, Güven, y Karal, 2012). Estos nuevos recursos han generado grandes expectativas en lo que se refiere a sus beneficios sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Andrade-Aréchiga, López, y López-Morteo, 2012; Özyurt, 2012), sobre todo, teniendo en cuenta sus efectos positivos en las variables afectivo-motivacionales claves en el aprendizaje y el rendimiento académico en matemáticas, tales como la utilidad percibida, la competencia percibida, la motivación y la ansiedad (Cueli, González-Castro, Álvarez, García, y González-Pienda, 2014; Dettmers et al., 2011; Hintsanen et al., 2012; Kim y Hodges, 2012; Lambic y Lipkovski, 2012; Walshaw y Brown, 2012). Por ejemplo, Kim y Hodges (2012), en un estudio con universitarios, investigaron el efecto de una metodología on-line sobre la motivación en el aprendizaje de las matemáticas, obteniendo que el grupo tratamiento mostraba emociones más positivas de disfrute y orgullo en comparación con el grupo control, además de un mayor nivel de motivación intrínseca. En esta misma línea, Andrade-Aréchiga et al. (2012) observaron beneficios sobre el aprendizaje del cálculo y los aspectos motivacionales de 102 estudiantes universitarios que trabajaron con una plataforma interactiva para el aprendizaje del cálculo (PIAC). Resultados similares fueron reportados también por Walker et al. (2012), quienes realizaron un estudio con 1247 estudiantes, en este caso, de entre 12 y 15 años. Los resultados mostraron

beneficios no sólo en términos de adquisición de contenidos conceptuales, sino también a nivel comportamental y actitudinal.

Según Kopcha y Sullivan (2008), la clave de los beneficios de estas nuevas tecnologías radicaría en el control que ejerce el aprendiz sobre su aprendizaje en estos nuevos entornos. Sin embargo, estos autores observaron que tales beneficios se producían únicamente en presencia de un alto nivel de conocimientos previos, de tal manera que, fueron aquellos estudiantes con un mayor nivel de conocimientos previos quienes presentaban actitudes más positivas hacia el ambiente de aprendizaje en el que ejercían un control sobre el proceso. Uno de los condicionantes del control que ejerce el estudiante es la metodología de aprendizaje utilizada. En este sentido, Loong y Herbert (2012) establecen una fuerte relación entre el abandono escolar, la percepción del estudiante hacia la asignatura y la metodología usada para el aprendizaje. Abordar el fracaso escolar pasaría por la implementación en el aula de estrategias metacognitivas y motivacionales que no sólo estén dirigidas a la presentación de una serie de contenidos y conceptos teóricos sino también a aumentar la implicación de los estudiantes en el aprendizaje y a desarrollar un papel de agente activo en el alumno (Cerezo et al., 2010; Rosário et al., 2012).

Existen diferentes herramientas hipermedia dirigidas al aprendizaje de las matemáticas a través de diferentes metodologías ya sean expositivas, centradas en la enseñanza de contenidos de forma explícita (Özyurt, 2012), en el aprendizaje de procesos heurísticos (Rodríguez, Gil, García, y López, 2008) o centradas específicamente en la ejecución de actividades y tareas como la resolución de problemas matemáticos (Andrade-Aréchiga et al., 2012; López-Vargas, Hederich-Martínez, y Camargo-Uribe, 2012). Sin embargo, como ya se apuntaba, en el proceso de aprendizaje deben tenerse en cuenta otros factores clave como las cuestiones afectivas y motivaciones (Hintsanen et al., 2012; Lambic y Lipkovski, 2012), las cuales, pueden verse beneficiadas de la intervención con herramientas hipermedia (Dettmers et al., 2011; Op'tEynde y Turner, 2006). La eficacia de estas herramientas, como se ha visto, es a su vez dependiente de algunas características de los propios estudiantes, entre las que se encuentran el nivel previo de las condiciones objeto de cambio (p.e., los conocimientos previos en el estudio de Kopcha y Sullivan, 2008). Teniendo en cuenta esto, cabe preguntarse ¿en qué medida las condiciones afectivo-motivacionales preexistentes interaccionan con la efectividad de este tipo de herramientas instruccionales en el área de las matemáticas? Esta pregunta tiene interés ya que el

aprendizaje de las matemáticas conlleva un deterioro progresivo en las variables afectivo-motivacionales (Bazán y Aparicio, 2006; Watt, 2000). Por ello, en este trabajo se implementa un programa de intervención, basado en el uso de las TICs para la instrucción matemática, y se analizan los datos clasificando a los estudiantes en base a su nivel pretest en las variables dependientes.

Método

Diseño y participantes

Participaron en esta investigación 425 estudiantes, 209 niñas y 216 niños, de entre 10 y 13 años de edad ($M = 11.08$, $DT = 0.718$), escolarizados en 5° (41.6%) y 6° (58.4%) de Educación Primaria (EP). La muestra se obtuvo mediante un procedimiento intencional, siguiendo un muestreo por conveniencia (Casal y Mateu, 2000). Los participantes asistían a seis colegios del Principado de Asturias. Los análisis realizados con respecto a los participantes de esta investigación no mostraron diferencias estadísticamente significativas en función del género $F(8, 416) = 1.629$, $p = .115$; ni en función del curso $F(8, 416) = 1.405$, $p = 0.192$ en las variables afectivo-motivacionales objeto de estudio. Todos los estudiantes que participaron en el estudio han trabajado del mismo modo en el entorno hipermedia Hipatia.

Instrumentos

Las variables dependientes en este estudio fueron la utilidad percibida, la competencia percibida, la motivación intrínseca y la ansiedad ante las matemáticas, evaluadas mediante las subescalas correspondientes del Inventario de Actitud hacia las Matemáticas, IAM (González-Pienda et al., 2012). El IAM es una adaptación de la escala de evaluación de actitudes hacia las matemáticas (FSS), de Fennema y Sherman (1978). Cada una de estas dimensiones fue evaluada mediante cuatro ítems: utilidad percibida (ej., veo las matemáticas como una asignatura que raramente voy a utilizar en mi vida adulta); competencia percibida (ej., creo que podría dominar incluso las matemáticas más difíciles); motivación intrínseca (ej., cuando me encuentro con un problema de matemáticas que no puedo resolver inmediatamente, sigo trabajando en él hasta que lo resuelvo); y ansiedad ante las matemáticas (ej., los exámenes de matemáticas me asustan). Los ítems que conforman el inventario están formulados de forma positiva y negativa. La modalidad de respuesta es tipo Likert: falso (1), bastante

falso (2), a medias (3), bastante cierto (4), totalmente cierto (5). La fiabilidad de las medidas analizada a través del alfa ordinal resultó satisfactoria: utilidad percibida ($\alpha = .834$), competencia percibida ($\alpha = .890$), motivación intrínseca ($\alpha = .847$) y ansiedad ante las matemáticas ($\alpha = .856$).

Programa de intervención

La aplicación hipermedia empleada en el proceso de intervención fue Hipatia (Cueli, González-Castro, Krawec, Núñez, y González-Pienda, En prensa), la cual, está dirigida a favorecer la mejora o el incremento de las habilidades de autorregulación de los estudiantes y la adquisición de competencias matemáticas específicas. Además, debido a la naturaleza de la herramienta, una de las metas de Hipatia es mejorar las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes hacia las matemáticas.

El diseño de la herramienta, se estableció en un espacio web, al que tanto los estudiantes como el profesorado podían acceder fácilmente desde el ordenador personal (en casa o en el colegio) o desde la pizarra digital. En este espacio (www.institutouria.es/hyp), la herramienta ofrece diferentes contenidos (lugares geométricos, ángulos, polígonos, áreas, etc.) adaptados a las competencias de 5º y 6º de EP. Todos estos temas siguen la misma rutina de aprendizaje y están divididos en 10 secciones, en las que aparecen las diferentes actividades que incluyen conceptos teóricos, ejercicios prácticos y resolución de problemas matemáticos. Para la realización de estas actividades el programa cuenta con varias herramientas, siendo las tres principales el lápiz, bolígrafo y goma o borrador (además de la calculadora, compás, herramientas para la realización de rectas paralelas, perpendiculares,...). El lápiz permite a los estudiantes escribir y llevar a cabo las operaciones, mientras que el bolígrafo les permite señalar o resaltar datos. Los estudiantes usan estas herramientas para llevar a cabo las actividades solicitadas, operar para resolver un problema, realizar un esquema y/o buscar estrategias de resolución.

El fundamento teórico de Hipatia se basa en el modelo de autorregulación de Zimmerman (2000, 2008, 2011), en base al cual, los estudiantes autorregulados dirigen su aprendizaje a través de la puesta en práctica de una serie de estrategias, activando y modificando sus procesos cognitivos, metacognitivos y comportamentales, antes, durante y después de que el aprendizaje tenga lugar y siguiendo las fases de planificación, ejecución y evaluación del proceso. En este sentido, en Hipatia, los temas se exponen en base a la siguiente dinámica. En primer lugar, se presenta un concepto a

través de un ejemplo (activando así los conocimientos previos), se desarrolla el contenido de forma simple y progresivamente se va aumentando el grado de dificultad (potenciación de la fase autorregulatoria de planificación). Ello, es además relevante teniendo en cuenta que las habilidades matemáticas evolucionan de una manera jerárquica e integradora (Kikas, Peets, Palu, y Afanasjev, 2009; Olkun, Altun, y Deryakulu, 2009). En segundo lugar, una vez adquirido el conocimiento, éste se pone en práctica a través de diferentes actividades. En la ejecución de estas actividades, el alumnado y el profesorado tienen la posibilidad de cambiar los datos numéricos de los problemas, con lo que se multiplican el número de actividades que el estudiante puede realizar para consolidar el aprendizaje. Este proceso de ejecución está permanentemente guiado a través de instrucciones, “pistas de resolución” y recordatorios de información teórica necesaria para la resolución correcta ya que, siguiendo a Swanson (1999) y Kroesbergen y van Luit (2003), las dos prácticas de enseñanza en matemáticas con mejores resultados son la instrucción directa y las estrategias cognitivas de autorregulación y control. Finalmente, en tercer lugar, todos los temas cuentan con un último apartado resumen en el que se recogen las ideas principales trabajadas facilitando así el proceso de autoevaluación y monitorización del aprendizaje. Todo el proceso de trabajo sobre los contenidos matemáticos (presentación de la información, realización de práctica y evaluación de la misma) se desarrolla bajo los principios del aprendizaje autorregulado en el sentido de que para cada secuencia de aprendizaje se abordan las tres fases propias del modelo sociocognitivo (planificar, ejecutar y evaluar).

Este desarrollo de la herramienta basado en el modelo sociocognitivo de autorregulación, pretende a su vez favorecer los aspectos afectivo-motivacionales relacionados con el aprendizaje de las matemáticas. Autores como González, Valle, Suárez y Fernández (2000) han revelado la estrecha relación existente entre el componente afectivo-motivacional y la autorregulación de los estudiantes. Por ello, con Hipatia se pretende mejorar no sólo la competencia matemática, sino también los aspectos afectivo-motivacionales a través de la estrategia de autorregulación. En este sentido, en Hipatia, durante el proceso de aprendizaje, se guía al estudiante en la realización de las tareas, facilitando su ejecución correcta con objeto de mejorar la competencia percibida del estudiante. Además, se basa en tareas y actividades de la vida real que incrementan la utilidad percibida sobre la propia asignatura. El proceso es rutinario, siempre se realiza de la misma manera lo que unido a la posibilidad de obtener “ayudas” durante la realización de las tareas, facilita la disminución de la ansiedad del

estudiante. El programa proporciona un feedback inmediato al estudiante una vez que realiza cada paso de la tarea, lo cual, favorece los aspectos motivacionales al tratarse de un refuerzo contingente e inmediato (Martínez-Berruezo y García-Varela, 2013). Finalmente, a diferencia de la enseñanza habitual, en Hipatia es el propio estudiante quien marca el ritmo de aprendizaje al tener el control sobre la secuencia en la que progresivamente se amplía un concepto o se presentan ideas nuevas.

Aunque Hipatia contiene diferentes temas del currículo de 5º y 6º de EP, en el presente estudio se aplicó el tema de *lugares geométricos* que incluyó diferentes conceptos (circunferencia, círculo, corona circular, mediatriz, bisectriz, puntos equidistantes de una recta y lugares geométricos en el espacio).

Procedimiento

Una vez obtenida la autorización de los directores de las escuelas y el consentimiento de los padres y/o tutores de los estudiantes, se realizó la recogida de la información pretest en una sesión de clase (aproximadamente 50 minutos). La participación del alumnado fue voluntaria, teniendo presente en todo momento la total garantía de confidencialidad de los datos. Tras la realización de la evaluación pretest, se procedió a la aplicación del programa de intervención en seis centros educativos, durante el mes de mayo del curso 2012/2013, a razón de tres horas por semana. La selección de los centros se realizó mediante un procedimiento intencional basado en la disponibilidad y accesibilidad de los mismos.

El profesor encargado de la asignatura de matemáticas en cada centro fue quien llevó a cabo la implementación de la intervención y el seguimiento del trabajo del alumnado. Todos los profesores recibieron el mismo entrenamiento en el manejo de Hipatia y en la secuencia de trabajo a seguir en el tema seleccionado. Un día por semana un investigador se trasladó a cada uno de los centros con el fin de controlar el proceso de aplicación seguido por cada uno de los profesores asegurándose, de esta forma, del cumplimiento de las pautas establecidas para la intervención con la herramienta. Una vez finalizada la intervención se realizó la evaluación posttest. Los dos momentos de evaluación se llevaron a cabo a través de una plataforma web a la que cada estudiante accedía con su usuario y contraseña y cumplimentaba los instrumentos de evaluación indicados.

Análisis de los datos

El análisis de las diferencias entre el pretest y el posttest en las cuatro variables dependientes fue realizado mediante la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. La subdivisión de los estudiantes según los niveles mostrados en las medidas pretest de cada una de las cuatro variables dependientes se realizó utilizando como referencia los puntos correspondientes a los percentiles 33 y 66. A los estudiantes con puntuaciones igual o inferior al percentil 33 se les denominó «bajo», a los que estaban entre 33 y 66 se les denominó «medio» y a los que puntuaron por encima del percentil 66 se les denominó «alto». Una vez conformados los tres grupos, se analizó el cambio entre el pretest y el posttest en cada variable dependiente. Para el cálculo del tamaño de las diferencias, y su valoración, se utilizó el criterio establecido en el trabajo clásico de Cohen (1988), en base al cual, el tamaño de las diferencias es pequeño cuando $d \geq .20$, es medio cuando $d \geq .50$, y es grande si $d \geq .80$.

Resultados

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos (media, desviación típica, asimetría, curtosis y *Z* de Kolmogorov-Smirnov) de las variables incluidas en el estudio. Previo al análisis de diferencias pretest-posttest, se examinó si las variables mostraban una distribución normal. Si bien la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicó que las variables del estudio no seguían una distribución normal, los valores de asimetría y curtosis si se ajustaban a distribuciones suficientemente normales.

Tabla 1
Medias, desviaciones típicas, asimetría, curtosis y prueba de Kolmogorov-Smirnov para las cuatro variables dependientes antes y después de la intervención.

	Pretest					Posttest				
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>Asimet</i>	<i>Kurtos</i>	<i>Z de K-S</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>Asimet</i>	<i>Kurtos</i>	<i>Z de K-S</i>
<i>Utilidad percibida</i>	4.021	0.996	-1.151	0.541	3.876	4.088	0.915	-1.274	1.350	3.295
<i>Competencia percibida</i>	4.182	0.785	-1.679	3.225	4.026	4.273	0.633	-1.656	4.239	4.323
<i>Motivación intrínseca</i>	3.473	0.923	-0.380	-0.363	1.618	3.501	0.814	-0.326	0.106	1.856
<i>Ansiedad ante matemáticas</i>	2.212	0.990	0.741	-0.147	2.695	2.092	0.876	0.870	0.350	2.730

Nota: *M*= Media; *DT*= Desviación típica; *Asimet*= Asimetría; *Kurtos*= Kurtosis; *Z de K-S*= *Z* de Kolmogorov-Smirnov

Comparación intra-grupo de medias globales (pretest-postest)

Los resultados aportados por los análisis t, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en las variables competencia percibida y ansiedad ante las matemáticas, aunque el tamaño de las diferencias fue muy pequeño (ver Tabla 2). El examen de las medias entre ambos momentos indicó que, tras la intervención, la competencia percibida de los estudiantes para las matemáticas se incrementó, mientras que la ansiedad disminuyó. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas intra-grupo en las otras dos variables dependientes (utilidad percibida y motivación intrínseca).

Tabla 2

Comparaciones intra-grupo (pretest-postest) para las cuatro variables dependientes.

	Pretest		Postest		<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>			
Utilidad Percibida	4.021	0.996	4.088	0.915	-1.184	.237	0.08
Competencia Percibida	4.182	0.785	4.273	0.633	-2.333	.026	0.16
Motivación Intrínseca	3.473	0.923	3.501	0.814	-7.39	.461	0.51
Ansiedad ante las matemáticas	2.212	0.990	2.092	0.876	2.647	.008	0.18

Nota: Para las cuatro variables afectivo-motivacionales, una puntuación de 1 refleja baja utilidad / competencia / motivación / ansiedad, mientras que una puntuación de 5 refleja alta utilidad/competencia/motivación/ansiedad.

Comparaciones intra-grupo en función de los niveles del pretest

Los resultados obtenidos cuando se realizaron los análisis de diferencias para cada grupo según el nivel pretest se muestran en la Tabla 3 y en la Figura 1.

Tabla 3
Diferencias intra-grupo (pretest-postest) en las cuatro variables dependientes para los tres niveles en el pretest.

		Pretest <i>M(DT)</i>	Postest <i>M(DT)</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Utilidad percibida	Baja (n= 129)	2.777(0.826)	3.728 (0.877)	-8.739	.000	1.09
	Media (n = 149)	4.206 (0.215)	4.109 (0.817)	1.411	.160	0.16
	Alta (n= 147)	4.925 (0.114)	4.384 (0.937)	7.006	.000	0.82
Competencia percibida	Baja (n= 99)	3.037 (0.761)	3.898(0.784)	-7.127	.000	1.02
	Media (n= 112)	4.41 (0.122)	4.126 (0.583)	0.443	.658	0.06
	Alta (n= 214)	4.729 (0.210)	4.524(0.446)	6.678	.000	0.65
Motivación intrínseca	Baja (n= 137)	2.414 (0.549)	2.926(0.717)	-7.188	.000	0.87
	Media (n= 134)	3.462 (0.255)	3.400(0.638)	1.114	.267	0.14
	Alta (n= 154)	4.425 (0.351)	4.100(0.599)	7.156	.000	0.82
Ansiedad ante las matemáticas	Baja(n = 146)	1.219 (0.217)	1.570(0.632)	-6.715	.000	0,79
	Media(n= 113)	1.984 (0.183)	1.992(0.712)	-0.117	.907	0,02
	Alta(n = 166)	3.241 (0.697)	2.620(0.867)	7.856	.000	0,86

Nota: Puntuaciones cercanas a 1 indican baja utilidad/competencia/motivación/ansiedad mientras que puntuaciones cercanas a 5 indican alta utilidad/competencia/motivación/ansiedad.

Los datos obtenidos mostraron una tendencia semejante en las cuatro variables dependientes. En primer lugar, se observó que cuando los alumnos tienen un nivel bajo en utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad ante las matemáticas, después de la intervención los niveles de las cuatro variables se incrementaron muy significativamente, con un gran tamaño de las diferencias, especialmente en el caso de la competencia y utilidad percibida de las matemáticas. Por otra parte, también ocurrió un cambio estadísticamente significativo (con un tamaño de las diferencias grande o medio) en las cuatro variables dependientes cuando el nivel de partida, previo a la intervención, era alto o muy alto (p.e., en utilidad percibida y competencia percibida casi era de media 5, ver Tabla 3, y de 4,5 para motivación intrínseca), pero en este caso los niveles del postest fueron menores que el pretest. Por tanto, los datos reflejaron que después de la intervención los alumnos bajaron significativamente sus niveles de competencia percibida, utilidad percibida, motivación intrínseca y ansiedad ante las matemáticas. Finalmente, cuando los alumnos partían de niveles medios en las variables dependientes, después de la intervención no se observó ningún cambio estadísticamente significativo.

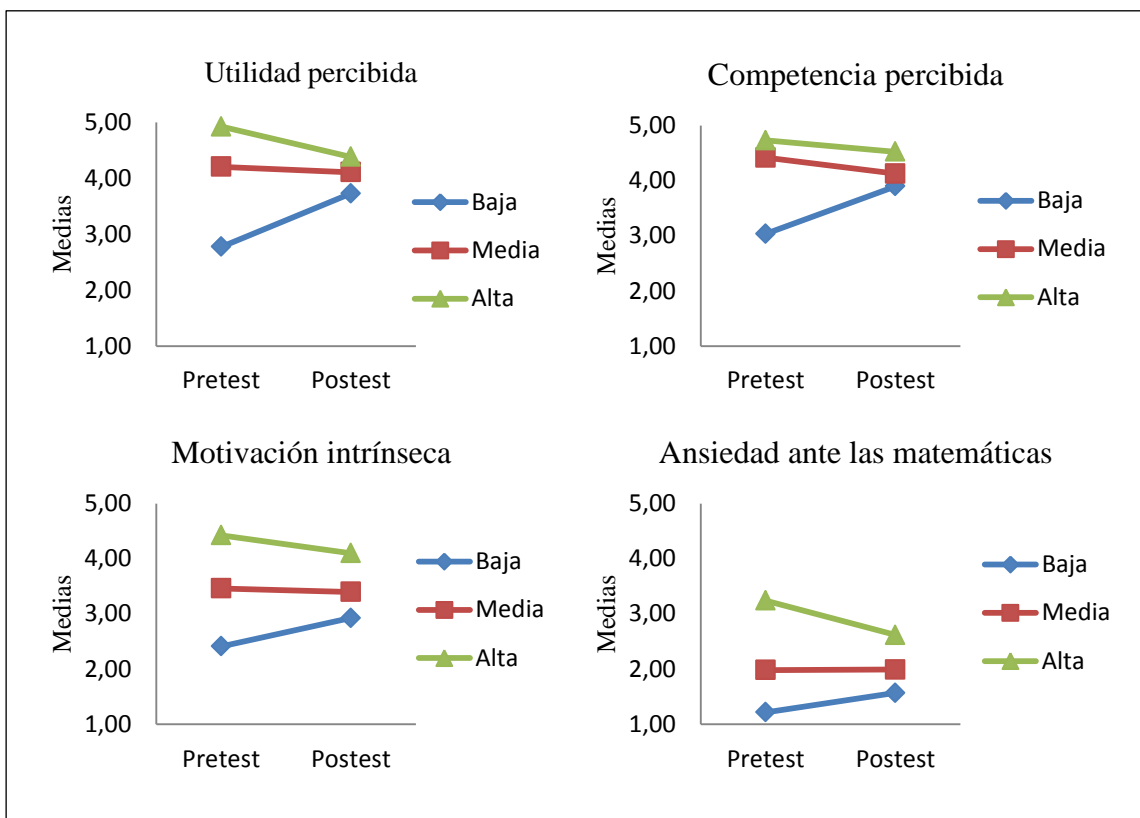


Figura 1. Medias en pretest y posttest de las variables dependientes (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad ante las matemáticas) en función de las puntuaciones en el pretest.

Discusión

Con la realización del presente trabajo se pretendió analizar el impacto de un programa instruccional basado en el aprendizaje mediante recursos multimedia sobre algunas condiciones afectivo motivacionales relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas. Mediante un diseño de grupo experimental con pretest y posttest se compararon las medias antes y después de la intervención con Hipatia respecto de las cuatro variables dependientes (utilidad percibida, competencia percibida, motivación y ansiedad). Los resultados indicaron que (a) cuando no se tiene en cuenta el nivel de partida de los alumnos en tales variables afectivo-motivacionales, el trabajo con recursos como Hipatia puede parecer poco efectivo (en la presente investigación el cambio únicamente se observó en competencia percibida y ansiedad, siendo casi despreciable el tamaño de las diferencias); (b) cuando se tiene en cuenta el nivel de partida (pretest), los cambios fueron notables para las cuatro variables dependientes: los alumnos con niveles iniciales bajos y altos mejoraron muy significativamente en las

cuatro variables (tamaño de las diferencias grande), los bajos mejorando y los altos decreciendo; mientras que los alumnos con niveles medios se mantuvieron sin cambio en todas las variables dependientes.

Teniendo en cuenta los tres niveles pretest en las variables afectivo-motivacionales de los que se partía, se puede hablar de un mismo patrón, en base al cual, los estudiantes con niveles bajos en las cuatro variables (baja utilidad percibida/competencia percibida/motivación/ansiedad), mostraron tras la intervención mayor utilidad percibida, competencia percibida y motivación junto con menor ansiedad. La herramienta resultó por tanto beneficiosa en este grupo de estudiantes. La guía permanente a lo largo del proceso de aprendizaje que aparece en Hipatia junto con el feedback inmediato y contingente, los ejercicios basados en situaciones reales y la rutina de aprendizaje que se establece parecen haber resultado aspectos claves en el incremento de estas variables. A diferencia de la enseñanza habitual, el trabajo con la herramienta es un trabajo personalizado con un seguimiento individualizado del proceso de aprendizaje. El ritmo de aprendizaje se ajusta al ritmo del estudiante que inicia los contenidos teóricos de forma progresiva y sucesivamente amplía estos contenidos una vez que los primeros ya han sido adquiridos. El avance lo dirige el propio estudiante que en este entorno tiene el control sobre el proceso y actúa realmente como agente activo en su aprendizaje (Cerezo et al., 2010; Rosário et al., 2012).

Por otra parte, mientras que el grupo que partía de niveles medios no presentó cambios tras la intervención, los estudiantes con niveles altos en las variables dependientes mostraron puntuaciones más bajas en estas variables, lo que reflejaría en todo caso que el programa ha permitido ajustar sus percepciones a la realidad. Puntuaciones extremas en estas variables como la competencia percibida pueden llevar a situaciones de aprendizaje poco enriquecedoras en las que el estudiante es conocedor del valor de la asignatura (utilidad percibida) y se considera muy capaz de realizarla con éxito por lo que se siente motivado y poco ansioso; sin embargo esta situación aparentemente ideal lleva al estudiante en muchos casos a disminuir su trabajo y dedicación hacia la asignatura. Los estudiantes con variables afectivo-motivacionales más positivas no necesariamente son los que presentarían un mejor rendimiento en la asignatura entendido este como proceso y no como resultado o calificación final. En este sentido, serían los estudiantes con niveles medios quienes presentarían una mejor predisposición afectivo-motivacional hacia el aprendizaje. La autoeficacia excesiva por

ejemplo, puede resultar en una sobrestimación de las capacidades propias y tornarse por lo tanto, disfuncional para el éxito académico (Contreras et al., 2005; Pajares, 1996).

El ejemplo más claro de la mejora en los tres grupos, se encuentra en la variable ansiedad ante las matemáticas. Aquellos que presentaban una alta ansiedad esta disminuye tras la intervención pero aquellos que no presentaban ansiedad ésta aumenta ligeramente de forma significativa mientras que el grupo con una ansiedad media mantiene sus niveles. Ello resulta beneficioso teniendo en cuenta la relación de “U” invertida establecida por Yerkes y Dodson (1908) entre la ansiedad y el rendimiento, de tal manera que, son los niveles medios de ansiedad los que llevan a un rendimiento óptimo. De esta forma, resulta positivo tanto que aquellos estudiantes que presentaban una ansiedad alta disminuyan estos niveles, como que aquellos que no presentaban ansiedad, alcancen igualmente niveles intermedios y, sobre todo, que quienes presentaban ya niveles medios (buenos) se mantengan sin mostrar diferencias.

Teniendo en cuenta estos resultados, una de las implicaciones educativas más significativas que se puede extrapolar es la necesidad de llevar a cabo intervenciones adaptadas a los niveles previos de los estudiantes no solo conceptuales sino también afectivo-motivacionales. Tener en cuenta el punto del que parten los estudiantes favorecerá una evolución lo más positiva posible que permita al estudiante alcanzar niveles óptimos de cara a afrontar el proceso de aprendizaje con éxito. En definitiva es necesario ajustar las metodologías de trabajo y, sobre todo, en las herramientas y entornos hipermedia, a las características de los estudiantes. De esta manera, las intervenciones no serán aisladas, sino que partirán del perfil del estudiante y ello resultará en un mayor beneficio para el mismo (Rosário et al., 2010).

En todo caso, conviene señalar tres limitaciones de esta investigación, y que podrían afectar a las conclusiones extraídas de la misma. En primer lugar, aunque todo el profesorado recibió la misma intervención podría darse un efecto diferencial en la aplicación en cada clase particular. Con el fin de paliar este efecto, sería necesario tener en cuenta un registro exhaustivo y establecido de cada sesión de intervención que permitiría realizar un protocolo de fidelización de la intervención. En segundo lugar, no todos los estudiantes presentan el mismo nivel de conocimientos previos en el manejo de instrumentos informáticos como el ordenador o la pizarra digital, de lo cual, se puede derivar un posible efecto de los conocimientos previos en este caso relacionados con el manejo del material. Finalmente, en tercer lugar, dada la ausencia de un grupo comparativo, no se ha tenido en cuenta el efecto diferencial del contenido seleccionado

(lugares geométricos) sobre las dimensiones de la actitud examinadas siendo este un aspecto relevante a tener en cuenta en futuros trabajos.

Referencias

- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., y Van der Werf, G. (2012). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and Individual Differences*, 22(3), 385-389. doi: 10.1016/j.lindif.2011.12.004
- Al-Qirim, N. (2011). Determinants of interactive white board success in teaching in higher education institutions. *Computers & Education*, 56(3), 827-838. doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.024
- Andrade-Aréchiga, M., Lopez, G., y Lopez-Morteo, G. (2012). Assessing effectiveness of learning units under the teaching unit model in an undergraduate mathematics course. *Computers & Education*, 59(2), 594-606. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.010
- Azevedo, R., Moos, D.C., Johnson, A.M., y Chauncey, A.D. (2010). Measuring cognitive and metacognitive regulatory processes during hypermedia learning: Issues and challenges. *Educational Psychologist*, 45(4), 210-223. doi: 10.1080/00461520.2010.515934
- Bazán, L., y Aparicio, A.S. (2006). Las actitudes hacia la matemática-estadística dentro de un modelo de aprendizaje. *Revista de Educación*, 15(28), 7-20
- Brown, G. (2009). *Review of education in mathematics, data science and quantitative disciplines*. Australia: Report to the Group of Eight Universities.
- Casal, J., y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Revista de Epidemiología y Medicina preventiva*, 1, 3-7
- Cerezo, R., Núñez, J. C., Rosário, P., Valle, A., Rodríguez, S., y Bernardo, A. (2010). New media for the promotion of self-regulated learning in higher education. *Psicothema*, 22(2), 306-315.
- Contreras, F., Espinosa, J.C., Esguerra, G., Haikal, A., Polanía, A., y Rodríguez, A. (2005). Autoeficacia, ansiedad y rendimiento académico en adolescentes. *Perspectivas de Psicología*, 1(2), 183-194
- Cueli, M., González-Castro, P., Álvarez, L., García T., y González-Pienda, J.A. (2014). Variables afectivo-motivaciones y rendimiento en matemáticas: Un análisis bidireccional. *Revista Mexicana de Psicología*, 31(2), 153-163.

- Cueli, M., González-Castro, P., Krawec, J., Núñez, J.C., y González-Pienda, J.A. (En prensa). Hipatia: a hypermedia learning environment in mathematic. *Anales de Psicología*.
- Dettmers, S., Trautwein, U., Lüdtke, O., Goetz, T., Frenzel, A., y Pekrun, R. (2011). Students' emotions during homework in mathematics: Testing a theoretical model of antecedents and achievement outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 25–35. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.001
- Engel, A., y Onrubia, J. (2013). Estrategias discursivas para la construcción colaborativa del conocimiento en entornos virtuales de aprendizaje. *Cultura y Educación*, 25(1), 77-94. doi: 10.1174/113564013806309082
- Fennema, E., y Sherman, J.A. (1978). Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9(3), 189-203. doi: 10.2307/748997
- García-Varcárcel, A., y Tejedor, F.J. (2012). Variables TIC vinculadas a la generación de nuevos escenarios de aprendizaje en la enseñanza universitaria. Aporte de las curvas Roc para el análisis de diferencias. *Educación XXI*, 14(2), 43-78.
- González, R., Valle, A., Suárez, J.M., y Fernández, A. (2000). Diferencias en los componentes cognitivo y afectivo-motivacional entre distintos niveles de aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios. *Bordon: Revista de Pedagogía*, 52(4), 537-554.
- González-Pienda, J.A., Fernández-Cueli, M., García, T., Suárez, N., Tuero-Herrero, E., y Da Silva, E.H. (2012). Diferencias de género en actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza obligatoria. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 3(1), 55-73.
- Hintsanen, M., Alatupa, S., Jokela, M., Lipsanen, J., Hintsanen, T., y Leino, M. (2012). Associations of temperament traits and mathematics grades in adolescents are dependent on the rater but independent of motivation and cognitive ability. *Learning and Individual Differences*, 122(4), 490-497. doi: 10.1016/j.lindif.2012.03.006
- Kaput, J., y Hegedus, S. (2007). Technology becoming infrastructural in mathematics education. In R. Lesh, E. Hamilton, y J. Kaput (Eds.), *Proceedings of the foundations for the future in mathematics and science* (pp. 173–192). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Keengwe, J., Onchwari, G., y Wachira, P. (2008). The use of computer tools to support meaningful learning. *Association for the Advancement of Computing in Education Journal*, 16(1), 77–92.
- Kersaint, G. (2007). Toward technology integration in mathematics education: a technology-integration course planning assignment. *Contemporary Issues in Technology and Teacher*, 7(4), 256–278.
- Kikas, E., Peets, K., Palu, A., y Afanasjev, J. (2009). The role of individual and contextual factors in the development of math skills. *Educational Psychology*, 29, 541–560. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01443410903118499>
- Kim, C., y Hodges, C.B. (2012). Effects of an emotion control treatment on academic emotions, motivation and achievement in an online mathematics course. *Instructional Science*, 40(1), 173-192. doi: 10.1007/s11251-011-9165-6
- Kopcha, T.J., y Sullivan, H. (2008). Learner Preferences and Prior Knowledge in Learner-Controlled Computer-Based Instruction. *Educational Technology Research and Development*, 56(3), 265-286. doi: 10.1007/s11423-007-9058-1
- Kroesbergen, E.H., y Van Luit, J.E.H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs. *Remedial and Special Education*, 24(2), 97-114. doi: 10.1177/07419325030240020501
- Lambic, D., y Lipkovski, A. (2012). Measuring the influence of students' attitudes on the process of acquiring knowledge in mathematics. *Croatian Journal of Education*, 14(1), 187-205.
- Lazakidou, G., y Retalis, S. (2010). Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics. *Computers & Education*, 54(1), 3–13. doi: 10.1016/j.compedu.2009.02.020
- Loong, E.Y.K., y Herbert, S. (2012). Student perspectives of Web-based mathematics. *International Journal of Educational Research*, 53, 117-126. doi: 10.1016/j.ijer.2012.03.002
- López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., y Camargo-Uribe, A. (2012). Logro de aprendizaje en ambientes hipermediales: andamiaje autorregulador y estilo cognitivo. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 44(2), 13-26. doi: <http://dx.doi.org/10.14349/rlp.v44i2.1028>
- Macias-Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(4), 1-17.

- Martínez-Berruezo, M., y García-Varela, A. (2013). Analysis of the impact of virtualization on motivation in first-year teaching students. *Revista de Educación*, 362, 42-68. doi: 0.4438/1988-592X-RE-2011-362-152
- Olkun, S., Altun, A., y Deryakulu, D. (2009). Development and evaluation of a case-based digital learning tool about children`s mathematical thinking for elementary school teachers. *European Journal of Teacher Education*, 32(2), 151-165. doi: 10.1080/02619760902783875
- Oncu, S., Delialioglu, O., y Brown, C. (2008). Critical components for technology integration: how do instructors make decisions? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 27(1), 19-46.
- Op'tEynde, P., y Turner, J. (2006). Focusing on the complexity of emotion issues in academic learning: A dynamical component systems approach. *Educational Psychology Review*, 18(4), 361-376. doi:10.1007/s10648-006-9031-2
- Özyurt, H. (2012). Implementation and evaluation of a web based mathematics teaching system enriched with interactive animations for the probability unit. *Energy Education Science and Technology Part b-social and Educational Studies*, 4(3), 1167-1180.
- Özyurt, O., Özyurt, H., Baki, A., Güven, B., y Karal. (2012). Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study. *Expert Systems with Applications*, 39(15), 12092-12104. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.018>
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in Academic Settings. *Review of educational research*, 66(4), 543-578.
- Purvis, A., Aspden, L., Bannister, P., y Helm, P. (2011). Assessment strategies to support higher level learning in blended delivery. *Innovations in Education and Teaching International*, 48(1), 91-100. doi: 10.1080/14703297.2010.543767
- Reed, H., Drijvers, P., y Kirschner, P. (2010). Effects of attitudes and behaviors on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55(1), 1-15. doi: 10.1016/j.compedu.2009.11.012
- Rodríguez, R., Gil, A.B., García, F.J., y López, R. (2008). SHARP Online: An Adaptive Hypermedia System Applied to Mathematical Problem Solving. *Journal of Universal Computer Science*, 14(19), 3099-3113.

- Rosário, P., González-Pienda, J.A., Cerezo, R., Pinto, R., Ferreira, P., Abilio, L., y Olimpia, P. (2010). Eficacia del programa <<(Des)venturas de Testas>> para la promoción de un enfoque profundo de estudio. *Psicothema*, 22(4), 828-834.
- Rosário, P., Lourenço, A., Olímpia-Paiva, M., Núñez, J.C., González-Pienda, J.A., y Valle, A. (2012). Autoeficacia y utilidad percibida como condiciones necesarias para un aprendizaje académico autorregulado. *Anales de psicología*, 28(1), 37-44. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/140502>
- Swanson, H.L. (1999). Instructional components that predict treatment outcomes for student with learning disabilities: Support for a combined strategy and direct instruction model. *Learning Disabilities Research and Practice*, 14(3), 129-140. doi: 10.1207/sldrp1403_1
- Tamar, L., y Rivka, W. (2008). Teachers' views on factors affecting effective integration of information technology in the classroom: developmental scenery. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(2), 233–263.
- Walker, A., Recker, M., Ye, L., Robertshaw, M.B., Sellers, L., y Leary, H. (2012). Comparing technology-related teacher professional development designs: a multilevel study of teacher and student impacts. *Educational technology research and development*, 60(3), 421-444. doi: 10.1007/s11423-012-9243-8
- Walshaw, M., y Brown, T. (2012). Affective productions of mathematical experience. *Educational Studies in Mathematics*, 80(1), 185-199. doi: 10.1007/s10649-011-9370-x
- Watt, H. M. G., (2000). Measuring attitudinal change in mathematics and English over 1st year of junior high school: A multidimensional analysis. *The Journal of Experimental Education*, 68(4), 331- 361.
- Yerkes R.M., y Dodson, J.D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), 459–482. doi: 10.1002/cne.920180503
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrichy M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13-40). San Diego, California: Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2008). Goal setting: A key proactive source of academic self-regulation. In D. H. Schunsky B. J. Zimmerman (Eds.), *Motivation and self-regulated learning. Theory, research and applications* (pp. 267-295). New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Zimmerman, B. J. (2011). Motivational sources and outcomes of self-regulated learning and performance. In B. J. Zimmerman y D. H. Schunk (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 49-64). New York: Routledge.

Discusión de resultados

Esta tesis doctoral se ha desarrollado como compendio de tres publicaciones que han planteado tres objetivos principales. En primer lugar, analizar la relación recíproca entre el rendimiento académico en matemáticas y las variables afectivo-motivacionales estudiadas (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad y sentimientos provocados). En segundo lugar, desarrollar una herramienta hipermedia de intervención en el área de las matemáticas, la cual, se diseñó con el objetivo de trabajar también los aspectos afectivo-motivacionales de los estudiantes. En tercer lugar, analizar la eficacia de esta herramienta sobre las variables señaladas teniendo en cuenta los niveles previos de los estudiantes en las mismas.

La idea principal que se puede extraer de los resultados obtenidos es que si bien el rendimiento académico previo condiciona las variables afectivo-motivacionales relacionadas con las matemáticas, es posible una intervención a través de herramientas específicas, que genere beneficios en los propios niveles afectivo-motivacionales del alumnado, principalmente en quienes más lo precisan, es decir, en aquellos estudiantes con valores iniciales en las variables afectivo-motivacionales más bajos.

En relación al primero de los objetivos, el análisis recíproco reflejó que, el rendimiento académico se relaciona de forma positiva con la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad y sentimientos provocados por las matemáticas. Así, los estudiantes con mejores resultados académicos (rendimiento alto), percibieron una mayor utilidad de esta área del currículo, mostraron mayor percepción de competencia y motivación intrínseca y expresaron sentimientos más positivos junto con menor ansiedad hacia la misma. Además, los alumnos con rendimiento más bajo exhibieron menor utilidad percibida, más baja percepción de competencia, menor motivación intrínseca y sentimientos más negativos junto con mayor ansiedad hacia las matemáticas. Tal y como plantearon Gil et al. (2005) la historia repetida de fracasos lleva a los estudiantes a una disminución de su percepción de competencia en relación con las tareas matemáticas y a considerar sus esfuerzos inútiles manifestando sentimientos negativos, frustración y ansiedad que les lleva a evitar el esfuerzo en la tarea. En este sentido, el primer estudio destacó que las variables con mayor asociación con el rendimiento previo, fueron la ansiedad y los sentimientos

provocados. Los resultados coinciden con los obtenidos por otras investigaciones como la de Rosário et al. (2012b) que revelaba que los alumnos con peores resultados académicos mostraban una menor utilidad percibida hacia la asignatura o la de Goetz et al. (2004) en la que ya se mostraba que las variables con mayor asociación con el rendimiento previo eran la ansiedad y los sentimientos provocados. Concretamente, la ansiedad ha sido una de las variables más investigadas en el campo del rendimiento académico en matemáticas (Kyttälä y Björn, 2014) mostrando además niveles más elevados en las mujeres frente a los hombres (González-Pienda et al., 2012; Ma y Cartwright, 2003) y mayor estabilidad a lo largo del tiempo (Ma y Xu, 2004). En cualquier caso, de forma general, la evidencia disponible ha mostrado que los logros y en definitiva el rendimiento está positivamente relacionado con las variables afectivo-motivacionales positivas pero, negativamente relacionado con las negativas (Ahmed, van der Werf, Kuyper, y Minnaert, 2013).

Por otro lado, fruto de los resultados del primer estudio se observó también que, las variables-afectivo motivacionales no predecían el rendimiento académico posterior. Ninguna de las variables mostró significatividad sobre la explicación de la nota final o rendimiento futuro (salvo el rendimiento previo) por lo que no se pudo concluir una relación significativa entre las variables afectivo-motivacionales y el rendimiento posterior en matemáticas. Estos resultados difieren de los aportados por otras investigaciones que sí han mostrado que variables como la percepción de competencia, la motivación intrínseca o la ansiedad condicionan el rendimiento académico posterior del alumno en edades superiores (Brown, Brown, y Bibby, 2008; OCDE, 2014; Rosario et al., 2012a; Walshaw y Brown, 2012). Por ejemplo, los propios informes internacionales como PISA, han evaluado la significatividad de la competencia percibida, la motivación y la ansiedad de estudiantes de 15 años en relación con los resultados obtenidos en la prueba. De estos análisis, se destacó que a mayor motivación, competencia percibida y menor ansiedad, mejores resultados (OCDE, 2014). De forma general, la investigación ha mostrado que las personas que tienen creencias más positivas (mayor competencia percibida) acerca de sus habilidades tienden a mostrar mayores niveles de logro (Alfassi, 2003; Gómez-Chachón, 2000). Otros autores como Rován, Pavlin-Bernardic y Vlahovic-Stetic (2013) o Seaton, Parker, Marsh, Craven y Seeshing-Yeung (2014) han destacado la importancia de la motivación como predictora del rendimiento en matemáticas. Junto con la motivación, la utilidad percibida también se ha relacionado con la forma en la que los alumnos desarrollan estratégicamente el

aprendizaje (Dewitte y Lens, 2000; Reeve y Jang, 2006) y los sentimientos provocados por la asignatura han mostrado en algunos trabajos un papel relevante en la explicación del rendimiento en matemáticas (Brown et al., 2008; Lambic y Lipkovski, 2012). Al mismo tiempo, la ansiedad ha sido objeto de numerosas investigaciones (Ahmed et al., 2013; Pekrun, Elliot, y Maier, 2006). En este caso, altos niveles de ansiedad se han asociado con niveles más bajos de rendimiento académico, tanto en Educación Primaria como superior (Ahmed et al., 2013; Zeidner, 2007). Estudios de metaanálisis como los realizados por Hembree (1990) y Ma (1999) han demostrado que la ansiedad ante las matemáticas tiene una relación negativa con el rendimiento general en esta asignatura. Sin embargo, esta relación no está carente de controversia. Por ejemplo, tal y como ocurre en el presente estudio, Ma y Xu (2004) hallaron que si bien el bajo rendimiento académico en matemáticas parecía causar ansiedad en los estudiantes, no ocurría el proceso contrario mostrando una escasa relación entre la ansiedad y el rendimiento académico posterior en matemáticas. En definitiva, si bien un bajo rendimiento lleva al estudiante a mostrar peores resultados con respecto a las variables afectivo-motivacionales, no se observa la relación opuesta. Los estudiantes con niveles más negativos en las variables afectivo-motivacionales no muestran posteriormente resultados académicos más bajos.

A pesar de las diferencias observadas en los resultados obtenidos por las investigaciones previas, un aspecto en el que convergen los diferentes trabajos es que la asociación entre el rendimiento y las variables afectivo-motivacionales parece aumentar con la edad (Jacobs, Lanza, Osgood, Eccles, y Wigfield, 2002; Kim, Park, y Cozart, 2014; Ma y Xu, 2004; Rosário et al., 2012a; Valle et al., 2009). Este hecho, puede resultar clave en la interpretación de los resultados obtenidos dado que estudiantes de Educación Primaria podrían no haber desarrollado una asociación clara entre la predisposición afectivo-motivacional y su ejecución y rendimiento, de ahí, la ausencia de relación entre las variables afectivo-motivacionales y el rendimiento académico futuro. De cualquier forma, el hecho de que esta relación sea más negativa a medida que avanza la escolaridad, refuerza la idea de desarrollar e implementar herramientas de intervención específicas dirigidas a trabajar las variables afectivo-motivacionales implicadas en el aprendizaje en matemáticas.

En este sentido, el segundo estudio pretendió desarrollar una herramienta que trabajase no sólo la adquisición de contenidos, sino también estos otros aspectos claves relacionados con el aprendizaje en matemáticas. Araya (2014) resalta que el aprendizaje

de las matemáticas debe estar vinculado con la formación de actitudes y variables afectivo-motivacionales positivas, pues estas constituyen un factor movilizador. Teniendo esto en cuenta, se desarrolló la herramienta llamada Hipatia, la cual, está dirigida al aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria. Esta herramienta, fue desarrollada inicialmente en Portugal, en la Universidad de Miño (www.hypatiamat.com/) y, en este segundo estudio, se llevó a cabo su desarrollo en castellano. Inicialmente, tras el análisis de los programas elaborados por diferentes autores, se observó que las herramientas disponibles en la actualidad, están dirigidas o bien a la enseñanza de contenidos de forma explícita (Özyurt, 2012; Rodríguez et al., 2008) o bien a la ejecución de actividades y tareas como la resolución de problemas matemáticos (Andrade-Aréchiga et al., 2012; López-Vargas et al., 2012). Además, se concluyó que, principalmente los recursos disponibles se aplicaban en la educación superior (Andrade-Aréchiga et al., 2012) dada la presencia de peores resultados en esta etapa educativa. Por ello, Hipatia pretendió potenciar la adquisición de contenidos matemáticos pero también, las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en esta área en estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria (Hintsanen et al., 2012; Lambic y Lipkovski, 2012).

Derivado de este segundo estudio y en relación a la investigación previa, se establecieron algunos de los referentes que debe incluir una herramienta hipermmedia para potenciar no solo el aprendizaje de contenidos académicos sino también la mejora de las variables afectivo-motivacionales. En este sentido, destaca la importancia de recoger tareas y actividades basadas en la vida real que permitan el incremento de la utilidad percibida de los estudiantes hacia la asignatura tal y como ya observaron autores como Babbit y Miller (1996) o Loong y Herbert (2012). También, siguiendo a Kopcha y Sullivan (2008), una de las claves de los beneficios de estas nuevas tecnologías radica en el control que ejerce el aprendiz sobre su aprendizaje, de ahí, la importancia del control guiado (con instrucciones permanentes que guían el proceso) para favorecer la competencia percibida cuando el estudiante se ve capaz de seguir su ritmo de aprendizaje. Además, el proceso de aprendizaje debe establecer una rutina y secuencia lógica en la que los contenidos teóricos se presenten de forma continua siempre de la misma forma al igual que las actividades prácticas que guían posteriormente el aprendizaje procedimental. Este aspecto, permite disminuir la ansiedad del estudiante al promover un marco estable y uniforme de trabajo. Por último, otro referente es proporcionar al estudiante feedback de su ejecución lo que le permite

conocer si la tarea es correcta o incorrecta. Este feedback es un refuerzo contingente e inmediato que favorece los aspectos motivacionales (Martínez-Berruezo y García-Varela, 2013).

Si bien Hipatia se diseñó teniendo en cuenta estos aspectos clave que están presentes en el desarrollo final de la herramienta (establecido en www.institutouria.es/hyp), es necesario tal y como se planteaba inicialmente, contrastar su eficacia en un estudio empírico. De ahí que, el tercero de los estudios pretendiera analizar la eficacia de Hipatia sobre determinadas variables afectivo-motivacionales teniendo en cuenta los niveles previos de los estudiantes en las mismas. En este caso, se analizaron los beneficios sobre la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad cuando inicialmente estas variables (la utilidad, competencia, motivación intrínseca y ansiedad) eran bajas, medias y altas. Los resultados mostraron que, en primer lugar, de forma general los estudiantes tras la intervención con Hipatia mejoraron la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas. Las diferencias fueron estadísticamente significativas en el caso de la competencia y la ansiedad hacia las matemáticas. En segundo lugar, cuando se tuvo en cuenta el nivel previo de los estudiantes en estas variables (baja, media o alta utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad), el análisis de la evolución pretest-postest nos permitió concluir tres ideas principales. La primera es que los estudiantes con niveles más bajos en las variables afectivo-motivacionales (menor utilidad/ competencia / motivación intrínseca/ ansiedad) mejoraban significativamente en las cuatro variables dependientes; los estudiantes con niveles altos en las variables afectivo-motivacionales mostraban un cambio significativo en las cuatro variables con puntuaciones más bajas en el postest; los estudiantes con valores medios no mostraban diferencias significativas en las cuatro variables entre el pretest y el postest.

Estos resultados se relacionan con los obtenidos por otras investigaciones que ya apuntaban beneficios positivos de la intervención con herramientas hipermedia (Hintsanen et al., 2012; Kim y Hodges, 2012; Walshaw y Brown, 2012). Además, resulta especialmente relevante que teniendo en cuenta el nivel pretest de los estudiantes en las variables afectivo motivacionales (baja, media y alta utilidad percibida /competencia percibida/ motivación intrínseca/ ansiedad), el beneficio se produzca en los tres niveles. Concretamente, los estudiantes con niveles más bajos en las cuatro variables afectivo-motivacionales, mejoraron sus puntuaciones manifestando mayor

utilidad y competencia percibida, mayor motivación intrínseca y menor ansiedad tras la intervención con Hipatia, lo cual, resulta significativo dada la implicación de estas variables en el rendimiento académico (Dettmers et al., 2011; Hintsanen et al., 2012). Los estudiantes con niveles medios no presentaron una diferencia estadísticamente significativa tras la intervención, lo cual, resulta beneficioso dado que sus niveles ya eran ajustados y positivos de cara a obtener un aprendizaje y un rendimiento adecuado. Por último, que los estudiantes con mejores niveles en las variables afectivo-motivacionales, disminuyan estos valores, resulta beneficioso en la medida en que ajustan sus creencias a la realidad evitando una sobrestimación de las capacidades propias que resultaría disfuncional para el éxito académico (Contreras et al., 2005).

Con estos resultados, cabe resaltar la importancia de establecer intervenciones ajustadas a las necesidades de los estudiantes dado que su efecto dependerá necesariamente de las condiciones previas (Kopcha y Sullivan, 2008; Rosário et al., 2010). Este es el principio básico de la atención a la diversidad que se basa en *“tomar conciencia de las diferencias fundamentales que poseen los alumnos en el contexto de enseñanza-aprendizaje. Estas diferencias tienen relación con los estilos y ritmos de aprendizaje, las experiencias y conocimientos previos, la motivación y atención, la diversidad de capacidades y ritmos de maduración, el ajuste emocional y social”* (Álvarez y Soler, 2000, p. 29).

Finalmente, destaca que si en el primer estudio se observaba una relación significativa entre el rendimiento previo y las variables afectivo-motivacionales, en este caso se observa que, con la intervención con la herramienta hipermedia desarrollada para tal fin, se pueden mejorar estos aspectos. Además, la variable con la que se observó mayor asociación inicialmente en el primero de los estudios fue la ansiedad que es a su vez la variable sobre la que la intervención confirió mejores resultados. De ahí, se puede deducir también que las herramientas hipermedia como Hipatia se pueden utilizar para hacer frente a los cambios en las variables críticas de aprendizaje, incluyendo las variables afectivo-motivacionales implicadas.

Limitaciones y líneas futuras

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, una de las implicaciones educativas más significativas que se puede extrapolar es la necesidad de llevar a cabo intervenciones dirigidas a trabajar los aspectos afectivo-motivacionales. Estas intervenciones, deben estar adaptadas a los niveles previos de los estudiantes, no solo conceptuales, sino también afectivo-motivacionales. Tener en cuenta el punto de partida favorecerá una evolución más positiva que permitirá al estudiante alcanzar niveles óptimos de cara a afrontar el proceso de aprendizaje con éxito. En definitiva, es necesario ajustar las metodologías de trabajo a las características de los estudiantes y, sobre todo, en el caso de las herramientas y entornos hipermedia. De esta manera, las intervenciones no serán aisladas, sino que partirán del perfil del estudiante y ello resultará en un mayor beneficio para el mismo (Rosário et al., 2010).

No obstante, cabe tener en cuenta algunas limitaciones de este trabajo. En primer lugar, la evaluación de las variables afectivo-motivacionales de los estudiantes, se realizó a través de un cuestionario cumplimentado por los propios estudiantes y, por tanto, a través de sus manifestaciones sobre su utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas. Algunos autores han resaltado las desventajas del uso de cuestionarios como la alta deseabilidad o la falta de sinceridad (Saldaña y Aguilera, 2014), de ahí, la necesidad de tener en cuenta otras medidas como las verbalizaciones o medidas fisiológicas que permitan conocer la reacción de los estudiantes durante la ejecución de tareas matemáticas. En segundo lugar, en el análisis de la eficacia de la herramienta Hipatia, no se tuvo en cuenta un grupo control que permitiera la comparación de los resultados tras la intervención con la metodología tradicional o habitual. Además, en este análisis no se incluyó la variable sentimientos provocados que si se registró en el primero de los trabajos.

Finalmente, como líneas futuras se plantea continuar con el estudio de la herramienta Hipatia dados los beneficios aportados. Si bien hasta el momento se ha trabajado con el tema “Lugares Geométricos”, se podrían tener en cuenta los resultados derivados del trabajo con otras temáticas lo que nos llevaría a intervenciones más prolongadas y duraderas. Ello permitirá la detección de posibles errores que podrían subsanarse en el futuro. Se debería tener en cuenta en todo caso, un grupo comparativo

con el fin de conocer las ganancias frente a la enseñanza tradicional. Además, sería necesario considerar los beneficios también sobre la autorregulación del aprendizaje dado que la herramienta se desarrolló bajo este modelo teórico.

Conclusiones

- El rendimiento académico previo en matemáticas (bajo, medio y alto) se relaciona de forma significativa con las variables afectivo-motivacionales (utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, ansiedad y sentimientos provocados) vinculadas con esta asignatura. Principalmente, con la ansiedad ante las matemáticas y los sentimientos provocados por la asignatura.
- Cuando el rendimiento académico en matemáticas es alto, los estudiantes muestran mayor utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca, menor ansiedad y sentimientos más positivos hacia las matemáticas. Cuando el rendimiento previo en matemáticas es bajo, los estudiantes reflejan menor utilidad percibida, percepción de competencia, niveles más bajos de motivación intrínseca, mayor ansiedad y sentimientos más negativos hacia las matemáticas.
- El mayor predictor del rendimiento posterior en matemáticas es el rendimiento previo.
- El rendimiento académico en matemáticas se relaciona con las variables afectivo-motivacionales vinculadas con esta asignatura pero, estas variables afectivo-motivacionales no predicen el rendimiento académico posterior en esta asignatura en estudiantes de quinto y sexto de Educación Primaria.
- Son necesarias estrategias de intervención específicas dirigidas también a la mejora del componente afectivo-motivacional clave en el proceso de aprendizaje.
- Con el fin de potenciar las variables afectivo-motivacionales implicadas en el aprendizaje en matemáticas, las herramientas hipermedia deben incluir: feedback inmediato, guía durante la realización de la tarea, rutinas de aprendizaje, problemas reales,...
- La intervención con la herramienta hipermedia Hipatia genera una mejora sobre la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad. Esta mejora es estadísticamente significativa en el caso de la competencia percibida y la ansiedad.

- Los estudiantes con valores iniciales más bajos en las variables afectivo-motivacionales, mejoran de forma estadísticamente significativa en las cuatro variables afectivo-motivacionales tras la intervención con Hipatia.
- Los estudiantes con valores iniciales altos en las variables afectivo-motivacionales, muestran tras la intervención niveles más ajustados de utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y mayor ansiedad.
- Los estudiantes con valores medios en las variables afectivo-motivacionales no muestran diferencias estadísticamente significativas tras la intervención con Hipatia.
- La aplicación de una estrategia específica de intervención debe estar ajustada a las necesidades previas de los estudiantes, y los beneficios deben estudiarse en función de la situación previa.
- El rendimiento académico previo en matemáticas condiciona las variables afectivo-motivacionales hacia esta asignatura pero, una intervención específica utilizando una herramienta hipermedia produce una mejora a este nivel afectivo-motivacional, principalmente, en aquellos estudiantes que más lo precisan.

Conclusions

- Previous level in mathematics achievement (low, medium and high) is significantly related to the studied affective-motivational variables linked to maths (perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation, anxiety and feelings evoked by the subject), mainly with anxiety towards maths and feelings evoked by the subject.
- If the academic performance in mathematics is high, students show greater perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation, less anxiety and more positive feelings towards mathematics. When the previous mathematics achievement is low, students reflect lower perceived usefulness, perceived competence, lower levels of intrinsic motivation, increased anxiety and negative feelings towards mathematics.
- The largest predictor of further academic achievement is the previous achievement in the subject.
- Academic achievement in mathematics is related to the affective-motivational variables connected to this subject but, these affective-motivational variables do not predict future academic achievement in maths, in fifth and sixth grade education in this case.
- Specific intervention strategies aimed at improving the key affective-motivational components in the learning process are needed.
- In order to enhance the affective-motivational variables involved in learning mathematics, hypermedia tools should include: immediate feedback, guidance during task performance, learning routines, real problems,...
- Intervention with the hypermedia tool called Hipatia generates an improvement over the perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation and anxiety. This improvement is statistically significant in the case of perceived competence and anxiety.
- Students with lower initial levels in the affective-motivational variables, showed a significant improvement in the four affective-motivational variables after the intervention with Hipatia.

- Students with higher initial levels in the affective-motivational variables, showed more realistic levels of perceived usefulness, perceived competence, intrinsic motivation and increased anxiety after the intervention.
- Students with average levels in the affective-motivational variables showed no statistically significant difference after the intervention with Hipatia.
- The implementation of a specific intervention strategy must be adjusted to the previous student needs, and benefits should be considered according to the previous situation.
- Previous achievement in mathematics has influence on the affective-motivational variables towards this subject but, a specific intervention using a hypermedia tool produces an improvement in this affective-motivational level, mainly in low-achieving students.

Referencias Bibliográficas

- Ahmed, W., van der Werf, G., Kuyper, H., y Minnaert, A. (2013). Emotions, self-regulated learning and achievement in mathematics: a growth curve analysis. *Journal of Educational Psychology*, 105(1), 150-161. doi: 10.1037/a0030160
- Alfassi, M. (2003). Promoting the will and skill of students at academic risk: An evaluation of an instructional design geared to foster achievement, self-efficacy, and motivation. *Journal of Instructional Psychology*, 30(1), 28–40.
- Álvarez, L., y Soler, E. (2000). *La diversidad en la práctica educativa. Modelos de orientación y tutoría*. Madrid: Editorial CCS.
- Andrade-Aréchiga, M., Lopez, G., y Lopez-Morteo, G. (2012). Assessing effectiveness of learning units under the teaching unit model in an undergraduate mathematics course. *Computers & Education*, 59(2), 594-606. doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.010
- Araya, R.G. (2014). Relación entre la dimensión afectiva y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Electrónica Educare*, 18(2), 117-139. doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.18-2.6>
- Babbitt, B.C., y Miller, S.P. (1996). Using Hypermedia to Improve the Mathematics Problem-Solving Skills of Students with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 29(4), 391-412. doi: 10.1177/002221949602900407
- Bazán, L., y Aparicio, A.S. (2006). Las actitudes hacia la matemática-estadística dentro de un modelo de aprendizaje. *Revista de Educación*, 15(28), 7-20.
- Bermejo, V. (1996). Enseñar a comprender las matemáticas. En J. Beltrán y C. Genovard (Eds.), *Psicología de la instrucción I*. (pp. 256-279). Madrid: Síntesis
- Brown, M., Brown, P., y Bibby, T. (2008). “I would rather die”: Reasons given by 16-year-olds for not continuing their study of mathematics. *Research in Mathematics Education*, 10(1), 3–18. doi: 10.1080/14794800801915814
- Calero, J., Choi, A., Waisgrais, S. (2010). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España: Una aproximación a través de un análisis logístico multinivel aplicado a PISA-2006. *Revista de Educación, n°extraordinario*, 225-256. doi : 10.4438/1988-592X-0034-8082-RE
- Choi, A., y Calero, J. (2010). Determinantes del riesgo de fracaso escolar en España en

- Pisa-2009 y propuestas de reforma. *Revista de Educación*, 362, 562-539, doi: 10.4438/1988-592X-RE-2013-362-242
- Contreras, F., Espinosa, J.C., Esguerra, G., Haikal, A., Polanía, A., y Rodríguez, A. (2005). Autoeficacia, ansiedad y rendimiento académico en adolescentes. *Perspectivas de Psicología*, 1(2), 183-194.
- Cueli, M., González-Castro, P., Rodríguez, C., Núñez, J.C., y González-Pienda, J.A. (En prensa). Intervención sobre las variables afectivo-motivacionales relacionadas con el aprendizaje en matemáticas. *Educación XXI*
- Cueli, M., González-Castro, P., Krawec, J., Núñez, J.C., y González-Pienda, J.A. (En prensa). Hipatia: a hypermedia learning environment in mathematic. *Anales de Psicología*
- Cueli, M., González-Castro, P., Álvarez, L., García, T., y González-Pienda, J.A. (2014). Variables afectivo-motivacionales y rendimiento en matemáticas: Un análisis bidireccional. *Revista Mexicana de Psicología*, 31(2), 153-163.
- Dettmers, S., Trautwein, U., Lüdtke, O., Goetz, T., Frenzel, A., y Pekrun, R. (2011). Students' emotions during homework in mathematics: Testing a theoretical model of antecedents and achievement outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 25–35. doi: 10.1016/j.cedpsych.2010.10.001
- Dewitte, S., y Lens, W. (2000). Exploring volitional problems in academic procrastinators. *International Journal of Educational Research*, 33(7), 733-750. doi: 10.1016/S0883-0355(00)00047-1
- Engel, A., y Onrubia, J. (2013). Estrategias discursivas para la construcción colaborativa del conocimiento en entornos virtuales de aprendizaje. *Cultura y Educación*, 25(1), 77-94. doi: 10.1174/113564013806309082
- Gil, N., Blanco, L., y Guerrero, E. (2005). El domino afectivo en el aprendizaje de las matemáticas. Una revisión de sus descriptores básicos. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 2, 15-32
- Goetz, T., Frenzel, A.C., Hall, N.C., y Pekrun, R. (2008). Antecedents of academic emotions: Testing the internal/external frame of reference model for academic enjoyment. *Contemporary Educational Psychology*, 33(1), 9-33. doi: 10.1016/j.cedpsych.2006.12.002
- Goetz, T., Pekrun, R., Zirngibl, A., Jullien, S., Kleine, M., Vom Hofe, R., y Blum, W. (2004). Academic achievement and emotions in mathematics: A longitudinal multilevel analysis perspective. *Zeitschrift fur Padagogische Psychologie*, 18(3-

- 4), 201-212. doi: 10.1024/1010-0652.18.4.201
- Gómez-Chacón, I.M. (2000). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Madrid: Narcea.
- González-Pianda, J.A., Fernández-Cueli, M., García, T., Suárez, N., Fernández, E., Tuero-Herrero, E., y Da Silva, E.H. (2012). Diferencias de género en actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza obligatoria. *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 3(1), 55-73.
- Hintsanen, M., Alatupa, S., Jokela, M., Lipsanen, J., Hintsala, T., y Leino, M. (2012). Associations of temperament traits and mathematics grades in adolescents are dependent on the rater but independent of motivation and cognitive ability. *Learning and Individual Differences*, 122(4), 490-497. doi: 10.1016/j.lindif.2012.03.006
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 33-46. doi: 10.2307/749455
- IEA. International Association for the evaluation of educational achievement. (2012). *Resultados de las pruebas PIRLS y TIMSS de 2011 en España*. Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Jacobs, J. E., Lanza, S., Osgood, D. W., Eccles, J. S., y Wigfield, A. (2002). Changes in children's self-competence and values: Gender and domain differences across grades one through twelve. *Child Development*, 73(2), 509-527. doi: 10.1111/1467-8624.00421
- Kim, C., y Hodges, C.B. (2012). Effects of an emotion control treatment on academic emotions, motivation and achievement in an online mathematics course. *Instructional Science*, 40(1), 173-192. doi: 10.1007/s11251-011-9165-6
- Kim, C., Park, W.S., y Cozart, J. (2014). Affective and motivational factors of learning in online mathematics courses. *British Journal of Educational Technology*, 45(1), 171-185. doi: 10.1111/j.1467-8535.2012.01382.x
- Kyttälä, M., y Björn, P.M., (2014). Prior mathematics achievement, cognitive appraisals and anxiety as predictors of Finnish students' later mathematics performance and career orientation. *Educational Psychology*, 30(4), 431-448. doi: 10.1080/01443411003724491
- Kopcha, T.J., y Sullivan, H. (2008). Learner Preferences and Prior Knowledge in Learner-Controlled Computer-Based Instruction. *Educational Technology Research and Development*, 56(3), 265-286. doi: 10.1007/s11423-007-9058-1

- Lambic, D., y Lipkovski, A. (2012). Measuring the influence of students' attitudes on the process of acquiring knowledge in mathematics. *Croatian Journal of Education-Hrvatski Casopis za Odgoji Obrazovanje*, 14(1), 187-205.
- Loong, E.Y.K., y Herbert, S. (2012). Student perspectives of Web-based mathematics. *International Journal of Educational Research*, 53, 117-126. doi: 10.1016/j.ijer.2012.03.002
- López-Vargas, O., Hederich-Martínez, C., y Camargo-Uribe, A. (2012). Logro de aprendizaje en ambientes hipermediales: andamiaje autorregulador y estilo cognitivo. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 44(2), 13-26. doi: <http://dx.doi.org/10.14349/rlp.v44i2.1028>
- Ma, X. (1999). A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(5), 520-540. doi: 10.2307/749772
- Ma, X., y Cartwright, F. (2003). A longitudinal analysis of gender differences in affective outcomes in mathematics during middle and high school. *School Effectiveness and School Improvement*, 14(4), 413-439
- Ma, X., y Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: A longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence*, 27(2), 165-179.
- Martínez-Berrueto, M., y García-Varela, A. (2013). Analysis of the impact of virtualization on motivation in first-year teaching students. *Revista de Educación*, 362, 42-68. doi: 0.4438/1988-592X-RE-2011-362-152
- McLeod, D.B. (1989). Beliefs, attitudes, and emotions: new view of affect in mathematics education. En D.B. McLeod y V.M. Adams (Eds.). *Affect and mathematical problem solving: A new perspective* (pp.245-258). New York: Springer-Verlang.
- Núñez, J.C., Cerezo, R., Bernardo, A., Rosario, P., Valle, A., Fernández, E., y Suárez, N. (2011). Implementation of training programs in self-regulated learning strategies in Moodle format: Results of an experience in higher education. *Psicothema*, 23(2), 274-281.
- OCDE. (2014). PISA 2012. *Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Resultados y contexto*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Ojeda, F., Perales, F.J., y Gutiérrez-Pérez, J. (2012). Evaluación de la calidad de webs y

- blogs sobre educación ecológica. *Cultura y Educación*, 24(1), 77-93. doi: <http://dx.doi.org/10.1174/113564012799740812>
- Özyurt, H. (2012). Implementation and evaluation of a web based mathematics teaching system enriched with interactive animations for the probability unit. *Energy Education Science and Technology Part b-social and Educational Studies*, 4(3), 1167-1180.
- Özyurt, O., Özyurt, H., Baki, A., Güven, B., y Karal. (2012). Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study. *Expert Systems with Applications*, 39(15), 12092-12104.
- Pekrun, R., Elliot, A. J., y Maier, M. A. (2006). Achievement goals and discrete achievement emotions: A theoretical model and prospective test. *Journal of Educational Psychology*, 98(3), 583-597. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.98.3.583>
- Reed, H., Drijvers, P., y Kirschner, P. (2010). Effects of attitudes and behaviors on learning mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55(1), 1-15. doi: 10.1016/j.compedu.2009.11.012
- Reeve, J.M., y Jang, H. (2006). What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. *Journal of Educational Psychology*, 98, 209-218. doi: 10.1037/0022-0663.98.1.209
- Rodríguez, R., Gil, A.B., García, F.J., y López, R. (2008). SHARP Online: An Adaptive Hypermedia System Applied to Mathematical Problem Solving. *Journal of Universal Computer Science*, 14(19), 3099-3113.
- Rosário, P., González-Pienda, J.A., Cerezo, R., Pinto, R., Ferreira, P., Abilio, L., y Olimpia, P. (2010). Eficacia del programa <<(Des)venturas de Testas>> para la promoción de un enfoque profundo de estudio. *Psicothema*, 22(4), 828-834.
- Rosário, P., Lourenço, A., Paiva, O., Núñez, J., González-Pienda, J., y Valle, A. (2012b). Autoeficacia y utilidad percibida como condiciones necesarias para un aprendizaje académico autorregulado. *Anales de Psicología*, 28(1), 37-44.
- Rosário, P., Lourenço, A., Paiva, O., Rodrigues, A., Valle, A., y Tuero-Herrero, E. (2012a). Predicción del rendimiento en matemáticas: Efecto de variables personales, socioeducativas y del contexto escolar. *Psicothema*, 24(2), 289-295.
- Rovan, D., Pavlin-Bernardic, N., y Vlahovic-Stetic, V. (2013). The Structure of students' motivational beliefs in mathematics and their relation to academic Outcomes.

- Drustvena Istrazivanja*, 22(3), 475-495. doi: 10.5559/di.22.3.05
- Saldaña, D., y Aguilera, A. (2014). La evaluación de los procesos metacognitivos: estrategias y problemática actuales. *Estudios de Psicología*, 24(2), 189-204. doi: 10.1174/021093903765762901
- Seaton, M., Parker, P., Marsh, H.W., Craven, R.G., y Seeshing-Yeung, A. (2014). The reciprocal relations between self-concept, motivation and achievement: juxtaposing academic self-concept and achievement goal orientations for mathematics success. *Educational Psychology*, 34(1), 49-72. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2013.825232>
- Shin, N., Sutherland, L.M., Norris, C.A., y Soloway, E. (2012). Effects of game technology on elementary student learning in mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 540-560. doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01197.x
- Stevens, T., Olivrez, A., y Hamman, D. (2006). The role of cognition, motivation, and emotion in explaining the mathematics achievement gap between Hispanic and White students. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 28(2), 161-186. doi: 10.1177/0739986305286103
- Valle, A., Rodríguez, S., Cabanach, R.G., Núñez, J.C., González-Pienda, J.A., y Rosário, P. (2009). Diferencias en rendimiento académico según los niveles de las estrategias cognitivas y de las estrategias de autorregulación. *SUMMA Psicológica UST*, 6(2), 31-42.
- Walshaw, M., y Brown, T. (2012). Affective productions of mathematical experience. *Educational Studies in Mathematics*, 80(1), 185-199. doi: 10.1007/s10649-011-9370-x
- Watt, H. M. G. (2000). Measuring attitudinal change in mathematics and English over 1st year of junior high school: A multidimensional analysis. *The Journal of Experimental Education*, 68(4), 331- 361. doi: 10.1080/00220970009600642
- Zeidner, M. (2007). Test anxiety in educational contexts: Concepts, findings, and future directions. In P. A. Schutz & R. Pekrun (Eds.), *Emotion in education* (pp. 165–184). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.

