

Actitudes de los estudiantes frente a un material hipermedial para el aprendizaje de la matemática: un estudio de caso

Laura S. del Río¹, Cecilia V. Sanz², Néstor D. Búcarí³

1 UIDET IMApEC, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

2 Instituto de Investigación en Informática LIDI, Facultad de Informática, UNLP, Argentina

3 Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina

laura.delrio@ing.unlp.edu.ar, csanz@lidi.info.unlp.edu.ar, nbucari@gmail.com

Resumen

El presente trabajo se enmarca en una investigación que se está llevando a cabo acerca de la utilización de Materiales Didácticos Hipermediales (MDH) para la enseñanza de la Matemática en la universidad. Se realizó un estudio de caso que implicó el diseño de un MDH y su implementación en un curso de Matemática dirigido a estudiantes de primer año de una Facultad de Ingeniería. Se indagó acerca de las variables que pueden incidir en que los estudiantes manifiesten una actitud negativa, positiva o indiferente y acerca de cuáles son las razones por las cuales valoran de uno u otro modo un MDH. En este trabajo, se presentan algunos de los resultados obtenidos en relación a las actitudes de los estudiantes frente al uso de este MDH. Como aporte de esta investigación se analizan los factores positivos y negativos encontrados a lo largo de la investigación que sirven como andamiaje para otros docentes del área.

Palabras clave: Material didáctico hipermedial; Enseñanza de la matemática; Actitudes; TIC y Educación.

Abstract

This work is part of a research that has been carried out about the use of Hypermedia Materials for teaching Mathematics at the University. A case of study involving the design and implementation of a Hypermedia Material in a Mathematics course for freshmen of a School of Engineering was performed. Variables that can affect students' attitude (negative, positive or indifferent) in relation to their experience with Hypermedia Material are analyzed. As a consequence, in this paper, some of the results obtained in relation to student attitudes towards the use of this Hypermedia Material are presented. Positive and

negative factors found throughout this experience are detailed here, so it can serve as scaffolding for other teachers in the area.

Keywords: Hypermedia material; Mathematics teaching; attitudes; ICT and Education.

1. Introducción

La utilización de Materiales Didácticos Hipermediales (MDH) proporciona múltiples posibilidades para la enseñanza y el aprendizaje. Por ejemplo, Brescó et al. subrayan que los elementos multimedia y la posibilidad de la interactividad en los entornos hipermedia favorecen la atención a los distintos estilos de aprendizaje existentes [1]. Por su parte, Cabero sostiene que “una de las grandes características de las TIC radica en su capacidad para ofrecer una presentación multimedia, donde utilicemos una diversidad de símbolos, tanto de forma individual como conjunta para la elaboración de los mensajes: imágenes estáticas, imágenes en movimiento, imágenes tridimensionales, sonidos, etc.” [2]. Armenteros Gallardo sostiene que: “Desde un punto de vista educativo, lo fundamental del hipermedia es que ofrece una red de conocimiento interconectado que permite al estudiante moverse por rutas o itinerarios no secuenciales”, y propicia así un aprendizaje que se opone al aprendizaje dirigido [3].

Pero más allá de las posibilidades que potencialmente ofrecen estos MDH, su sola integración en los procesos educativos no resuelve los problemas de la enseñanza y el aprendizaje. Existen condiciones para que pueda sacarse provecho de ellos, como la planificación de su integración, la claridad en los objetivos perseguidos, la actitud de los docentes y alumnos frente al uso de estas tecnologías, etc. “Una actitud es una predisposición aprendida para responder coherentemente de una manera favorable o desfavorable ante un objeto, ser vivo,

actividad, concepto, persona o sus símbolos” [4]. La medida de las actitudes en investigación educativa es importante ya que “las actitudes están relacionadas con el comportamiento que mantenemos en torno a los objetos a que hacen referencia” [4].

En este artículo, se comparten los resultados que se desprenden de un estudio de caso realizado a partir de una experiencia de integración de un MDH diseñado para un curso de Matemática de primer año de una Facultad de Ingeniería. Esta experiencia permitió observar diferentes actitudes de los estudiantes frente al uso de estos materiales y obtener algunas conclusiones acerca de las razones por las cuáles los valoran positiva o negativamente, y qué características de los alumnos tienen incidencia significativa en la aceptación o no de estos.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2, se sintetizan los antecedentes del presente estudio; en la sección 3, se presenta el contexto donde se desarrolló la experiencia áulica; en la sección 4, se comentan las características del MDH desarrollado; en la sección 5, se presenta la metodología utilizada para la evaluación del impacto del MDH; en la sección 6, se muestran los resultados en relación a las actitudes manifestadas por los estudiantes y las valoraciones que ellos hacen de los distintos aspectos del material; y por último, en la sección 7, se exponen las conclusiones que se desprenden del análisis de los resultados.

2. Antecedentes

El uso de MDH para la enseñanza de la Matemática constituye una temática de investigación actual. Múltiples estudios llevados a cabo en los últimos años dan cuenta de ello, tal como se puede apreciar en la revisión bibliográfica presentada en [5]. En dicho trabajo se realiza una revisión de una selección de 33 trabajos que han permitido conocer de qué manera se está trabajando con los materiales digitales en la enseñanza de la Matemática, especialmente, qué aspectos positivos resultan de las experiencias realizadas, qué marcos teóricos sustentan dichos trabajos, y que barreras se visualizan.

Lo que se busca, principalmente, mediante el uso de este tipo de materiales en el ámbito de esta disciplina, es favorecer la **visualización** gráfica de ciertos conceptos matemáticos, aprovechando las posibilidades que brindan los *applets* interactivos [6-8], las animaciones [9, 10] y la Realidad Aumentada [11, 12]. Asimismo, se busca promover el aprendizaje de la Matemática mediante la **exploración dinámica**, por ejemplo, utilizando **simuladores** [7, 13, 14]. La utilización de **videos** en el campo de la Matemática suele limitarse a la presentación de explicaciones por parte del profesor para la implementación de la modalidad educativa conocida como *clase invertida*, o bien como complementos de las clases presenciales como se puede ver en los trabajos [15, 16]. Se han encontrado algunos trabajos en los

cuales se recurre al uso de juegos y a la tecnología móvil.

Una observación que puede realizarse en relación al estado del arte actual en materia de uso de MDH para la enseñanza de la Matemática, es que al no existir un marco teórico específico, los investigadores recurren o bien a teorías propias de la Didáctica de la Matemática, que no necesariamente contemplan la integración de este tipo de materiales, o bien a constructos propios de la Tecnología Educativa, como el aprendizaje multimedia, la clase invertida, entre otros, que no tienen en cuenta la especificidad del saber a enseñar. Algunos autores intentan una integración entre ambas disciplinas, pero esto no es lo que se observa en general.

Independientemente de los marcos teóricos adoptados, mayoritariamente, los resultados reportados por las investigaciones analizadas son alentadores, ya sea en relación a la mejora de los aprendizajes de los estudiantes como en relación a la mejora de los aspectos actitudinales. En vista de esto, se considera importante continuar indagando sobre los usos de los MDH para la enseñanza de la Matemática, sus posibilidades y limitaciones, qué condiciones favorecen el logro de los objetivos didácticos y cómo abordar las dificultades que surgen tanto en el diseño de los materiales como en la integración en el aula de los mismos.

3. Contexto de desarrollo del estudio de caso

La experiencia se desarrolló en el marco de la Cátedra Matemática A de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata.

La metodología de enseñanza implementada en esta Cátedra parte de un cuestionamiento al modelo tradicional. Las aulas tipo anfiteatro o con pupitres individuales fueron reemplazadas por aulas planas, muñidas de mesas grandes en las que puedan sentarse grupos de 8 a 10 alumnos, favoreciendo el intercambio entre pares durante las clases. El centro del aula se corrió del pizarrón a las mesas, en las cuales los alumnos trabajan orientados con una guía teórico-práctica, y asistidos por un equipo de cuatro docentes. En este contexto, se concibe a todos los alumnos como sujetos capaces de aprender la materia, lo cual posiciona al docente en una búsqueda permanente de medios y ayudas adecuadas para aportar a la consecución de tal objetivo. Las actividades propuestas a los alumnos en clase “parten de conceptos e ideas conocidos por el estudiante que lo inviten a involucrarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje” [17]. Los alumnos cuentan, además, con una biblioteca en el aula y una PC por mesa con *software* matemático instalado. Este tipo de programas son muy importantes para la formación del ingeniero, pero dado el ritmo intenso de la cursada y la dificultad que reviste la utilización de los clásicos Sistemas de Cálculo Simbólico (CAS), la integración de estos recursos se dificulta. Es por esto que se pensó una

estrategia para acercar a los estudiantes a estas herramientas que se basó en: 1) el cambio en el uso del *software* propuesto (Maple), por uno más sencillo e intuitivo (GeoGebra) que además propicie una actividad exploratoria por parte de los alumnos y sirva de instrumento para la construcción de conocimientos matemáticos; 2) la integración de contenidos y actividades en un único material hipermedial, de manera tal de enriquecer el material original con otros lenguajes, además del textual y de las imágenes estáticas; 3) a partir de estas decisiones, diseñar el MDH de manera tal que el aprendizaje del uso del programa se pueda lograr en forma paralela al desarrollo de los contenidos [18].

4. Material Didáctico Hipermedial desarrollado

El MDH en consideración es una evolución digital de la guía teórico-práctica original (en soporte impreso) desarrollada por docentes de Matemática A, en la que se tratan los temas: vectores (introducción y operaciones elementales), rectas en el espacio y planos. Se realizó utilizando la herramienta de autor eXeLearning [19].

Está organizado con una estructura jerárquica, con nodos principales en los que se introducen los distintos temas abordados, y subnodos que permiten profundizar y realizar actividades relacionadas con los mismos.

En la primera pantalla, se proporcionan dos videos. El primero tiene por objetivo motivar el estudio de los temas tratados y el segundo, explicar los principales aspectos del material y las recomendaciones para su utilización. A continuación, se desarrollan los temas y hacia el final se presentan algunas pantallas que contienen actividades integradoras. Por último, se encuentran los créditos.

Este MDH pretende conservar algunas de las características esenciales del material impreso que está pensado para que los alumnos trabajen, resuelvan problemas, reflexionen, pero aprovecha varias de las posibilidades que ofrecen los lenguajes multimediales. Cada tema abordado se estructura planteando inicialmente a los estudiantes situaciones problemáticas a partir de las cuales se pueda producir la génesis en el aula de aquellos conceptos que se desea que ellos aprendan. Luego de plantear dichos problemas, y que los alumnos en forma grupal los resuelvan, se ofrecen en el material definiciones, enunciados de propiedades, teoremas y ejemplos, a modo de institucionalización (que por supuesto se complementa con lo que los docentes discuten con los alumnos en el aula teniendo en cuenta las particularidades que pueden surgir en los distintos grupos). También se incluyen ejercicios tendientes a que los alumnos logren dominar las técnicas construidas en el transcurso de las clases.

Los recursos multimediales incorporados en esta versión fueron:

- **Animaciones:** se incluyeron con la finalidad de que al alumno le resulte más sencillo recuperar el proceso dinámico llevado a cabo para realizar construcciones en GeoGebra. Las mismas fueron realizadas con este mismo *software*.
- **Imágenes 3D** para observar con gafas anáglifo: se incluyeron para facilitar al alumno la visualización de los primeros objetos matemáticos tridimensionales con los que trabaja en la materia (vectores, rectas en el espacio y planos), a fin de que se pueda familiarizar con sus representaciones gráficas y se anime luego a realizarlas utilizando lápiz y papel.
- **Applets interactivos** desarrollados con GeoGebra: a través de ellos se propusieron actividades de construcción con la finalidad de que el alumno explore, conjeture, generalice.
- **Actividades con retroalimentación:** en aquellos ejercicios que fueran meramente mecánicos, cuya finalidad es la de afianzar las técnicas de cálculo, se proporcionó retroalimentación inmediata a fin de que el alumno continúe avanzando si logró realizar correctamente el ejercicio o pueda revisar y consultar en caso de que no lo haya logrado.

Algunas de las actividades propuestas en el material impreso original fueron modificadas para poder realizarlas mediante una construcción en GeoGebra, mientras que otras fueron conservadas tal como estaban, para que los alumnos tengan también la oportunidad de practicar utilizando lápiz y papel.

Mediante botones “anterior” y “siguiente”, se propone una secuencia de recorrido lineal, a fin de que el alumno pueda, en una primera instancia, recorrer la secuencia didáctica tal como fue concebida. Un árbol de contenidos presente en todas las pantallas permite apartarse de la secuencia propuesta para re-visitarse actividades realizadas previamente, favoreciendo la interrelación entre las mismas, o ingresar al material desde distintos nodos en ocasión de estudio o repaso posterior. Mediante hipervínculos en palabras claves, es posible acceder a un glosario, según la necesidad del alumno, que le permita recuperar definiciones establecidas con anterioridad.

5. Metodología para la evaluación del impacto del MDH

El alcance del estudio realizado es descriptivo. Se triangulan métodos cuantitativos y cualitativos a fin de no descuidar los distintos aspectos que influyen en una realidad compleja como es el contexto educativo [20].

Antes de comenzar la experiencia en el aula, se realizó una encuesta a seis comisiones de Matemática A. Tres de ellas utilizaron luego el MDH diseñado (*grupos de la experiencia*, que suman un total de 178 alumnos) y las

otras tres se consideran para contraste (*grupos de control*, con un total de 188 alumnos). La encuesta inicial persigue dos finalidades: 1) tener un control sobre las variables de entrada (actitudes de los alumnos hacia las matemáticas y hacia el uso de las TIC como mediadoras del aprendizaje, conocimientos previos sobre el *software* GeoGebra, entre otras características de los alumnos); y 2) contrastar dichas variables al finalizar la experiencia a fin de evidenciar si hubo cambios o no sobre las mismas (en uno u otro sentido). Para este segundo objetivo, una vez finalizada la experiencia, se realizó una segunda encuesta.

Durante la experiencia, se realizó también una observación participante del trabajo de los alumnos con el material diseñado.

Por último, se entrevistó a los docentes de las tres comisiones que utilizaron el MDH a fin de lograr una mejor comprensión de las observaciones durante la experiencia y lo respondido por los alumnos.

En este trabajo, se presenta centralmente el análisis realizado acerca de las actitudes de los estudiantes y sus valoraciones respecto del MDH. Se analizan las variaciones de las actitudes relacionadas con el estudio de los temas abordados tanto en los *grupos de control* como en los *grupos de la experiencia*. También se analiza si las distintas valoraciones (positiva, negativa o indiferente) que los alumnos manifestaron respecto del estudio con el MDH se correlacionan con alguna de las características detectadas inicialmente en los alumnos.

5.1. Las encuestas

La encuesta inicial constó de tres partes. La primera, busca caracterizar a los alumnos a fin de verificar si los grupos son homogéneos en cuanto a edades, género, nacionalidad, escuela de procedencia (pública-privada y orientación elegida en el secundario) y en caso de no serlo, tener en cuenta estas diferencias a la hora de analizar el impacto del material en vinculación con la actitud de los estudiantes. La segunda parte apunta a conocer en qué medida los alumnos tienen acceso a artefactos digitales y qué usos hacen de los mismos. Para confeccionar esta parte del cuestionario, se tuvo en cuenta como antecedente la encuesta sobre hábitos digitales que se realiza a alumnos de la Facultad de Informática de la UNLP [21].

La tercera parte tiene por objetivo medir las actitudes de los estudiantes hacia: 1) el uso de las TIC para la enseñanza y el aprendizaje, 2) las matemáticas y 3) hacia el uso de TIC para el aprendizaje de las matemáticas en particular. Esta medición se realiza con un doble objetivo: por un lado, continuar la caracterización del alumno que permita, al finalizar la experiencia, encontrar causas posibles para las diferencias observadas en la valoración que hacen de la misma; por el otro, analizar si estas actitudes varían o no antes y después de realizar la experiencia.

Se utilizó para la medición de las actitudes un escalamiento de Likert, el cual “consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se pide la reacción de los participantes. Es decir, se presenta cada afirmación y se solicita al sujeto que exprese su reacción eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala” [4]. Luego las puntuaciones se suman, razón por la cual se dice que esta escala es aditiva.

Las afirmaciones incluidas en este cuestionario para cuantificar la actitud hacia las TIC se realizaron tomando como referencia el trabajo [22]. Para las actitudes hacia las matemáticas se utilizó como referencia la Escala de actitudes hacia las matemáticas de la Universidad del Pacífico [23].

La encuesta final constó de 2 partes. Se realizó dos semanas después de finalizada la experiencia áulica. La primera parte fue igual para todos los grupos, y fue idéntica a la tercera parte de la encuesta inicial.

En la segunda parte se preguntó a los alumnos si los temas de la unidad trabajada les resultaron *más fáciles*, *más difíciles* o de *igual orden de dificultad* que los temas abordados en las unidades anteriores de la materia. El objetivo de hacer esta pregunta a ambos grupos es ver si existen diferencias en cuanto a la apreciación de estas dificultades entre los que trabajaron con el MDH y los que trabajaron con el material convencional.

Para los *grupos de la experiencia* también se incluyeron preguntas para que los alumnos evalúen la versión digital del material en sus distintos aspectos. Para la confección de esta parte del cuestionario, se tomaron como referencia los trabajos [24] y [25].

También se incluyen algunas preguntas abiertas con el fin de lograr una mejor comprensión de la experiencia con el MDH en el aula: se solicita a los alumnos que mencionen aspectos positivos y aspectos negativos del material utilizado.

5.2. Metodología para el análisis de las encuestas

Como ya se mencionó, se utilizó un cuestionario con preguntas tipo Likert y se asignó a cada alumno un valor que representa su actitud. El nivel de medición de esta variable es ordinal, por lo cual para establecer diferencias entre los distintos grupos, se recurrió a la prueba-U de Mann Whitney. Esta es una prueba no paramétrica que “consiste en comparar cada individuo del primer grupo con cada individuo del segundo grupo, registrándose cuántas veces sale favorecido en esa comparación. Basándose en ese recuento se construye una medida que es la que se contrasta para ver si la diferencia con el resultado esperado, en el caso de que hubiera diferencias entre los grupos, puede o no ser atribuido al azar” [26]. Si no hubiera diferencias entre ambos grupos, lo esperable sería que alrededor del 50% de las comparaciones dieran favorables para un grupo y

el otro 50%, favorables para el otro. “Es una de las pruebas no paramétricas más poderosas y constituye la alternativa más útil a la prueba paramétrica t cuando el investigador desea evitar las suposiciones que ésta exige o si la medición en la investigación es más vaga que la escala de intervalo” [27]. La prueba se aplica a muestras de dos poblaciones A y B. La hipótesis nula es que A y B tienen la misma distribución.

Para analizar variaciones en las actitudes, se utilizó la prueba de Wilcoxon (*matched paired test*), que se aplica para comparar dos grupos de mediciones apareadas de un nivel de medición intervalar u ordinal [27]. En el presente caso, se consideraron las medidas de las actitudes de los alumnos antes (A) y después (B) de la experiencia, tanto en el caso de los *grupos de la experiencia* como en el de los *grupos de control*.

En todos los casos, se realizaron los test estadísticos utilizando el programa Prism 5.0 para Windows.

Por último, para evaluar si alguna variable de entrada tuvo correlación con la valoración que se hizo finalmente del MDH, se separó a los alumnos en grupos que tuvieran el mismo valor en la variable a considerar (o que estuvieran dentro de un intervalo dado) y se analizó la distribución de estas respuestas dentro de cada uno de esos grupos. En caso de encontrar diferencias significativas en las distribuciones, se concluye que la variable incide en la valoración.

6. Resultados

6.1. Valoración global de la experiencia y del MDH

En la encuesta final realizada a los grupos de la experiencia se incluyó la siguiente pregunta: “¿En forma global, la experiencia de haber utilizado el material digital ¿te resultó positiva, negativa o indistinta?”. Las respuestas a esta pregunta se sintetizan en la Figura 1.

Si bien la experiencia resultó mayoritariamente positiva, no lo fue en la medida esperada. A continuación, se realiza un análisis sobre cuáles pueden ser las características de los sujetos que pueden haber incidido en su valoración de la experiencia, y cómo afectó la utilización del MDH a sus actitudes.

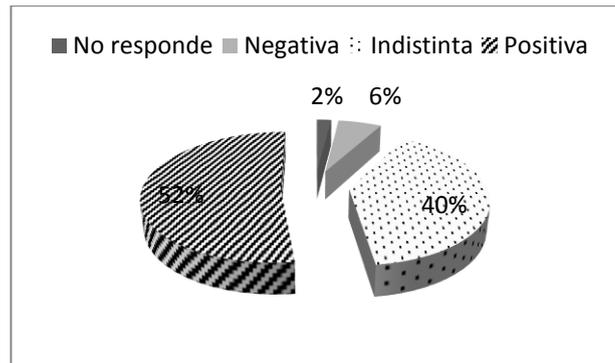


Figura 1. Valoración global de la experiencia por parte de los estudiantes.

6.2. Actitudes de entrada

Se desprende de los datos de la encuesta inicial que los grupos *experiencia* y *control* no presentan diferencias significativas en cuanto a sus actitudes de entrada hacia el uso de TIC como mediadoras del aprendizaje, ni hacia el aprendizaje de las matemáticas utilizando TIC (los p-valores arrojados por la *prueba-U* resultan mayores a 0.05). Sí presentan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a su actitud hacia las matemáticas: la actitud del *grupo de la experiencia* resultó ser más positiva que la del *grupo de control* (p-valor < 0.0001). En la Figura 2 se muestran los diagramas de caja para ambos grupos.

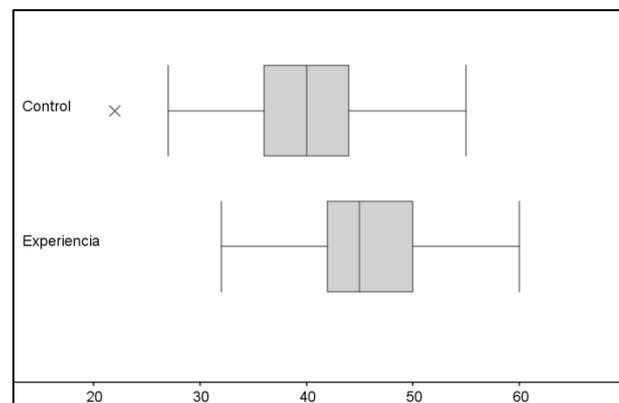


Figura 2. Diferencia inicial de actitudes hacia las matemáticas entre los grupos *experiencia* y *control*.

Esta diferencia será tomada en cuenta como posible variable de atención a la hora de interpretar los resultados.

6.3. Variaciones de las actitudes

Para analizar las variaciones de las actitudes, se aplicó el test de Wilcoxon. Para el *grupo de control*, no se registraron diferencias significativas entre su actitud hacia las TIC antes y después del desarrollo de la unidad (p-valor=0.145). Para el *grupo de la experiencia*, sí se encontró un descenso leve (ver Figura 3), pero

estadísticamente significativo en su actitud hacia las TIC, (p -valor=0.0012).

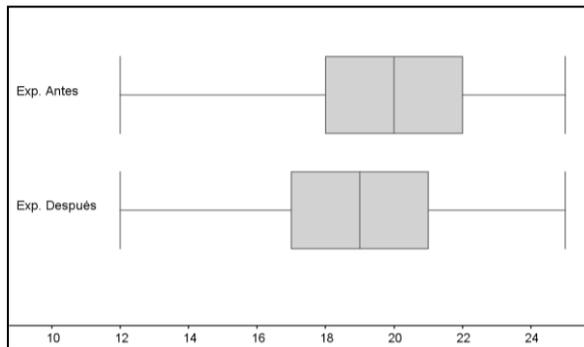


Figura 3. Variación de la actitud del grupo experiencia frente al aprendizaje mediado por TIC. La mediana cae de 20 a 19 (la escala va de 5 a 25).

La actitud hacia las matemáticas experimentó un leve, pero significativo, descenso en ambos grupos, como se muestra en la Figura 4 y en la Figura 5 (para el grupo de control p -valor=0.0137 y para el grupo de la experiencia, p -valor=0.0373, ambos menores a 0.05).

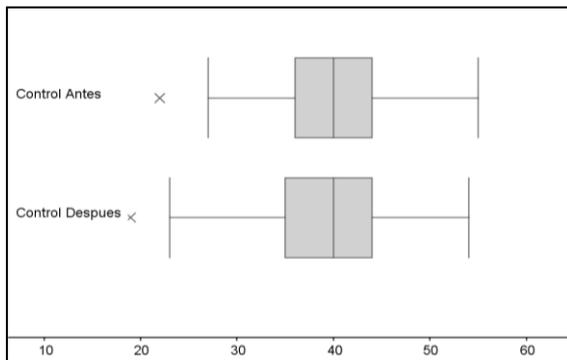


Figura 4. Descenso en la actitud hacia las matemáticas de los alumnos del grupo control.

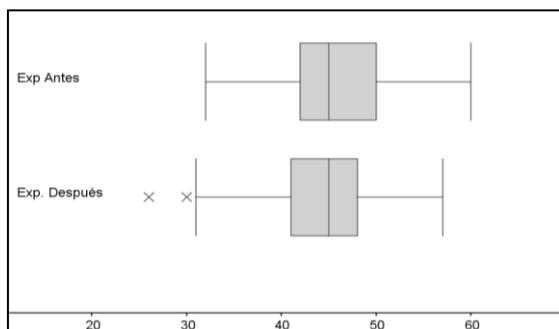


Figura 5. Descenso en la actitud hacia las matemáticas de los alumnos del grupo de la experiencia.

Por último, en cuanto a la actitud hacia el aprendizaje de las matemáticas utilizando TIC, la variación de esta actitud, para el grupo de control registró un aumento (p -valor 0.0337) y en el caso del grupo de la experiencia, no se registran diferencias significativas (p -valor 0.7266).

Como conclusión acerca del análisis de las actitudes, se puede afirmar que la experiencia no fue altamente positiva en este sentido. Sin embargo, los alumnos sí

remiten aspectos positivos del trabajo con el material digital involucrado, pero existen variables adicionales que se vinculan con la estrategia de uso y el contexto que deben ser atendidas y que la investigación ha permitido conocer que influyen en el aprovechamiento real del material para el aprendizaje. Estos aspectos se discuten en la próxima sección y se consideran un aporte de la presente investigación.

6.4. Aspectos positivos y negativos del MDH identificados por los alumnos

El análisis cualitativo de los aspectos positivos y negativos del MDH identificados por los alumnos del grupo de la experiencia fueron presentados ya en [28].

Los aspectos positivos mayormente señalados fueron: 1) la **posibilidad de visualizar los conceptos, mediante gráficos y animaciones**, en especial en R^3 ; 2) la **posibilidad de poder corroborar con GeoGebra** los ejercicios realizados a mano; 3) algunos alumnos mencionaron que les ayudó a comprender el tema, o que les facilitó, pero no explicitaron cómo o por qué les parece que los ayudó.

En cuanto a los **aspectos negativos**, uno de los más mencionados fue el **tiempo adicional que les demandó** el uso del material digital: existió la sensación de que se fue más lento que con la forma de trabajo tradicional, algunos asociaron esta lentitud a la necesidad de compartir la computadora y no poder ir al ritmo propio, teniendo que adecuarse al ritmo de otros compañeros y otros mencionaron que fueron más lento por tener que aprender a la vez el uso del programa GeoGebra y los temas de la materia. Sin embargo, el desarrollo de la unidad no tomó a los *grupos de la experiencia* más tiempo (en cantidad de clases) que las previstas por los cronogramas de la cátedra. Con lo cual, esto es una cuestión subjetiva de los alumnos que se debe analizar con más profundidad para futuras implementaciones de la experiencia. Cabe mencionar, en relación a este punto, que se ha encontrado otro trabajo [29] que reporta resultados consistentes con el aquí presentado. En el mismo, se relata la experiencia de uso de materiales didácticos hipermediales en un curso de posgrado (no de Matemática), y se presentan reflexiones de los alumnos en relación a los mismos. De acuerdo con ellos, el uso de estos materiales les demandó un mayor tiempo, sobre todo al comienzo, para poder definir nuevas estrategias de lectura. Esto tuvo un impacto en la dimensión emocional, pero “en la medida en que fueron sumando diferentes materiales didácticos con características hipermediales pudieron ir familiarizándose con ellos y el nivel de ansiedad y sorpresa bajó considerablemente”.

Otros aspectos negativos señalados fueron: **cuestiones relacionadas con la logística de la experiencia**, tales como que la **cantidad de computadoras** en el aula fue insuficiente, a la incomodidad ocasionada por **tener que acarrear la computadora** (hasta la Facultad todos los días, o ir a retirar las del Departamento de Ciencias

Básicas); algunos alumnos expresaron que es necesario contar con más explicación, o disponer de más cantidad de ejemplos en el material, o cuestionaron que las explicaciones se den “después de los ejercicios”. Esta última crítica no es específica del MDH, sino de la estrategia didáctica general de la Cátedra.

Otro grupo mencionó cuestiones como el hecho de que el aprendizaje con la computadora podría ser un obstáculo luego a la hora de resolver el parcial ya que no se resuelve de igual forma en el parcial que lo que se hace con GeoGebra. A continuación, se transcriben a modo de ejemplo algunos de estos comentarios:

- “un mal aspecto es que practicar mucho o hacer muchos ejercicios en GeoGebra resta práctica para los parciales”.
- “no exige mucho de lo analítico que es lo que en realidad importa”.
- “es que si nos acostumbramos a hacerlo todo por ahí a la hora de la evaluación no vamos a poder hacerlo, por ende alguien que solo utiliza la computadora no sabrá cómo realizar los gráficos”.

Algunos de estos comentarios reflejan un perfil de alumno preocupado por la aprobación del parcial en sí, más allá de los aprendizajes que se pueden adquirir en la clase. También revelan creencias acerca de lo que se espera en el parcial, como por ejemplo que se valora más lo analítico que lo gráfico. Tales creencias deben ser abordadas, y es un resultado interesante obtenido en la investigación, ya que la vinculación entre las diferentes representaciones no es reconocida por los alumnos como un conocimiento valioso. Sin embargo, sí lo es para los docentes porque, tal como lo explica Duval en [30], la actividad matemática implica la articulación de diversos registros de representación y la ausencia de tal articulación supone el riesgo de confundir la representación con el objeto matemático en sí, lo cual sería un signo de no haber logrado una comprensión conceptual que permita la transferencia de los saberes adquiridos a nuevos contextos.

Otra posibilidad es que estas afirmaciones estén relacionadas con el hecho de que los alumnos perciban una cierta incoherencia en el hecho de que el modo de trabajo sea modificado, pero no la evaluación parcial. Este es un aspecto a considerar, pero a la vez es difícil de atender, ya que por reglamento, todos los alumnos de las diferentes comisiones de la Cátedra deben rendir el mismo examen parcial. Sin embargo, se considera que la realización de estas experiencias que se llevan a cabo en el marco de la investigación, son valiosas dado que toda evidencia que se pueda recabar en relación a los beneficios que este tipo de innovaciones tienen en los aprendizajes de los alumnos, pueden tener incidencia en futuros debates hacia el interior de la institución acerca de cómo se enseña la asignatura, cómo aprenden los alumnos, cómo se evalúa y de qué otras formas se podría evaluar.

Otro grupo manifestó que no encontraba ningún aspecto negativo en relación a la experiencia, ni al material, y otros mencionaron que el trabajo con la computadora les representaba una “distracción” o que les resultaba incómodo trabajar con la computadora, o disconformidades genéricas tales como: “prefiero hacer los ejercicios en una hoja”. Esto evidencia que los alumnos que inicialmente manifestaban utilizar la computadora para cuestiones de búsqueda de información, para comunicarse, etc., no están habituados a hacerlo para el estudio de temas específicos.

6.5. ¿El MDH facilitó el aprendizaje de los contenidos abordados?

En la encuesta final, tanto para los alumnos del grupo de la *experiencia* como para los del grupo *control*, se incluyó la siguiente pregunta cerrada:

Los temas vistos durante el transcurso de esta unidad, en comparación con los correspondientes a las unidades anteriores, te resultaron: Más fáciles; De igual orden de dificultad; Más difíciles.

En el gráfico de la Figura 6 se muestra la distribución de las respuestas para cada uno de los grupos.

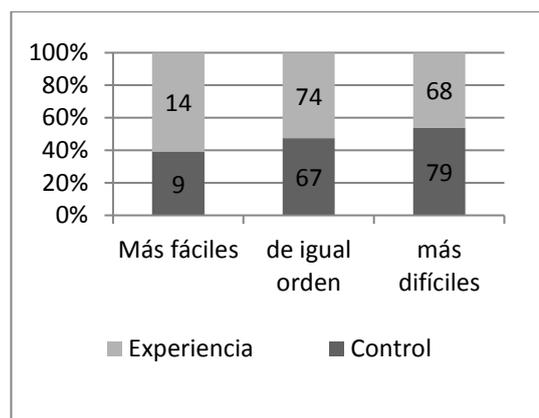


Figura 6. Respuestas de los alumnos de cada grupo (experiencia y control) al preguntarles si los temas de la unidad trabajada les resultaron más fáciles, más difíciles o de igual orden de dificultad que los temas trabajados con anterioridad.

Para saber si las diferencias observadas (que parecerían indicar que le resultó más fácil el tema a los alumnos del grupo de la experiencia) son estadísticamente significativas se realizó la *prueba-U* y el p-valor obtenido fue de 0.0920. Lo que indica que la diferencia no es estadísticamente significativa.

6.6. Variables que correlacionan con la valoración final de la experiencia.

Por otra parte, se analizó si alguna de las siguientes variables correlaciona con la valoración final de la experiencia: 1) actitudes de entrada, en las tres categorías medidas; 2) la nota obtenida en el primer parcial (tomado antes de la realización de la

experiencia); 3) experiencia previa con relación al uso del *software* GeoGebra.

Se encontró que las actitudes de entrada no correlacionan en forma significativa con la valoración realizada de la experiencia. En cambio, las otras dos variables analizadas sí parecen incidir en la misma.

De acuerdo con la nota obtenida en el primer parcial, se separó a los alumnos en las siguientes categorías: 1) Desaprobados y Ausentes; 2) Aprobados con nota menor a 7; y 3) Aprobados con nota mayor o igual a 7. La distribución de las valoraciones dentro de cada grupo se muestra en la Figura 7.

Una hipótesis posible frente a este resultado es que los alumnos que resultaron desaprobados en el primer parcial entraron a la experiencia con algún grado de desánimo que no les permitió sacar provecho de la misma, mientras que aquellos que aprobaron con una muy buena nota, sintieron que ya contaban con una estrategia de trabajo exitosa frente a la materia, y el cambio propuesto les significó una complicación innecesaria. En cambio, al grupo de alumnos que aprobaron, pero con mayores dificultades, la propuesta les resultó un aporte significativo.

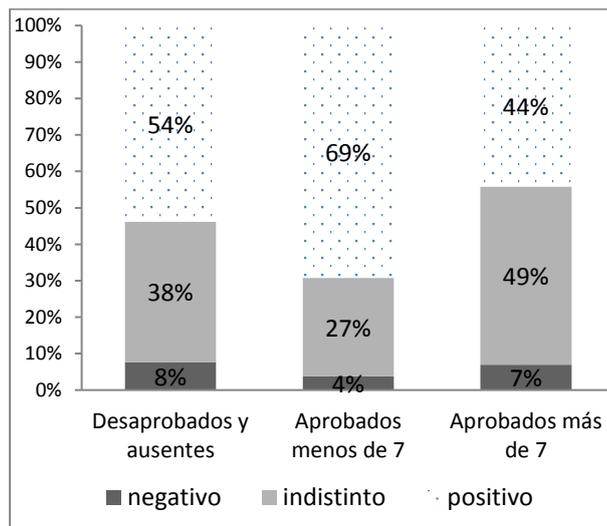


Figura 7. Distribución de las valoraciones respecto del material y de la experiencia dentro de grupos separados según la nota obtenida en el 1er parcial.

Por último, en cuanto a la experiencia previa con el *software* GeoGebra, los alumnos se separaron en dos grupos: 1) los que utilizaron el programa en la escuela secundaria y 2) los que no lo utilizaron. La distribución de valoraciones dentro de cada grupo se muestra en la

Figura 8.

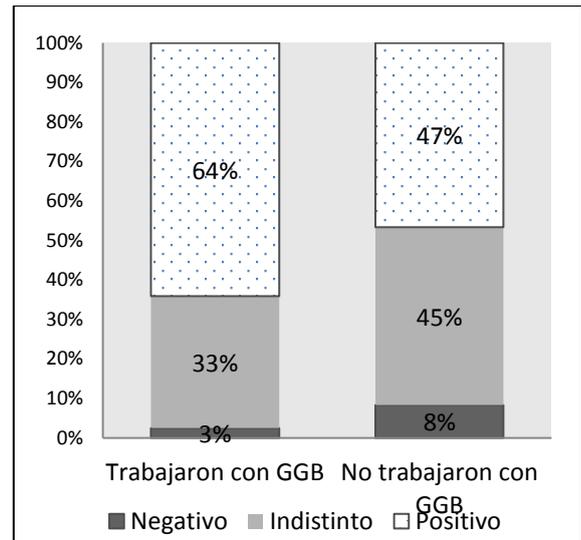


Figura 8. Distribución de las distintas valoraciones respecto del material y de la experiencia dentro de grupos separados según si utilizaron o no GeoGebra en la escuela secundaria.

La *prueba-U* para estos datos arroja un p-valor de 0.0357, lo cual permite concluir que la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa, observándose que aquellos alumnos que tenían experiencia previa valoran más positivamente la experiencia.

Conclusiones

Puede observarse que los aspectos que los alumnos consideraron como *negativos* tuvieron un mayor impacto que los *positivos* en la variación de sus actitudes. Sin embargo, desde el punto de vista de la didáctica, resultan más importantes los aspectos que han señalado como *positivos*. El hecho de que los alumnos hayan podido articular diferentes registros de representación semiótica durante el proceso de aprendizaje y que hayan logrado apropiarse de una herramienta que les permite decidir por sí mismos si un problema fue resuelto correctamente o no, constituyen aspectos centrales en las competencias de un alumno de ingeniería. En cuanto a la cuestión del tiempo, es posible que los alumnos esperaran que el MDH implicara para ellos una menor carga de trabajo, o un aprendizaje mágico o instantáneo, aspecto que muchas veces se asocia con el uso de las TIC.

Sin embargo, el análisis de la pregunta acerca de las dificultades encontradas frente al desarrollo de la unidad trabajada, sugiere que el MDH facilitó en cierta medida la articulación del tema con las unidades anteriores (en las que se trabajaron funciones de una sola variable y las gráficas eran bidimensionales) a la nueva unidad (en la que aparece el espacio tridimensional). Pero esto podría haber pasado inadvertido para los alumnos, que no han visto las dificultades de visualizar en el espacio 3D utilizando otros materiales y actividades educativas más tradicionales.

Por último, las variables que incidieron en una mejor aceptación del MDH sugieren que puede resultar beneficioso que los alumnos tengan un mayor acercamiento previo con el programa GeoGebra antes del desarrollo de la experiencia a fin de que esta herramienta no se vuelva un obstáculo. Aunque esto, requiere de estrategias adicionales tales como la creación de un videotutorial explicando los aspectos centrales del uso de GeoGebra. En una cohorte posterior a la analizada en este trabajo, se ofreció a los estudiantes una *guía de inicio rápido* del programa, específica para los temas abordados en la asignatura para que puedan comenzar a familiarizarse con él y a utilizarlo desde la primera parte de la misma. Con esta estrategia se buscó trabajar sobre los elementos negativos referenciados por los alumnos de manera tal que se potencien los positivos. Si bien la mayoría de los alumnos no accedió a este material (por diversas causas, que van desde la falta de interés hasta el hecho de no haberlo considerado necesario por tener un conocimiento previo del mismo) se dio una circunstancia imprevista que favoreció la nueva implementación de la propuesta: el lanzamiento de la versión para teléfonos celulares del programa GeoGebra permitió que la mayoría de los alumnos cuente con esta herramienta en sus dispositivos móviles, y el hecho de tenerlo a mano y de un modo tan accesible generó que lo comiencen a utilizar en forma más asidua. Llegado el momento de la experiencia, estos alumnos contaban con un mayor conocimiento previo sobre la herramienta y esto mejoró los resultados en cuanto a la valoración del MDH, aunque no pareció incidir en la cuestión de las actitudes.

Se cree que esta investigación puede ser de interés para docentes que deseen abordar experiencias similares, de manera tal que puedan contemplar estrategias que ayuden a mejorar la actitud de los alumnos frente a la utilización de las TIC en el aprendizaje de matemática.

Referencias

- [1] E. Brescó Baiges, N. Verdú Surroca, O. Flores i Alarcia, Valoración del estudiantado sobre el uso del material interactivo en materias de la Universidad de Lleida. *EDUTEC*, 42 (2012)
- [2] J. Cabero Almenara, Los retos de la integración de las TICs en los procesos educativos. Límites y posibilidades. *Revista Perspectiva Educativa*, 49 (2010), pp. 32-61
- [3] M. Armenteros, Hipermedia y aprendizaje. *Revista Icono* 14, 4(1) (2006), pp. 320-330
- [4] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, M. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación* (5ª ed.). Mc Graw-Hill, México DF, 2010
- [5] L. Del Río, N. Bucari, C.V. Sanz, Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática. 2do. Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. 2016: Tandil. pp. 153-158
- [6] A. López Betancourt, Objetos de Aprendizaje para relacionar cálculo y estadística. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 20 (2009) pp. 67-78.
- [7] E. Aveleyra, D. Dadamia, D. Racero, Una propuesta de aprendizaje universitario con TIC para recursantes. *TE&ET | Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 13 (2014). p. 36-42.
- [8] E. Totter, S. Raichman, Creación de espacios virtuales de aprendizaje en el área Ciencias Básicas en carreras de Ingeniería. *TE&ET | Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 4. (2009) pp. 40-46.
- [9] M. Morales, et al., Estrategias de m-learning para la enseñanza de la Matemática en Carreras de Ingeniería. II Congreso Argentino de Ingeniería (2014). Mar del Plata.
- [10] M. Milovanović, M., J. Obradović, and A. Milajević, Application of interactive multimedia tools in teaching Mathematics – Examples of lessons from Geometry. *The Turkish Online Journal of Educational Technology* 12(1) (2013). pp. 19-31.
- [11] J. Martín-Gutiérrez, et al., Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34. (2010), pp. 77-91.
- [12] J. Yingprayoon, Teaching Mathematics using Augmented Reality. *Proceedings of the 20th Asian Technology Conference in Mathematics* (2015) Leshan, China. pp. 384-391.
- [13] S. Insunza, D. Alonso Gastélum, A. Alvarez, Desarrollo de software para el aprendizaje y razonamiento probabilístico: El caso de SIMULAPROB. *Union Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18 (2009), pp. 135-149.
- [14] A.L. Pirro, A.L., et al., La simulación y visualización de curvas paramétricas. Una mirada pedagógica en el diseño de material multimedial. *Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería* (2012).
- [15] Pantoja Rangel, R., et al., Diseño instruccional para el aprendizaje del concepto de límite: Un estudio de caso en el ITCG, la UJED, la UASLP y la UAN. *Union Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 37 (2014), pp. 91-110.
- [16] M.d.C Gómez-Collado, M. Trujillo, Mathematics with ICTs. *Promotion and Innovation with New Technologies in Engineering Education (FINTDI)* (2011): Teruel.
- [17] N. Bucari, S.M. Abate, A. Melgarejo, Estructura didáctica e innovación en educación matemática. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 8(14) (2007), pp. 17-28

- [18] L. Del Río, A. González, N. Búcarí, La integración de las TIC en las clases de matemática en el nivel universitario: ¿cómo afrontar este desafío? Memorias del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, (2014), Bs. As.
- [19] L. Moralejo, C. V. Sanz, P. Pesado, Análisis comparativo de Herramientas de Autor para la creación de actividades de Realidad Aumentada. En Actas del IX Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología, (2014) Chilecito, La Rioja.
- [20] C. Bravin, N. Pievi, Documento metodológico orientador para la investigación educativa. Ministerio de Educación de la Nación – OEI, Buenos Aires, 2008
- [21] C. Sanz, A. Zangara, Encuesta generada por la Dirección de Educación a Distancia de la Facultad de Informática de la UNLP. 2013
- [22] C.I. Nóbile, C. Sanz, Procesos de integración de tecnologías de la información y la comunicación en instituciones de educación superior. El caso de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNLP. Tesis para obtener el grado de Magister en Tecnología Informática aplicada en Educación, Facultad de Informática, 2014, UNLP: La Plata. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45725>
- [23] L. Hurtado Mondoñedo, Validación de una escala de actitudes hacia las matemáticas. Investigación Educativa 15(28) (2011) pp. 99-108
- [24] V.E. Pompeya López, C. Sanz, “Blended Learning”. La importancia de la utilización de diferentes medios en el proceso educativo en Facultad de Ingeniería. Tesis para obtener el grado de Magister en Tecnología Informática aplicada en Educación, Facultad de Informática, 2008, UNLP: La Plata. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4151>
- [25] S. Martorelli, S. Martorelli, C.V. Sanz, Evaluación del material educativo Histologi@. Diseño del Plan de Evaluación y primeros resultados de su implementación. Actas del IX TE&ET (2014) pp. 239-249
- [26] L.M. Molinero Casares, Comparación de un resultado de tipo ordinal entre dos muestras independientes. (2001) Sociedad Española de Hipertensión - Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial.
- [27] S. Siegel, Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas, México, 1970
- [28] L. Del Río, N. Bucari, C. Sanz, Material Didáctico Hipermedia para la Enseñanza de la Matemática en Carreras de Ingeniería: Inicios de una Investigación. Actas del XIX EMCI, 2015, UTN-SN. pp. 507-516.
- [29] V. Odetti, La experiencia de lectura de materiales didácticos hipermediales: el caso de los estudiantes del PENT-Flacso. Memorias del Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, (2014), Bs. As.
- [30] R. Duval, Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación semiótica. La gaceta de la RSME 9(1) (2006), pp. 143-168.

Información de Contacto de los Autores

Laura del Río

Calle 49 y 115 - Primer piso - La Plata - Argentina
laura.delrio@ing.unlp.edu.ar

Néstor Búcarí

Avenida 1 y 47 - La Plata - Argentina
nbucari@gmail.com

Cecilia Sanz

50 y 120 2do Piso- La Plata- Argentina
csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

Del Río, Laura Sombra

Profesora en Matemáticas de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Jefe de Trabajos Prácticos DS y Ayudante Diplomado DE de la Facultad de Ingeniería e Integrante de la UIDET IMApEC, FI UNLP.

Búcarí, Néstor

D. Doctor en Matemática por la Universidad de Buenos Aires. Profesor titular de Matemática A, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de La Plata.

Sanz, Cecilia Veronica

Doctora en Ciencias de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, Argentina. Profesor Titular DE de la Facultad de Informática de la UNLP. Directora de la Maestría en Tecnología Informática aplicada en Educación. Facultad de Informática. UNLP
