

UN ESTUDIO DE CASO SOBRE LA INTEGRACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO HIPERMEDIAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA

Del Río, Laura¹; Sanz, Cecilia²; Búcarí, Néstor³

¹ UIDET IMApEC – Departamento de Ciencias Básicas – Facultad de Ingeniería – UNLP

² III LIDI – Facultad de Informática – UNLP

³ Departamento de Ciencias Básicas – Facultad de Ingeniería – UNLP

Calle 49 y 115, primer piso, laura.delrio@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En los últimos 15 años, la enseñanza de la Matemática en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (FI UNLP) se ha transformado. Los roles del docente y del alumno han cambiado por completo. Ya no se tiene un docente que expone los contenidos de la materia frente a alumnos que los reciben y aplican, sino que el saber es producido por estos a partir de su trabajo en el aula, en conjunto con sus pares y con orientación de sus docentes.

Esta nueva metodología ha mostrado éxitos en relación al rendimiento académico de los estudiantes, a su capacidad para la retención del alumnado, a su forma de comprender la disciplina matemática [1, 2]. Sin embargo, se conocen algunas de las limitaciones que queda por enfrentar, lo cual conduce a continuar analizando diversas estrategias para superarlas.

Una de las preocupaciones a atender se relaciona con las dificultades que enfrentan los alumnos a la hora de iniciar el estudio de la geometría del espacio tridimensional. Desde los comienzos de la reforma curricular, estas dificultades intentaron abordarse mediante la utilización de *software* matemático (en particular *Maple*) a fin de habilitar a la visualización de los objetos matemáticos, considerando que la misma contribuiría a una mejor comprensión de los mismos [3]. Además, la adopción por parte de los alumnos de un programa informático para Matemática, constituyó un objetivo en sí mismo, debido a las características del quehacer matemático en el campo de la Ingeniería en la actualidad, ya que la gran mayoría de los cálculos se realizan utilizando herramientas informáticas.

Sin embargo, pese a los esfuerzos de los docentes y los resultados positivos observados en las ocasiones en las que se ha logrado integrar el *software* al proceso educativo, su adopción por parte de los estudiantes como herramienta de aprendizaje se ve dificultada por múltiples factores, como por ejemplo, las dificultades asociadas al uso técnico del *software* propuesto.

En vista de estas dificultades, se dio comienzo a un proceso de investigación en relación a una estrategia alternativa para lograr ambos objetivos: que los alumnos se familiaricen y adopten un *software* matemático y que logren comprender mejor los objetos matemáticos tridimensionales. Esta estrategia se basó en integrar a la planificación didáctica de la Cátedra un Material Didáctico Hipermedial (MDH) que incluye actividades a realizar en *GeoGebra*, un programa de uso libre más sencillo e intuitivo que *Maple*.

Un MDH es aquel que combina lenguajes propios del hipertexto y multimediales, es navegable y posibilita diferentes itinerarios. [4]. Tienen el potencial para facilitar representaciones gráficas del espacio tridimensional, para realizar actividades interactivas, e invitar a la exploración, la elaboración de conjeturas y la generalización. Estas cuestiones resultan relevantes para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, sobre todo en relación a los temas que los alumnos de la FI UNLP deben abordar en su primer año al cursar la asignatura Matemática A.

Las preguntas orientadoras de la investigación a abordar en relación al uso del MDH son:

- La utilización del MDH ¿en qué aspectos facilita el proceso de aprendizaje de la Matemática? ¿En qué aspectos lo dificulta?;
- ¿Produce un cambio en la actitud de los estudiantes hacia la Matemática? ¿Y hacia la utilización de las TIC como instrumentos de aprendizaje?;
- Según varios autores [5, 6] los ambientes de geometría dinámica ofrecen representaciones manipulables de los objetos matemáticos, volviéndolos más accesibles. A partir de su utilización ¿qué tipo de aprendizajes adquieren los alumnos? ¿Potencian sus habilidades con el uso de la tecnología? ¿Pueden transferir los aprendizajes adquiridos a situaciones en las cuales no disponen de esa tecnología?

Si bien estas preguntas son muy amplias y difícilmente se logre obtener una respuesta definitiva a las mismas, se analiza en este trabajo un caso particular, con un material determinado, buscando aportar algunos indicios en relación a posibles respuestas.

PARTE EXPERIMENTAL

Para el abordaje de la problemática de investigación descripta, se realizó un diseño cuanti-cualitativo de alcance descriptivo, aunque también se pudieron establecer algunas correlaciones entre variables, por ejemplo, entre ciertas características de los alumnos y la valoración final de la experiencia.

Previo al estudio de caso, se profundizó en la revisión de algunos marcos teóricos que permitieran abordar la problemática a investigar, en particular las teorías: de Situaciones Didácticas de Brousseau [7], de los Registros de Representación Semiótica de Duval [8], el Aprendizaje Multimedia de Mayer [9] y aportes del campo de la Tecnología Educativa. Asimismo se elaboró un estado del arte que permitió dar cuenta de las características de los usos actuales de los MDH para la enseñanza de la Matemática, y de la necesidad de una mejor articulación entre los aportes de la Didáctica Específica y la Tecnología Educativa [10].

El estudio de caso llevado a cabo posteriormente involucró:

- El desarrollo de un prototipo de MDH acorde con las consideraciones teóricas. El mismo se realizó utilizando los programas *eXeLearning* y *GeoGebra*.
- El diseño y la adaptación de instrumentos de recolección de datos apropiados para la evaluación de la implementación del MDH en la clase de Matemática A.
- La realización de una serie de experiencias áulicas en relación a las cuales se realizaron: a) encuestas a los estudiantes, b) entrevistas a los docentes involucrados, c) observación participante de las experiencias y d) análisis de producciones de los alumnos. Algunos de los aspectos fueron contrastados con grupos de control.

En la Figura 1 se muestra un esquema temporal que sintetiza los distintos momentos de aplicación de los diversos instrumentos de recolección de datos y que forman parte de la metodología desarrollada para esta investigación.



Figura 1. Esquema que sintetiza los distintos momentos de aplicación de los diversos instrumentos de recolección de datos.

Las encuestas incluyeron preguntas abiertas y cerradas. Una parte del cuestionario

permitió medir las actitudes de los estudiantes hacia las TIC y hacia la Matemática así como también los cambios de actitud al transitar la unidad 6 de la materia (en la cual se inicia el estudio del espacio tridimensional).

De las entrevistas a los docentes y la observación participante se realizó un análisis cualitativo buscando aportar a una comprensión más profunda complementando lo que fuera el punto de vista de los estudiantes manifestado en las encuestas. El análisis de las producciones escritas de los estudiantes en las evaluaciones parciales, buscó dar cuenta del impacto de la experiencia en los aprendizajes.

Del grupo de la experiencia participaron tres comisiones de Matemática A, con un total de 178 alumnos, y del grupo de control participaron otras tres comisiones, con un total de 188 alumnos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. *De las encuestas a los alumnos*

Si bien la mayoría de los estudiantes valoraron la experiencia en forma positiva, no lo hicieron en la medida esperada (52% positivo, 6% negativo y 40% indistintos, un 2% no respondió la pregunta). Todos indicaron aspectos positivos y negativos del MDH. Entre los aspectos positivos, los más frecuentes fueron: a) que les permitió visualizar objetos del espacio tridimensional, b) la posibilidad de corroborar utilizando el *software GeoGebra* los ejercicios realizados a mano, y c) que les ayudó a comprender mejor los temas de la unidad abordada (este último grupo de alumnos no pudo dar cuenta de por qué o cómo el MDH les ayudó a comprender). Entre los aspectos negativos, los más frecuentes resultaron ser: a) el tiempo adicional que les demandó el uso del material en este nuevo formato, b) las dificultades que tuvieron para aprender a utilizar el programa *GeoGebra*, c) la escasez de computadoras disponibles (que los obligaba a adaptarse al ritmo de trabajo de los compañeros con los cuales compartían), y d) la incomodidad de tener que acarrear las computadoras (algunos traían sus *netbooks* de Conectar Igualdad desde sus domicilios y otros retiraban las *notebooks* del departamento de Ciencias Básicas a modo de préstamo para utilizar en el aula). Un grupo minoritario, pero que resulta interesante analizar, mencionó como aspecto negativo cuestiones relacionadas con el parcial. Por ejemplo, que al no poder disponer del programa *GeoGebra* en la evaluación, hacer actividades con esta herramienta les resta práctica en relación a la misma. Otro ejemplo es el de alumnos que indicaron que hacer tanto hincapié en la interpretación gráfica resta práctica en relación a la parte analítica “que es la que en realidad importa”.

El análisis que se realiza de estos aspectos indicados por los alumnos, es que aquellos que mencionaron como positivos, resultan más relevantes desde el punto de vista de la Didáctica que los negativos, ya que una ganancia en mejor comprensión y en autonomía a la hora de analizar si un problema matemático fue resuelto correctamente, resulta más relevante que haber tenido que dedicar tiempo, o haber tenido que compartir una computadora. Sin embargo, desde el punto de vista de los estudiantes, estas dificultades distinguidas tuvieron un impacto importante, que se manifiesta en la gran cantidad de alumnos que valoraron la experiencia en forma no positiva. También parece haber tenido un impacto negativo en relación a sus actitudes, ya que las actitudes hacia las TIC en general como hacia las TIC como herramientas para el aprendizaje de la Matemática registraron una disminución, que no se registró en los grupos de control (también disminuyó la actitud hacia las Matemáticas, pero esta disminución también fue registrada en los grupos de control). Para un mayor detalle sobre el análisis de actitudes se puede consultar [11].

Otros datos interesantes que se pueden adicionar a este análisis son los siguientes:

- Tanto a los alumnos del grupo de la experiencia como a los del grupo control se les pidió que indiquen si los contenidos de la unidad 6 les habían parecido: a) más fáciles, b) de igual

orden de dificultad, o c) más difíciles, que los de las unidades anteriores de la materia. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Figura 2, y pueden interpretarse como que en cierta medida el pasaje del plano al espacio fue levemente menos abrupto para los alumnos que trabajaron con el MDH. Sin embargo, se considera que 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.

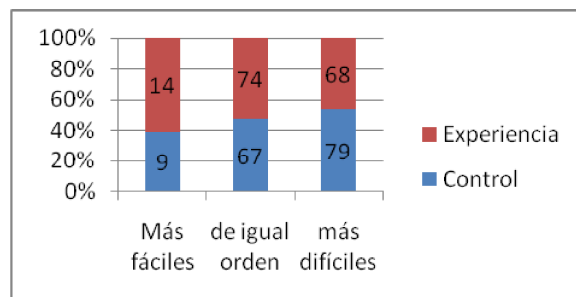


Figura 2. Respuesta de los alumnos a la pregunta realizada en relación a la dificultad relativa que perciben entre los temas de la unidad abordada en la experiencia y las anteriores de la materia.

- Otro indicador que se considera como positivo, más allá de los resultados obtenidos en relación a la valoración de la experiencia y el impacto en las actitudes es el siguiente: se incluyó en la encuesta una pregunta en relación a “si volverían a utilizar el *software GeoGebra* para trabajar en las siguientes unidades”. Las respuestas fueron: 89 sí, 9 no, y 3 no respondieron.

Por último, se intentó conocer qué variables de entrada correlacionan con la valoración final de la experiencia, a fin de saber si se pueden realizar acciones a futuro modificando dichas variables de manera tal que los estudiantes puedan sacar un mayor provecho del material proporcionado, o bien conocer para qué perfil de alumno este material podría resultar más adecuado. De los múltiples análisis de correlación que se llevaron a cabo, solamente dos resultaron estadísticamente significativos:

- Los alumnos que ya venían utilizando *GeoGebra* desde la escuela secundaria, valoraron mejor la experiencia que aquellos que no lo utilizaron nunca.
- Dado que la experiencia se realizó al trabajar la primera unidad que se estudia luego del primer parcial, se analizó si la nota obtenida en este influía en la valoración de la experiencia. Se encontró que tanto para los alumnos que habían desaprobado, como para aquellos que habían obtenido una muy buena nota, la valoración fue menor que para aquellos que aprobaron con nota menor o igual a 7. Esto podría deberse a que los alumnos que desaprobaron, tal vez por una cuestión de “desánimo” no se mostraron tan conformes con la experiencia, mientras que los que mejor salieron en el primer parcial, fueron los que menos valoración positiva dieron, tal vez porque ellos ya habían encontrado una estrategia que les resultó exitosa, y el cambio les resultó una complicación innecesaria.

b. De las entrevistas con los docentes

Finalizada la experiencia, se entrevistó a los docentes de los grupos que participaron de la experiencia, a fin de complementar el punto de vista de los alumnos y de la observación participante. Los principales resultados a destacar de estas entrevistas son los siguientes:

- En cuanto al MDH, los docentes a cargo de los grupos que realizaron la experiencia, lo valoraron positivamente. En primer lugar, porque facilita la visualización en R^3 . En segundo lugar, porque el uso del programa *Maple* revestía una dificultad de uso mucho mayor que el programa *GeoGebra*, por lo que no se lograba que los alumnos se apropien de él.
- Como dificultades mencionaron principalmente que no habían tenido suficiente tiempo para interactuar con el material previamente a la experiencia y familiarizarse con él.
- Comentaron que habían detectado que algunos alumnos utilizaban el *software*, pero en sus hogares y no en el aula, ya que al consultar indicaban que determinada cosa la habían visto con *GeoGebra* en sus casas y la consulta surgía a raíz de esa interacción con el programa.
- Al igual que los estudiantes, se mostraron preocupados por la cuestión del tiempo. La mayoría de ellos considera que los contenidos de la materia son muchos para que los alumnos puedan abordarlos con tranquilidad en el transcurso del curso, y que por eso cualquier modificación en la estrategia se vuelve complicada.

c. De la observación participante

La primera observación a nivel general que se pudo hacer fue que durante la primera clase, todos los alumnos abordaron el MDH y trataron de realizar las actividades propuestas en él. Ya para la segunda clase, algunos alumnos continuaron de igual manera, mientras que otros comenzaron a utilizar en mayor medida el material impreso tradicional. Aquí se observan las dos posturas que se vieron luego reflejadas en las encuestas: los que se sintieron cómodos con el nuevo material y los que no.

A la hora de resolver los problemas, se observó en los alumnos que trabajaron con el MDH una actitud más exploratoria que la manifestada al trabajar con el material impreso, lápiz y papel. El trabajo con los *applets* de *GeoGebra* posibilitó esto al ofrecer un entorno en el que los alumnos pudieran aprender por ensayo y error. Las actividades propuestas se vieron enriquecidas, ya que dentro del entorno digital, los alumnos pudieron desplegar múltiples estrategias poniendo en juego distintos conocimientos previos, tal como lo demuestran los registros realizados de discusiones que se dieron en el aula. También es de notar cómo se relacionaron con el entorno de *GeoGebra*: en forma autónoma lograron recorrer la barra de herramientas, utilizar las ayudas proporcionadas al posicionar el cursor sobre el ícono de cada una de ellas, seleccionar aquellas que les parecieron adecuadas para resolver el problema. Se animaron a probar y a equivocarse, para luego corregir, tal como se observa en algunas de las construcciones entregadas, en las que se ve que utilizaron otros objetos que luego ocultaron porque decidieron que no les servían.

d. De las producciones de los alumnos en el parcial

A fin de buscar evidencias de diferencias en relación a los aprendizajes adquiridos por los estudiantes, se analizaron las producciones escritas de los alumnos en el segundo examen parcial, comparando las resoluciones de los alumnos de las comisiones participantes de la experiencia con las de los grupos de control. Se analizaron los ejercicios relacionados con la unidad de la materia que fue objeto de la experiencia.

En este aspecto, no se hallaron diferencias significativas entre ambos grupos. Esto quiere decir que no puede afirmarse que el MDH haya tenido un impacto ni positivo ni negativo en los aprendizajes de los alumnos en relación a los contenidos de la materia, aunque sí en otros aspectos, como se mencionó en las secciones anteriores.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el MDH implementado cumplió en buena medida con los objetivos didácticos que se habían propuesto: permitieron a los alumnos adoptar una herramienta

informática para el quehacer matemático que les aporta autonomía en la resolución y autocorrección de las actividades realizadas manualmente, y les facilitó la comprensión de los objetos matemáticos tridimensionales.

Sin embargo, existieron múltiples factores que afectaron la experiencia en forma negativa y esto redundó en que la misma no pueda ser aprovechada al máximo por los estudiantes implicados. Es por esto que se propone como trabajo de investigación a futuro indagar sobre la posibilidad de que el soporte de estos materiales sean dispositivos móviles, más portables, disponibles en las aulas en cantidades suficientes, dado que la gran mayoría de los estudiantes y docentes concurre a clase con *Smartphones*. Una posibilidad a explorar y evaluar, sería la de incluir en el material impreso de la cátedra códigos QR que conduzcan a la visualización de los recursos interactivos para que los alumnos puedan explorar con ellos desde el teléfono celular. Otra posibilidad, sería la de crear una aplicación para móviles que contenga accesos a estos recursos. Otra de las cuestiones que se pueden debatir y evaluar es en la posibilidad de incorporar estas herramientas en las evaluaciones.

Bibliografía

- [1] Búcarí, N., S.M. Abate, A. Melgarejo. Un cambio en la enseñanza de las matemáticas en las carreras de ingeniería de UNLP: propuesta, criterios y alcance. IV CAEDI2004: Buenos Aires.
- [2] Búcarí, N., S.M. Abate, and A. Melgarejo. Estructura didáctica e innovación en educación matemática. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 2007. 8(14): p. 17-28.
- [3] Costa, V.A., R.M. Di Domenicantonio, M.C. Vacchino, Material educativo digital como recurso didáctico para el aprendizaje del Cálculo Integral y Vectorial. *Unión*, 2010. 21: p. 173-185.
- [4] Royo, J. *Diseño digital*. 2004: Paidós.
- [5] Carrillo, A. El dinamismo de GeoGebra. *Unión*, 2012. 29: p. 9-22.
- [6] Hohenwarter, M., Multiple representations and GeoGebra-based learning environments. *Union*, 2014. 39: p. 11-18.
- [7] Brousseau, G. *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. 2007: Del Zorzal.
- [8] Duval, R., Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento, en *Investigaciones en Matemática Educativa II*, F. Hitt, Editor 1998, Grupo Editorial Iberoamérica: México. p. 173-201.
- [9] Mayer, R., The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and instruction*, 2003. 13: p. 125-139.
- [10] Del Río, L., N. Bucari, C.V. Sanz, Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, en *IICIECyM, III ENEM*, 2016: Tandil. p. 153-158
- [11] Del Río, L., C.V. Sanz, N. Bucari, Actitudes de los estudiantes frente a un material hipermedial para el aprendizaje de la matemática: Un estudio de caso, en *XI TE&ET 2016*: Morón. p. 351-359.