



Incidence of a hypermedia educational material on the Teaching and Learning of Mathematics

Laura Sombra del Río^{1*} , Cecilia Verónica Sanz² , Néstor Daniel Búcarí³ 

¹IMAPEC, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina {laura.delrio@ing.unlp.edu.ar}

²III LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, CIC, Argentina {csanz@lidi.info.unlp.edu.ar}

³Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina {nbucari@ing.unlp.edu.ar}

Received on 6 July 2018; revised on 14 September 2018; accepted on 16 October 2018; published on 15 January 2019

DOI: 10.7821/naer.2019.1.334



ABSTRACT

The use of hypermedia educational materials in education has gained relevance in recent years and is the object of numerous research activities. In the context of teaching and learning Mathematics, there are diverse works detailing their potential to improve both student learning and student attitude towards the subject. In this article, the results obtained through a case study carried out in a first-year course of Mathematics at a School of Engineering are shared, for which a hypermedia material was designed and then its impact in the classroom was analysed. To that end, a quantitative-qualitative analysis framework was designed. An experience was carried out with two groups of students: one of these (n=101) used this material, and the other (n=111) served as control group. The students gave a positive overall assessment as regards to the experience carried out with the hypermedia material, but not to the extent expected. However, observations and the interviews carried out with the educators revealed that the hypermedia material positively contributed to several student learning aspects: it allowed using a mathematical software application as an exploratory tool and it promoted critical thinking among the students, who used the application to check their pen-and-paper work, using the semiotic representation conversions.

KEYWORDS: MULTIMEDIA INSTRUCTION, EDUCATIONAL SOFTWARE, EDUCATIONAL TECHNOLOGY, TEACHING MATERIALS, MATHEMATICS.

1 INTRODUCTION

The so-called Information and Communication Technologies (ICTs) offer a great diversity of new resources to enrich teaching and learning processes. For instance, the possibility of introducing hypermedia educational materials (HEM), which allow for combining multimedia and hypertext languages, typical of the most widely employed communication channels used nowadays. The advantages and obstacles related to the integration with this type of materials in various educational contexts are being studied

by several research groups (Argos & Ezquerro, 2013; Ariza & Andrada, 2008; Mohamad, Hussin, & Shahizan, 2015; Rabhe, 2018; Müller & Seufert, 2018). In particular, for teaching and learning Mathematics, which is a discipline with distinct epistemic characteristics, there are several articles that describe HEM integration design experiences, usually with encouraging results (Di Domenico, Costa, & Vacchino, 2011; Insunza, Alonso, & Alvarez, 2009; Pantoja, López, Ortega, & Hernández, 2014).

This article starts by discussing the results of a bibliography review carried out to study the relevant background related to ICT integration to teaching Mathematics (Section 2). In Section 3, the theoretical framework for the didactic proposal on which the experience developed is based, is presented. In Section 4, the characteristics of the educational context where the experience was carried out are described, and in Section 5, the description of the HEM that was implemented is presented. Section 6 describes the research methodology used. In Section 7, the results obtained are described and discussed, and in Section 8 the conclusions and future lines of work that open up after the research work carried out are presented.

2 BIBLIOGRAPHY REVIEW

The research work presented in this article started with a background bibliography review process in relation to the use of hypermedia educational materials in particular, and ICTs in general, in the area of Mathematics. A systematic search for academic papers on this topic was carried out and presented in el Río, Búcarí & Sanz (2016) Kitchenham et al. (2009) was followed: questions were defined to guide the search process, inclusion and exclusion criteria were established, and sources were selected based on quality criteria. Thirty-four articles, published between 2009 and 2017, were considered for the analysis. Then, an update of this review was made in 2018, including new articles of this year. The following questions were used to guide the analysis and classifying the articles:

- A) What are the uses proposed for the materials developed? What hypermedia resources are used? What are the goals for using them?
- B) What are the achievement indicators defined by the researchers to analyse if goals were achieved? What are the most relevant research methodologies in the research area?

*To whom correspondence should be addressed:
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de La Plata
Calle 115 y 49, 1er piso, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina

- C) What are the theoretical frameworks in Mathematics Didactics and/or Educational Technology that support the proposal? Is there dialogue between the disciplines in the context of this research work?

As regards to the first question, most of the articles considered were found to revolve around the design of some application or digital study material aimed at helping with the graphical visualization of concepts and favouring dynamic exploration through the interaction features offered by the digital media (Ascheri, Pizarro, Astudillo, García, & Culla, 2014; Dolecek, 2012; Gonzalez, Medina, Vilanova, & Astiz, 2011; Mendezabal & Tindowen, 2018). Several authors use applets (Aveleyra, Dadamia, & Racero, 2014; Ramírez Osorio, 2014) and animation (Morales, Herrera, Fennema, & Goñi, 2014; Pirro et al., 2012) as interactive resource.

Other authors integrate hypermedia technologies to improve some aspect of their lectures, usually out of an interest to facilitate visualization, but without taking advantage of the student-interaction features offered by these materials. For example, in (Schivo, Sgreccia, & Caligaris, 2009) the authors propose using applets to present theoretical classes as a tool for illustrating the contents being discussed in a dynamic and animated way.

Some of the authors include simulators to approach the issues identified in relation to the teaching and learning process. For instance, to help students propose mathematical models for the operation of a system and observe its behaviour (Aveleyra et al., 2014; Morales et al., 2014; Pirro et al., 2012).

There is a minority of articles where games are used as an element to motivate Mathematics students (Morales et al., 2014; Oliveiro, 2013). In some cases, videos are used, typically to implement the flipped classroom methodology, i.e., theoretical contents are offered in video format and the face-to-face classes are used for different types of tasks, such as problem solving, student consultation, etc. (Coll & Blasco, 2009; Pantoja et al., 2014; Sun, Xie, & Anderman, 2018).

Some authors propose the use of hypermedia to demonstrate mathematical procedures step by step. One of such examples is the work presented by Guerra, Mora, Nieves, Pimentel and León (2016), where the authors defend that students, “need tools that can help them understand and visualize the entire process to develop skills to work with matrices” (p. 2). In Barrena, Falcón, Ramírez, & Ríos (2011), the authors propose using the GeoGebra software application to create presentations showing a step-by-step solution to a problem.

In two of the articles that were reviewed, the use of augmented reality is proposed to improve student comprehension of three-dimensional objects (Martín-Gutiérrez et al., 2010; Yingprayoon, 2015).

Recent works address self-regulated learning in computer-based hypermedia environments, analysing navigation issues, among other indicators (Müller & Seufert, 2018).

As regards question (B), it was found that the methodologies used by the researchers that are interested in using hypermedia materials to teach Mathematics can be divided into two broad groups based on their driving goal: 1. Improving learning, and 2. Improving student attitude. Some are concerned with both aspects and use methodologies that combine techniques from both groups, while others have well-supported educational proposals but do not put them into practice and, therefore, their group cannot be established.

For the first group, the most commonly used methodology consists of comparing academic performances of groups that used the material designed for any given activity and groups that did not (Guerra et al., 2016; Schivo et al., 2009). To a lesser extent,

there are articles where student knowledge on a certain topic is assessed before and after using the material being studied, but no control groups are used. Student production is analysed and interviews are carried out to establish the type of learning that has taken place (Insunza et al., 2009). Also, peers and experts are asked to assess the material for validation purposes (Di Domenicantonio et al., 2011).

As for the second group, aiming at achieving attitudinal improvements through the use of HEM, the following methodologies were observed: student surveys, which is the one most commonly used, and indicators such as decreased absenteeism and increased class participation.

Finally, in relation to the theoretical contributions made by the authors to support the use of HEM for teaching Mathematics, it was found that some authors resort to Educational Technology theoretical contributions but do not take into account the specific aspects of the mathematical knowledge to be taught (Aveleyra et al., 2014; Sorando, 2012), while others resort to theories framed within the specific didactics of Mathematics (Gonzalez et al., 2011). In some cases, there is an attempt to integrate both disciplines (Ascheri et al., 2014; Pantoja Rangel et al., 2014), but only common aspects are highlighted and tensions between them are disregarded.

3 BACKGROUND

One of the main conclusions drawn from the bibliographic review phase is that, to support the practices being proposed, a theoretical framework that is based both on the Specific Didactics of Mathematics as well as on Educational Technology should be considered. Below, the aspects of Specific Didactics that are considered to be the most relevant ones for this research work are discussed followed by a similar analysis in relation to Educational Technology.

3.1 Specific Didactics: The French School

The so-called French School of Didactics of Mathematics has formulated theories that allow explaining the teaching and learning processes used in Mathematics. For this work, two of those theories have been considered in particular: the Theory of Didactical Situations (TDS) proposed by Brousseau (1986) and Duval’s Theory of Registers of Semiotic Representation (Duval, 1998). TDS falls within Piagetian constructivism (Brousseau, 2007) – it states and considers that student work should, at times, be compared to scientific activity: “A good reproduction of a scientific activity by a student would require the student to act; formulate; test; build models, languages, concepts, theories; interchange those with others; recognize those that match the culture; take those that are useful, etc.” (Brousseau, 1986). The theory proposed by Duval states that, unlike study objects in other scientific disciplines, mathematical objects, “are not physically accessible through sensory experiences, either directly or through the use of instruments. The only way to access and work with them is through semiotic representations and signs” (Duval, 2006, p. 157). Duval highlights the importance of having students work with different registers of semiotic representation. This involves the abilities of representing and recognizing a mathematical object in different representation registers, being able to perform transformations between registers, and selecting those registers that are most suitable for any given problem situation: “mathematical activity requires internal coordination, which has to be constructed, among the various representation systems that can be chosen and used” (Duval, 2006, p. 158).

3.2 ICTs contributions

The integration of the so-called ICTs to the teaching and learning processes in the educational context is important for the development of the competencies required in professionals nowadays, and in Engineering students in particular (Claro et al., 2012; Humanante-Ramos, García-Peñalvo, & Conde-González, 2017). Bresco, Verdú and Flores (2012) highlights the multimedia elements and interaction possibilities: “starting from the existence of a diversity of learning styles, and with the wide range of resources offered by information and communication technologies, interactive digital contents are considered as elements that can offer responses to the different styles” (p. 3). Multiple authors (Berney & Bétrancourt, 2016; Mayer, 2003) highlight the importance of including multimedia elements in educational materials, especially in the case of novice learners. Berney and Bétrancourt (2016), present a meta-analysis of bibliography on the inclusion of animations in educational materials is presented, with the observation that “studying with animation when learning dynamic phenomena is beneficial compared to static graphic displays” (p. 157).

In addition to these aspects, hypermedia materials offer the possibility of connecting information in various ways, helping create non-linear paths: “Hypermedia offers multiple representations that are hyperlinked, thus allowing the student to control the sequencing of information” (Moos, 2014, p. 129).

In short, the aspects of the HEM that are of interest are their semiotic richness, the possibility of enabling non-linear paths in study materials, interactivity possibilities, and the active attitude students are likely to adopt when faced with these features.

4 EDUCATIONAL CONTEXT FOR HEM

The experience was developed within the course of [Mathematics A, School of Engineering of the National University of La Plata.]. Since 2002, the teaching methodology implemented by the team of educators starts by questioning the traditional model. Amphitheatre classrooms were replaced by flat classrooms with large tables that accommodate groups of 8-10 students each, to favour peer exchange during the classes. Thus, students work in groups, using a theoretical-practical guide and assisted by a team of educators. In this context, all students are conceived as subjects that are capable of learning the contents, so educators are constantly searching for suitable media and aids to help them achieve that goal (Búcarí, Abate, & Melgarejo, 2007). On each table there is also a computer with mathematical software that the students can use. Learning how to use this type of software application is very important for engineers-to-be, but given the intense nature of the course and the inherent difficulty of classic computer algebra systems (CAS), integration with these resources is usually scarce. For this reason, a strategy to help these students become acquainted with this type of tool was created by integrating contents and activities in a HEM, aimed at presenting different semiotic representations, introducing the use of GeoGebra applets, and promoting an active role in students (Del Río, Búcarí, González, 2014) based on the concepts supported by Brousseau and Duval and the possibilities offered by hypermedia materials.

5 CHARACTERISTICS OF THE HEM DEVELOPED

The HEM (Del Río, Búcarí, & Sanz, 2015) was based on the contents of the original theoretical-practical guide (printout material), which included the following topics: vectors (introduction and basic operations), straight lines in space, and planes. It was devel-

oped using an authoring tool (Moralejo, Sanz & Pesado, 2014), called eXeLearning. This is a free and open program to create educative content integrating multimedia resources. A hierarchy was created, with parent nodes corresponding to the introduction of the different topics, and child nodes used to provide in-depth information and to carry out related activities.

This HEM is aimed at keeping some of the essential features of the print-out, which is designed to make students work, solve problems and reflect, but it also integrates and exploits the possibilities offered by hypermedia languages. All topics share the same structure: problem situations are presented to the students to foster classroom discussions around the concepts that they should learn. After these situations are presented, and after the students solve them as a group, relevant definitions, property descriptions, theorems and examples are offered in the material. There are also exercises aimed at helping the students master the techniques learned during their classes. The multimedia resources used in our HEM are presented in Table 1.

Table 1. Resources used in the HEM

Multimedia resources	Objective
Animations with GeoGebra	Helping understand the dynamic process carried out to create constructions
3D images to watch with anaglyph glasses	Helping students visualize their first 3D mathematical objects and work with them (vectors, straight lines in space and planes) Improving the use of various registers of representation
Interactive GeoGebra applets	Proposing construction activities so that students can explore, conjecture, generalize
Activities with feedback	Helping students master calculation techniques through instant feedback

6 METHODS

The scope of this work is descriptive. Quantitative and qualitative methods are triangulated to take into account all the different aspects that affect a complex scenario such as the educational context (Bravin & Pievi, 2008). Before the experience in the classroom, a survey was distributed among the students of the course of Mathematics A. Three groups of the course used our HEM (experience groups; grand total of 101 students) and the other three were used for comparison (control groups; grand total of 111 students). A convenience sampling technique (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) was used, which is a non-probabilistic sampling method, because subjects are not randomly selected. Since we decided to work with students in their usual work context, already formed groups of students and educators were used.

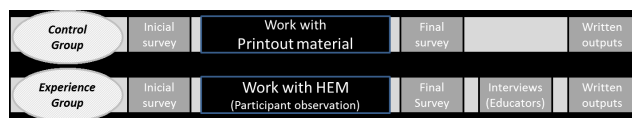
For the qualitative approach, different methodological techniques were used. The aim of the qualitative techniques used was to complement and contrast the results from the surveys.

As regards to qualitative techniques, the experience included participant observation to monitor how students worked with the material. Additionally, the educators in charge of the three groups that used the HEM were interviewed for better insight in relation to the observations recorded during the experience and how the students responded.

Finally, written outputs produced by the students in their exams were analysed to determine whether there were any differences between the students in the groups that used the material and those

in the control groups in relation to the strategies used to approach the activities proposed. Figure 1 depicts a timeline showing when each technique and instrument was applied in each of the groups.

Figure 1. Chronological representation of the implementation of the various data collection instruments in each of the groups



In the following sections, the results obtained with the different data collection instruments used are presented and analyzed, and then they are triangulated to account for the scope and limitations of the teaching experience.

6.1 The surveys

The initial survey had three parts. The first part was aimed at characterizing the students to verify if groups were homogeneous in relation to age, gender, nationality, educational background (public/private and orientation chosen in high school), and to take any potential differences into account when analysing the impact of the material in relation to students' attitudes. The second part of the survey was aimed at establishing student access to digital devices and how they use them. The survey presented in (Sanz & Zangara 2016) was considered when preparing this section of our survey. The third part was oriented to measuring student attitude towards: 1) the use of ICTs as part of the teaching and learning process, 2) Mathematics, and 3) the use of ICTs to learn Mathematics. This measurement has a dual purpose: on the one hand, to further characterize students to establish potential causes for any differences that may be observed in their assessment of the experience and, on the other, analysing if there are any changes in student attitude before and after the experience.

Attitudes were measured using a Likert scale (Hernández et al., 2010). To shape the statements included in the survey to quantify student attitude towards ICTs, the work presented in (Nobile & Sanz, 2014) was used as reference. To measure student attitude towards Mathematics, the work of Hurtado Mondoñedo (2011) was used as reference. These mentioned instruments considered for building the surveys used in this research, had an appropriated analysis of validity and reliability, as it is stated in the above-cited works.

The final survey (after the experience) had 2 parts. It was applied two weeks after the classroom experience was completed. The first part was the same for all groups (control and experience), and it was identical to the third part of the initial survey. In the second part, students had to indicate if they had found the topics presented during the experience to be easier, harder, or of equal difficulty as those taught in previous classes for the course. The goal behind posing this question for both groups was establishing if there were any differences as regards perceived difficulty between students using the HEM and those who used conventional materials (printouts).

The groups that worked with the hypermedia educational materials also had to assess the various aspects of the HEM. To prepare this part of the questionnaire, the works presented in (Pompeya López, 2008) and (Martorelli, Martorelli & Sanz, 2014) were used as reference. Some open-ended questions were also included to allow students to provide more detailed information about their experience using the HEM in the classroom – students were asked to mention one positive and one negative aspect of the material.

As already mentioned, a Likert scale was used to analyse students' attitudes. Each student was assigned a value representing his/her attitude. This is an ordinal variable, so Mann-Whitney U test was used to establish the differences between the different groups (Molinero, 2001). The test is applied to samples of two populations A and B. The null hypothesis is that A and B have the same distribution.

To analyse variations in attitudes, a Wilcoxon matched paired test was used, since it compares groups of paired measurements at interval or ordinal measurement levels (Siegel, 1970). In this case, student attitudes measured before (A) and after (B) the experience was considered, both for groups that used the HEM and control groups. In all cases, statistics tests were carried out with Prism 5.0 (<https://www.graphpad.com/scientific-software/prism>).

Finally, to establish if there was correlation between any of the starting variables (educational background, gender, previous experience using GeoGebra, and so forth) and the final assessment of the HEM, students were split into groups based on the value corresponding to the variable being considered (or within a given range of values) and response distribution was analysed in each of these groups. If any significant differences were observed, it was concluded that the variable did affect student assessment.

6.2 Participant observation

This data collection strategy was carried out in the groups that used the HEM while the experience was being developed. General aspects in relation to student attitudes and how these affected classroom dynamics were recorded, as well as conversations between students to establish and describe the strategies they used to approach the activities proposed in the HEM and take control over the applets based on GeoGebra. To do that, an anecdotal record was created with "a specific segment of reality, previously defined and guided by a theoretical framework" (Aragón, 2010, p. 7). To record this information, the observer sat at the tables with the students when they were getting ready to discuss and solve any of the interactive activities proposed in the HEM. The entire discussion is registered, along with student interventions. Sometimes, the observer takes on the role of educator and becomes an active participant (which is also registered). By registering these exchanges, the strategies used by the students in relation to a specific scenario can be described, as well as student interaction with each other and with the HEM.

The results from qualitative analysis allowed the researchers to observe students attitudes towards the HEM, and compare these observations with the results of the survey. In addition to that, they allowed for the description of the strategies students used to learn with the HEM, how they solved the problems proposed involving their previous knowledge, and in comparison with the students of the control groups.

To register the observations during the sessions, notes were taken and then they were reviewed completed immediately after each class, as is recommended by several authors (Aragón, 2010; Bravin & Pievi, 2008).

6.3 Interviews with educators

The semi-structured interview with participating educators was intended as a supplement to student point of view and better understanding the process that took place in the classroom. The educators involved in the experience were interviewed as a group, since "in certain cases, interaction, and in particular group interaction, allows for a more in-depth discussion and favours insight on the phenomena being discussed" (Corbetta & Fraile Maldonado, 2007, pp. 359–360).

For this purpose a script has been prepared, including seven questions, as a guide for the interview. Nevertheless, according to the semi-structured format, the interviewer may not follow the script literally to deepen unforeseen aspects that emerge from the conversation (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Questions revolved around students' attitude while working with the HEM (positive or negative, and, if not homogeneous, which type of students they think respond better to the material), how class work affected students habits afterwards (whether students adopted GeoGebra as a learning tool after the experience was over), any differences they may have observed in relation to how the topics included in the HEM are approached as opposed to other groups of students they worked with in previous years, as well as around the material itself (changes they would like to introduce, whether they think the material was a positive contribution as regards attitudinal or cognitive aspects).

Finally, answers given by educators were contrasted with the results of the surveys and the observations of the researchers. Convergent and complementary aspects were analysed. In this way, the results of the different data collection instruments were triangulated (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

6.4 Analysis of student written work at exams

As regards to student production, the section of exams corresponding to the topic included in the HEM was analysed. The instructions given were analysed and possible solutions were described. Then, student productions were reviewed and classified based on their success, errors made, and tools used.

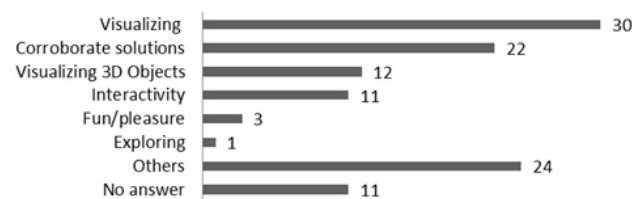
Categories were defined to group the different solutions presented by the students. Next, the frequency of occurrence of each of these categories in each of the groups being studied was established to determine if there were any significant differences among them.

7 DISCUSSION AND RESULTS

7.1 The surveys

Even though most of the students rated the experience positively, results were not as clear-cut as expected (52% positive ratings, 6% negative ratings, and 40% indifferent; 2% of the students did not answer the question). Everyone indicated positive and negative aspects of the HEM. The most frequently mentioned positive aspects were: a) it allowed them visualize 3D objects, b) being able to corroborate their solutions using GeoGebra applets, and c) better insight into the topics being studied (this group of students could not provide details as to why or how the HEM helped them better understand the topic). Figure 2 shows a chart with the frequencies for each of these answers. The most frequently mentioned negative aspects included: a) additional time required to use the HEM, b) difficulties to learn how to use GeoGebra applets, c) lack of enough available computers (which forced them to adapt to the pace of their classmates with whom they shared a computer), and d) the inconvenience of having to carry their portable computers and others borrowed notebooks from the institution. Interestingly, a small group mentioned as a negative aspect that in the exam GeoGebra is not available to them to solve activities. In addition to that they considered using GeoGebra during the classes results in less practice solving activities in the way they are asked to do it for their exams. A similar case was a group of students who stated, that focusing so much on the graphical interpretation results in less practice in relation to the analytical aspects, which is "what really matters".

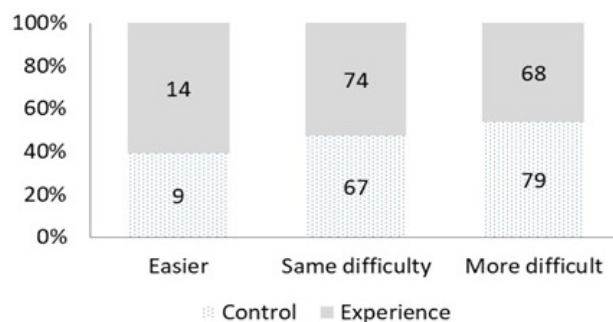
Figure 2. Positive aspects reviewed by the students and their frequency



The aspects that the students identified as positive are relevant from a didactic point of view and based on the objectives proposed for HEM integration, since they show improved visualization, better understanding and autonomy when analyzing if a mathematical problem was successfully solved. However, from the point of view of the students, the difficulties they faced had a significant weight, which is evident from the number of students who indicated they were indifferent to the experience. This also seems to have had a negative impact in relation to their attitude, since the groups that used the HEM showed lower ratings for ICTs, both in general as well as when using them as learning tools for Mathematics, after the experience, which did not happen with the control groups (there was also a decrease in their attitude towards Mathematics, but this was also present in the control groups) (Del Río, Sanz & Bucari, 2017). The following data arising from this analysis are also interesting:

- Both the students who used the HEM and those in the control groups were asked to state if they found the contents learned during the experience to be: a) easier, b) about the same difficulty, or c) more difficult than those learned in the course before the experience. The results for this question are shown in Figure 3. It can be inferred that moving from the plain to the space was slightly less abrupt for the students who worked with the HEM. However, the students probably did not notice this, since they did not go through the more traditional educational path and, therefore, remained unaware of the advantages of the HEM.
- There is another indicator that is considered as a positive response, and this is in relation to the question of whether they would use GeoGebra to work in future new topics. Student answers were 89 Yes, 9 No, and 3 did not answer. The interview with the educators (which was part of the qualitative analysis) is discussed in the following sub-section. It confirms that the software was later on adopted to learn subsequent topics. This was beneficial in the sense of improving the connection between registers of representation.

Figure 3. Students' answers to the question about perceived relative difficulty of the topics taught using HEM and previous topics in the course



Finally, input variables were matched with the final assessment of the experience so as to establish if there are any future changes that can be implemented to help students better exploit the experience, or to establish which type of student profile finds this material more useful. Multiple correlation analysis were carried out, and only two yielded statistically significant results:

- The students that had already started using GeoGebra in high school gave higher ratings to the experience than those who had never used it (Fig. 4).
- Since the experience was carried out to teach the first topic unit learned after the first exam, their grades were considered as a potential factor that could affect how students rated the experience. It was found that, both for students who failed their exams and for students who obtained high grades, experience ratings were lower than for those who passed with grades lower than or equal to 7 (Fig. 5). This could mean that the students who failed maybe felt discouraged and were not as satisfied with the experience, while those who obtained higher grades in their first exam were less prone to have a positive assessment of the experience because they had already found a successful strategy to pass and the change introduced was more of a hindrance to them.

Figure 4. Experience ratings compared to grades obtained in the first exam

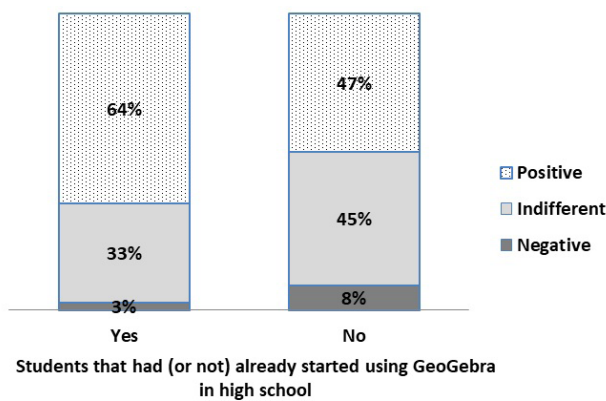
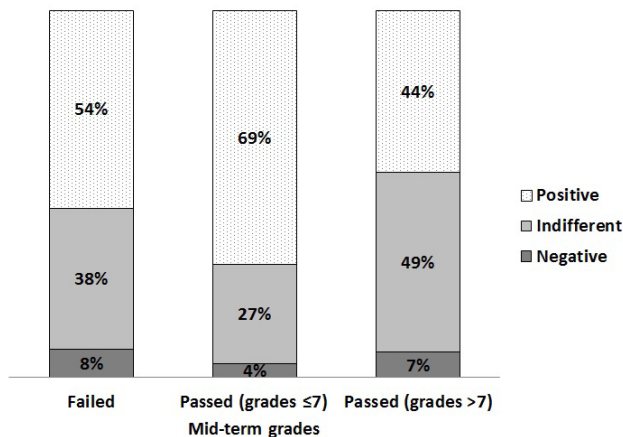


Figure 5. Experience ratings compared to prior use of GeoGebra



7.2 About the interviews with the educators

After the experience ended, the educators from the participating groups were interviewed to add their information to that obtained from students and participant observation. The interviews were recorded and analyzed later by the researchers. The main results obtained from these interviews are the following:

- As regards the HEM, the educators had a positive opinion about it. The main aspects highlighted by educators were R³ display and using GeoGebra applets.
- Among the challenges they faced, for the most part they mentioned that they had not had enough time to interact with the HEM before the experience to be more familiar with it.
- After the experience, they noted that some students continued using GeoGebra. They brought questions about exercises that they had tried with GeoGebra at home. This is interesting in terms of tool adoption by the students.
- The same as for the students, the educators were concerned with regards to time. They stated that, when a strategy is changed, additional time is needed for proper training.

7.3 About participant observation

The first general observation was that, during the first class, all students embraced the HEM and tried to carry out the activities it proposed. However, from the second class onwards, attitudes were varied: some students kept working as in the first class, while others also used the traditional printed material.

When solving problems, the students that worked with the HEM presented a more exploratory attitude than those working with the printed material and pen and paper. Working with the GeoGebra applets included in the HEM allowed the students to explore different solutions. The activities proposed were enriched, since the digital environment allowed students to use multiple strategies and apply different pieces of prior knowledge, as shown by the records of classroom discussions. It should also be noted that students were able to autonomously select those GeoGebra tools that they deemed appropriate to solve the problem. They worked on a trial-and-error basis, making mistakes and then correcting them, as some of the constructions handed in show, where there are objects that were initially used and then hidden after deciding that they were not useful to solve the problem.

7.4 About the analysis of student work at exams

To find evidence of differences in relation to acquired knowledge, written student production at their second mid-term was analyzed, comparing how students who used the HEM solved the problems with how those who were in the control group did. Only the activities related to the topic taught using the HEM were considered.

No significant differences were found between both groups. This means that there is no evidence that the HEM had an impact on exam performance specifically, even if it did have one on other aspects, as discussed in previous sections.

8 CONCLUSIONS

It can be concluded that, for the most part, the HEM achieved the proposed didactic goals: students were able to adopt a computer tool to work with mathematical problems with autonomy for solving and self-correcting their work, they were able to more easily understand three-dimensional mathematical objects through 3D-visualization features, they became acquainted with GeoGebra applets, and they could discuss multiple strategies, as opposed to what happens when they use just pen and paper.

However, there were several factors that affected the experience negatively (number of computers available, time, attitudinal aspects), which ultimately resulted in students not being able to exploit the HEM to its fullest potential. This work yielded some light on the barriers faced when integrating this type of material, including student preconceptions such as considering that the analytical aspect is more important than the graphical one, or considering that the only thing that matters is training for exams. On the other hand, some positive contributions of the HEM surfaced in relation to changes in the role of the students – they were more open to trying different solutions and to search for strategies to solve mathematical problems. The HEM also offered possibilities for using different registers of representation, which is considered to be valuable in the Specific Didactics of Mathematics. In the future, improvement variables and the barriers faced will be addressed, while exploring the use of mobile devices, given the high availability of this type of device among students.

REFERENCES

- Aragón, V. (2010). La observación en el ámbito educativo. *Innovación y Experiencias Educativas*, 35, 1-10.
- Argos, J., & Ezquerro, P. (2013). Entornos hipertextuales y educación. *TESI*, 14(3), 175-190.
- Ariza, C. A., & Andradá, O. A. (2008). El hipertexto educativo: una herramienta para la mejora de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia. In *Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad En Educación a Distancia*.
- Ascheri, E., Pizarro, R., Astudillo, G., García, P., & Culla, M. E. (2014). Software educativo en línea para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Cálculo Numérico. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 14(2). doi:10.18845/rdmei.v14i2.1662
- Aveleyra, E., Dadamia, D., & Racero, D. (2014). Una propuesta de aprendizaje universitario con TIC para recursantes. *Revista Iberoamericana de Educación En Tecnología y Tecnología En Educación*, 13, 36-42.
- Barrena, E., Falcón, R. M., Ramírez, R., & Ríos, R. (2011). Presentación y resolución dinámica de problemas mediante GeoGebra. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 25, 161-174.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers and Education*, 101, 150-167. doi:10.1016/j.compedu.2016.06.005
- Bravin, C., & Pievi, N. (2008). *Documento metodológico orientador para la investigación educativa*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación/Organización de los Estados Iberoamericanos.
- Brescó, E., Verdú, N., & Flores, O. (2012). Valoración del estudiantado sobre el uso del material interactivo en materias de la Universidad de Lleida. *EDUTECH Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 42.
- Brousseau, G. (1986). Fundamentos y métodos de la didáctica de la matemática. *Recherches En Didactique de Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Editorial Libros Del Zorzal.
- Bucari, N., Abate, S. M., & Melgarejo, A. (2007). Estructura didáctica e innovación en educación matemática. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 8, 17-28.
- Claro, M., Preiss, D. D., San Martín, E., Jara, I., Hinostraza, J. E., Valenzuela, S., ... Nussbaum, M. (2012). Assessment of 21st century ICT skills in Chile: Test design and results from high school level students. *Computers and Education*, 59(3), 1042-1053. doi:10.1016/j.compedu.2012.04.004
- Coll, V., & Blasco, O. (2009). Aprendizaje de la estadística económico empresarial y uso de las TICs. *EDUTECH Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 28.
- Corbetta, P., & Fraile Maldonado, M. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social* (2ª ed.). Mc Graw-Hill.
- Del Río, L., Búcarí, N., & González, A. (2014). La integración de las TIC en las clases de matemática en el nivel universitario: ¿cómo afrontar este desafío? In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Buenos Aires.
- Del Río, L., Búcarí, N., & Sanz, C. (2015). Material didáctico hipermedia para la Enseñanza de la Matemática en carreras de ingeniería: Inicios de una investigación. In *XIX Enseñanza de las matemáticas en carreras de ingeniería*. San Nicolás de los Arroyos.
- Del Río, L., Búcarí, N., & Sanz, C. (2016). Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. In *II Congreso Internacional de Enseñanza de las ciencias y la Matemática*. Tandil.
- Del Río, L., Sanz, C., & Búcarí, N. (2017). Actitudes de los estudiantes frente a un material hipermedia para el aprendizaje de la matemática: un estudio de caso. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 17, 24-33.
- Di Domenicantonio, R. M., Costa, V. A., & Vacchino, M. C. (2011). La visualización como mediadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje del Cálculo Integral. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 27, 75-87.
- Dolecek, G. J. (2012). MATLAB-Based Program for Teaching Autocorrelation Function and Noise Concepts. *IEEE Transactions on Education*, 55(3), 349-356. doi:10.1109/TE.2011.2176736
- Duval, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. In F. Hitt (Ed.), *Investigaciones en Matemática Educativa II* (pp. 173-201). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación semiótica. *La Gaceta de La RSME*, 9(1), 143-168.
- Gonzalez, J., Medina, P., Vilanova, S., & Astiz, M. (2011). Un aporte para trabajar sucesiones numéricas con Geogebra. *Revista de Educación Matemática*.
- Guerra, A. A., Mora, D. A., Nieves, L. A. P., Pimentel, G. J. M., & León, C. C. (2016). Software educativo para el trabajo con matrices. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 16(2), 1-12.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México DF: Mc Graw-Hill.
- Humanante-Ramos, P. R., García-Peñalvo, F. J., & Conde-González, M. Á. (2017). Electronic devices and web 2.0 tools: usage trends in engineering students. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 33(2B), 790-796.
- Hurtado, L. (2011). Validación de una escala de actitudes hacia las matemáticas. *Investigación Educativa*, 15(28), 99-108.
- Insunza, S., Alonso, D., & Alvarez, A. (2009). Desarrollo de software para el aprendizaje y razonamiento probabilístico: El casode SIMULAPROB. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18, 135-149.
- Kitchenham, B., Pearl, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7-15. doi:10.1016/j.infsof.2008.09.009
- Martín-Gutiérrez, J., Luis, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers and Graphics (Per-gamon)*, 34(1), 77-91. doi:10.1016/j.cag.2009.11.003
- Martorelli, S., Martorelli, S., & Sanz, C. (2014). Evaluación del material educativo Histologi@. Diseño del Plan de Evaluación y primeros resultados de su implementación. In *IX Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología*.
- Mayer, R. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139. doi:10.1016/S0959-4752(02)00016-6
- Mendezabal, M. & Tindowen, D. (2018). Improving students' attitude, conceptual understanding and procedural skills in differential calculus through microsoft mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 385-397. doi:10.3926/jtse.356
- Mohamad, M., Hussin, H., & Shahizan, S. (2015). Adult learners' perceptions of designed hypermedia in a blended learning course at a public University in Malaysia. *TOJET The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 14(1), 31-38.
- Molinero, L. M. (2001). *Comparación de un resultado de tipo ordinal entre dos muestras independientes*. Sociedad Española de Hipertensión - Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. Retrieved from http://www.seh-lelha.org/stat1.htm
- Moos, D. C. (2014). Setting the stage for the metacognition during hypermedia learning: What motivation constructs matter? *Computers and Education*, 70, 128-137. doi:10.1016/j.compedu.2013.08.014
- Morales, M., Herrera, S., Fennema, C., & Goñi, J. (2014). Estrategias de m-learning para la enseñanza de la Matemática en Carreras de Ingeniería. In *II Congreso Argentino de Ingeniería*. Mar del Plata.
- Müller, N., & Seufert, T. (2018). Effects of self-regulation prompts in hypermedia learning on learning performance and self-efficacy. *Learning and Instruction*, 58, 1-11. doi:10.1016/j.learninstruc.2018.04.011
- Nóbile, C. I., & Sanz, C. V. (2014). *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 Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Informática*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Oliveiro, C. L. (2013). Plataforma de Ensino Siena: refletindo sobre a utilização das TIC no processo de ensino e aprendizagem. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 35, 9-18.
- Pantoja, R., López, A., Ortega, M. I., & Hernández, J. C. (2014). Diseño instruccional para el aprendizaje del concepto de límite: Un estudio de caso en el ITCC,

- la UJED, la UASLP y la UAN. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 37, 91–110.
- Pirro, A. L., Fernández, M. E., Daher, N., Quercia, M. C., Barbano, R., & Moro, L. (2012). La simulación y visualización de curvas paramétricas. Una mirada pedagógica en el diseño de material multimedial. In *Congreso Argentino de Enseñanza de La Ingeniería*.
- Pompeya, V. E. (2008). "Blended Learning". La importancia de la utilización de diferentes medios en el proceso educativo (Tesis de Magister). Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Rabeh, M. (2018). Interactive Hypermedia Programs and its Impact on the Achievement of University Students Academically Defaulting in Computer Sciences. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(3), 142-147.
- Ramírez, R. (2014). Un Ambiente Virtual de Aprendizaje para la Enseñanza del Cálculo en Educación Superior. In *IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías del Aprendizaje (LACLO)* (pp. 728-732).
- Sanz C., & Zangara, A. (2013). Encuesta generada por la Dirección de Educación a Distancia de la Facultad de Informática de la UNLP.
- Shivo, M. E., Sgreccia, N., & Caligaris, M. (2009). Recursos didácticos en análisis matemático I: Su vinculación con la visualización dinámica y el interés en el aprendizaje de los futuros ingenieros. El caso de la FRSN-UTN. In *I Congreso Internacional de Enseñanza de Las Ciencias y La Matemática*. Tandil.
- Siegel, S. (1970). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Editorial Trillas.
- Sorando, J. M. (2012). Blog de aula: la clase sigue en casa. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 31, 139-151.
- Sun, Z., Xie, K. & Anderman, L. (2018) The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses. *The Internet and Higher Education*, 36, 41-53. doi:10.1016/j.iheduc.2017.09.003
- Yingprayoon, J. (2015). Teaching Mathematics using Augmented Reality. In *20th Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 384-391).

How to cite this article: del Río, L. S., Sanz, C. V., & Búcarí, N. D. (2019). Incidence of a hypermedia educational material on the Teaching and Learning of Mathematics. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 50-57. doi:10.7821/naer.2019.1.334

Incidence of a hypermedia educational material on the Teaching and Learning of Mathematics

del Río, L. S.; Sanz, C. V., & Búcarí, N. D. (2019). Incidence of a hypermedia educational material on the Teaching and Learning of Mathematics. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 50-57. doi:10.7821/naer.2019.1.334



INTRODUCTION

ITCs They offer a great diversity of new resources to enrich the teaching and learning processes.

Objective introducing hypermedial educational (HEM) material

EDUCATIONAL CONTEXT WHERE WORK WITH HEM IS CARRIED OUT

At the First-Year Course of Mathematics A of the School of Engineering at the National University of La Plata.

CHARACTERISTICS OF HEM

Based on the contents of the original theoretical and practical guide developed by teachers of the course in which the following topics are dealt with: vectors; straight lines in space; and planes. (**eXeLearning program**)



METHODS

Descriptive



BEFORE STARTING

Survey with 6 Mathematics A commissions with three parts:

1st Personal data **2nd** Technology use and access **3rd** Attitudes toward ICTs.

AFTER STARTING

Survey with two parts:

1st The same as the 3rd above **2nd** Easiness and difficulty of the topics covered.

Qualitative methodological techniques

Participant observation, semi-structured interview to teachers and analysis of exams



RESULTS



THE SURVEYS



Assessment of the experience

POSITIVES aspects

- Visualizing three-dimensional-space objects.
- Confirming solutions through the use of GeoGebra applets.
- Acquiring a better understanding of contents in the unit dealt with.

NEGATIVES aspects

- The additional time that they had to dedicate to using HEM.
- Difficulties to learn the GeoGebra program.
- Shortage of computers.
- Having to bring their own laptops.

INTERVIEWS WITH TEACHERS

- HEM** — They thought it was **POSITIVE**
- Difficulties** — Lack of time to interact with the material in advance.
- Students** — They brought consultations about exercises tested with GeoGebra at their homes.

About PARTICIPANT OBSERVATION

1st general observation during classes

1st they all dealt with HEM **2nd** HEM and other traditional materials

2nd general observation

Students show a more exploratory attitude than that shown when working with printed material, pencil and paper GeoGebra applets made it possible to test solutions and the Use of multiple strategies taking advantage of different previously acquired knowledge items.

control group

EXAM

Experiment group

With no significant differences

CONCLUSIONS

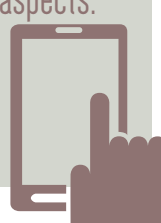


Educational goals achieved

- 1st** Use of a computer tool for mathematical work.
- 2nd** Understanding three-dimensional mathematical objects.
- 3rd** Familiarization with GeoGebra applets.
- 4th** Discussion of multiple strategies.

To improve — Number of devices available, time, and attitudinal aspects.

Future — Focusing on improvement variables + barriers found + work with mobile devices.





Incidencia de un material didáctico hipermedial para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática

Laura Sombra del Río^{1*} , Cecilia Verónica Sanz² , Néstor Daniel Búcarí³ 

¹IMAPEC, Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina {laura.delrio@ing.unlp.edu.ar}

²III LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, CIC, Argentina {csanz@lidi.info.unlp.edu.ar}

³Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Argentina {nbucari@ing.unlp.edu.ar}

Recibido el 6 Julio 2018; revisado el 14 Septiembre 2018; aceptado el 16 Octubre 2018; publicado el 15 Enero 2019

DOI: 10.7821/naer.2019.1.334



RESUMEN

El uso de materiales didácticos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje ha cobrado relevancia en los últimos años y es objeto de múltiples investigaciones. En particular en Matemática, se pueden encontrar diversos trabajos acerca de las potencialidades de estos materiales para mejorar tanto los aprendizajes como las actitudes de los estudiantes. En el presente artículo se comparten los resultados de un estudio de caso realizado en un curso de Matemática de primer año de una facultad de ingeniería, para el cual se desarrolló un material didáctico hipermedial y se analizó su impacto. Se diseñó, además, un marco de análisis cuantitativo y se realizó una experiencia con alumnos ($n=101$) que utilizaron este material y un segundo grupo que no lo utilizó como grupo control ($n=111$). La valoración de los estudiantes resultó positiva, pero no en la medida esperada. Sin embargo, las entrevistas realizadas a los docentes y la observación participante permitieron conocer que el uso del material contribuyó positivamente en distintos aspectos del aprendizaje de los estudiantes: por ejemplo, les permitió adoptar un software matemático como herramienta de exploración y de producción de conjeturas, promovió una actitud crítica, y utilizaron dicho software para verificar lo que realizaban con lápiz y papel mediante conversiones de registro de representación semiótica.

PALABRAS CLAVE: ENSEÑANZA MULTIMEDIA, SOFTWARE EDUCATIVO, TECNOLOGÍA EDUCATIVA, MATERIALES PARA LA ENSEÑANZA, MATEMÁTICA.

1 INTRODUCCIÓN

Las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ofrecen una gran diversidad de nuevos recursos para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, la posibilidad de introducir materiales didácticos hipermediales (MDH) que permiten combinar lenguajes multimediales e hipertextuales, propios de las formas de comunicación más habituales en estos tiempos. Las ventajas y obstáculos que aparecen con la integración de este tipo de materiales en diversos contextos edu-

cativos son objeto de múltiples investigaciones en la actualidad (Argos & Ezquerro, 2013; Ariza & Andrada, 2008; Mohamad, Hussin & Shahizan, 2015; Müller & Seufert, 2018; Rabhe, 2018). En particular, para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, disciplina con características epistemológicas distintivas, se pueden encontrar varios trabajos que dan cuenta de experiencias de diseño e integración de MDH, generalmente con resultados alentadores (Di Domenicantonio, Costa, & Vacchino, 2011; Insunza, Alonso, & Alvarez, 2009; Pantoja, López, Ortega, & Hernández, 2014).

En el presente artículo se presentan, en primer lugar, los resultados de una revisión bibliográfica realizada a los efectos de estudiar los antecedentes en relación a la integración de TIC en la enseñanza de la Matemática (sección 2). En la sección 3, se analizan los marcos teóricos en los que se basa la propuesta didáctica en la que se inscribe la experiencia desarrollada. En la sección 4, se describen las características del contexto educativo donde se desarrolló dicha experiencia y en la sección 5, las características del MDH implementado. La sección 6 presenta la metodología de la investigación. Finalmente, en la sección 7 se presentan y discuten los resultados obtenidos; y en la 8, las conclusiones y los trabajos a futuro a raíz de la investigación realizada.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La investigación que se presenta en este artículo, comenzó con un proceso de revisión bibliográfica de los antecedentes de utilización de materiales didácticos hipermediales, y más en general TIC, para el área Matemática. Se realizó una búsqueda sistemática de trabajos académicos sobre esta temática que fue presentado en Del Río, Búcarí y Sanz (2016). Para ello se siguió el protocolo descrito por Kitchenham et al. (2009): se definieron preguntas para guiar la búsqueda, se establecieron criterios de inclusión y exclusión de trabajos, y se seleccionaron las fuentes en base a criterios de calidad. Se consideraron para el análisis 34 trabajos, publicados entre 2009 y 2017. Luego se realizó una actualización de esta revisión en 2018 incluyendo nuevos artículos de este año. Para orientar el análisis y la clasificación del material encontrado, se efectuaron las siguientes preguntas:

- A) ¿Qué usos se proponen para los materiales educativos desarrollados? ¿Qué recursos hipermedia aprovechan? ¿Con qué objetivos los incorporan?

*Por correo postal, dirigirse a:
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de La Plata
Calle 115 y 49, 1er piso, La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina

- B) ¿Cuáles son los indicadores de logro definidos por los investigadores para analizar en qué medida se alcanzaron los objetivos? ¿Cuáles son las metodologías de investigación más relevantes en el área de investigación definida?
- C) ¿Qué marcos teóricos de la Didáctica de la Matemática y/o de la Tecnología Educativa dan sustento a la propuesta? ¿Existe un diálogo entre estas disciplinas en el contexto de estas investigaciones?

En relación con la primera pregunta, se encontró que la mayoría de los trabajos analizados versan sobre el diseño de alguna aplicación o material de estudio digital, con el objetivo de favorecer la visualización gráfica de los conceptos y la exploración dinámica, aprovechando la interactividad que proporciona el medio digital (Ascheri, Pizarro, Astudillo, García, & Culla, 2014; Dolecek, 2012; Gonzalez, Medina, Vilanova, & Astiz, 2011; Mendezabal & Tindowen, 2018). Varios de los autores utilizan los *applets* como recurso interactivo (Aveleyra, Dadamia, & Racero, 2014; Ramírez, 2014), así como también la animación (Morales, Herrera, Fennema, & Goñi, 2014; Pirro et al., 2012) con igual objetivo.

Otros autores integran tecnologías hipermedia para mejorar, en algún aspecto, sus presentaciones en clases magistrales, también preocupados por promover la visualización, pero sin aprovechar la interactividad de estos materiales por parte de los alumnos. Por ejemplo, Schivo, Sgreccia, y Caligaris (2009) se proponen la utilización de *applets* para presentar en clases teóricas, de manera de ilustrar en forma dinámica y animada el contenido.

Algunos de los autores revisados incluyen simuladores para abordar las problemáticas de enseñanza y/o aprendizaje identificadas. Por ejemplo, para que los alumnos propongan modelos matemáticos para el funcionamiento de un sistema y observen su comportamiento (Aveleyra et al., 2014; Morales et al., 2014; Pirro et al., 2012).

Minoritariamente, se encuentran trabajos que utilizan videojuegos educativos como elemento para motivar a los estudiantes de Matemática (Morales et al., 2014; Oliveiro Groenwald, 2013). En algunos casos se utilizan videos, en general para la implementación de la metodología de *clase invertida*, es decir, se ofrecen contenidos teóricos en formato de video a fin de abordar en la clase presencial otro tipo de tareas como la resolución de problemas, consulta de dudas de los alumnos, etc. (Coll & Blasco, 2009; Pantoja et al., 2014; Sun, Xie, & Anderman, 2018).

Algunos autores proponen el uso de hipermedia para mostrar, paso a paso, procedimientos matemáticos. Un ejemplo de ello es el trabajo presentado por Guerra, Mora, Nieves, Pimentel y León (2016), en el cual se sostiene que los estudiantes “necesitan herramientas que les permitan comprender y visualizar todo el proceso para desarrollar habilidades en el trabajo con matrices”. En Barrena, Falcón, Ramírez y Ríos (2011) se propone utilizar el software GeoGebra para crear presentaciones que muestren paso a paso la solución de un problema.

En dos de los trabajos analizados, se propone la utilización de Realidad Aumentada para mejorar la comprensión por parte de los alumnos de objetos tridimensionales (Martín-Gutiérrez et al., 2010; Yingprayoon, 2015).

Trabajos recientes refieren al aprendizaje autorregulado en ambientes hipermediales, analizando por ejemplo cuestiones de navegación como un indicador de aspectos de autorregulación (Müller & Seufert, 2018).

En relación con la pregunta (B), se encontró que las metodologías utilizadas por los investigadores que se interesan por el uso de materiales hipermediales para la enseñanza de la Matemática pueden dividirse en dos grandes grupos, según el objetivo que las motiva: 1. Lograr una mejora en los aprendizajes, y, 2. Alcanzar

una mejora en las actitudes de los estudiantes. Algunos se preocupan por ambos aspectos y utilizan una metodología que combina técnicas de ambos grupos, y otros realizan una propuesta educativa fundamentada, pero no la evalúan en la práctica, por lo que no puede determinarse el grupo al que pertenecen.

En relación al primer grupo, la metodología más comúnmente encontrada consiste en comparar los rendimientos académicos entre grupos que utilizaron el material diseñado y grupos que no lo utilizaron (Guerra et al., 2016; Schivo et al., 2009). En menor medida, se encuentran trabajos donde: se evalúan los conocimientos de los alumnos sobre un cierto tema antes y después del uso del material en análisis, pero no se trabaja con grupos contrastados; también se analizan las producciones de los alumnos y entrevistas para dar cuenta del tipo de aprendizaje adquirido (Insunza et al., 2009) y/o se recurre a la evaluación del material por parte de pares y expertos para su validación (Di Domenicantonio et al., 2011).

En relación con el segundo grupo, que busca alcanzar mejoras actitudinales a partir del uso de MDH, se observan las siguientes metodologías: la más usual, es la encuesta a los alumnos, y minoritariamente se utilizan otros indicadores como la reducción del ausentismo y el aumento en la participación en clase.

Por último, en relación a los aportes teóricos que los autores utilizan para fundamentar el uso de MDH para la enseñanza de la Matemática, se encontró que algunos autores se basan en aportes teóricos de la Tecnología Educativa, sin tener en cuenta la especificidad del saber matemático a enseñar (Aveleyra et al., 2014; Sorando, 2012), mientras que otros recurren a teorías enmarcadas en la didáctica específica de la Matemática (Gonzalez et al., 2011). En algunos casos se observa un intento de integración entre ambos campos disciplinares (Ascheri et al., 2014; Pantoja Rangel et al., 2014), pero hacen hincapié en los puntos de encuentro, sin abordar las tensiones entre los mismos.

3 MARCO TEÓRICO

Una de las principales conclusiones a las que se arribó a partir del análisis de la literatura revisada es la necesidad de considerar un marco teórico que integre aportes tanto de la Didáctica Específica de la Matemática como de la Tecnología Educativa para dar fundamentación a las prácticas propuestas. A continuación, se presentan los aspectos de la Didáctica Específica que se consideran más relevantes a tener en cuenta en esta investigación y luego los de la Tecnología Educativa

3.1 Didáctica Específica: la escuela francesa

La llamada Escuela francesa de Didáctica de la Matemática ha formulado teorías que permiten dar cuenta de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Matemática. Para la presente investigación se han tomado principalmente dos de estas teorías: la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD) de Brousseau (1986) y la Teoría de los registros de representación semiótica de Duval (1998). La TSD se inscribe en el constructivismo piagetiano (Brousseau, 2007), reconoce y considera que el trabajo del alumno debe, por momentos, ser comparable a la actividad científica: “Una buena reproducción por parte del alumno de una actividad científica exigiría que él actúe, formule, pruebe, construya modelos, lenguajes, conceptos, teorías, que los intercambie con otros, que reconozca las que están conformes con la cultura, que tome las que le son útiles, etc.” (Brousseau, 1986). La teoría formulada por Duval se apoya en que, a diferencia de los objetos de estudio de otras disciplinas científicas, los objetos matemáticos “no son accesibles físicamente a través de evidencias sensoriales directas o mediante el uso de instrumentos. La única forma de acceder y

trabajar con ellos es a través de signos y representaciones semióticas” (Duval, 2006, p. 157). Duval hace hincapié en la importancia del trabajo del alumno con diferentes registros de representación semiótica. Esto implica las habilidades de representar y reconocer a un mismo objeto matemático en distintos registros de representación, poder realizar transformaciones entre distintos registros y seleccionar, para cada situación problemática a abordar, aquellos registros que sean más convenientes para la ocasión: “la actividad matemática requiere una coordinación interna que ha de ser construida entre los diversos sistemas de representación que pueden ser elegidos y usados” (Duval, 2006, p. 158). Su aprendizaje no es espontáneo y debe ser objeto de trabajo en el aula.

3.2 Aportes de las TIC

La integración de las llamadas TIC a los procesos de enseñanza y aprendizaje son importantes en el contexto educativo para el desarrollo de las competencias requeridas en los actuales profesionales y en particular para los estudiantes de Ingeniería (Claro et al., 2012; Humanante-Ramos, García-Peñalvo, & Conde-González, 2017). Bresco, Verdú y Flores (2012) hacen hincapié en los elementos multimedia y la posibilidad de interactividad: “partiendo de la existencia de una diversidad de estilos de aprendizaje y disponiendo de un amplio abanico de recursos que las tecnologías de la información y la comunicación ofrecen los contenidos digitales interactivos como elementos que pueden aportar respuestas a los diferentes estilos” (p. 3).

Múltiples autores (Berney & Bétrancourt, 2016; Mayer, 2003) destacan la relevancia de incluir elementos multimediales en los materiales educativos, sobre todo en el caso de aprendices novatos. Berney y Bétrancourt (2016) presentan un meta-análisis de la literatura referida a la inclusión de animaciones en los materiales educativos, indicando que “estudiar con animaciones al aprender acerca de fenómenos dinámicos es beneficioso en comparación con los gráficos estáticos” (p. 157).

Además de los mencionados aspectos, los materiales hipermediales abren la posibilidad de conectar la información de diversas maneras, habilitando recorridos no lineales: “la hipermedia ofrece múltiples representaciones hipervinculadas, permitiendo al estudiante controlar la secuenciación de la información” (Moos, 2014, p. 129).

En síntesis, lo que se intenta aprovechar de los MDH es: su riqueza semiótica, la posibilidad de habilitar recorridos no lineales del material de estudio, la interactividad y la actitud activa de los estudiantes frente a estas posibilidades.

4 CONTEXTO EDUCATIVO EN EL QUE SE LLEVA A CABO EL TRABAJO CON EL MDH

La experiencia se desarrolló en el marco de la Cátedra Matemática A de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Desde el año 2002, la metodología de enseñanza implementada en esta Cátedra parte de un cuestionamiento al modelo tradicional. Las aulas tipo anfiteatro con pupitres individuales fueron reemplazadas por aulas planas, muñidas de mesas grandes en las que puedan sentarse grupos de 8 a 10 alumnos, para favorecer el intercambio entre pares durante las clases. Así los alumnos trabajan en grupos, orientados con una guía teórico-práctica y asistidos por un equipo de 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 (Búcarí, Abate, & Melgarejo, 2007) Los alumnos cuentan, además, con 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 es escasa. Es por esto que se pensó una estrategia para acercar a los estudiantes a estas herramientas que se basó en: la integración de contenidos y actividades en un MDH con los objetivos de acercar diferentes representaciones semióticas, abordar el uso de *applets* de GeoGebra, y generar un rol activo del alumno (Del Río, Búcarí, & González, 2014) sobre la base de lo que sustentan Brousseau y Duval y las posibilidades de los materiales hipermediales.

5 CARACTERÍSTICAS DEL MDH DESARROLLADO

El MDH (Del Río, Búcarí, & Sanz, 2015) se basó en los contenidos de la guía teórico-práctica original (en soporte impreso) desarrollada por docentes de la cátedra en la que se tratan los temas: vectores (introducción y operaciones elementales), rectas en el espacio y planos. Se realizó utilizando una herramienta de autor (Moralejo, Sanz, & Pesado, 2014) llamada eXeLearning (<http://exelearning.net/>). Se trata de un programa abierto y libre para crear contenidos educativos integrando recursos multimediales.

Se organizó 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.

Este MDH pretende conservar algunas de las características esenciales del material impreso en cuanto a que está pensado para que los alumnos trabajen, resuelvan problemas y reflexionen, pero además, integra y busca el aprovechamiento de las posibilidades que ofrecen los lenguajes hipermediales. 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 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. 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 el MDH se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Recursos incluidos en el MDH

Recursos Multimedia	Objetivo
Animaciones con GeoGebra	Facilitar la comprensión del proceso dinámico llevado a cabo para realizar construcciones en GeoGebra
Imágenes 3D para observar con gafas anáglifo	Favorecer la visualización de los primeros objetos matemáticos tridimensionales con los que trabaja (vectores, rectas en el espacio y planos).
Applets interactivos desarrollados con GeoGebra	Mejorar la utilización de diversos registros de representación.
Actividades con retroalimentación	Proponer actividades de construcción con la finalidad de que el alumno explore, conjeture, generalice.
	Facilitar la apropiación de las técnicas de cálculo, para ello se proporcionó retroalimentación inmediata

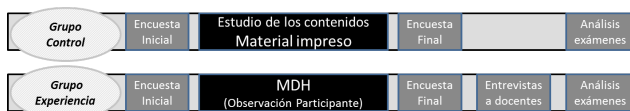
6 MÉTODOS

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 (Bravin & Pievi, 2008). 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 101 alumnos) y las otras tres se consideran para contraste (grupos de control, con un total de 111 alumnos). Se trató de un muestreo por conveniencia (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), que es un tipo de muestreo no probabilístico, ya que los sujetos no son seleccionados al azar. Como se decidió trabajar con alumnos en su contexto de trabajo habitual, fue necesario tomar grupos de alumnos y docentes que ya se encontraban conformados.

Se utilizaron distintas técnicas metodológicas para el enfoque cualitativo. Su finalidad fue la de complementar y contrastar los resultados de las encuestas

En este sentido, la experiencia incluyó una observación participante, por parte de los investigadores, del trabajo de los alumnos con el material diseñado. Asimismo, 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. Por último, se analizaron las producciones escritas de los alumnos en el examen parcial a fin de analizar si existieron o no diferencias entre los alumnos del grupo de la experiencia y los del grupo control en cuanto a las estrategias utilizadas para abordar los ejercicios propuestos. En la figura 1 se muestra un esquema temporal ubicando en qué momentos se aplicó cada técnica e instrumento en cada uno de los grupos.

Figura 1. Representación cronológica de la implementación de los distintos instrumentos de recolección de datos en cada uno de los grupos



En las siguientes secciones se presentan los resultados obtenidos a partir de los diferentes instrumentos de recolección de datos puestos en juego, el correspondiente análisis de cada uno de ellos y, finalmente, la triangulación de los mismos, que permite dar cuenta de los alcances y limitaciones de la experiencia didáctica.

6.1 Las encuestas

La encuesta inicial constó de tres partes. La primera para 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 estos. Para confeccionar esta parte del cuestionario, se tuvo en cuenta como antecedente la encuesta confeccionada por Sanz y Zangara (2013). 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) la Matemática y 3) hacia el uso de TIC para el aprendizaje de la Matemática. 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 ésta; 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 una escala de Likert (Hernández et al., 2010). Las afirmaciones incluidas en la encuesta para cuantificar la actitud hacia las TIC se realizaron tomando como referencia el trabajo de Nobile y Sanz (2014). Para las actitudes hacia las matemáticas se utilizó como referencia el trabajo de Hurtado (2011).

Los instrumentos mencionados, que fueron considerados para construir las encuestas utilizadas en el marco de esta investigación, poseen un análisis apropiado de validez y confiabilidad, tal como se establece en los trabajos anteriormente citados.

La encuesta final (posterior a la experiencia) constó de 2 partes. Se realizó dos semanas después de finalizada la experiencia áulica. La primera parte fue igual para todos los grupos (control y experiencia) 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 (impreso).

Para los grupos de la experiencia también se incluyeron preguntas para que los alumnos evalúen el MDH en sus distintos aspectos. Para la confección de esta parte del cuestionario, se tomaron como referencia los trabajos de Pompeya López (2008) y de Martorelli, Martorelli y Sanz (2014). También se incluyeron 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 un aspecto positivo y un aspecto negativo del material utilizado.

Como ya se mencionó, para analizar las actitudes se trabajó con una escala tipo tipo Lickert. 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 (Molinero Casares, 2001). 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 (Siegel, 1970). 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 (<https://www.graphpad.com/scientific-software/prism>).

Por último, para evaluar si alguna variable de entrada (tipo de escuela de procedencia, género, experiencia previa con el uso de GeoGebra, entre otras) 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.

6.2 Observación participante

Esta estrategia de recolección de datos se llevó a cabo en los grupos de la experiencia durante su desarrollo. Se buscó registrar aspectos generales del clima del aula en relación con las actitudes de los estudiantes, así como también diálogos entre los mismos que permitan conocer y describir las estrategias puestas

en juego al abordar las actividades propuestas en el MDH y para apropiarse de la utilización de los *applets* basados en el software GeoGebra. Para ello, se llevó un registro anecdótico, en el cual se asienta “un segmento específico de la realidad, definido previamente y guiado por un marco teórico” (Aragón, 2010, p. 7). Para realizar estos registros el observador se sienta en las mesas con los alumnos cuando estos se disponen a discutir y resolver alguna de las actividades propuestas en interacción con el MDH. Se toma nota de toda la discusión y de las intervenciones de los alumnos. En ocasiones, el observador interviene adoptando el rol de docente (intervención que también se registra). El registro de estos diálogos permite describir las estrategias que ponen en juego los alumnos con relación a la situación propuesta, los modos de interacción entre ellos y con el MDH. Cabe aclararse que algunos de los investigadores son además docentes de la cátedra.

Los resultados del análisis cualitativo permiten a los investigadores conocer las actitudes de los estudiantes hacia el MDH y comparar estas observaciones con los resultados de la encuesta. Por otra parte, permite la descripción de las estrategias utilizadas para aprender con el MDH, cómo los estudiantes resuelven los problemas propuestos involucrando sus conocimientos previos y comparar con los grupos de control.

Para registrar estas observaciones, se tomaron notas durante las sesiones y se revisaron y complementaron inmediatamente después de cada clase, tal como lo recomiendan numerosos autores (Aragón, 2010; Bravin & Pievi, 2008).

6.3 Entrevistas a los docentes

La entrevista semiestructurada a los docentes que participaron de la experiencia se orientó a complementar el punto de vista de los alumnos y comprender en mayor profundidad lo ocurrido en las aulas. Los docentes de cada comisión fueron entrevistados en grupo ya que “en ciertos casos, la interacción, y en particular la interacción de un grupo, puede permitir profundizar y favorecer la comprensión del fenómeno estudiado” (Corbetta & Fraile Maldonado, 2007, pp. 359–360).

Para este fin, se preparó un guion incluyendo siete preguntas, como guía para la entrevista. Sin embargo, en concordancia con el formato semi-estructurado, el entrevistador puede apartarse del guion para profundizar en aspectos imprevistos que emergen de la conversación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Las preguntas versan sobre las actitudes de los alumnos durante el trabajo con el MDH (si es positiva o negativa, si las reacciones no son homogéneas, en qué tipo de alumnos creen que impacta mejor el material), sobre las consecuencias posteriores sobre el trabajo en clase (si los alumnos adoptan el software GeoGebra como herramienta de aprendizaje luego de finalizada la experiencia), qué diferencias notan en cuanto al trabajo sobre los temas abordados con el MDH con otros grupos de alumnos con los que hayan trabajado en años anteriores y sobre el material en sí (qué modificarían, si creen que aportó alguna ganancia en términos actitudinales o cognitivos de los alumnos).

Finalmente, las respuestas brindadas por los docentes se contrastaron con los resultados de las encuestas y las observaciones de los investigadores. Se analizaron aspectos convergentes y complementarios. De este modo, los resultados provenientes de los distintos instrumentos de recolección de datos fueron triangulados (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

6.4 Análisis de las producciones escritas de los alumnos en la evaluación parcial

En cuanto a las producciones de los alumnos, se analiza en el examen parcial el ejercicio correspondiente a la temática aborda-

da. Se analiza la tarea propuesta en la consigna y se describe el/los camino/s posibles para su resolución. Luego, se revisan las producciones de los alumnos aportando una clasificación de éstas en función de sus logros, de los errores cometidos, y de los instrumentos puestos en juego.

Se definen categorías para agrupar las distintas soluciones presentadas por los alumnos. A continuación, se determinan la frecuencia de cada una de estas categorías, en cada uno de los grupos analizados, a fin de analizar si existen diferencias significativas entre los mismos.

7 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

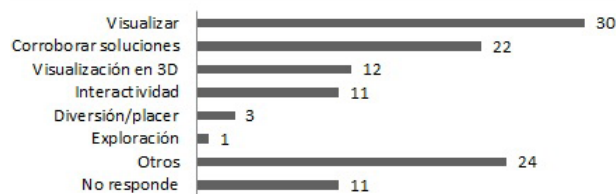
7.1 Las encuestas

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 soluciones utilizando *applets* de GeoGebra, y c) 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).

En la Figura 2 se muestra un gráfico con las frecuencias de cada una de estas respuestas. Entre los aspectos negativos, los más frecuentes resultaron ser: a) el tiempo adicional que les demandó el uso del MDH, b) las dificultades que tuvieron para aprender a utilizar los *applets* del 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 sus propias computadoras portátiles o retirar las que facilitaba el Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad.

Un grupo minoritario, pero que resulta interesante analizar, mencionó como aspecto negativo cuestiones relacionadas con el examen 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 lo que se pide en el examen. 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”.

Figura 2. Aspectos positivos indicados por los estudiantes con su frecuencia.



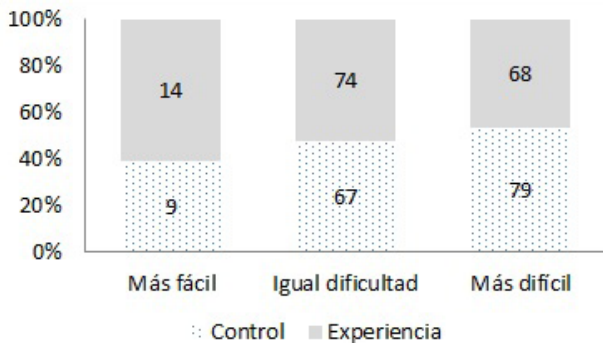
Los aspectos indicados por los alumnos como positivos resultan relevantes desde el punto de vista de la didáctica y acorde a los objetivos propuestos para integrar el MDH, ya que evidencian una ganancia en mejoras en la visualización, mejor comprensión y en autonomía a la hora de analizar si un problema matemático fue resuelto correctamente. Sin embargo, desde el punto de vista de los estudiantes, las dificultades distinguidas tuvieron un peso importante, que se manifiesta en la cantidad de alumnos que valoraron la experiencia en forma indistinta.

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 la Matemática, pero esta disminución también fue registrada en los grupos de control) (Del Río, Sanz, & Búcarí, 2017).

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 a esta pregunta se muestran en la Figura 3 y puede interpretarse que, en cierta medida, el pasaje del plano al espacio fue levemente menos abrupto para los alumnos que trabajaron con el MDH. Sin embargo, esto podría haber pasado inadvertido para los alumnos, ya que no realizaron actividades educativas más tradicionales para reconocer las ventajas de la estrategia utilizada.
- Otro indicador que se considera como positivo surgido de la encuesta en relación a la pregunta “si volverían a utilizar el software GeoGebra para trabajar en las siguientes unidades”. Las respuestas fueron: 89 sí, 9 no, y 3 no respondieron. La entrevista a los docentes, que fue parte del análisis cualitativo y que se comenta en la siguiente subsección, confirma luego la adopción del software para el estudio de los temas posteriores por parte de los estudiantes. Esto resultó beneficioso en el sentido de mejorar la articulación entre registros de representación.

Figura 3. Respuestas de los alumnos a la pregunta acerca de la dificultad percibida de los temas abordados con el MDH en comparación con los temas previos de la asignatura



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 de la experiencia 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 (Fig. 4).
- 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 éste 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 (Fig. 5). 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.

Figura 4. Valoración de la experiencia según la calificación obtenida en el primer parcial

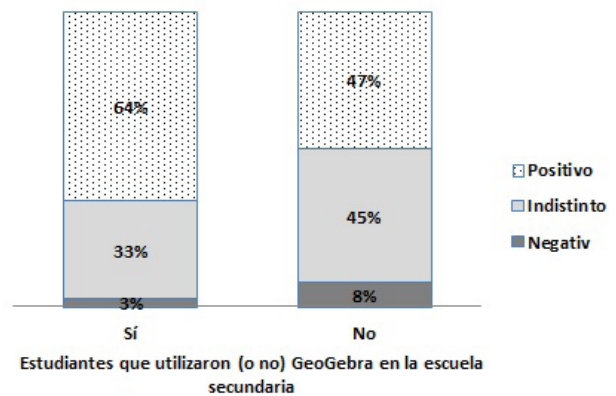
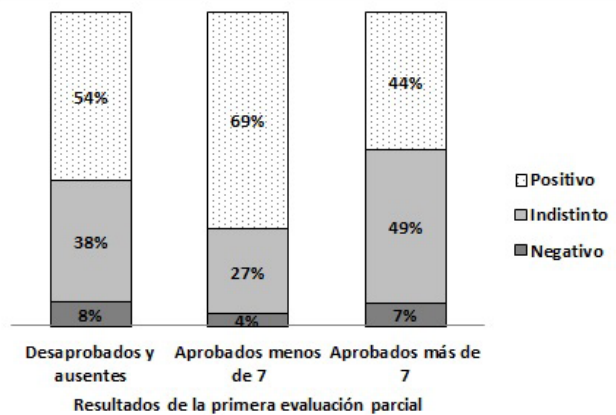


Figura 5. Valoración de la experiencia en relación con el uso previo del software GeoGebra



7.2 De las entrevistas con los docentes

Finalizada la experiencia, se entrevistó a los docentes de los grupos que participaron a fin de complementar el punto de vista de los alumnos y de la observación participante. Las entrevistas fueron grabadas y analizadas más tarde por los investigadores. 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. Como principales aspectos destacaron la visualización en R^3 y el uso de los *applets* de GeoGebra

- 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 traían consultas de ejercicios probados con GeoGebra en sus casas. Esto es interesante en términos de adopción de esta herramienta por parte de los alumnos.
- Al igual que los estudiantes, se mostraron preocupados por la cuestión del tiempo. Indican que al modificar la estrategia hay un tiempo de capacitación necesario.

7.3 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, mientras que a partir de la segunda clase la actitud fue dispar: algunos alumnos continuaron de igual manera, mientras que otros utilizaron también el material impreso tradicional.

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 incluidos en el MDH permitió que los alumnos pudieran ensayar soluciones. 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 destaca cómo se relacionaron con el entorno de GeoGebra: en forma autónoma lograron seleccionar aquellas herramientas 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.

7.4 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 en relación a su desempeño en el examen, aunque sí en otros aspectos, como se mencionó en las secciones anteriores.

8 CONCLUSIONES

Se puede concluir que el MDH implementado cumplió en buena medida con los objetivos didácticos que se habían propuesto: permitió 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, les facilitó la comprensión de los objetos matemáticos tridimensionales a partir de la visualización en 3D, permitió el acercamiento de los futuros ingenieros a los *applets* de GeoGebra, posibilitó la discusión de múltiples estrategias, en contraste con lo que sucedía al trabajar sólo con lápiz y papel, y el uso de diferentes registros de representación semiótica.

Sin embargo, existieron varios factores que afectaron la experiencia en forma negativa (cantidad de dispositivos disponibles, tiempo, aspectos actitudinales) y esto redundó en que ésta no pueda ser aprovechada al máximo por los estudiantes implicados. Este trabajo permitió echar luz sobre las barreras que surgen al integrar este tipo de materiales, los pre-conceptos de los alumnos, como la consideración de que el aspecto analítico es más importante que el gráfico o el considerar sólo importante el entrenamiento para el examen. Por otra parte, se vislumbraron aportes del MDH en relación a los cambios de rol del alumno, se vio una apertura al ensayo de soluciones y a la búsqueda de estrategias para la resolución de problemas matemáticos. También se observaron las posibilidades del MDH en cuanto a la utilización de diferentes registros de representación que la Didáctica específica de la Matemática considera como un valor. Como trabajo futuro, se buscará atender a las variables de mejora, a las barreras encontradas y, al mismo tiempo, se explorará el trabajo con dispositivos móviles, dado la alta disponibilidad de este tipo de dispositivos por parte de los alumnos.

REFERENCIAS

- Aragón, V. (2010). La observación en el ámbito educativo. *Innovación y Experiencias Educativas*, 35, 1-10.
- Argos, J., & Ezquerro, P. (2013). Entornos hipertextuales y educación. *TESI*, 14(3), 175-190.
- Ariza, C. A., & Andrada, O. A. (2008). El hipertexto educativo: una herramienta para la mejora de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia. In *Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad En Educación a Distancia*.
- Ascheri, E., Pizarro, R., Astudillo, G., García, P., & Culla, M. E. (2014). Software educativo en línea para la enseñanza y el aprendizaje de temas de Cálculo Numérico. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 14(2). doi:10.18845/rdmei.v14i2.1662
- Aveleyra, E., Dadamia, D., & Racero, D. (2014). Una propuesta de aprendizaje universitario con TIC para recursantes. *Revista Iberoamericana de Educación En Tecnología y Tecnología En Educación*, 13, 36-42.
- Barrena, E., Falcón, R. M., Ramírez, R., & Ríos, R. (2011). Presentación y resolución dinámica de problemas mediante GeoGebra. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 25, 161-174.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers and Education*, 101, 150-167. doi:10.1016/j.compedu.2016.06.005
- Bravin, C., & Pievi, N. (2008). *Documento metodológico orientador para la investigación educativa*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación/Organización de los Estados Iberoamericanos.
- Brescò, E., Verdú, N., & Flores, O. (2012). Valoración del estudiantado sobre el uso del material interactivo en materias de la Universidad de Lleida. *EDUTEC Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 42.
- Brousseau, G. (1986). Fundamentos y métodos de la didáctica de la matemática. *Recherches En Didactique de Mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Editorial Libros Del Zorzal.
- Bucari, N., Abate, S. M., & Melgarejo, A. (2007). Estructura didáctica e innovación en educación matemática. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 8, 17-28.
- Claro, M., Preiss, D. D., San Martín, E., Jara, I., Hinojosa, J. E., Valenzuela, S., ... Nussbaum, M. (2012). Assessment of 21st century ICT skills in Chile: Test design and results from high school level students. *Computers and Education*, 59(3), 1042-1053. doi:10.1016/j.compedu.2012.04.004
- Coll, V., & Blasco, O. (2009). Aprendizaje de la estadística económico empresarial y uso de las TICs. *EDUTEC Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 28.
- Corbetta, P., & Fraile Maldonado, M. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social* (2ª ed.). Mc Graw-Hill.
- Del Río, L., Búcarí, N., & González, A. (2014). La integración de las TIC en las clases de matemática en el nivel universitario: ¿cómo afrontar este desafío? In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Buenos Aires.
- Del Río, L., Búcarí, N., & Sanz, C. (2015). Material didáctico hipermedia para la Enseñanza de la Matemática en carreras de ingeniería: Inicios de una investigación. In *XIX Enseñanza de las matemáticas en carreras de ingeniería*. San Nicolás de los Arroyos.
- Del Río, L., Búcarí, N., & Sanz, C. (2016). Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. In *II Congreso Internacional de*

- Enseñanza de las ciencias y la Matemática*. Tandil.
- Del Río, L., Sanz, C., & Búccari, N. (2017). Actitudes de los estudiantes frente a un material hipermedial para el aprendizaje de la matemática: un estudio de caso. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación*, 17, 24-33.
- Di Domenicantonio, R. M., Costa, V. A., & Vacchino, M. C. (2011). La visualización como mediadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje del Cálculo Integral. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 27, 75-87.
- Dolecek, G. J. (2012). MATLAB-Based Program for Teaching Autocorrelation Function and Noise Concepts. *IEEE Transactions on Education*, 55(3), 349-356. doi:10.1109/TE.2011.2176736
- Duval, R. (1998). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. In F. Hitt (Ed.), *Investigaciones en Matemática Educativa II* (pp. 173-201). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación semiótica. *La Gaceta de La RSME*, 9(1), 143-168.
- Gonzalez, J., Medina, P., Vilanova, S., & Astiz, M. (2011). Un aporte para trabajar sucesiones numéricas con Geogebra. *Revista de Educación Matemática*.
- Guerra, A. A., Mora, D. A., Nieves, L. A. P., Pimentel, G. J. M., & León, C. C. (2016). Software educativo para el trabajo con matrices. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 16(2), 1-12.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México DF: Mc Graw-Hill.
- Humanante-Ramos, P. R., García-Peñalvo, F. J., & Conde-González, M. Á. (2017). Electronic devices and web 2.0 tools: usage trends in engineering students. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 33(2B), 790-796.
- Hurtado, L. (2011). Validación de una escala de actitudes hacia las matemáticas. *Investigación Educativa*, 15(28), 99-108.
- Insunza, S., Alonso, D., & Alvarez, A. (2009). Desarrollo de software para el aprendizaje y razonamiento probabilístico: El casode SIMULAPROB. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18, 135-149.
- Kitchenham, B., Pearl, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7-15. doi:10.1016/j.inf-sof.2008.09.009
- Martín-Gutiérrez, J., Luis, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers and Graphics (Per-gamon)*, 34(1), 77-91. doi:10.1016/j.cag.2009.11.003
- Martorelli, S. Martorelli, S., & Sanz, C. (2014). Evaluación del material educativo Histolog@. Diseño del Plan de Evaluación y primeros resultados de su implementación. In *IX Congreso de Tecnología en Educación & Educación en Tecnología*.
- Mayer, R. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-139. doi:10.1016/S0959-4752(02)00016-6
- Mendezabal, M. & Tindowen, D. (2018). Improving students' attitude, conceptual understanding and procedural skills in differential calculus through micro-soft mathematics. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 385-397. doi:10.3926/jotse.356
- Mohamad, M., Hussin, H., & Shahizan, S. (2015). Adult learners' perceptions of designed hypermedia in a blended learning course at a public University in Malaysia. *TOJET The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 14(1), 31-38.
- Molinero, L. M. (2001). *Comparación de un resultado de tipo ordinal entre dos muestras independientes*. Sociedad Española de Hipertensión - Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. Retrieved from http://www.seh-llehla.org/stat1.htm
- Moos, D. C. (2014). Setting the stage for the metacognition during hypermedia learning: What motivation constructs matter? *Computers and Education*, 70, 128-137. doi:10.1016/j.compedu.2013.08.014
- Morales, M., Herrera, S., Fennema, C., & Goñi, J. (2014). Estrategias de m-learning para la enseñanza de la Matemática en Carreras de Ingeniería. In *II Congreso Argentino de Ingeniería*. Mar del Plata.
- Müller, N., & Seufert, T. (2018) Effects of self-regulation prompts in hypermedia learning on learning performance and self-efficacy. *Learning and Instruction*, 58, 1-11. doi:10.1016/j.learninstruc.2018.04.011
- Nóbile, C. I., & Sanz, C. V. (2014). *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 Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Informática*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Oliveiro, C. L. (2013). Plataforma de Ensino Siena: refletindo sobre a utilização das TIC no processo de ensino e aprendizagem. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 35, 9-18.
- Pantoja, R., López, A., Ortega, M. I., & Hernández, J. C. (2014). 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, 91-110.
- Pirro, A. L., Fernández, M. E., Daher, N., Quercia, M. C., Barbano, R., & Moro, L. (2012). La simulación y visualización de curvas paramétricas. Una mirada pedagógica en el diseño de material multimедial. In *Congreso Argentino de Enseñanza de La Ingeniería*.
- Pompeya, V. E. (2008) "Blended Learning". La importancia de la utilización de diferentes medios en el proceso educativo (Tesis de Magister). Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Rabeh, M. (2018). Interactive Hypermedia Programs and its Impact on the Achievement of University Students Academically Defaulting in Computer Sciences. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(3), 142-147.
- Ramírez, R. (2014). Un Ambiente Virtual de Aprendizaje para la Enseñanza del Cálculo en Educación Superior. In *IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías del Aprendizaje (LACLO)* (pp. 728-732).
- Sanz C., & Zangara, A. (2013). Encuesta generada por la Dirección de Educación a Distancia de la Facultad de Informática de la UNLP.
- Schivo, M. E., Sgreccia, N., & Caligaris, M. (2009). Recursos didácticos en análisis matemático I: Su vinculación con la visualización dinámica y el interés en el aprendizaje de los futuros ingenieros. El caso de la FRSN-UTN. In *I Congreso Internacional de Enseñanza de Las Ciencias y La Matemática*. Tandil.
- Siegel, S. (1970). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Editorial Trillas.
- Sorando, J. M. (2012). Blog de aula: la clase sigue en casa. *Union. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 31, 139-151.
- Sun, Z., Xie, K. & Anderman, L. (2018) The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses. *The Internet and Higher Education*, 36, 41-53. doi:10.1016/j.iheduc.2017.09.003
- Yingprayoon, J. (2015). Teaching Mathematics using Augmented Reality. In *20th Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 384-391).

Con el fin de llegar a un mayor número de lectores, NAER ofrece traducciones al español de sus artículos originales en inglés. Este artículo en español no es la versión original del mismo, sino únicamente su traducción. Si quiere citar este artículo, por favor, consulte el artículo original en inglés y utilice la paginación del mismo en sus citas. Gracias.

Incidencia de un Material Didáctico Hipermedial para la Enseñanza y el Aprendizaje de la Matemática

del Río, L. S.; Sanz, C. V., & Búcarí, N. D. (2019). Incidence of a hypermedia educational material on the Teaching and Learning of Mathematics. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 50-57. doi:10.7821/naer.2019.1.334



INTRODUCCIÓN

TIC

Ofrecen una gran diversidad de nuevos recursos para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje

Objetivo

introducir materiales didácticos (MDH) hipermediales

CONTEXTO EDUCATIVO EN EL QUE SE LLEVA A CABO EL TRABAJO CON EL MDH

En la Cátedra Matemática A de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata

CARACTERÍSTICAS DEL MDH

Basado en los contenidos de la guía teórico-práctica original desarrollada por docentes de la cátedra, en la que se tratan los temas: vectores, rectas en el espacio y planos. Programa: **(eXeLearning)**



MÉTODO

Descriptivo



ANTES DE COMENZAR

Encuesta a 6 comisiones de Matemática con 3 partes:

1^a Datos personales **2^a** Uso y acceso tecnología **3^a** Actitudes hacia las TIC.

DESPUÉS DE COMENZAR

Encuesta con dos partes:

1^a Igual que la 3^o anterior **2^a** Facilidad y dificultad de los temas trabajados

Técnicas metodológicas cualitativas

Observación participante, entrevista semiestructurada (docentes) y análisis de exámenes



RESULTADOS



LAS ENCUESTAS



Valoración de la experiencia

Aspectos POSITIVOS

- a) Visualizar objetos del espacio tridimensional
- b) Corroborar soluciones utilizando applets de GeoGebra
- c) Comprender mejor los temas de la unidad abordada

Aspectos NEGATIVOS

- a) El tiempo adicional que les demandó el uso del MDH
- b) Dificultades para aprender el programa GeoGebra
- c) Escasez de computadoras
- d) Acarrear sus propios portátiles.

ENTREVISTAS CON LOS DOCENTES

- MDH** — Valoración **POSITIVA**
- Dificultades** — Falta de tiempo para interactuar con el material previamente
- Alumnos** — Traían consultas de ejercicios probados con GeoGebra en sus casas

OBSERVACIÓN PARTICIPANTE

1^a observación general en las clases

1^a todos abordaron el MDH **2^a** MDH y otros materiales tradicionales

2^a observación general

Una actitud más exploratoria que la manifestada al trabajar con el material impreso, lápiz y papel, los applets de GeoGebra posibilitaron el ensayar soluciones y uso de múltiples estrategias poniendo en juego distintos conocimientos previos

grupo control

EXAMEN

grupo experimento

Sin diferencias significativas

CONCLUSIONES



Objetivos didácticos cumplidos

1^{er} Uso de una herramienta informática para el quehacer matemático.

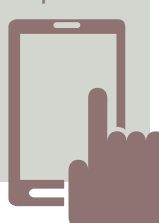
2^o Comprensión de los objetos matemáticos tridimensionales.

3^o Acercamiento a los applets de GeoGebra.

4^o Discusión de múltiples estrategias.

Mejorar — Cantidad de dispositivos disponibles, tiempo y aspectos actitudinales.

Futuro — Atender a las variables de mejora + Barreras encontradas + Trabajo con dispositivos móviles.



© 2019. This work is published under (the “License”).
Notwithstanding the ProQuest Terms and Conditions,
you may use this content in accordance with the terms
of the License. [https://creativecommons.org
/licenses/by-nc-nd/3.0/es/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)