

## FORTALEZAS Y DEBILIDADES EN EL USO DE LA COMPUTADORA EN EL AULA DE MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD

Betina Williner  
Universidad Nacional de La Matanza  
bwilliner@yahoo.com.ar

Argentina

**Resumen.** En una investigación sobre la incorporación de la computadora en la clase de Matemática en el primer año universitario bajo el contexto de una tesis de Maestría, utilizamos como metodología la de Test Inicial, Test Final y grupo control. El grupo experimental usó software Mathematica y el grupo control, lápiz y papel. Además de los aspectos teóricos referidos a los objetivos específicos de la Tesis mencionada, pudimos recopilar fortalezas y debilidades del uso de tecnología en la clase de Matemática. Presentamos el marco teórico que nos permitió realizar las observaciones en nuestro estudio y las conclusiones a las que arribamos.

**Palabras clave:** software-cálculo diferencial- fortalezas-debilidades

**Abstract.** In an investigation of the incorporation of the computer in mathematics class in the first year of college under the context of a Master's thesis, methodology used was Initial Test, Final Test and control group. The experimental group used Mathematica software and the control group, pencil and paper. In addition to the theoretical aspects related to the specific objectives of the mentioned thesis, we gather strengths and weaknesses of using technology in math class. We present the theoretical framework that allowed us to make observations in our study and the conclusions we arrived.

**Key words:** software-calculus-advantages-disadvantages

### Introducción

Con el sorprendente avance de la tecnología ya no nos podemos cuestionar, como docentes, la incorporación o no de la computadora en nuestras clases. Es una realidad que llegó para quedarse, a la cual nos tenemos que adaptar sin perder de vista el objetivo de mejorar nuestras prácticas y lograr aprendizajes significativos en nuestros alumnos.

Es así que sobre la incorporación de la computadora en la clase de Matemática universitaria realizamos una investigación en el primer año de carreras de Ingeniería bajo el contexto de una tesis de Maestría, en la cual utilizamos como metodología la de Test Inicial, Test Final y grupo control. Para lograr los objetivos planteados y corroborar o no la hipótesis de investigación, el grupo experimental desarrolló su actividad con software Mathematica y el grupo control lo hizo en entorno de lápiz y papel. Además de los aspectos teóricos referidos a los objetivos específicos de la Tesis mencionada, pudimos recopilar desde el estado del arte una serie de fortalezas y debilidades del uso de tecnología en la clase de Matemática y, una vez realizada la experiencia propia, reflexionar sobre este aspecto indagado.

Presentamos el marco teórico que nos permitió luego realizar un paralelo con las observaciones efectuadas en nuestro estudio y las conclusiones a las que arribamos.

## Marco Teórico

Dentro de las fortalezas detectadas con la utilización de la computadora cargada de programas conocidos como Sistemas Algebraicos de Computación (CAS), como por ejemplo Derive, Matlab, Mathematica, etc., seleccionamos:

### ❖ *Visualización y experimentación*

En este aspecto, Torroba, Etcheverry y Reid (2009) afirman que cuando se trabaja haciendo uso de tecnología se favorecen dos procesos en el aprendizaje de la Matemática: la visualización y la experimentación. “La visualización es el proceso de formar imágenes, ya sea mentalmente, con lápiz y papel o con la ayuda de la tecnología” (Zimmermann y Cunningham, 1991, citado por Torroba et al., 2009, p.1). Estas imágenes o diagramas no sólo sirven para representar un concepto o problema, sino que ayudan a entender ese concepto o problema.

La experimentación facilita la elaboración de conjeturas cuya validez o no puede ser verificada con la tecnología. Al permitir el estudio de diferentes casos y el ensayo de distintas situaciones, promueve luego la justificación teórica de lo que se está evidenciando. El entorno tecnológico motiva la búsqueda de soluciones teóricas (Laborde, 2000).

Juan y Bautista (2001) coinciden con esta idea diciendo que el uso de tecnología permite al profesor explicar conceptos que de otra forma quedarían en un nivel de abstracción difícil de entender por varios alumnos y resultados teóricos que pueden comprobarse empíricamente. Agregan que posibilitan una participación del alumno más activa y creativa, ya que puede conjeturar, experimentar y extraer conclusiones.

### ❖ *Cambio de roles del alumno y del docente.*

Torroba, Reid, Etcheverry y Villareal (2006) aclaran que la resolución de problemas con uso de tecnología cambia los roles tradicionales de alumno y docente. El primero se convierte en protagonista y adquiere una actitud más autónoma e independiente. En tanto que el segundo se transforma en mediador entre el conocimiento y el estudiante, guiando también en el uso del recurso tecnológico. Se tiene más tiempo para interactuar con el alumno (Fernández, 2000) y con los grupos de trabajo, pudiendo utilizar distintas estrategias didácticas de acuerdo a las necesidades detectadas en los estudiantes.

### ❖ *Individualización del proceso de enseñanza y aprendizaje.*

El uso de CAS se convierte en el complemento perfecto del profesor y de los materiales: cada alumno puede reforzar, con ayuda de estos de programas, aquellos puntos conceptuales que le resulten más difíciles de comprender, puede verificar resultados de ejercicios, realizar gráficos que

lo ayuden a clarificar diferentes situaciones (Juan y Bautista, 2001). Además cada sujeto aprende a su propio ritmo (Fernández, 2000), logrando una personalización del proceso de enseñanza y aprendizaje.

❖ *Motivación*

La computadora es un elemento importante en la motivación del estudiante, tanto por lo anteriormente explicado como por el dinamismo y la interactividad que se consigue en el proceso de aprendizaje (Juan y Bautista, 2001). Fernández y Muñoz (2007) aclaran que para mantener la atracción de los alumnos hay que tratar de no abusar de esta herramienta, de lo contrario se puede perder el interés. Tampoco es necesario usarla todo el tiempo, el alumno puede alternar entre “lápiz y papel” y tecnología, de acuerdo a cómo esté más seguro para controlar los resultados que va obteniendo. Estos autores han comprobado que alumnos que son pasivos en clase cambian su actitud ante el ordenador y pueden trabajar de acuerdo a sus capacidades.

❖ *Adquisición de otros conocimientos*

Usar tecnología requiere dos tipos de conocimiento: un conocimiento técnico (manejo de la computadora, de un software específico o de un programa), y un conocimiento matemático para utilizar el entorno e interpretar el feedback (Laborde, 2000). Se fomenta un espíritu crítico, ya que no siempre la respuesta del programa es “la correcta”. Se pueden aprovechar esos errores o resultados inesperados para reforzar el aprendizaje (Galán et al., 2009).

❖ *Interacción*

El uso de nuevas tecnologías favorece la interacción y la interactividad. Al respecto Ferreiro (2002) citado por Macías Ferrer (2007) aclara que la interacción se produce en estos nuevos ambientes de aprendizaje cuando el sujeto se involucra activamente teniendo contacto con pares. En tanto que la interactividad se produce cuando existe confrontación directa del alumno con el contenido de enseñanza, lográndose el “aprender haciendo”. En este caso la acción recíproca se da entre dos agentes: una material y el sujeto que aprende.

❖ *Centrar la actividad en el concepto*

Cuicas, Debel, Casadei y Alvarez (2007) afirman que tomando a la computadora como herramienta cognitiva, ésta se encarga del trabajo más rutinario (como cálculos) que no aportan significativamente a la tarea educativa, dándole más tiempo al alumno para centrarse en conceptos esenciales. El uso del ordenador favorece la concentración en la calidad de la idea, ya que con éste se pueden realizar operaciones permitiendo organizarlas más fácilmente, apoyando el proceso de aprender. Camacho Machín (2005) considera que el uso del software proporciona un instrumento

significativo para que los alumnos eviten memorizar fórmulas o procedimientos de cálculo, aunque también necesitan un tiempo para madurar y desarrollar una comprensión conceptual firme y segura de los conceptos.

En cuanto a las debilidades o desventajas en el uso de la computadora en las clases de Matemática podemos citar:

❖ *No favorece la adquisición de conceptos*

En contraposición a la postura que sostiene que el uso del software en el aprendizaje de la Matemática favorece la concentración en el concepto a estudiar; autores como Contreras de la Fuente et al (2005) exponen resultados de una investigación en la cual el mayor porcentaje de error que cometen los estudiantes se centra en errores conceptuales. Estos autores sostienen que el uso de entornos informáticos como Mathematica, no garantiza resultados satisfactorios en la enseñanza y aprendizaje de límite, continuidad y derivada.

❖ *Delegación de la responsabilidad en la construcción del conocimiento por parte del profesor o del alumno*

Fernández (2000) señala que el profesor puede correr el riesgo de “delegar” su tarea a la computadora, dejando que el alumno se valga por sus propios medios y no efectuando su papel de guía en el aprendizaje. A su vez el estudiante puede “distenderse” en el aprendizaje de algoritmos o reglas que realiza el ordenador.

❖ *La computadora como “caja negra”*

Tall (2000) explica que en ciertas ocasiones, la persona que usa un software no conoce los mecanismos internos que éste efectúa en diferentes situaciones y los cuales pueden enriquecer su aprendizaje. Pone como ejemplo el cálculo de  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$ , ante el cual la computadora devolverá el valor 1, pero el alumno no evidencia que puede justificarse con argumentos geométricos o mediante la regla de L'Hopital.

Fernández (2000) dice al respecto que la computadora puede convertirse en una “caja negra” donde el alumno aprieta botones o introduce sentencias en forma memorística sin saber lo que está haciendo.

Cuevas (s.f.) señala que una de las mayores dificultades al usar los manipuladores simbólicos como Mathematica para resolver un determinado problema en clase es que el proceso de solución permanece oculto, y en varias ocasiones el rescatar este proceso es una parte fundamental de los objetivos del curso.

❖ *La computadora como “entretenimiento”*

Como los alumnos están altamente motivados ante el uso de la computadora corremos el riesgo de utilizarla como entretenimiento, sin un fin específico. Fernández et al. (2007) proponen, para poder sacar verdaderamente un beneficio didáctico de estos recursos, completar las actividades con una serie de pruebas o tests donde se reflejen los conocimientos adquiridos con el uso del mismo.

❖ *Tiempo académico.*

Oteiza, Silva y el Equipo Comenius (2001) señalan como barrera para la incorporación de tecnología en las clases de Matemática el “tiempo del docente”, el calendario escolar y la carga horaria destinada. Agregamos que, en la enseñanza superior, los programas de las materias en general son extensos y el tiempo académico es corto. Las actividades realizadas con computadora requieren más tiempo que una clase expositiva tradicional (más aun teniendo en cuenta que el alumno debe también aprender la sintaxis específica del programa que usa), razón por la cual muchos docentes prefieren cumplir con el cronograma establecido por la cátedra en desmedro de la incorporación de tecnología en sus prácticas.

### **Análisis de nuestra experiencia**

En la investigación mencionada cuyo contexto fue la cátedra de Análisis Matemático I de carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Matanza, realizamos seis sesiones de trabajo con los dos grupos establecidos: uno que usó la computadora cargada con software Mathematica (Grupo 1), y el otro que lo hizo en entorno de lápiz y papel (Grupo 2). Cada una de estas seis actividades constaba de cuatro o cinco ejercicios que los alumnos debían resolver bajo modalidad taller. Se formaron entre diez y doce equipos de dos personas cada uno, en los dos grupos, durante toda la experiencia. Analizamos (a la luz de los objetivos establecidos en la tesis mencionada) las producciones de todos los equipos durante todas las actividades. En particular, para el grupo que trabajó con tecnología, esas producciones estaban plasmadas en archivos de software Mathematica. Desde este estudio exhaustivo y desde el diario de clase efectuado por la docente a cargo de ese grupo, pudimos reflexionar sobre las fortalezas y debilidades en el uso de la tecnología en la clase de Matemática encontradas en el marco teórico y hacer un paralelo con la experiencia propia.

Con respecto a las ventajas del uso de la computadora en la enseñanza y aprendizaje de la Matemática:

❖ *Visualización y experimentación*

Estos dos procesos, si bien son favorecidos por el uso de la computadora dado la facilidad que ésta nos brinda a la hora de graficar o de probar con distintos parámetros o casos, creemos que, de acuerdo a nuestra experiencia, en varias oportunidades se necesita de la intervención docente o de una guía explícita para que se produzca una visualización (entendida como entender el problema a través de una imagen), o la elaboración de una conjetura. A lo largo de nuestra experiencia tuvimos ocasiones en que los alumnos graficaron con el software pero no pudieron visualizar conceptos o propiedades en el gráfico por sí solos. Por otro lado, a pesar de tener la computadora, no aprovecharon su potencial de cálculo, por ejemplo a la hora de predecir un límite o de probar con diferentes casos en un determinado problema. Entonces, si bien coincidimos con los autores mencionados que la computadora es una buena herramienta para fomentar estos dos procesos, agregamos que, al menos en el comienzo de su utilización, es necesaria la orientación del docente o la guía desde el diseño de la tarea.

❖ *Cambio de roles del alumno y del docente.*

Durante la experiencia observamos que la mayoría de los alumnos dejó su posición pasiva de la clase expositiva tradicional para pasar a ser protagonista de su propio aprendizaje, siendo el docente mediador entre el conocimiento y el estudiante. Este cambio de actitud llevó tiempo. En las primeras actividades los alumnos dependían mucho de la opinión del docente en cuanto a las acciones a emprender en contraposición de las últimas sesiones en las que percibimos un comportamiento autónomo e independiente del profesor.

❖ *Individualización del proceso de enseñanza y aprendizaje*

Debido a que es el propio alumno que resuelve las tareas, depende de su interés y necesidad la posibilidad de reforzar conceptos a través de gráficos, de estudio de diferentes casos, etc. Durante la experiencia notamos que algunos equipos ampliaban las tareas pedidas con ayuda de la computadora y otros materiales como los apuntes de clase, y otros equipos sólo contestaban lo solicitado.

❖ *Motivación*

Percibimos que la mayoría de los alumnos se sintieron cómodos en el entorno computacional, sobre todo aquellos que estudian Ingeniería en Informática. Muchos se desinhibieron, probaron e “hicieron”, acciones que muchas veces están ausentes en las clases tradicionales. Esto se vio reflejado también en el resultado de una encuesta efectuada a este grupo, en la que la mayoría de los alumnos (75%) reflejó una actitud positiva hacia el uso del software.

❖ *Adquisición de otros conocimientos*

El alumno que trabajó con tecnología pudo adquirir dos tipos de conocimientos: uno matemático y otro técnico referido al programa que está utilizando, en nuestro caso, el Mathematica. Justamente uno de los objetivos de la incorporación de tecnología es brindarle al alumno una herramienta más que puede serle de gran utilidad en otras materias de su carrera y en su vida profesional como ingeniero.

❖ *Interacción*

Al ser un trabajo tipo taller, en el que se comparte la computadora con uno o dos compañeros, se favoreció la interacción entre pares no sólo del mismo equipo sino de otros. Fue usual observar cómo los equipos se ayudaban entre sí a lo largo de la experiencia.

❖ *Centrar la actividad en el concepto*

Según nuestro marco teórico, dado que el ordenador se encarga de las tareas más rutinarias como el trabajo algebraico o cálculos, el alumno tiene la posibilidad de concentrarse en su comprensión conceptual. En nuestro caso observamos que el grupo que trabajó en el entorno computacional tuvo mejor desempeño en los ejercicios que solicitaban argumentar o fundamentar lo realizado con resultados teóricos, que el que lo hizo en entorno de lápiz y papel, Suponemos que al ser la computadora la que efectuaba el cálculo de raíces o de límites o derivadas, los estudiantes contaban con más tiempo para reflexionar sobre conceptos y propiedades. Inclusive varios equipos de este grupo trabajaron con la carpeta de clase para dar las respuestas lo más completas posibles.

En cuanto a las desventajas que observamos en el uso de la computadora, citadas en el marco teórico, percibimos:

❖ *La computadora como “caja negra”*

Si bien hay ciertos procesos que quedan ocultos cuando se utiliza la computadora, como por ejemplo las reglas de derivación, el cálculo de límites o la resolución de ecuaciones, en nuestra experiencia en particular fuimos alternando el entorno computacional con el de lápiz y papel en las clases teóricas y algunas prácticas. De esta manera los alumnos que trabajaron con tecnología no descuidaron sus habilidades algebraicas o de cálculo de límites o derivadas.

❖ *Tiempo académico*

Establecer actividades con modalidad taller como las llevadas a cabo en nuestra investigación exige reorganizar el cronograma usual de la materia debido al tiempo que éstas demandan. Esto ocasiona discernir y “perder” el desarrollo de algunas demostraciones o la resolución de algunos ejercicios.

Igualmente consideramos que esta pérdida de tiempo académico no se debió específicamente al uso del software sino a la modalidad de taller empleada.

Podemos agregar también:

❖ *Costos, disponibilidad y preparación docente*

Actualizar una institución educativa con computadoras dotadas de software específico tiene altos costos que, en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, constituye un verdadero problema. A esto se le suma la falta de capacitación por parte de los docentes, que muchas veces no implementan esta herramienta por no tener conocimiento del software disponible o porque su uso requiere tiempo extra para la preparación de actividades y secuencias didácticas.

❖ *Diseño de las actividades.*

El uso de programas o software específico en las clases, no sólo requiere de una capacitación docente, sino también la elaboración de actividades y tareas a ser realizadas por los alumnos. Varias son las causas de que muchos docentes se opongan a esto: tiempo demandado, profesores que no quieren emplear tiempo extra y prefieren continuar con su rutina, resistencia al cambio por desconocer los beneficios de esta forma de trabajo, entre otros.

### Reflexión final

Las observaciones expuestas y otros resultados obtenidos en la investigación mencionada que no son explícitos en este artículo, nos permiten vislumbrar que con la computadora cargada con software tipo CAS podemos favorecer procesos como los de experimentación, elaboración de conjeturas, visualización, control de resultados, de una manera más simple que en entornos de lápiz y papel, en forma progresiva y con una orientación adecuada del docente o desde el diseño de la tarea. Hay que tener en cuenta que al alumno le lleva tiempo incorporar el software como un instrumento de trabajo, pero en general está altamente motivado para hacerlo. Además el estudiante adquiere dos tipos de conocimientos: uno matemático y otro técnico relativo al software que está usando, el que puede emplear luego en otras asignaturas o en su vida profesional.

No tenemos que perder de vista que la incorporación de estos recursos no se hace en forma improvisada, requiere una organización por parte del docente, ya sea de los objetivos perseguidos, de los tiempos académicos, del material didáctico con el que se trabajará y de la orientación que se le brindará al alumno. Cabe agregar también que es importante lograr un equilibrio adecuado entre los dos entornos mencionados (computacional y lápiz y papel). De esta manera no perdemos la motivación que suscita en el alumno el uso de la computadora y además podemos

hacer hincapié en procesos que ésta no hace explícitos, como ser reglas de derivación, cálculo de límites, entre otros.

### Referencias bibliográficas

- Camacho Machín, M. (2005). La enseñanza y aprendizaje del análisis matemático haciendo uso de CAS (Computer Algebra System). En A. Maz Machado, B. Gómez Alfonso y M. Torralba Rodríguez (Eds.), *Investigación en Educación Matemática: Noveno Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM* (pp. 97-110). España: SEIEM y Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Contreras de la Fuente, A., Font, V., García, M., Luque, L., Marcolini, M., Ordoñez, L., Ortega, M. y Sánchez, C. (2005). Aplicación del programa Mathematica a las prácticas de cálculo en el primer año universitario. En A. Maz Machado, B. Gómez Alfonso y M. Torralba Rodríguez (Eds.), *Investigación en Educación Matemática: Noveno Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM* (pp. 271-282). España: SEIEM y Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Cuevas, C. (s.f.) *¿Qué es software educativo o software para la enseñanza?* Recuperado el 5 de octubre de 2009, de <http://www.matedu.cinvestav.mx/~ccuevas/SoftwareEducativo.htm>
- Cuicas, M., Debel, E., Casadei, L. y Álvarez, Z. (2007). El software matemático como herramienta para el desarrollo de habilidades del pensamiento y mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas. *Actualidades Investigativas en Educación*, 7 (2), 1-34. Recuperado el 16 de junio de 2009 de <http://revista.inie.ucr.ac.cr>
- Fernández, J. y Muñoz, J. (2007). Las TIC como herramientas educativa en matemática. *Revista UNION. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 9, 119-147. Recuperado el 7 de marzo de 2008, de [http://www.fisem.org/web/union/revistas/9/Union\\_009\\_013.pdf](http://www.fisem.org/web/union/revistas/9/Union_009_013.pdf)
- Fernández, M. (2000). Perfeccionamiento de la enseñanza-aprendizaje del tema límite de funciones con el uso de un asistente matemático. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 3 (2), 171-187.
- Galán, J. L., Galán, M. A., Gálvez, A., Jiménez, A. J., Padilla, Y. y Rodríguez, P. (2009). *Desde la calculadora hasta el software especializado: un estudio de la evolución en el uso de las TIC's en la enseñanza de la matemática en Ingeniería*. Recuperado el 21 de enero de 2010, de <http://www.bvs.hn/cu-2007/ponencias/EDU/EDU109.pdf>
- Juan, A. y Bautista, G. (2001). *Didáctica de las matemáticas en la enseñanza superior: la utilización de*

software especializado. Recuperado el 15 de julio de 2009, de <http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/0107030/mates.html>

Laborde, C. (2000). *Why technology is indispensable today in the teaching and learning of mathematics?* Recuperado el 4 de febrero de 2010 de <http://www.math.osu.edu/~waitsb/posticme2000/laborde.pdf>

Macías Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42 (4). Recuperado el 21 de enero de 2010 de [http://www.rieoei.org/boletin42\\_4.htm](http://www.rieoei.org/boletin42_4.htm)

Oteiza, F., Silva, J. y Equipo Comenius (2001). *Computadores y comunicaciones en el currículo matemático*. Recuperado el 5 de enero de 2010 de <http://www.eduteka.org/pdfdir/SilvaMatematicas.pdf>

Tall, D. (2000). Biological brain, mathematical think, and computational computers. En Wei-Chi Yang, Sung-Chi Chu, Jen-Chung Chuan (Eds), *Proceedings of the Fifth Asian Technology Conference in Mathematics Chiang Mai, Thailand* (pp. 3–20). Blackwood (VA): ATCM.

Torroba, E., Etcheverry, N y Reid, M. (2009). Explorando el rol de la visualización en experiencias de cátedra. *TE&ET. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 3. Recuperado el 13 de enero de 2010 de <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/nuevo/files/No3/TEYET3-art01.pdf>

Torroba, E., Reid, M., Etcheverry, N. y Villareal, M. (2006). Los estudiantes proponen un problema: una posibilidad favorecida por los ambientes computacionales informatizados. *Revista UNION. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 7, 39-51. Recuperado el 8 de marzo de 2008 de [http://www.fisem.org/web/union/revistas/7/Union\\_007\\_005.pdf](http://www.fisem.org/web/union/revistas/7/Union_007_005.pdf)