

EFFECTOS DE ALGUNAS TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS DIGITALES SOBRE EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN MATEMÁTICAS

Alirio Dávila

Profesor DCyT - UCLA
adavila@ucla.edu.ve

RESUMEN

Este artículo reporta los efectos del uso del software Graphmatica y del correo electrónico sobre el rendimiento académico de un grupo de estudiantes repitientes de Matemáticas I en el Decanato de Ciencias y Tecnología (DCyT), Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). La investigación fue cuantitativa con diseño Cuasi-experimental. Se usó el paquete SPSS-12, con pruebas t-student para muestras pareadas y simples. Se realizó un análisis descriptivo del cuestionario tipo Likert que se aplicó para medir las actitudes de los estudiantes hacia el uso de tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Los hallazgos fueron: a) mejoró significativamente el rendimiento académico de los estudiantes que repitieron Matemáticas I, b) los estudiantes aprobados no lograron niveles de rendimiento académico meritorio; c) los estudiantes repitientes adoptaron una actitud favorable hacia el uso de tecnología digital en el proceso de enseñanza y aprendizaje de Matemáticas I; y c) disminuyó significativamente el índice de ausentismo a clases de los estudiantes que repitieron Matemáticas I.

Palabras Clave: Tecnología Digital, Matemáticas, Rendimiento Académico

ABSTRACT

This paper reports the effects of the software Graphmatica and the electronic mail on the academic achievement of some students of Mathematics I at the School of Science and Technology, Centroccidental University Lisandro Alvarado (UCLA). It was conducted a quantitative research with quasi-experimental design. The package SPSS-12 was used, applying the t-student test for paired and simple groups. It was performed a descriptive analysis of the questionnaire Likert scale applied to measures the attitudes of the students toward the use of digital technology in teaching and learning mathematics. The findings were: a) it was improved significantly the academic achievement of the students of Mathematics I; b) the approved students did not reach a meritorious level of academic achievement; c) the students showed a positive attitude toward the use of digital technology in teaching and learning Mathematics I; and d) the students reduced his high level of absenteeism to classroom activities of Mathematics I.

Key Words: Digital Technology, Mathematics, Academic Achievement.

THE EFFECTS OF SOME EDUCATIONAL TECHNOLOGIES ON ACADEMIC ACHIEVEMENT IN MATHEMATICS

Alirio Dávila

Professor DCyT - UCLA
adavila@ucla.edu.ve

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó en el DCyT de la UCLA, durante el lapso académico II-2004, con la intención de aportar elementos metodológicos de enseñanza y aprendizaje para orientar una posible solución del problema representado por el alto índice de aplazados en Matemáticas I en la carrera Ingeniería Informática. En la fundamentación de la estrategia instruccional ensayada, el investigador consideró a favor los siguientes aspectos: a) el problema afectaba a estudiantes de Ingeniería en Informática, quienes podían mostrar actitudes favorables hacia el uso de tecnologías de la información y comunicación, dada la naturaleza de la carrera que estaban cursando; b) una revisión preliminar de literatura relacionada con el problema (French, 1997; Chaloo, 2002 y Girard, 2003) reveló hallazgos cuantitativos y cualitativos, estadísticamente significativos, que recomendaban el uso de tecnología digital para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en cursos de Precálculo y Cálculo Matemático, y c) hasta el 2004, en el DCyT no se habían realizado investigaciones formales que propusieran el uso de software matemático y del correo electrónico, para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de Matemáticas I. Esto se evidenció mediante consultas directas realizadas por el investigador a los profesores de la asignatura durante reuniones de la Coordinación de Cátedra.

EL PROBLEMA

En la UCLA existe un órgano consultivo permanente denominado Comisión Académica (CA), presidido por el Vicerrectorado Académico, e integrado por todos los directores de las distintas carreras que se ofrecen en la institución. Fundamentalmente, la CA planifica acciones para identificar y remediar los problemas que inciden negativamente la calidad del proceso de

enseñanza y aprendizaje de la institución. En este sentido, la CA (2003) identificó varios problemas en el desarrollo de las actividades docentes y estudiantiles de la institución hasta el año 2003; entre ellos, el representado por el alto índice de aplazados en Matemáticas I en la carrera Ingeniería en Informática del DCyT. Al respecto, la CA reportó una cifra promedio anual de aplazados superior al 60%, desde 1994 hasta 2003. Este dato revelaba que más de la mitad de los estudiantes que ingresaban a Ingeniería en Informática se veían afectados negativamente por su bajo rendimiento académico en Matemáticas I.

TRASFONDO, JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA DEL PROBLEMA

El problema que se investigó se ha estudiado ampliamente en distintos ambientes académicos universitarios, con o sin resultados estadísticamente significativos sobre las ventajas del uso de tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Por una parte, se revisaron numerosos trabajos de investigación con evidencias de que la tecnología ayudó a mejorar el rendimiento académico en las áreas de Cálculo, Precálculo, y Álgebra. Para algunos investigadores (Cooley, 1996; Rochowicz, 1996; French, 1997; Chaloo, 2002; Girard, 2003; Hay, 2004), el uso de tecnología digital aumentó significativamente el rendimiento de los estudiantes y mejoró sus actitudes hacia el estudio de las matemáticas. En cambio, para otros (Hamtni, 2000; Griggs, 2001), la tecnología no produjo ventajas determinantes ni estadísticamente significativas en esos aspectos. Con base en estas consideraciones, y por muchas más encontradas en la literatura revisada, se justificó la investigación con la intención de determinar la utilidad práctica de algunas tecnologías educativas digitales para mejorar el desempeño del trabajo académico de los profesores y estudiantes de matemáticas en el DCyT. En este sentido, se siguieron las ideas de Silvio (1993),

quién afirmó que si el conocimiento se comunicara de otras maneras, utilizando nuevas tecnologías, artefactos físicos y cognitivos que prolonguen nuestras facultades intelectuales, entonces, podríamos lograr mejorar la calidad de nuestro trabajo intelectual.

La significación, e implicaciones directas de este estudio para la UCLA, se basaron en estos requerimientos: a) necesidad de mejorar el nivel de rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería en Informática en el área de matemáticas como base sólida para su formación científica y tecnológica; b) explorar y revisar la eficacia de la forma tradicional de enseñanza de la asignatura Matemáticas I, centrada primordialmente en el profesor como expositor magistral y no como mediador o facilitador del aprendizaje de sus alumnos; c) ensayar algunas tecnologías educativas digitales como recursos de apoyo para la entrega de instrucción, y promover un modelo educativo centrado en los estudiantes y no en el profesor, es decir, centrado en el aprendizaje y no en la enseñanza; d) necesidad de reducir el elevado nivel de ausentismo a clases de los estudiantes repitientes; e) necesidad de reducir el índice de deserción estudiantil en Ingeniería en Informática, aumentado por los alumnos que abandonan sus estudios al no aprobar Matemáticas I; y f) aumentar los cupos disponibles para los alumnos de nuevo ingreso a la carrera Ingeniería en Informática.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En el estudio se buscó respuestas a cuatro preguntas específicas: a) ¿Qué efectos tendrá el uso de tecnología educativa digital sobre el rendimiento académico de los estudiantes repitientes de Matemáticas I?, b) ¿Cuál será la actitud de los estudiantes repitientes hacia el uso de tecnología en el proceso de aprendizaje de Matemáticas I?, c) ¿Cuál será la actitud de los estudiantes

repitientes hacia el uso de tecnología en el proceso de enseñanza de Matemáticas I?, y d) ¿Qué efectos tendrá el uso de tecnología educativa digital sobre el nivel de ausentismo de los estudiantes repitientes a sus clases de Matemáticas I?

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la primera pregunta se establecieron dos hipótesis nulas a) HN11 - no habrá diferencias significativas entre el rendimiento académico de los estudiantes que repiten Matemáticas I con uso de tecnología educativa digital, y el rendimiento académico que obtuvieron cuando cursaron la asignatura con métodos tradicionales; y b) HN12 - el rendimiento académico promedio de los estudiantes aprobados no será mayor o igual a 16 puntos, escala del 0 al 20. Para la segunda pregunta, se estableció una sola hipótesis nula HN21 - no habrá una cantidad significativa de estudiantes repitientes con actitud favorable hacia el uso de tecnología educativa digital en el proceso de aprendizaje de Matemáticas I. Para la tercera pregunta de investigación se estableció la hipótesis nula HN31 - no habrá una cantidad significativa de estudiantes repitientes con actitud favorable hacia el uso de tecnología educativa digital en la enseñanza de Matemáticas I. Para la cuarta pregunta, se estableció la hipótesis nula HN41 - la cantidad promedio de inasistencias de los estudiantes repitientes a las clases de Matemáticas I será mayor o igual que 20.

IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS

Tall y otros (2001:1) destacaron que “De todas las áreas en matemáticas, la que ha recibido mayor atención, dedicación e inversión en el uso de tecnología es el Cálculo”. En efecto, más allá de las dos últimas décadas, desde los años 80, en el siglo XX, se multiplicó la aparición y difusión

de programas comerciales con este propósito. Como resultado de ello, desde entonces se han conocido numerosas iniciativas en los escenarios académicos universitarios y científicos que han ensayado enfoques instruccionales innovadores con apoyo de programas computacionales para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en general. Por ejemplo, Cooley (1996) investigó los efectos del uso de un sistema algebraico de computación (SAC) sobre el aprovechamiento y entendimiento conceptual de los estudiantes de un curso introductorio de Cálculo. Cooley se propuso determinar si los estudiantes que usaban el SAC lograban un mejor entendimiento de conceptos claves como límites, derivadas, razón de cambio, máximos, mínimos y gráficas de funciones. Además, buscó determinar si los estudiantes usuarios del SAC obtenían mejor rendimiento que los estudiantes de un curso tradicional de Cálculo. Los resultados de Cooley revelaron que los estudiantes del grupo experimental obtuvieron un mejor aprovechamiento y entendimiento conceptual del Cálculo que los estudiantes del grupo control. Por su parte, Laborde (2000:11) afirmó que la tecnología afectaba favorablemente la forma de enseñar y aprender matemáticas. Esa fue la respuesta de Laborde a su pregunta de investigación ¿por qué la tecnología es indispensable hoy en día en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas? Laborde concluyó que las manipulaciones reales permitidas por la tecnología ofrecen a un mayor número de estudiantes el acceso y comprensión de las matemáticas. Además, expuso dos razones para justificar el uso de tecnología en la enseñanza de matemáticas en los nuevos tiempos: a) una razón de tipo social, ya que los profesores no pueden ignorar un mundo insertado en el uso creciente de tecnología, donde los jóvenes usan Internet, telefonía celular, y estaciones de juegos computarizados; y b) una razón de tipo instruccional, ya que existen muchas tecnologías

útiles que permiten a los estudiantes una mejor visualización gráfica de problemas matemáticos, conectar la teoría con la práctica, y realizar ensayos o experimentos.

Por otro lado, Hamtini (2000:1) realizó un estudio comparativo entre la instrucción asistida por computadoras de un curso universitario de matemática y la instrucción del mismo curso bajo enfoque tradicional. El rendimiento y las actitudes hacia el estudio de las matemáticas se evaluaron mediante aplicación de pruebas previas y posteriores. El estudio fue cuantitativo y cualitativo. Hamtini reportó, entre otros hallazgos, que “el análisis de los resultados de las prepruebas y pospruebas aplicadas demostraron que las actitudes de los estudiantes del grupo control no cambiaron significativamente, pero si cambiaron las del grupo experimental y fueron más positivas en el transcurso de la instrucción”. Sin embargo, “el grado de aprovechamiento para el grupo de control fue significativamente mayor que el logrado por el grupo experimental. El rendimiento total en matemáticas, medido por las pospruebas, fue significativamente mayor para el grupo tradicional”. En cambio, French (1997) realizó un estudio para investigar el efecto del uso de software matemático interactivo sobre el aprovechamiento en matemáticas y actitudes hacia el estudio de la materia en dos grupos de estudiantes cursantes de Precálculo en un colegio comunitario. Tres importantes implicaciones se derivaron de la investigación de French: a) mejoró el aprovechamiento académico de los estudiantes en el curso de precálculo; b) el uso de software computacional interactivo ayudó al éxito de los estudiantes en el curso; y c) el software computacional interactivo favoreció las actitudes de los estudiantes hacia el estudio de las matemáticas lo que los ayudó a tener éxito en el curso de precálculo. French concluyó que el aprovechamiento en matemáticas y las actitudes de

los estudiantes hacia esta materia se pueden mejorar con el uso de software computacional interactivo.

En otro estudio importante, Gueldenzoph (2001:1) investigó el uso de tecnología digital y sus relaciones con el enfoque constructivista del aprendizaje. Concretamente, Gueldenzoph basó su investigación “en averiguar cómo perciben los estudiantes el uso de computadoras para construir significados y mejorar sus maneras de conocer y aprender”. Uno de los resultados reportados por Gueldenzoph reveló que “el 88.7% de los estudiantes involucrados reconocieron que el uso de computadoras si los ayudó en sus procesos de aprendizaje, un 8.6% indicó no estar seguro, y un 2.7 señaló que no los ayudó”. Los alumnos percibieron que el uso de computadoras les afectó favorablemente su habilidad para aprender.

A la luz de los resultados de esta concisa revisión de literatura, y de otras investigaciones examinadas (Melin-Conejeros, 1993; Anderson y Piazza, 1996; Bready, 2001; Gerson, 2001; Griggs, 2001; Costner, 2003; Nguyen, 2003), predominaron las evidencias de que la tecnología si ayudó al logro de un mayor rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas. Los ayudó a comprender teorías y conceptos matemáticos, a desarrollar habilidades para resolver problemas complejos, y a aumentar su motivación por el estudio de la matemática. Igualmente se encontró que el uso de tecnología aumentó la efectividad de los profesores en la ejecución de sus tareas instruccionales en aulas y laboratorios. También la literatura revisada aportó evidencias de que era posible potenciar el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas a partir de diseños instruccionales con base en el enfoque constructivista, en los cuales el profesor pasa a ser mediador o facilitador, y los estudiantes llegan a ser aprendices activos por influencia de una planificación instruccional efectiva.

MARCO METODOLÓGICO

Participantes. Inicialmente, se totalizó una muestra de 48 estudiantes repitientes, distribuidos en un solo grupo, sección 6 de Matemáticas I, lapso II-2004. Todos habían cursado el mismo programa de Matemáticas I al menos una vez, usando métodos tradicionales, con rendimientos académicos individuales inferiores a 10 puntos en la escala de 0 al 20.

El investigador no intervino en la selección ni en la composición de la muestra. El Jefe del Departamento de Matemáticas del DCyT le asignó al investigador la sección 6. Antes de que se formaran los grupos o secciones, ninguno de los 160 estudiantes repitientes ni los funcionarios del DCyT tuvieron conocimiento alguno de que se iba a realizar un estudio de esta naturaleza en Matemáticas I. Por ello, al inicio del semestre, a los estudiantes de la sección 6, se les informó sobre el experimento y su finalidad, y todos aceptaron por escrito formar parte del estudio. Se les aplicó un cuestionario exploratorio, con la finalidad de determinar sus experticias en el uso de tecnología digital, y se demostró que ninguno había usado el software Graphmatica en sus cursos previos de Matemáticas I. Así mismo, se determinó que eran usuarios moderados de Internet y del correo electrónico.

El investigador fue el profesor del curso y el único responsable del diseño del experimento que se realizó en este estudio. En su condición de observador participante (Gall y otros, 2003), el investigador elaboró todos los exámenes y asignaciones prácticas del curso.

El diseño. La investigación fue cuantitativa y su diseño cuasi-experimental. El grupo ya estaba formado cuando se inició el experimento, homogéneo en su condición de repitientes, y debidamente constituido según el régimen de inscripción.

nes del DCyT. En este caso, de acuerdo con Hernández y otros (2003:258) el diseño del estudio fue cuasi-experimental. Para estos autores un cuasi-experimento es “un experimento en el que los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, porque tales grupos ya existían intactos”.

El Tratamiento. El tratamiento experimental que se usó en la investigación consistió en una manipulación de la variable independiente *tecnología educativa digital*, representada por el programa Graphmatica y el correo electrónico. Con este propósito, se dio uso intensivo al servicio de correo electrónico y a Graphmatica en actividades propias del proceso instruccional de Matemáticas I. Consecuentemente, se observaron los efectos de esas manipulaciones en la variable dependiente *rendimiento académico de los estudiantes repitientes de Matemáticas I*. La diferencia crucial con el mismo grupo, también tomado como grupo control, fue que en todas las ocasiones anteriores en que cursaron Matemáticas I se les enseñó con métodos tradicionales, por exposiciones magistrales del profesor sin uso de tecnología digital. Para controlar la variable independiente, y prevenir la intervención e influencia de la variable *conocimientos previos*, se aplicó una prueba exploratoria de conocimientos sobre el programa de Matemáticas I, al inicio del experimento. La prueba tuvo una duración de tres horas, y se aplicó presencialmente en la semana inicial de actividades, en horario extra. El análisis de los resultados de esta prueba demostró que la variable conocimientos previos no comprometió la validez interna del experimento.

Los estudiantes participantes recibieron ocho horas de entrenamiento en el uso de Graphmatica, versión 1.3. El investigador facilitó ese entrenamiento en los laboratorios de computación del DCyT y en el aula de clases, durante las dos primeras semanas de actividades del curso. El tex-

to básico adoptado para el curso fue el mismo que los estudiantes siguieron en todas las oportunidades en que cursaron la materia por métodos tradicionales: Introducción al Cálculo Diferencial de Sáenz (1995). Para centrar el tratamiento experimental en los estudiantes, se propusieron cinco trabajos prácticos de laboratorio. Usando Graphmatica, los estudiantes resolvieron problemas para reforzar teorías e ilustrar conceptos de funciones, límites, derivadas, puntos críticos, puntos de inflexión, asíntotas, valores extremos locales, puntos de intersección, rectas tangentes a curvas dadas, teorema de Rolle, teorema de valor intermedio, entre muchos otros tópicos de Matemáticas I. En cada trabajo, se propuso al menos un problema que debió ser resuelto analíticamente. Así, se crearon situaciones de aprendizaje para que los estudiantes fijaran conceptos y desarrollaran habilidades intelectuales para resolver problemas, además de presentar sus soluciones gráficas. Las soluciones gráficas a los problemas planteados fueron entregadas como archivos anexos a través del servicio de correo electrónico. Para los desarrollos teóricos, los estudiantes tuvieron la libertad de entregar las soluciones en forma manuscrita o digitalizada. De los trabajos asignados, tres fueron individuales y dos en equipos de trabajo colaborativo con dos integrantes como máximo. El investigador se reservó el derecho a interrogar en privado a los estudiantes sobre los trabajos entregados para asignarles la calificación correspondiente, ya fuere individual o grupal. Estos trabajos tuvieron una ponderación del 25% sobre la calificación final sumativa del curso. El curso fue evaluado mediante los cinco trabajos prácticos (25%) y cinco exámenes escritos presenciales (75%) que se realizaron en horas regulares de clases.

El desarrollo de conceptos de Cálculo y sus aplicaciones, con mediación de tecnología, fue el objetivo principal de la metodología de enseñan-

za. A tal efecto, el investigador hizo uso intensivo en al menos un encuentro semanal del programa Graphmatica para graficar y analizar funciones, conceptos, principios, y teoremas de Matemáticas I. Los estudiantes fueron interrogados por el investigador, y motivados a participar activamente en la resolución gráfica y analítica de problemas que previamente se habían propuesto. Los estudiantes también identificaron algunas propiedades de las funciones en estudio, tales como simetrías, monotonía, concavidad, continuidad, dominios, rangos, discontinuidad removible o esencial, puntos de intersección con los ejes coordenados, a través de sus representaciones gráficas en Graphmatica. Tanto como fue posible, el investigador trató de transformar la enseñanza con tecnología en conocimiento construido por los estudiantes, y no en información impuesta desde afuera (Klinger y Vadillo, 2001). También formuló preguntas generadoras de debates en las clases presenciales o por vía asincrónica a través del correo electrónico. El investigador identificó áreas de acuerdos y desacuerdos en las discusiones de los estudiantes, hasta buscar el consenso sobre las ideas o conceptos matemáticos en estudio. Con fines complementarios del proceso de enseñanza y aprendizaje, se incorporó el servicio de correo electrónico como medio para la interacción asincrónica e intercambio de materiales entre el investigador y los participantes, o entre los mismos participantes. Los estudiantes dispusieron de sus cuentas privadas de correo electrónico para sus intervenciones por ese medio. A través del correo electrónico, se dio un intercambio semanal de preguntas y respuestas sobre temas desarrollados en clases. Estas participaciones no tuvieron valoración alguna en la evaluación sumativa del curso.

Análisis estadístico de los datos. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software SPSS 12.0. Para la pregunta ¿qué efecto tiene el uso de tecnología educativa digital sobre

el rendimiento académico de los estudiantes repitentes de Matemáticas I?, se aplicó la prueba *t*-student en dos situaciones diferentes. Primero se realizó una prueba para muestras pareadas, con el objetivo de probar la hipótesis HN11- no habrá diferencias significativas entre el rendimiento académico de los estudiantes que repiten Matemáticas I con uso de tecnología educativa digital, y el rendimiento académico de esos mismos estudiantes que cursaron la materia con métodos tradicionales. Aquí, se comparó el promedio del rendimiento académico de los participantes después del experimento con el promedio obtenido por ellos mismos antes del experimento. Segundo, se realizó una prueba para muestras simples y probar la hipótesis HN12- el rendimiento académico promedio de los estudiantes aprobados no será mayor o igual a 16 puntos, escala del 0 al 20. Aquí se comparó el rendimiento académico obtenido por los participantes con la mínima calificación de 16 puntos para lograr un rendimiento académico considerado meritorio según el reglamento de evaluación de la UCLA. Para el análisis de las preguntas ¿cuál es la actitud de los estudiantes hacia el uso de tecnología en el proceso de aprendizaje de Matemáticas I? y ¿cuál es la actitud de los estudiantes repitentes hacia el uso de tecnología en el proceso de enseñanza de Matemáticas I?, se realizó un tratamiento estadístico descriptivo al cuestionario tipo Likert que se aplicó a los estudiantes, consistente de 50 ítems (ver anexo 1). Las respuestas del cuestionario se codificaron en una escala del 1 al 5. Se le asignó el valor 1 a la respuesta menos favorable para cada ítem, y el valor 5 para la respuesta más favorable. Los resultados conseguidos, midieron las frecuencias y porcentajes acumulados de estudiantes en cada nivel de la escala 1 al 5, para clasificarlos en las categorías favorable, neutral, y no favorable. Por último, para el análisis de la pregunta ¿qué efecto tiene el uso de tecnología educativa digital sobre el nivel de ausentismo de los estudiantes que repiten Mate-

máticas I?, se realizó un análisis *t*-student para muestras simples. Aquí, se comparó el promedio de las insistencias de los estudiantes con el mínimo de 20 inasistencias, considerado suficiente para que un alumno sea aplazado por inasistencias en un curso de 96 horas académicas como Matemáticas I.

Justificación de la metodología empleada. Hubo varias razones que indujeron hacia el uso de Graphmatica en esta investigación, y no otro programa computacional matemático. A saber, entre otras, a) una razón pedagógica de orden constructivista, porque con Graphmatica los estudiantes pueden resolver problemas matemáticos sin la asistencia directa del profesor. El ambiente de Graphmatica resultó apropiado para explorar múltiples propiedades de la noción de funciones reales; b) una razón tecnológica, porque Graphmatica, a diferencia de otros programas matemáticos como Derive, Mapple, y Mathematica, ocupó un espacio de 700 KB, que quedó totalmente satisfecho en un disco de 3.5 pulgadas para almacenamiento digital; y c) una razón económica, Graphmatica es software libre que se descarga gratuitamente por Internet. Esto eliminó costos de licencia para su uso. Dado que el experimento se llevó a cabo en una institución pública, con educación gratuita, no era posible trasladar a los estudiantes costo alguno por los medios utilizados.

Ahora bien, la estrategia instruccional que utilizó el investigador con el uso de Graphmatica y correo electrónico se basó en una aplicación de la estrategia de enseñanza de las matemáticas con enfoque de laboratorio, formulada por González (1997:127). Esto es, “descubrir teoremas, encontrar patrones, resolver problemas, explorar un principio a través de una aplicación, desarrollar métodos de aproximación, formular y experimentar con principios matemáticos”. Estas actividades las realizaron los alumnos

como respuestas a tareas y proyectos asignados por el investigador, con la finalidad de que los propios alumnos participaran activamente en la construcción o reconstrucción de sus conocimientos. Igualmente, hubo dos asignaciones realizadas en trabajos de equipos colaborativos, con lo cual se fomentó que el aprendizaje se construyera con base en la interacción social y cognitiva de los aprendices (Driscoll, 2000).

Por último, se resalta que los involucrados en la investigación fueron estudiantes repitentes de Matemáticas I. Con esta característica fundamental, juzgaron mejor el nuevo enfoque instruccional mediado por tecnología digital. Es decir, los estudiantes estuvieron en capacidad de comparar el nuevo enfoque y la modalidad tradicional con la que previamente habían cursado la asignatura. En este sentido, mediante la aplicación de un cuestionario tipo Likert, ellos apreciaron con criterio propio si el uso de la tecnología digital les favoreció o no un aprendizaje efectivo, si les aumentó su motivación, y si les modificó o no sus actitudes hacia el estudio de las matemáticas.

RESULTADOS

Generales. De los 48 estudiantes inscritos inicialmente, sólo 40 completaron todas las evaluaciones sumativas del curso. Al final, hubo 23 aprobados (57.50%) y 17 aplazados (42.50%). Solamente 30 estudiantes completaron el cuestionario final de la investigación. Entre los 10 estudiantes que no respondieron el cuestionario, hubo 9 aplazados y uno solo aprobado. De los 30 estudiantes que completaron el cuestionario, 22 aprobaron y 8 reprobaron.

Primera Pregunta de Investigación. Para la hipótesis HN11, el análisis se hizo con la prueba *t*-student a un nivel de confianza $\alpha = .05$. Los resultados conseguidos fueron $t = 11.466 > 0$; p

= .000 < .01; y 39 grados de libertad. Estos resultados fueron significativos para un nivel $\alpha = .05$. La hipótesis HN11 fue rechazada. El rendimiento académico de los 40 estudiantes después del uso de la tecnología fue significativamente diferente al rendimiento de esos mismos estudiantes cuando cursaron la asignatura por métodos tradicionales. El análisis de la hipótesis HN12 se dividió en dos casos: a) una prueba *t*-student para muestras simples a un nivel de confianza $\alpha = .05$, con muestra de tamaño $N = 40$, que incluyó alumnos aprobados y aplazados; y b) una prueba *t*-student para muestras simples a un nivel de confianza $\alpha = .05$, con una muestra de tamaño $N = 23$, que incluyó solamente a los 23 alumnos aprobados. La prueba *t*-student para muestras simples se usa para determinar si la media de los valores de una sola variable difiere de un valor constante especificado (Ravid, 2000). Para el primer caso, los resultados fueron $t = -11.806 < 0$; $p = .000 < .01$; con 39 grados de libertad. No fueron estadísticamente significativos para un nivel $\alpha = .05$. En consecuencia, la hipótesis nula HN12 no fue rechazada. El promedio del rendimiento académico de los 40 estudiantes fue significativamente menor a 16 puntos, escala del 0 al 20. Para el caso dos, los resultados fueron $t = -10.543 < 0$; $p = .000 < .01$; con 22 grados de libertad. Tampoco estos resultados fueron estadísticamente significativos para un nivel $\alpha = .05$. De nuevo, la hipótesis nula HN12 no pudo ser rechazada. El rendimiento académico de los 23 estudiantes que aprobaron Matemáticas I y respondieron el cuestionario fue significativamente menor que 16 puntos, en la escala de 0 al 20. Es decir, aprobaron la asignatura pero con un rendimiento académico por debajo del nivel meritario. Estadísticamente quedó rechazada la hipótesis nula HN11, pero no fue rechazada la hipótesis nula HN12.

Segunda Pregunta de Investigación. El análisis de las opiniones dadas por los 30 estudiantes que respondieron el instrumento diseñado para evaluar sus actitudes hacia el uso de tec-

nología educativa digital en el proceso de enseñanza y aprendizaje de Matemáticas I, demostró que una mayoría significativa de ellos tuvo una actitud favorable hacia el uso del programa Graphmatica y del correo electrónico en las actividades propias del aprendizaje de Matemáticas I. En efecto, los resultados particulares de los ítems 1 al 27 reportaron que más del 80% de los estudiantes de una muestra de $N = 30$ valoraron y se mostraron satisfechos con el uso del software Graphmatica y del correo electrónico en el aprendizaje de Matemáticas I. Con base en estos resultados significativos, la hipótesis nula HN21 se rechazó.

Tercera Pregunta de Investigación. Los estudiantes mostraron una actitud favorable hacia el uso del software Graphmatica y del correo electrónico en las actividades propias de la enseñanza de Matemáticas I. Por lo tanto, la hipótesis nula HN31 se rechazó. En efecto, los resultados particulares de los ítems 28 al 50 reportaron que más del 90% de los estudiantes de una muestra de $N = 30$ valoraron y mostraron satisfacción con el uso de Graphmatica y del correo electrónico en la enseñanza de Matemáticas I.

Cuarta Pregunta de Investigación. El análisis de la hipótesis HN41 se realizó con la prueba *t*-student para muestras simples a un nivel de confianza $\alpha = .05$. Se obtuvieron los resultados $t = -11.037 < 0$; $p = .000 < .01$; y 39 grados de libertad. Estos resultados fueron significativos para un nivel $\alpha = .05$; y con ello, la hipótesis HN41 se rechazó. El promedio de inasistencias de los estudiantes a clases de Matemáticas I con uso de tecnología fue significativamente menor que 20.

DISCUSIÓN

El primer hallazgo demostró que el rendimiento académico de los estudiantes que repitieron Matemáticas I con el uso de tecnología educativa

digital mejoró significativamente. El 57.5% de los 40 participantes que terminaron el experimento aprobó la asignatura. Este porcentaje superó en 17.5 puntos el promedio de aprobados (40%) de Matemáticas I en el DCyT, durante el período 1994-2003. La hipótesis del investigador sobre el mejoramiento del rendimiento académico se confirmó. Estos resultados también confirmaron los hallazgos de numerosos estudios sobre el mismo problema (Chaloo, 2002; Cooley, 1996; French, 1997; Girard, 2003; Rochowicz, 1996; Tiwari, 1999). De modo que, en principio, en esta era dominada por las tecnologías de la información y las comunicaciones, el estudio aporta elementos para que se fomente el uso de tecnologías educativas digitales en la enseñanza y aprendizaje de Matemáticas I en la carrera Ingeniería en Informática. También puede implicar que la UCLA adopte la decisión de abrir cuentas de correo electrónico a los estudiantes de sus distintas carreras, con el objeto de promover un entorno educativo con mayor comunicación didáctica entre profesores y estudiantes.

El segundo hallazgo de esta investigación debe mover a todos los profesores practicantes de la enseñanza de matemáticas hacia una profunda reflexión sobre el verdadero grado de correlación entre la tecnología y el nivel de rendimiento académico de los estudiantes de matemáticas. ¿Qué es lo que realmente se anda buscando? ¿Se quiere mejorar el índice de alumnos aprobados? o ¿se quiere mejorar el nivel de rendimiento académico de los estudiantes de matemáticas? Idealmente, se busca mejorar el índice de aprobados con alto nivel de rendimiento, expresado con calificaciones mayores o iguales a 16 puntos. Ya se analizó que el primer resultado aportó evidencias de que el uso de tecnología ayudó a mejorar el índice de aprobados. Sin embargo, el segundo resultado, ofreció evidencias de que el rendimiento académico de los estudiantes aprobados no fue meritorio. En efecto, un estudiante logra un rendimiento meritorio en una determinada asignatura

si la aprueba con una calificación mínima de 16 puntos, en la escala de 0 al 20 (UCLA, 1989). Pero, de acuerdo con los resultados de este estudio, ninguno de los 23 alumnos repitentes que aprobó la asignatura logró un rendimiento igual o superior a 16 puntos. Esto dejó en evidencia que, a pesar de que estos estudiantes resultaron aprobados, todavía presentaron niveles de rendimiento no satisfactorios en cuanto al conocimiento que deberían tener de la asignatura Matemáticas I. En conclusión, en este estudio la tecnología no influyó en el logro de niveles de rendimiento meritorios. Con ello se rechazó la hipótesis del investigador. En este sentido, se aportan elementos para inferir que los medios no son necesariamente los responsables del logro de desempeños sobresalientes de los estudiantes (Clark, 2001). Sin embargo, la tecnología si ayudó a mejorar el índice de aprobados y aumentar la motivación hacia el estudio de las matemáticas. Por lo tanto, en el criterio particular del investigador, será necesario profundizar con otras investigaciones cualitativas y cuantitativas que puedan aportar mayores elementos sobre la influencia de los medios digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.



REFERENCIAS

- ANDERSON, D., Y PIAZZA, J. (1996). Changing beliefs: Teaching and learning mathematics in constructive preservice classrooms. *Action in Teacher Education*, 18, 51-62. Recuperado 23 de marzo, 2004, de H. W. Wilson database (Education Full Text) en <http://vnweb.hwwilsonweb.com/>
- BREADY, J. (2001). The transition from advanced placement calculus in high school to reform and traditional Calculus II in college. *Dissertation Abstracts International*, 61 (07), 2634A. (UMI No. AAT 9981421).

- Recuperado 17 de noviembre, 2003, de Digital Dissertations database.
- CHALLOO, H. (2002). Availability, effectiveness, and utilization of computer technology among high school mathematics teachers in the instructional process. *Dissertation Abstracts International*, 63(02), 565A. (UMI No. AAT 3043589). Recuperado el 9 de mayo, 2004, de Digital Dissertations database.
- CLARK, R. (Ed.). (2001). *Learning from media: Arguments, analysis, and evidence*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- COMISIÓN ACADÉMICA. (2003). *Informe de la comisión académica sobre calidad de los procesos académicos en la UCLA Barquisimeto*, Venezuela.
- COOLEY, L. (1996). Evaluating the effects on conceptual understanding and achievement of enhancing an introductory calculus course with a computer algebra system. *Dissertation Abstracts International*, 56(10), 3869A. (UMI No. AAT 9603282). Recuperado el 20 de enero, 2005, de Digital Dissertations database.
- COSTNER, B. (2003). The effects on student achievement and attitudes of incorporating a computer algebra system into a remedial college mathematics course. *Dissertation Abstracts International*, 63 (07), 2483A. (UMI No. AAT 3059227). Recuperado 20 noviembre, 2003, de Digital Dissertations database.
- DRISCOLL, M. (2000). *Psychology of learning for instruction*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- FRENCH, D. (1997). A comparison study of computer assisted instruction using interactive software versus traditional instruction in a college precalculus course. *Dissertation Abstracts International*, 58(06), 2119A. (UMI No. AAT 9737941). Recuperado el 15 de noviembre, 2003, de Digital Dissertations database.
- GALL, M., GALL, J., y BORG, W. (2003). *Educational research: An introduction*. Boston: Pearson Education.
- GERSON, H. (2001). Making connections: Compartmentalization in pre-calculus students' understanding of functions. *Dissertation Abstracts International*, 62 (02), 499A. (UMI No. AAT 3006137). Recuperado 24 de marzo, 2004, de Digital Dissertations database.
- GIRARD, N. (2003). Students' representational approaches to solving calculus problems: Examining the role of graphing calculators. *Dissertation Abstracts International*, 63(10), 3502A. (UMI No. AAT 3066950). Recuperado el 24 de marzo, 2004, de Digital Dissertations database.
- GONZÁLEZ, F. E. (1997). *La enseñanza de las matemáticas: Proposiciones didácticas*. El Mácaro, Venezuela: Impreupel.
- GRIGGS, J. (2001). Effects of a Web-based homework delivery and submission system on student achievement and student attitudes in a one-semester calculus course. *Dissertation Abstracts International*, 62(01), 107A. (UMI No. AAT 3001733). Recuperado el 24 de marzo, 2004, de Digital Dissertations database.
- GUELDEZOPH, L. (2001). College students' use of computer technology and its relationship to constructivist learning. *Dissertation Abstracts International*, 61(07), 2619A. (UMI No. AAT 9979898). Recuperado el 9 de mayo, 2004, de Digital Dissertations database.
- HAMTINI, T. (2000). A comparison study of computer-facilitated instruction versus non-

- computer facilitated instruction in developmental mathematics at a university. Students' attitudes and achievement. *Dissertation Abstracts International*, 61(04), 1368A. (UMI No. AAT 9970119). Recuperado el 24 de marzo, 2004, de Digital Dissertations database.
- HAY, K. M. (2004). Computer-assisted instruction in mathematics: Determining the volume of three-dimensional figures. *Master Abstracts International*, 42(01), 45. (UMI No. AAT 1414945). Recuperado el 15 de abril, 2004, de Digital Dissertations database.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. (2003). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- HERTZER, K. (2003). *Graphmatica*. Recuperado el 9 de mayo, 2004, de <http://www.graphmatica.com>
- KLINGLER, C., y VADILLO, G. (2001). *Psicología cognitiva: Estrategias en la práctica docente*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill/Interamericana.
- LABORDE, C. (2000). *Why technology is indispensable today in the teaching and learning of mathematics?*. Recuperado el 10 de marzo, 2004, de http://www.math.ohio-state.edu/~waitsb/papers/t3_posticme2000/laborde.pdf
- MELIN-CONEJEROS, J. (1993). The effect of using a computer algebra system in a mathematics laboratory on the achievement and attitude of calculus students. *Dissertation Abstracts International*, 53(07), 2283A. (UMI No. AAT 9235882). Recuperado 24 de enero, 2005, de Digital Dissertations database.
- NGUYEN, D. (2003). Developing and evaluating the effects of web-based mathematics instruction and assessment on student achievement and attitude. *Dissertation Abstracts International*, 63(08), 2782A. (UMI No. AAT 3060864). Recuperado 20 de noviembre, 2003, de Digital Dissertations database.
- RAVID, D. (2000). *Practical statistic for educators*. Lanham, MD: University Press of America.
- ROCHOWICZ, J. (1996). The impact of using computers and calculators on calculus instruction: Various perceptions. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 15(4), 423-415. Recuperado el 28 de noviembre, 2003, de H. W. Wilson database (Education Full Text) en <http://vnweb.hwwilsonweb.com/>
- SÁENZ, J. (1995). *Cálculo diferencial para ciencias e ingeniería*. Barquisimeto, Venezuela: Hipotenusa.
- SILVIO, J. (1993). La comunicación del conocimiento en un nuevo contexto tecnológico. En Silvio, J. (Comp.). *Una nueva manera de comunicar el conocimiento*. Caracas, Venezuela: Cresalco/UNESCO.
- TALL, D., SMITH, D., y PIEZ, C. (2001). *Technology and calculus*. Recuperado el 20 de noviembre, 2003, de <http://www.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot2002z-tech-calc-smith-piez.pdf>
- TIWARI, T. (1999). Integrating computer algebra systems as an instructional aid in an introductory differential calculus course. *Dissertation Abstracts International*, 60(05), 1491A. (UMI No. AAT 9930357). Recuperado el 15 de noviembre, 2003, de Digital Dissertations database.
- UCLA (1989). *Reglamento general de evaluación*. Barquisimeto, Venezuela.

ANEXO 1
CUESTIONARIO P.O.E.

Evaluación de la Actitud de los Estudiantes Hacia el Uso de Tecnología Educativa
Digital en el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas I

Codificación:

- TA = Totalmente de acuerdo. (5 puntos)
 DA = De acuerdo. (4 puntos)
 EI = Estoy indeciso. (3 puntos)
 ED = En desacuerdo. (2 puntos)
 TD = Totalmente en desacuerdo. (1 punto)

Ítem	Afirmación	TA	DA	EI	ED	TD
01	He comprendido los temas de Matemáticas I de manera clara con el uso de Graphmatica.					
02	El uso de Graphmatica me motiva para estudiar matemáticas.					
03	Me gusta resolver problemas matemáticos con Graphmatica.					
04	Usaré Graphmatica en mis próximos cursos de matemáticas.					
05	Con el uso de Graphmatica he estudiado cada tema de manera más detallada.					
06	Con Graphmatica he comprendido gráficamente la solución de problemas matemáticos.					
07	Mi método de estudio mejoró con el uso de Graphmatica para interpretar los problemas.					
08	Considero que mis participaciones en clase aumentaron por el uso de Graphmatica.					
09	Mi nivel de atención en clase aumentó con el uso de Graphmatica.					
10	El uso de la Graphmatica en clase me ha motivado a asistir a todas las actividades programadas.					
11	Para resolver ejercicios con el uso de Graphmatica debo concentrarme y reflexionar.					
12	Considero que mi dominio sobre Matemáticas I aumentó con el uso de Graphmatica.					
13	Considero que mi interés por el estudio de matemáticas aumentó con el uso de Graphmatica.					
14	Considero que el uso de Graphmatica me ayuda a relacionar mejor las ideas de la teoría con la práctica.					
15	Me preocupa mucho por resolver todas las asignaciones propuestas para ser realizadas en el laboratorio.					
16	Considero que mi capacidad de análisis aumentó con el uso de Graphmatica para visualizar gráficamente los problemas.					

17	Realmente considero que mi capacidad para resolver problemas de Matemáticas I mejoró con el uso de Graphmatica.					
18	En general, estoy satisfecho con mi aprendizaje de Matemáticas I empleando Graphmatica.					
19	Considero útil el uso de Graphmatica para el aprendizaje de Matemáticas I.					
20	Realmente considero que mi método de aprendizaje de la materia mejoró con el uso de Graphmatica.					
21	Considero que he aprendido bastante en esta asignatura empleando Graphmatica.					
22	Con el uso de Graphmatica recuerdo mucho mejor algunos conceptos matemáticos.					
23	Con el uso de Graphmatica le encuentro sentido a muchos conceptos y teoremas de matemáticas.					
24	Mi nivel de comunicación con el profesor aumentó mediante el uso del correo electrónico.					
25	Considero que mi interés por consultar al profesor aumentó con el uso de correo electrónico.					
26	En general, considero satisfactorio mi aprendizaje de Matemáticas I con el empleo de correo electrónico.					
27	Considero que mi comunicación con el profesor por vía de correo electrónico es efectiva.					

Segunda parte: Actitud hacia la enseñanza.

Ítem	Afirmación	TA	DA	EI	ED	TD
28	Considero que las explicaciones del profesor son claras con el uso de Graphmatica.					
29	El profesor explica mejor lo esencial de cada tema con el uso de Graphmatica.					
30	El profesor motiva la participación del alumno en clase con el uso de Graphmatica.					
31	La planificación de cada tema con uso de Graphmatica hace más interesantes las clases.					
32	El tiempo dedicado por el profesor para el desarrollo de la materia con el uso de Graphmatica fue adecuado					
33	Me siento a gusto con las explicaciones del profesor empleando Graphmatica.					
34	La enseñanza de cada tema con el uso de Graphmatica es atractiva y amena.					
35	La preparación de clases del profesor con el uso de Graphmatica es excelente.					
36	Me satisface el trabajo del profesor con el uso de Graphmatica para enseñar Matemáticas I.					

37	Las asignaciones propuestas por el profesor para ser realizadas en el laboratorio con uso de Graphmatica son interesantes.					
38	En general, considero que la calidad de la enseñanza de Matemáticas I con el uso de Graphmatica es excelente.					
39	Considero que los trabajos prácticos asignados tuvieron un nivel de exigencia adecuado.					
40	Con el uso de Graphmatica el profesor estimula a los alumnos a intervenir y participar en clases.					
41	La ilustración de conceptos con el uso de Graphmatica despertó mi interés activo por las matemáticas.					
42	Considero útil el uso de Graphmatica para la enseñanza de Matemáticas I.					
43	Considero importante que otros profesores de matemáticas usen Graphmatica como recurso en la planificación de la enseñanza.					
44	Las actividades planificadas por profesor con el uso de Graphmatica consiguen que me interese por la asignatura.					
45	Considero que las explicaciones del profesor sobre temas matemáticos son efectivas a través del correo electrónico					
46	La comunicación del profesor con el estudiante a través del correo electrónico es efectiva.					
47	El profesor responde con interés mis consultas formuladas por vía de correo electrónico.					
48	En general, estoy satisfecho con la comunicación del profesor a través del correo electrónico.					
49	En general, considero que la interacción pedagógica del profesor con los estudiantes a través del correo electrónico es efectiva.					
50	Considero importante que otros profesores de matemáticas usen el correo electrónico como medio para la interacción pedagógica.					