

## **EFFECTO DE UN MÓDULO INSTRUCCIONAL INTERACTIVO EN EL DESARROLLO DE DESTREZAS ALGEBRAICAS Y GEOMÉTRICAS**

**Autor: Keila Zavaleta Torres**

### *Resumen*

El propósito de este estudio fue determinar el efecto que tiene el uso de un módulo instruccional interactivo por computadora en el desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas de nivel superior en estudiantes subgraduados del curso de Ciencias Físicas de la Universidad de Puerto Rico. También, se quería determinar la posible influencia del profesor y la interacción entre el tratamiento y el profesor en la variable desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas. Se seleccionaron seis grupos de estudiantes matriculados en los cursos de Ciencias Físicas, que eran ofrecidos por tres profesores distintos. Participaron 61 estudiantes en el estudio, 26 en el grupo experimental y 35 en el grupo control. Los resultados obtenidos sugieren que reforzar las destrezas algebraicas y geométricas con el módulo instruccional interactivo por computadora no afecta negativamente el rendimiento de los estudiantes en pruebas de destrezas matemáticas, por lo que podrían considerarse para complementar cursos que se ofrezcan en línea.

### *Abstract*

The purpose of this study was to determine the effect of an instructional interactive module by computer in the development of algebraic and geometric skills in undergraduate students in the course of physical sciences in the University of Puerto Rico. Also want to determine the possible influence of the professor and the interaction between treatment and professor in the variable development of algebraic and geometric skills. Six groups of students were selected from the physical sciences course offered by three different professors. The total number of subjects participating in this study was 61 students, 26 of which participated in the

experimental group, and 35 in the control group. The results suggest that the study of algebraic and geometric skills with an instructional interactive module by computer does not affect negatively the performance of the physical sciences students in mathematics tests. We can say that the interactive module can be considered to complement courses that are offered online.

## **Introducción**

Los educadores, investigadores, y reformistas curriculares han realizado varios intentos para lograr una integración efectiva de la tecnología a la educación en Puerto Rico. A su vez los cambios del currículo se han dirigido hacia una visión educativa centrada en el estudiante, una visión integradora donde las matemáticas se apliquen a las experiencias diarias (Departamento de Educación de Puerto Rico [DEPR], 2000; DEPR, 2003a; DEPR, 2003b; DEPR, 2006; National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Pero, esta visión no es la realidad en la mayoría de los salones de clase, ni en las escuelas, ni distritos. Muchos estudiantes no están aprendiendo la matemática que ellos necesitan (NCTM, 2000). Según el NCTM (2000), en algunos casos los estudiantes no tienen la oportunidad de aprender matemática con significado, y en otros casos simplemente no están familiarizados con el currículo actual. Esta situación se ve reflejada en el desempeño en las pruebas de matemáticas que realizan los estudiantes (College Board, 2004; Dion, Haberstroh, & Dresher, 2007; Olimpiadas Internacionales de Matemática, 2007; Pruebas Puertorriqueñas, 2006). Un ejemplo de este planteamiento lo es la Prueba de Evaluación y Admisión Universitaria (PEAU), mejor conocida como la Prueba del “College Board”. Los resultados en matemáticas de estas pruebas de los estudiantes de escuelas públicas en comparación con los estudiantes de escuelas privadas, en los últimos años, han sido significativamente bajos, lo que impide que muchos estudiantes sean admitidos a la universidad que desean (College Board, 2004). En la Prueba de Razonamiento Matemático la escuela pública obtuvo una puntuación promedio de 465, en comparación con la puntuación promedio de 536 obtenida por las escuelas privadas. Por otro lado, en la Prueba de Aprovechamiento Matemático las puntuaciones promedio obtenidas por las escuelas públicas fue de 465 en comparación con una puntuación promedio de 548 obtenida por las escuelas privadas. La escala de puntuación de esta prueba es de 200-800 puntos.

En las Pruebas Puertorriqueñas (2006) un 60.1% de los estudiantes del undécimo grado que tomaron las pruebas obtuvieron puntuaciones que los clasifican en un nivel básico de aprovechamiento, entendiendo como nivel básico el dominio parcial de la materia. El 31.9% se ubicó a un nivel proficiente, y el 8.3% a un nivel avanzado. El nivel proficiente se refiere al conocimiento y utilización de la mayor parte de los conceptos y de la aplicación satisfactoria de las destrezas básicas del

nivel. Por otro lado, el nivel avanzado se refiere al dominio amplio de los conceptos y destrezas del nivel; el estudiante aplica e integra efectivamente los conocimientos y conceptos aprendidos a situaciones de la vida diaria (Pruebas Puertorriqueñas, 2006).

Por otro lado, en el panorama Internacional Puerto Rico refleja el bajo aprovechamiento en competencias (Olimpiadas Internacionales de Matemática, 2007). En julio de 2007 se celebraron en Hanoi, Vietnam, las Olimpiadas de Matemática Internacionales, las mismas consistían de 6 ejercicios con un valor de 7 puntos cada uno, para un máximo de 42 puntos. En las competencias hubo participación de 95 países incluyendo a Puerto Rico y a Estados Unidos. Los participantes eran estudiantes de escuela superior de no más de 20 años de edad. La representación de cada país constaba de un máximo de 6 participantes. A Puerto Rico lo representaron tres estudiantes. En los resultados por país Rusia quedó en 1er. lugar con un total de 184 puntos obtenidos entre sus 6 participantes, Estados Unidos quedó en 5to. lugar con un total de 155 puntos obtenidos entre sus 6 participantes, y Puerto Rico quedó en la posición 90 con un total de 7 puntos obtenidos entre sus 3 participantes (Olimpiadas Internacionales de Matemática, 2007).

Una vez los estudiantes son admitidos a la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras estas deficiencias se reflejan en informes de bajas parciales y repeticiones de los cursos de matemáticas (Cardona, 2003; Colón de la Matta, 2005; Ortiz, 2002). En un estudio realizado por la Oficina de Planificación Académica de la Universidad de Puerto Rico para conocer las razones del aumento en la tasa de bajas parciales en los últimos 10 años, se desprende que las disciplinas de química, matemática y biología en el nivel subgraduado tienen las tasas de baja parcial más altas en el Recinto con un 19.2%, 28.0% y 16.5% respectivamente. Además se desprende que la tasa de bajas parciales en los cursos de ciencias físicas de la Facultad de Estudios Generales fue de un 14.3% del total de los estudiantes matriculados en estos cursos para el primer semestre 2003-2004 (Colón de la Matta, 2005). De un total de 899 estudiantes que contestaron el cuestionario “Razones para radicar bajas parciales” durante el primer semestre 2003-2004, se menciona como una de las razones para la radicación de baja parcial la falta de destrezas o competencias necesarias para el curso, la cual fue contestada por un 33.6%. Además, menciona en su informe Colón de la Matta que un 31.7% seleccionaron, como parte de las razones para la baja, la necesidad de apoyo adicional como tutorías o mentoría.

La situación del bajo aprovechamiento de matemáticas se ha reflejado en los cursos de Ciencias Físicas de la Facultad de Estudios Generales en la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras, y los profesores que ofrecen estos cursos

han determinado, mediante una encuesta, las destrezas necesarias para que los estudiantes aprueben sus cursos (Noriega, 2003). Se encuestaron 11 profesores del Departamento de Ciencias Físicas y ellos mencionaron que las áreas de mayor necesidad son: álgebra elemental (10), aritmética (9), análisis vectorial (7), geometría euclidiana (6), geometría analítica y trigonometría plana (5). De esta encuesta surge la prueba diagnóstica de matemáticas para CIFI 3001 (curso básico de ciencias físicas). Esta prueba ha sido ofrecida por los profesores del Departamento Ciencias Físicas, en el verano 2006 y segundo semestre 2006-07, a 124 estudiantes y en septiembre de 2007 a 179 estudiantes. Del análisis de los resultados se desprende que el 83.2% de los estudiantes no domina conceptos de álgebra elemental, el 93.3% no domina conceptos de geometría elemental, el 95.5% no domina conceptos de geometría analítica, el 99.4% no domina conceptos de trigonometría plana y el 99.4% no domina conceptos de análisis vectorial (Ortiz & Noriega, 2007). Según Ortiz y Noriega los hallazgos presentan una tendencia de rezago en las áreas de geometría, trigonometría y análisis vectorial. Es por esta razón que se ve la necesidad de crear materiales educativos que ayuden a los estudiantes a desarrollar estas destrezas.

### **Justificación y Propósito del Estudio**

Dado el auge que ha tenido la tecnología y su acogida entre los jóvenes, vemos que en la enseñanza de la matemática se han incorporado herramientas como Internet, módulos interactivos de aprendizaje, comunidades virtuales, conversatorios o “chats”, juegos y “software” educativos. Este ambiente educativo tecnológico ha sido incluido como parte de los principios guías para la enseñanza de las matemáticas (NCTM, 2000). Estas herramientas tecnológicas ofrecen múltiples ventajas, ya que pueden ser accedidas en un horario flexible, pueden ser utilizadas cuantas veces se desee y muchas proveen retroalimentación que permiten la reflexión y el razonamiento antes de la toma de decisiones para la solución de problemas (NCTM, 2000). La tecnología ofrece la oportunidad de atender las necesidades de los estudiantes de una forma individual (NCTM, 2000), proveyendo actividades experimentales y ambientes que resulten de relevancia para ellos (Kim, Williams, & Dattilo, 2002). Los módulos interactivos de aprendizaje a través de la computadora ofrecen un ambiente de aprendizaje experimental donde el aprendiz se expone a estímulos audiovisuales que pueden mejorar la motivación y le provee la retroalimentación necesaria para lograr avances aun cuando trabaje solo (Pintrich, 2003).

A pesar de los distintos ambientes de aprendizaje a los que se exponen los estudiantes con el uso de la computadora y más aún con el uso de módulos interactivos y del efecto positivo que tienen los mismos en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Howard, McGee, Shia, & Hong, 2001; Rieber, Tzeng, Tribble, & Chu, 1996; Scheines, Leinhardt, Smith, & Cho, 2005; Vogel et al., 2006), en Puerto Rico la creación y la investigación con estos módulos es mínima

(Cavero-Delgado, 2006). Sin embargo, actualmente existen iniciativas, como la Alianza Louis Stokes de Puerto Rico para la Participación de las Minorías (PR-LSAMP) y el Consorcio para el Mejoramiento del Aprendizaje de las Ciencias y Matemáticas a través de la Tecnología (Título V), para la creación de módulos interactivos en el área de ciencias y matemáticas, en los que están participando profesores de universidades en Puerto Rico (Gómez & Piñero, 2005; Leffingwell, 2003). Estos profesores han determinado las áreas de mayor dificultad de aprendizaje por los estudiantes y han decidido diseñar y programar módulos interactivos de conceptos específicos.

Por las razones expuestas en la literatura anterior, se propone determinar el efecto que tiene el uso de un módulo instruccional interactivo por computadora en el desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas de nivel superior en estudiantes subgraduados del curso de Ciencias Físicas de la Universidad de Puerto Rico.

### **Preguntas de Investigación**

Este estudio se guió por las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Muestran aprovechamiento diferente hacia el álgebra y la geometría los sujetos que estudian este tema con un módulo instruccional interactivo por computadora y los que no?
2. ¿Muestran aprovechamiento diferente hacia el álgebra y la geometría los sujetos que toman el curso de ciencias físicas con profesores distintos?
3. ¿Existe interacción significativa entre el tratamiento y el profesor en las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la variable aprovechamiento de álgebra y geometría?

### **Revisión de Literatura**

La Teoría cognoscitiva del desarrollo intelectual de Piaget y la base de la teoría como lo es el esquema mental y las propiedades de la adaptación (asimilación, acomodación, equilibrio y desequilibrio) fueron la guía de este estudio. Las implicaciones educativas de esta teoría proveen diferentes ambientes de aprendizaje para que los estudiantes interactúen activamente con la computadora y asimilen o acomoden los esquemas mentales. Otro mecanismo de instrucción que provee esta teoría es el desequilibrio, pues se espera que el estudiante al enfrentarse a algo que no conoce le cause motivación para la búsqueda del equilibrio. También, se pretende que el estudiante experimente la transición de la etapa concreta a la etapa formal, que es donde se espera que el estudiante universitario este situado. Esto se pretende lograr mediante el uso del módulo interactivo, mientras el estudiante interactúa con él se le ofrece el tutorial y el estudiante va asimilando y acomodando la información en sus esquemas

existentes, las simulaciones lo sitúan en contextos más realistas donde ellos puedan ver la utilidad de las matemáticas y cuando se le presente el juego interactivo con problemas lógico-matemáticos entonces el estudiante tendrá la oportunidad de razonar sobre su pensamiento matemático y al leer la retroalimentación de los mismos buscar lógicamente su solución.

El diseño instruccional del módulo interactivo se guiará por la teoría de procesamiento de información de Gagné, la cual expone nueve eventos externos de aprendizaje y su implicación en los tutoriales. Los demás elementos del diseño del módulo se adoptarán de las investigaciones realizadas que determinaron cuáles son los más efectivos para el aprendizaje de conceptos. Entre los elementos efectivos está la interactividad, la motivación, la navegación, los visuales y la retroalimentación.

Algunas de las investigaciones pretendían determinar la efectividad de la computadora en la enseñanza y comparar diferentes métodos de enseñanza. Los resultados indicaron que en promedio la instrucción por computadora en comparación con la instrucción tradicional tiene un efecto similar en la enseñanza cuando se trata de aprendizaje de conceptos, pero tiene un efecto significativo en la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje. También se determinó que la instrucción asistida por computadora tiene un efecto significativo en el desarrollo de destrezas y conceptos, en el desempeño de pruebas y un efecto positivo en el desarrollo de actitudes positivas hacia las matemáticas.

Otras de las investigaciones pretendían determinar la efectividad de los módulos interactivos, los “software”, los tutoriales y las simulaciones en el aprovechamiento académico. Los resultados de estas investigaciones indicaron que estas herramientas tecnológicas fortalecen las destrezas y ayudan en la comprensión de conceptos reflejándose en las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas.

### **Metodología**

El diseño del estudio es cuasi-experimental debido a que se usaron grupos intactos. El diseño básico es una adaptación del diseño de grupos no equivalentes con pre y posprueba (McMillan & Schumacher, 2005). Al grupo experimental se le administró la preprueba, se le dio el tratamiento, que en este caso es el módulo instruccional interactivo, y luego se le administró la posprueba. En el caso del grupo control sólo se le administró la preprueba y la posprueba.

### **La población y la muestra**

La población del estudio son estudiantes subgraduados que toman cursos de Ciencias Físicas en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras. La especialidad de estudio de muchos de los estudiantes que toman cursos de Ciencias Físicas no es en ciencia natural, ni en matemáticas. Muchos de los estudiantes son de las facultades de Ciencias Sociales, Humanidades y Educación, donde la matemática requerida para graduarse es mínima. Durante el segundo semestre

académico 2007-2008, periodo durante el cual se llevó a cabo la investigación, de 47 secciones de Ciencias Físicas que se estaban ofreciendo se escogieron seis grupos, donde tres sirvieron de grupo experimental y tres de grupo control. La muestra constó de 61 estudiantes que toman el curso de Ciencias Físicas (CIFI 3001). Los participantes del grupo experimental fueron 26 estudiantes y los del grupo control 35. La muestra fue tomada considerando como criterio de selección que el profesor ofreciera dos secciones del mismo curso, y de este modo tomar una sección de grupo experimental y otra de grupo control. Por lo tanto, los profesores participantes tenían dos grupos con la misma codificación, CIFI 3001.

### **Instrumento de medición**

En este estudio la investigadora utilizó una prueba que mide el dominio de destrezas cuantitativas que tiene el estudiante. Esta prueba llamada “Prueba diagnóstica de procesos cognitivos matemáticos (comprensión conceptual, procesos, habilidades de razonamiento, habilidades de análisis) y de actitudes, disposiciones y preferencias hacia el saber matemático” fue desarrollada por el Dr. Fernando Noriega en el 2005, actual director del Departamento de Ciencias Físicas de la Universidad de Puerto Rico. Esta prueba incluye preguntas sobre las áreas de lógica, aritmética, álgebra elemental, geometría euclidiana, geometría analítica, trigonometría plana y estadística descriptiva elemental. Para efectos de esta investigación se consideraron solo las preguntas de las áreas de álgebra y geometría.

La prueba diagnóstica de procesos cognitivos matemáticos se ofreció en septiembre de 2007 a 179 estudiantes que tomaban los cursos de Ciencias Físicas. Para la confiabilidad interna de las puntuaciones en la prueba, se calculó el coeficiente Kuder-Richardson 20 y se encontró un coeficiente de 0.76 (Ortiz & Noriega, 2007). Según Ortiz y Noriega para una prueba de aprovechamiento no estandarizada un coeficiente mayor de 0.70 muestra un nivel de confiabilidad muy adecuado.

### **Descripción de Materiales**

#### ***Blackboard Academic Suite***

Se utilizó el espacio virtual “Blackboard Academic Suite” para ubicar el módulo interactivo de destrezas algebraicas y geométricas. De este modo el estudiante lo pudo acceder desde cualquier lugar, a su conveniencia y a su propio ritmo de aprendizaje. Cada vez que el estudiante entró a Blackboard a utilizar el módulo quedó registrada la fecha, la hora y la cantidad de veces que entró en un mismo día.

## **Módulo Instruccional Interactivo**

### **Contenido del Módulo**

El módulo instruccional interactivo consiste de ocho lecciones tutoriales accesibles directamente desde el menú principal o a través de un juego interactivo en formato de laberinto. Tres de los tutoriales son de álgebra y cinco de geometría, estos pueden ser seleccionados a discreción del usuario según él vaya identificando sus debilidades. Para poder avanzar en el juego de laberinto el estudiante tiene que contestar una serie de preguntas. De contestar incorrectamente recibe una retroalimentación como ayuda o si lo prefiere tiene la opción de acceder al tutorial del tema. El laberinto finaliza al contestar correctamente 15 preguntas luego de lo cual se expone a una animación de alto estímulo audiovisual que se propone como medio de motivación para continuar con las demás secciones.

### **Diseño Instruccional del Módulo**

El diseño instruccional del módulo interactivo fue producido por esta investigadora y el Dr. Manuel Reyes. El diseño consistió de una serie de lecciones tutoriales alineados a objetivos instruccionales y a los estándares de matemática, además incluyó un juego interactivo en donde el estudiante podía verificar lo aprendido. La estructura de programación del juego de laberinto fue diseñada por el Dr. Manuel Reyes.

Como parte del diseño instruccional, se tomó en consideración la jerarquía de los resultados del aprendizaje de Gagné (1970), Gagné y Briggs (1977) y también los resultados de las investigaciones de ChanLin (2001), Dunsker (2005), Hashim (1999), Johari (1998), Kim et al. (2002), Knaack (2002), Rieber et al. (1996), Van-Eck (2001) y Vogel et al. (2006).

### **Análisis de los datos**

Para establecer la similitud entre los grupos controles y experimentales antes del tratamiento, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor donde se consideró a cada uno de los grupos como un tratamiento, en este caso se consideró un modelo de efecto fijo debido a que los grupos eran completos y los estudiantes no fueron seleccionados al azar. Para establecer el posible efecto del módulo en la comprensión de los estudiantes sobre los temas de álgebra y geometría, reflejado en los resultados alcanzados en las posmediciones, se hizo un ANOVA de dos factores que utilizó un modelo lineal general que tomó en consideración el posible efecto de una covariable (premediciones), el tratamiento, la posible influencia de los profesores y la interacción entre el tratamiento y el profesor. Para determinar si hubo alguna diferencia significativa en las medias de los resultados de la preprueba y posprueba de algebra y geometría se consideró una prueba de t pareada para

muestras dependientes. El rechazo o aceptación de las hipótesis se determinó a un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

### **Resultados del Estudio**

Con respecto a los resultados obtenidos en los análisis de varianza se resume lo siguiente:

1. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de las premediciones de la prueba de procesos cognitivos matemáticos considerando solamente las destrezas de álgebra y geometría entre los seis grupos. Con estos resultados se estableció la equivalencia de los grupos antes del tratamiento.
2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de las posmediciones de la prueba de procesos cognitivos matemáticos considerando solamente las destrezas de álgebra y geometría entre el grupo experimental y el grupo control debidas al tratamiento. Por lo tanto, no existe diferencia estadísticamente significativa entre el grupo de estudiantes que utilizó el módulo instruccional interactivo y los que no lo utilizaron.
3. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medias de las posmediciones de la prueba de procesos cognitivos matemáticos considerando solamente las destrezas de álgebra y geometría entre el grupo experimental y el grupo control debidas al profesor. Con esto se entiende que la diferencia que podría representar ofrecer el curso con tres profesores distintos no es significativa.
4. No se encontró interacción estadísticamente significativa entre la variable tratamiento y profesor en el desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas.

Con respecto a los resultados obtenidos en las pruebas  $t$  se resume lo siguiente:

5. Se observó que no hubo diferencia significativa entre las medias de la preprueba y la posprueba de álgebra y geometría de todos los sujetos bajo estudio.

### **Discusión de los resultados**

Luego de realizados los análisis estadísticos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las premediciones de la prueba de álgebra y geometría entre los participantes del estudio. Por lo tanto, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los estudiantes del grupo control y experimental antes del tratamiento. Estos resultados de equivalencia preexperimental de los grupos con respecto a la variable dependiente (desarrollo de destrezas matemáticas) coinciden con los estudios de Acosta-Colón (1999), Carter (2004), Cavero-Delgado (2006), Matthews-López et al. (2002) y Scheines et al.

(2005), quienes al inicio de sus estudios encontraron que las muestras de estudiantes eran equivalentes.

Los hallazgos indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las posmediciones de la prueba de álgebra y geometría entre los estudiantes del grupo control y experimental debidas al tratamiento. Por lo tanto, los estudiantes que utilizaron el módulo instruccional interactivo por computadora y los que no lo utilizaron muestran igual aprovechamiento hacia el álgebra y la geometría. Este resultado coincide con los obtenidos por Mathews-López (2002), quien utilizó multimedios en la instrucción y no encontró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo que utilizó multimedios y el grupo donde la instrucción fue tradicional. También coincide con los resultados de Carter (2004) y Luyben, Hipworth y Pappas (2003) quienes encontraron que el método de instrucción por computadora tuvo el mismo efecto que la enseñanza tradicional. Sin embargo, este resultado no coincide con Hogan (2005), quien encontró que la enseñanza tradicional es más efectiva que el método de instrucción por computadora. Tampoco coincide con los resultados de las investigaciones de Acosta-Colón (1999), Clark (2004), Cavero-Delgado (2006), Delcham (2005), Scheines et al. (2005), Tosun et al. (2006) quienes indican que hubo diferencia estadísticamente significativa sobre el aprovechamiento matemático de los estudiantes que utilizan un programa interactivo en multimedia o un módulo instruccional y los que no lo utilizan. Este resultado tampoco coincide con los meta-análisis que Schacter (1999) resume, ni con el meta-análisis de Hsu (2003), Kuchler (1998) y Kulik (2002), quienes encuentran que con la utilización de tutoriales y simulaciones por computadora hay un aumento en las puntuaciones de pruebas, y que estas puntuaciones son estadísticamente significativas.

Los hallazgos indican, además, que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las posmediciones de la prueba de álgebra y geometría entre los estudiantes del grupo control y experimental debidas al profesor. Por lo tanto, los estudiantes que tomaron el curso de ciencias físicas con profesores distintos muestran igual aprovechamiento. En estudios recientes tales como el de Carter (2004), Cavero-Delgado (2006), Hogan (2005), Lindsay (2006) y Tosun et al. (2006) se recomendó el estudio del efecto del profesor al hacer este tipo de experimento.

También, los hallazgos indican que no hubo interacción estadísticamente significativa entre la variable tratamiento y profesor en el desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas. Por lo tanto podemos decir que no existe interacción significativa entre el tratamiento y el profesor en las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la variable aprovechamiento de álgebra y geometría.

Con respecto a los resultados obtenidos en las pruebas *t* pareadas se observó que no hubo diferencia significativa entre las medias de la preprueba y la posprueba de álgebra y geometría de todos los sujetos bajo estudio. Este resultado coincide con

los obtenidos por Carter (2004), Luyben et al. (2003) y Mathews-López et al. (2002) quienes no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre los grupos experimental y control cuando compararon los resultados de la preprueba con los de la posprueba.

## **Implicaciones Educativas**

Dada la ingerencia de la tecnología en ámbitos educativos, o en materias como la matemática y los efectos de la misma en la actitud, en la motivación y en el aprovechamiento (Acosta-Colón, 1999; Cavero-Delgado, 2006; Clark, 2004; Delcham, 2005; Luyben et al., 2003; Noble et al., 2001; Schacter, 1999; Tosun et al., 2006; Varank, 2006), se diseñó un módulo instruccional interactivo de destrezas algebraicas y geométricas. Este módulo permite que los estudiantes puedan, de forma individual y a su propio ritmo de estudio, desarrollar destrezas de álgebra y geometría. El módulo provee animaciones y simulaciones donde el estudiante tiene que manipular y entrar en contacto con el contenido y donde puede relacionar las situaciones con su vida diaria. Los tutoriales se le presentan con características distintivas, los cuales en su mayoría son interactivos y el estudiante tiene que construir su conocimiento. Además, el estudiante tiene la oportunidad de evaluar su conocimiento en el juego, donde se le ofrece guía mediante la retroalimentación. También el estudiante puede tomar decisiones en la navegación lo que le permite apoderarse de su conocimiento.

En esta investigación se evaluó el módulo como un recurso tecnológico de enseñanza aprendizaje y se determinó si ayudaba en el desarrollo de destrezas de álgebra y geometría. Los resultados obtenidos sugieren que reforzar las destrezas algebraicas y geométricas con el módulo instruccional interactivo por computadora no afecta negativamente el rendimiento de los estudiantes en pruebas de destrezas matemáticas, por lo que podrían considerarse para complementar cursos que se ofrezcan en línea o presencialmente. Además, la evaluación del módulo por parte de los estudiantes revela que los componentes motivacionales e interactivos lo hacen un buen candidato para fortalecer ambientes de cursos a distancia que promueven que ellos se involucren mas activamente.

Por otra parte, en esta investigación se quería determinar la posible influencia del profesor y la interacción entre el tratamiento y el profesor en la variable desarrollo de destrezas algebraicas y geométricas. Los resultados obtenidos sugieren que el método de instrucción con un módulo instruccional interactivo es similar a la instrucción de modo presencial en el desarrollo de destrezas de álgebra y geometría en los cursos de ciencias físicas.

## **Recomendaciones para futuras investigaciones**

A base de los hallazgos de esta investigación y comparando los resultados con otras investigaciones en las que también se utiliza un módulo instruccional interactivo por computadora para el desarrollo de destrezas matemáticas, se hacen las siguientes recomendaciones a futuras investigaciones: (1) Se recomienda repetir la investigación con una muestra mayor de estudiantes que tomen los cursos de ciencias físicas; (2) Debido a que el curso donde se ofreció el módulo instruccional interactivo de destrezas algebraicas y geométricas era de ciencias físicas (curso donde los contenidos de matemática no son tan evidentes hasta que el estudiante tiene que aplicarlos directamente) y no de matemáticas, podría ser que el estudiante no viera la relación del módulo con su curso y lo viera como una tarea adicional y no necesaria para tener éxito en el curso. Esto pudo haber sido una de las limitaciones del estudio, por lo tanto se recomienda que en futuras investigaciones se le incluya al módulo ejercicios de práctica donde se aplique el contenido matemático a las ciencias; (3) Otra de las limitaciones aparentes del estudio fue que el módulo estaba ubicado en un espacio virtual y en este estudio no se determinó cuán preparados los estudiantes podían estar para una educación a distancia. Se recomienda que en futuras investigaciones con módulos ubicados en espacios virtuales se determine a partir de un cuestionario si los estudiantes están preparados para estudiar a distancia y tomar acción, dependiendo de los hallazgos; (4) Otra limitación del estudio fue que en el espacio virtual donde estaba ubicado el módulo sólo llevaba récord de la cantidad de veces que los estudiantes entraban a verlo, pero no del tiempo que le dedicaban al estudio del mismo, ni los temas de álgebra o geometría que estudiaban. En futuras investigaciones se podría considerar el tiempo dedicado, en términos de horas, al módulo por el estudiante y su relación con el éxito en el curso; (5) Además, se recomienda que en futuras investigaciones con el módulo se le incluya a la programación un registro para ver la navegación del estudiante y de esta manera ser mas objetivo para decidir si el estudiante se expuso suficiente a los materiales contenidos en el módulo; (6) Se recomienda, además, que para tener control del tiempo que se le dedica al módulo se podría reunir a los estudiantes una vez por semana hasta finalizar el estudio, o hacer un plan de actividades semanales; (7) Se recomienda que el estudio del módulo se incorpore como parte integral del curso, que se le asigne un valor en el componente de evaluación y que no se deje como opcional, ya que los resultados sugieren que de esta manera no fue eficiente; (8) En futuras investigaciones se podrían considerar variables externas tales como la actitud hacia las matemáticas, la actitud hacia la educación en línea, o la motivación que se desarrolla hacia el curso utilizando el módulo; (9) Se podría repetir el estudio con otras poblaciones de contenidos de matemática, o con poblaciones de estudiantes a nivel de escuela secundaria, ya que el contenido del módulo es de destrezas de álgebra y geometría que se discuten a ese nivel (10) Se recomienda que el profesor participe en el proceso de investigación, evaluando el módulo o discutiendo el material con los estudiantes.

## Conclusión

Los resultados obtenidos sugieren que reforzar las destrezas algebraicas y geométricas con el módulo instruccional interactivo por computadora no afecta negativamente el rendimiento de los estudiantes en pruebas de destrezas matemáticas, por lo que podrían considerarse para complementar cursos que se ofrezcan en línea o como suplemento de cursos presenciales. Los resultados también sugieren que el método de instrucción con un módulo instruccional interactivo es similar a la instrucción de modo presencial para el desarrollo de destrezas de álgebra y geometría en los cursos de ciencias físicas. Además, la evaluación del módulo por parte de los estudiantes revela que los componentes motivacionales e interactivos del módulo lo hacen un buen candidato para fortalecer ambientes de cursos a distancia que promueven que ellos se involucren más activamente.

## Referencias

- Acosta-Colón, G. (1999). *Efectividad de un programa interactivo en multimedios de computadoras en el proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el ámbito universitario*. Disertación doctoral sin publicar, Universidad de Puerto Rico.
- Cardona, I. (2003). *Estudio de repeticiones de cursos y del nivel de "atrición" de estudiantes de cursos de matemáticas*. Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias Naturales. Documento inédito.
- Carter, M. B. (2004). An analysis and comparison of the effects of computer assisted instruction versus traditional lectured instruction on student attitudes and achievement in a college remedial mathematics course. *Dissertation Abstracts International*. (UMI No. 3128520)
- Cavero-Delgado, A. J. (2006). Efecto del uso de la computadora, integrada a un módulo instruccional sobre funciones, en la actitud hacia las matemáticas y el aprovechamiento en funciones en un curso de precálculo de estudiantes universitarios. *Dissertation Abstracts Internacional*. (UMI No. 3220403)
- ChanLin, L. (2001). Formats and prior knowledge on learning in a computer-based lesson. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 409-419.

Clark, D. L. (2004). The effects of using computer assisted instruction to assist high school geometry students achieve higher level of success on the florida competency achievement test (FCAT). *Dissertation Abstracts International*. (UMI No. 3157508)

College Board. (2004). *Promedio de Resultados del Examen de College Board*. Oficina de Puerto Rico y América Latina, División de Desarrollo de Pruebas e Investigación. Recuperado el 20 de febrero de 2007, de:[http://www.tendenciaspr.com/Educacion/Tablas/04\\_nota\\_College\\_Board.htm](http://www.tendenciaspr.com/Educacion/Tablas/04_nota_College_Board.htm)

Colón de la Matta, J. (2005). *Razones para radicar baja parcial*. Recuperado el 20 de agosto de 2007, de la Universidad de Puerto Rico, Oficina de Planificación Académica, Página Electrónica:<http://opa.uprrp.edu/invins.htm>

Delcham, H. D. (2005). The effects of interactive mathematics software in a community college remedial class. *Dissertation Abstract International*. (UMI No. 3192244)

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2000). *Estándares de Excelencia del Programa de Matemáticas*. San Juan, PR: Programa de Matemáticas.

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2003a). *Marco curricular*. San Juan, PR: Programa de Matemáticas.

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2003b). *Proyecto de Renovación curricular: Fundamentos Teóricos y Metodológicos*. San Juan, PR: Autor.

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2006). *Expectativas Generales de Aprendizaje por Grado y Curso*. San Juan, PR: Programa de Matemáticas.

Dion, G.S., Haberstroh, J.G., & Dresher, A.R. (2007). *The Nation's Report Card: Mathematics 2005 Performance in Puerto Rico—Focus on the Content Areas* (NCES 2007–479). U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Dunsker, E. K. (2005). Development and validation of a systematically designed unit for online information literacy and its effect on student performance for internet search training. *Dissertation Abstracts International*. (UMI No. 3168615)

Gagné, R. M. (1970). *The conditions of learning* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Gagné, R. M., & Briggs, L. J. (1977). *Principles of instructional design* [La planificación de la enseñanza: Sus principios]. (J. Brash, Trans). México: Editorial Trillas. (Trabajo original publicado 1974).

Gómez, M., & Piñero, A. C. (2005). Annual progress report 2004-05, year 4 phase III (Tech. Rep. No. 3). San Juan, Puerto Rico: University of Puerto Rico, Puerto Rico Louis Stokes Alliance for Minority Participation (PR-LSAMP). Hashim, Y. (1999). Are instructional design elements being used in module writing? *British Journal of Educational Technology*, 30(4), 341-358.

Hogan, S. L. (2005). Traditional and asynchronous computer assisted instruction in a community college remedial mathematics course: A mixed methods study of student success and perception. *Dissertation Abstract International*. (UMI No. 3173073)

Howard, B. C., McGee, S., Shia, R., & Hong, N. S. (2001). *Computer-based science inquiry: How components of metacognitive self-regulation affect problem-solving*. Seattle, WA: Annual Meeting of the American Educational Research Association. (ERIC Document Reproduction Service No. ED471079)

Hsu, Y. C. (2003). The effectiveness of computer-assisted instruction in statistic education: A meta-analysis. *Dissertation Abstract International*, (UMI No. 3089963)

Johari, A. (1998). *Effect of inductive multimedia programs including graphs on creation of linear function and variable conceptualization*. Louis, MI: Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the National Convention of the Association for Educational Communication and Technology. (ERIC Document Reproduction Service No. ED423819)

Kim, B., Williams, R., & Dattilo, J. (2002). Students' perception of interactive learning modules. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(4), 453-473.

Knaack, L. C. (2002). Elements of effective instructional design for elementary mathematical problem solving computer software. *Dissertation Abstract International*, (UMI No. 0612734633)

Kuchler, J. M. (1998). The effectiveness of using computers to teach secondary school (grades 6-12) mathematics: A meta-analysis. *Dissertation Abstract International*. (UMI No. 9910293)

Kulik, J. A. (2002). School mathematics and science programs benefit from instructional technology (Report No. NSF-03-301). Arlington, VA: National Science Foundation Division of Science Resources Statistics. (ERIC Document Reproduction Service No. ED472100)

Leffingwell, B. (2003). A technology based consortium to enhance science and math learning title V proposal. San Juan, Puerto Rico: University of Puerto Rico.

- Lindsay, R. C. (2006). An analysis of a computer enhanced curriculum and learning style on student achievement in college algebra at a florida community college. *Dissertation Abstract International*. (UMI No. 3206707)
- Luyben, P. D., Hipworth, K., & Pappas, T. (2003). Effect of CAI on the academic performance and attitudes of college students. *Journal of Teaching of Psychology*, 30(2), 154-158.
- Matthews-López, J. L., López-Permouth, S. R., & Keck, D. (2002). *Implications of mediated instruction to remote learning in mathematics*. Athens, OH: Ohio University, Center for Innovation in Technology for Learning. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 464827)
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). Research in education: A conceptual Introduction (5th ed) [Investigación educativa: Una introducción conceptual]. (J. Sánchez-Baides, Trans). Madrid, España: Pearson Educación, S. A. (Trabajo original publicado 2001).
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.
- Noble, T., Nemirovsky, R., Wright, T., & Tierney, C. (2001). Experiencing change: the mathematics of change in multiple environments. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(1), 85-108.
- Noriega, F. (2003). Encuesta sobre las necesidades matemáticas en los cursos del Departamento de Ciencias Físicas en la Universidad de Puerto Rico. Documento inédito.
- Olimpiadas de Matemática Internacionales. (2007). Resultados de la competencia. Recuperado el 25 de agosto de 2007 de la página electrónica: <http://www.imo2007.edu.vn/index.htm>
- Ortiz, I. (2002). *Estudio exploratorio de las razones de bajas parciales de cursos subgraduados*. Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Centro de Investigación y Evaluación Curricular (CIEC) de la Facultad de Estudios Generales. Documento inédito.
- Ortiz, I., & Noriega, F. (2007). *Informe de resultados de la prueba diagnóstica de matemáticas para cursos del departamento de ciencias físicas*. Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, Centro de Investigación y Evaluación Curricular (CIEC) y Departamento Ciencias Físicas de la Facultad de Estudios Generales. Documento inédito.

Pintrich, P.R. (2003). Motivational science perspective on the role of students motivation in learning and teaching context. *Journal of Educational Psychology*, 95, 669-686.

Pruebas Puertorriqueñas. (2006). *Resultados Pruebas Puertorriqueñas en la materia de Matemáticas Por Región Educativa 2002-2006*. Recuperado el 17 de febrero de 2007, de [http://www.tendenciaspr.com/Educacion/Pruebas\\_Puertorriquenas/Resultados\\_regionales/Resultados\\_Regi\\_n\\_Matem\\_ticas\\_2002-06.htm](http://www.tendenciaspr.com/Educacion/Pruebas_Puertorriquenas/Resultados_regionales/Resultados_Regi_n_Matem_ticas_2002-06.htm)

Rieber, L.P., Tzeng, S. C., Tribble, K., & Chu, G. (1996). *Feedback and elaboration within a computer based simulation: A dual coding perspective*. Indianapolis, IN: Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 1996 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology. (ERIC Document Reproduction Service No. ED397829).

Schacter, J. (1999). *The impact of education technology on student achievement: What the most current research has to say*. Santa Monica, CA: Milken Exchange on Education Technology. (ERIC Document Reproduction Service No. ED430537)

Scheines, R., Leinhardt, G., Smith, J., & Cho, K. (2005). Replacing lecture with web-based course materials. *Journal of Educational Computing Research*, 32(1), 1-26.

Tosun, N., Suçsuc, N., & Yigil, B. (2006). The effect of computer assisted and computer based teaching methods on computer course success and computer using attitudes of students. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(3), 46-53.

Van-Eck, R. (2001). *Promoting transfer of mathematics skills through the use of a computer-based instructional simulation game and advisement*. Murfreesboro, TN: Proceedings of the Annual Mid-South Instructional Technology Conference. (ERIC Document Reproduction Service No. ED463735)

Varank, I. (2006). A comparison of a computer based and a lecture based computer literacy course: A Turkish case. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(3), 112-123.

Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34 (3), 229-243.