

MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO PARA LA ENSEÑANZA DEL ÁLGEBRA LINEAL UTILIZANDO *MATHEMATICA*

Máster Enrique Vílchez Quesada¹
Escuela de Matemática, Escuela de Informática
División de Educología
Universidad Nacional, Costa Rica

Resumen: se presenta un material educativo computarizado diseñado para apoyar la docencia de un curso básico de álgebra lineal, utilizando como herramienta de cálculo, investigación y programación el software Mathematica. La validación del software se desarrolló mediante una prueba piloto dirigida a los profesores de la cátedra del curso Matemática III para Informática de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica. Los resultados de esta prueba se exponen en el presente documento.

Palabras clave: enseñanza, aprendizaje, matemática, computadora, álgebra, *Mathematica*.

1. Introducción

El material educativo computarizado que se presenta se denomina *MAT-3*, fue desarrollado con el objetivo principal de mediar pedagógicamente el curso Matemática III para Informática, dirigido a los estudiantes de las carreras Ingeniería en Informática e Informática Educativa de la Universidad Nacional de Costa Rica. Matemática III en términos de contenido, abarca los temas clásicos de un primer curso de álgebra lineal, a saber: ecuaciones lineales y matrices, determinantes, vectores en IR^n , espacios vectoriales, valores y vectores propios, transformaciones lineales y aplicaciones, con la particularidad de utilizar el software *Mathematica* como herramienta de cálculo y programación, para desarrollar cada una de las unidades temáticas del curso.

El MEC (material educativo computarizado) *MAT-3* diseñado mediante el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic 6.0, es de gran ayuda para el docente ya que tiene como finalidad orientar su labor educativa hacia la creación de ambientes de aprendizaje heurísticos, en donde bajo un método de enseñanza basado en el laboratorio, el estudiante explore, conjeture, experimente, construya y comprenda el contenido de clase. También es importante recalcar la innovación del trabajo pues en el ámbito comercial y académico en Costa Rica, no existe una aplicación dirigida a sufragar las necesidades educativas de profesores interesados en enseñar álgebra lineal con apoyo de *Mathematica*.

¹ E-mail: evqm@costarricense.cr, Cel: (506) 8453969, Heredia, Costa Rica.

El material que se ha elaborado cuenta con un diseño de comunicación de fácil acceso para cualquier usuario estándar del sistema operativo Windows. Las pantallas presentan con claridad los objetivos de aprendizaje, y proporcionan botones y un menú principal donde sus funciones son rápidamente identificables.

2. Definición del Problema

Los profesores de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional, no cuentan con el conjunto de materiales educativos computarizados necesarios, para impartir el curso Matemática III para Informática utilizando el software *Mathematica*.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar un material educativo computarizado que apoye la mediación del curso Matemática III para Informática, utilizando el software *Mathematica*.

2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar en la cátedra del curso Matemática III para Informática, el nivel de resistencia de los profesores para utilizar el programa *Mathematica*.
2. Identificar si los docentes de la cátedra del curso Matemática III, tienen experiencia en la utilización de software para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática.
3. Identificar si los docentes de la cátedra del curso Matemática III, tienen experiencia en el manejo del software *Mathematica* como herramienta de cálculo y programación.
4. Identificar las carencias que presenta la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional, en cuanto a recursos didácticos y computarizados para la enseñanza de la matemática asistida por computadora.

5. Definir los requerimientos que debe tener un material educativo computarizado, que facilite la mediación del curso Matemática III para Informática, utilizando el software *Mathematica*.
6. Realizar una búsqueda bibliográfica con relación a proyectos e investigaciones que se han llevado a cabo a nivel nacional e internacional, para la enseñanza del álgebra lineal con apoyo de software.
7. Documentar la importancia que tiene en la actualidad el uso de las tecnologías computacionales en los procesos educativos y en particular en la educación superior.
8. Seleccionar ejercicios programados y no programados para cada una de las unidades temáticas del curso.
9. Elaborar ejercicios programados y no programados para cada una de las unidades temáticas del curso.
10. Resolver los ejercicios programados y no programados por unidad temática, utilizando el software *Mathematica*.
11. Nombrar y conceptualizar todos los comandos utilizados en la resolución de los ejercicios programados y no programados.
12. Elaborar una guía didáctica con ejemplos resueltos en *Mathematica* y ejercicios por computadora para el curso Matemática III para Informática.
13. Diseñar vídeos con CamStudio por unidad temática, que muestren al docente cómo se utiliza el programa *Mathematica* para resolver algunos ejemplos programados y no programados.
14. Elaborar el diseño educativo, computacional y de comunicación del material educativo computarizado.
15. Construir la interfaz de comunicación y los eventos de programación integrando la guía didáctica, archivos fuente, vídeos demostrativos y un glosario de comandos de *Mathematica* para resolver problemas de álgebra lineal.
16. Desarrollar un módulo que le ayude al docente a construir pruebas y prácticas para cada una de las unidades temáticas del curso.
17. Diseñar y ejecutar una prueba piloto dirigida a los profesores de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional, que impartieron el curso Matemática III para Informática durante el I ciclo del período lectivo 2005.

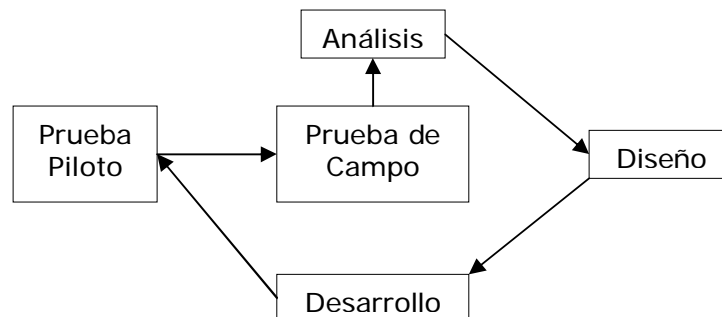
3. Desarrollo del Material Educativo Computarizado

La bibliografía tanto a nivel nacional como internacional disponible, que trata el tema de desarrollo de materiales educativos computarizados es escasa en Costa Rica. El libro más importante en esta materia se denomina *Ingeniería de Software Educativo* y su autor es Alvaro Galvis Panqueva investigador de la Universidad de los Andes Santafé de Bogota, Colombia. Galvis en este texto de una manera sistemática, describe un modelo para el diseño de materiales educativos computarizados, que denominó “*ciclo de desarrollo de software*”. El libro publicado en 1992, presenta el marco referencial que se requirió para la propuesta de aplicación práctica desarrollada con este proyecto.

Galvis (1992) define material educativo computarizado (MEC) como: “*un ambiente informático que permite que la clase de aprendiz para el que se preparó, viva el tipo de experiencias educativas que se consideran deseables para él frente a una necesidad educativa dada*”. Un MEC se diferencia de un software educativo pues su campo de aplicación es más restringido. Un software educativo se ocupa de un dominio de utilización amplio, puede tener varios grados de especificidad o generalidad, para Galvis simplemente es un programa que cumple una tarea educativa relacionada con la enseñanza o no, de esta forma un software que administre procesos educacionales se considera educativo.

El ciclo de desarrollo de software propuesto por Galvis se representa en la siguiente figura:

Gráfico 1: Ciclo de Desarrollo de Software Educativo



Fuente de Información:
Libro *Ingeniería de Software Educativo* de Alvaro Galvis, página 70

Todas las etapas de este ciclo se implementaron para el desarrollo de esta propuesta de aplicación práctica de tecnología educativa, con excepción de la prueba de campo que actualmente está en proceso. Mediante esta exposición, no se detallará en los resultados y la metodología de cada una de las etapas del ciclo, para enfatizar principalmente en la cuarta; la prueba piloto.

4. Características del Material Educativo Computarizado MAT-3

MAT-3 está constituido por los siguientes módulos:

- Una guía didáctica fácil de consultar a partir de una navegación flexible.
- Un módulo de videos demostrativos por unidad temática, que muestran al docente cómo realizar tareas de cálculo y programación utilizando *Mathematica*.
- Un módulo que permite construir pruebas y prácticas para cada una de las unidades temáticas del curso Matemática III.

La guía didáctica que se ha integrado en el MEC, es el resultado de un esfuerzo conjunto con el profesor de la Escuela de Informática de la UNA (Universidad Nacional de Costa Rica), M.Sc. Juan Felix Ávila Herrera, quien revisó y corrigió reiteradas veces el documento, con la finalidad de adaptar los ejemplos y ejercicios seleccionados, al perfil de salida y los objetivos de aprendizaje del curso Matemática III para Informática.

La guía didáctica está constituida por siete capítulos que corresponden a los ejes temáticos del curso Matemática III y a su vez cada capítulo se encuentra subdividido en cuatro secciones: *generalidades, ejemplos, trabajo en el laboratorio y evaluación*. En la sección de *generalidades*, se exponen al usuario los nuevos comandos con los que cuenta el software *Mathematica*, para efectuar cálculos relacionados con los contenidos del capítulo correspondiente. En la sección de *ejemplos*, se plantean una serie de ejercicios programados y no programados resueltos utilizando el programa *Mathematica*, haciendo explícito al profesor del curso Matemática III, las posibilidades que ofrece *Mathematica* para explicar cada uno de los temas. En la sección de *trabajo en el laboratorio*, se presenta una lista de ejercicios no resueltos asistidos por computadora, con el objetivo de ser desarrollados en clase con los estudiantes. Finalmente, en la

sección de evaluación, se brindan ejemplos de exámenes cortos, que utilizan el software *Mathematica* como principal herramienta de cálculo y programación.

El módulo de videos demostrativos, presenta una serie de videos elaborados mediante el software CamStudio. Los videos muestran al profesor del curso Matemática III, como se resuelven algunos de los ejercicios (debidamente elegidos) programados y no programados, que forman parte de la sección *ejemplos* de cada uno de los capítulos de la guía didáctica, de tal modo, que constituyen un complemento visual más dinámico de esta guía.

El módulo de construcción de pruebas y prácticas, le permite al profesor elaborar pruebas y prácticas para cada uno de los capítulos del curso. A futuro, será indispensable en el material, actualizar la base de datos de ejercicios con otros ejemplos recomendados por los docentes de la cátedra.

Además se añadieron al MEC tres módulos adicionales; *archivos fuente* que brinda al usuario archivos del software *Mathematica* que resuelven todos los ejemplos integrados en la guía didáctica del curso, un *glosario de comandos* que resume los comandos más importantes con los que cuenta el software *Mathematica*, para llevar a cabo funciones y tareas en el área del álgebra lineal, y un módulo denominado *complementos* que integra software gratuito para apoyar el uso de la herramienta (*Mathematica*) y la labor docente. El módulo de *complementos* provee al profesor del curso Matemática III, del siguiente software gratuito:

- MathReader 5.0: permite abrir archivos propios del software *Mathematica*, bajo la opción solo lectura.
- Adobe Reader 6.0.1: permite abrir como solo lectura la guía didáctica del curso Matemática III.
- GLP: Graphic LP Optimizar permite resolver problemas de programación lineal utilizando el método gráfico.

También en complementos se dispone de una aplicación *Flash* para abordar el estudio de la resolución de problemas de programación lineal, utilizando como herramienta de cálculo el software *Mathematica*.

La pantalla que se le presenta al usuario al iniciar el uso de *MAT-3*, es la siguiente:



Esta pantalla proporciona al profesor del curso Matemática III los siguientes elementos:

- Bienvenida: abre un archivo de sonido con un mensaje de bienvenida al uso del material educativo computarizado.
- Al hacer clic sobre los créditos del autor (*Trabajo Elaborado por: Enrique Vilchez Quesada*) se despliega una dirección electrónica, con la finalidad de facilitar una vía de comunicación entre los miembros de la cátedra del curso Matemática III y el autor del MEC.
- Al hacer clic sobre *Material Educativo Computarizado para Apoyar el Desarrollo del Curso Matemática III para Informática*, *Complementos*, *Guía Didáctica*, *Videos*

Demostrativos, Construcción de Pruebas y Prácticas, Archivos Fuente y Glosario de Comandos, se otorga al usuario una ayuda, mediante un mensaje de texto que explica cuál es el contenido del módulo seleccionado.

5. Resultados de la Prueba Piloto

5.1 Información Requerida

La información necesaria para dar respuesta al problema de investigación, se circunscribió en cuatro aspectos.

En primer lugar se hizo necesario identificar el nivel de aceptación de la utilización del software *Mathematica* para apoyar la labor docente, en la cátedra del curso Matemática III para Informática. Esta información se recabó conociendo el nivel de experiencia de los profesores y profesoras del curso Matemática III en la realización de tareas de cálculo y programación con *Mathematica*, y cuestionando a su juicio personal si mediante la utilización de *Mathematica*, el curso Matemática III estaba mejorando en aspectos tales como: rendimiento académico, motivación hacia la materia y comprensión cognoscitiva de conceptos.

En segundo lugar fue necesario conocer aspectos mediante los cuáles era posible mejorar la orientación y desarrollo del curso Matemática III para Informática apoyado con *Mathematica*. Para esto se indagó, con ayuda de los profesores y profesoras del curso Matemática III, sobre aspectos tales como: la necesidad de un laboratorio de cómputo mejor equipado, la necesidad de listas de ejercicios por computadora más adecuadas, la necesidad de archivos de datos ejemplificando tareas, la suficiencia o insuficiencia del material educativo (guía didáctica) que le fue entregado al iniciar el presente ciclo lectivo y la ayuda que podría brindar un material educativo computarizado que apoye la mediación del curso Matemática III para Informática, utilizando el software *Mathematica*.

Otro aspecto indispensable en la recolección de la información, fue conocer los requerimientos que, de acuerdo a los docentes de la cátedra, debería tener un material educativo computarizado

que apoye la mediación de un curso de álgebra lineal, utilizando las herramientas de cálculo y programación de *Mathematica*.

Finalmente se requirió evidenciar si los profesores y profesoras de la cátedra del curso Matemática III, tenían experiencias previas con relación a la utilización de software para apoyar su labor docente en otros cursos. Esta información permitió conocer las carencias en equipo informático, materiales didácticos, capacitación y materiales educativos computarizados, que presenta la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional. También la información se consideró muy relevante, para validar o descalificar la percepción profesional de los docentes participantes en la aplicación de los instrumentos, en dos aspectos: por un lado el nivel de resistencia mostrado al tener que impartir el curso Matemática III apoyado con el software *Mathematica* y por otro, los requerimientos a que a su juicio debería de tener el material educativo computarizado, que se desarrolló como una propuesta de solución al problema de investigación planteado.

5.2 Recolección de la Información

La información obtenida como producto de esta investigación, se recopiló mediante un cuestionario aplicado a los ocho profesores que impartieron el curso Matemática III para Informática durante el I ciclo lectivo 2005. En este período, se abrieron doce grupos de Matemática III para Informática, los cuales fueron impartidos por los profesores: Yury Morales López con tres años de experiencia en la Escuela de Matemática de la UNA, Ricardo Poveda Vázquez con tres años de experiencia, Ana Lucía Alfaro Arce con tres años de experiencia, Jorge Arroyo Pérez con dos años de experiencia, Gaudy González, Doglas Cordero Herrera, Jonathan Saurez y Suleyka Suarez Valdez, los cuatro iniciando labores este año en la Escuela de Matemática.

El cuestionario aplicado a estos ocho profesores fue elaborado con la ayuda del M.Sc. Mario Castillo estadístico y académico de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional. El aporte de Castillo para la elaboración del instrumento fue indispensable y se fundamentó en una minuciosa revisión del cuestionario, para garantizar la efectiva recolección de la información

requerida en términos del problema planteado en este proyecto y facilitar el análisis estadístico posterior. Mario Castillo es Magíster en Estadística graduado de la Universidad de Costa Rica, y fue elegido principalmente por sus dotes y experiencia como investigador en la Escuela de Matemática de la UNA.

En la elaboración de los instrumentos, se subdividió el objetivo general en una serie de objetivos específicos, tan específicos como fue posible hacerlo. Este proceso permitió identificar con claridad la información requerida para lograr alcanzar el objetivo general. Con ayuda del estadístico en un trabajo conjunto, se decidió el tipo de pregunta (en su mayoría cerradas) para cada uno de los subtemas que formaron parte del proyecto.

5.3 Descripción de la Población

La población a la cuál se aplicó el instrumento de esta investigación, se caracterizó por los siguientes aspectos:

- El 62.5% de la población estaba compuesto por hombres y el 37.5% por mujeres, todos ellos y ellas residentes en el área metropolitana.
- Las edades de los participantes oscilaron entre los 22 y 32 años, es decir, la población de profesores encuestados fue relativamente joven.
- El rango de años servidos para la Escuela de Matemática de la UNA de los docentes participantes, se encontró entre cero y tres años de experiencia.
- El 75% de los profesores encuestados, tenían una jornada laboral de tiempo completo y el 25% restante, de medio tiempo para la Escuela de Matemática de la UNA. Este factor es muy relevante, pues muestra que la mayor parte de los docentes de la población, trabajaban toda su jornada para la Escuela de Matemática de la UNA.

5.4 Experiencia de los Docentes de la Cátedra del Curso Matemática III para Informática en la Enseñanza de la Matemática Asistida por Computadora

De los profesores y profesoras encuestados, el 50% de ellos inició labores en la Universidad Nacional en el I ciclo lectivo 2005, razón por la cuál no presentaron ningún tipo de experiencia previa utilizando software en otros cursos. El otro 50% de los participantes, manifestó haber utilizado anteriormente programas matemáticos para complementar la labor docente, donde en su totalidad señalaron que el software seleccionado, fue parte de la estructura curricular del curso.

Este punto es importante de resaltar, puesto que el 50% de los profesores y profesoras con experiencias previas, constituyeron la fuente de información para indagar las carencias que presenta la Escuela de Matemática de la UNA, en la implementación de procesos de enseñanza de la matemática asistida por computadora. Se indagaron en este sentido, aspectos tales como: carencia de guías didácticas con ejemplos y ejercicios, carencia de guías de laboratorio con ejercicios resueltos para cada sesión, carencia de un laboratorio debidamente equipado, carencia de software más acorde con las necesidades educativas de los estudiantes y carencia de capacitación en el uso de software específico.

5.5 Experiencia de los Docentes de la Cátedra del Curso Matemática III Utilizando el Software *Mathematica*

Con la finalidad de determinar el nivel de experiencia de los profesores y profesoras del curso Matemática III para Informática en la utilización del software *Mathematica*, se les solicitó a los docentes indicar en el instrumento bajo una escala de medición de: muy frecuentemente (1), frecuentemente (2), medianamente (3), rara vez (4) o nunca (5), si: realizaban cálculos básicos con números reales y expresiones algebraicas, trabajaban con operaciones con matrices y determinantes, graficaban curvas en dos y tres dimensiones, y diseñaban programas en el lenguaje programación de *Mathematica*.

Con relación al primer aspecto, en el SPSS 10.0 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1: Cálculos básicos con *Mathematica*

N	8
Media	1,7500
Moda	2,00
Desviación Estándar	0,7071
Mínimo	1,00
Máximo	3,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Al observar la media poblacional y la moda se concluye que efectivamente la mayor parte de los docentes, tenían un dominio en la realización de operaciones básicas con *Mathematica*, esta conclusión es relativamente confiable pues la desviación estándar es pequeña.

Respecto al segundo punto, en el SPSS 10.0 se obtuvo:

Tabla 2: Trabajo con operaciones con matrices

N	8
Media	1,7500
Moda	2,00
Desviación Estándar	0,4629
Mínimo	1,00
Máximo	2,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

De igual forma, la media poblacional en este caso tiene un valor cercano a uno y a dos, al ser el dato más frecuente (la moda) un dos, se evidencia que la mayor parte de los docentes respondieron que trabajaban con operaciones con matrices y determinantes muy frecuentemente o frecuentemente.

En el tercer aspecto se observa que:

Tabla 3: Graficación de curvas con *Mathematica*

N	8
Media	2,0000
Moda	1,00
Desviación Estándar	1,0690

Mínimo	1,00
Máximo	4,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Los docentes también tenían experiencia en la graficación de curvas en dos y tres dimensiones. La media poblacional con un valor de dos y una desviación estándar pequeña (poca dispersión en los datos), reflejan que la mayoría de los profesores de la cátedra graficaban curvas en *Mathematica* frecuentemente.

El último aspecto fue el que presentó mayores debilidades, observe la siguiente tabla:

Tabla 4: Programación con *Mathematica*

N	8
Media	3,1250
Moda	3,00
Desviación Estándar	0,9910
Mínimo	1,00
Máximo	4,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

En ella es recalable que la mayor parte de los docentes diseñaban pequeños programas con *Mathematica* medianamente (la moda es igual a tres), también al observar la tabla de frecuencias:

Tabla 5: Frecuencias de programación con *Mathematica*

	Frecuencia	Porcentaje
Muy frecuentemente	1	12,5
Medianamente	4	50,0
Rara vez	3	37,5
Total	8	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Se evidencia como 4 profesores indicaron que programaban con *Mathematica* medianamente, tres rara vez y solamente uno muy frecuentemente.

Como conclusión de las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 se destaca la importancia de haber incorporado un número considerable de ejercicios de programación resueltos con *Mathematica*, en la aplicación

práctica de tecnología educativa que se implementó con este proyecto, para responder a esta carencia detectada. Además de ello es rescatable, que los profesores de la cátedra del curso Matemática III para Informática, tenían un buen manejo de operaciones básicas con *Mathematica*, lo cual permitió capacitar más fácilmente a los docentes en el uso del material educativo computarizado que se desarrolló.

5.6 Aceptación del Software *Mathematica* para Apoyar la Labor Docente en el Desarrollo del Curso Matemática III para Informática

Para determinar el nivel de aceptación de los docentes en la utilización del software *Mathematica* como apoyo didáctico del curso Matemática III, se preguntó a los profesores y profesoras con experiencias previas, cuál fue el mejoramiento de los otros cursos impartidos con ayuda de paquetes computacionales, en aspectos tales como: el rendimiento académico, la motivación hacia la materia, la mediación pedagógica y la deserción estudiantil. Además, se cuestionó a los ocho profesores de la cátedra, cuál era su percepción respecto al mejoramiento del curso Matemática III al utilizar el software *Mathematica*, en los siguientes aspectos: rendimiento académico, motivación hacia la materia y mediación pedagógica. La escala de medición que se utilizó en ambos casos fue: muy de acuerdo (1), de acuerdo (2), medianamente de acuerdo (3), en desacuerdo (4) y muy en desacuerdo (5).

En cuanto a los docentes con experiencias previas, las tablas de frecuencia obtenidas mediante el SPSS 10.0, arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 6: El rendimiento académico de los estudiantes mejoró con el apoyo de software

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
De acuerdo	3	37,5	75,0
Medianamente de acuerdo	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Tabla 7: La motivación hacia la materia aumentó con el apoyo de software

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
--	------------	------------	------------------

Muy de acuerdo	2	25,0	50,0
De acuerdo	2	25,0	50,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Tabla 8: El software facilitó la explicación de conceptos

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Muy de acuerdo	3	37,5	75,0
De acuerdo	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Tabla 9: El software ayudó a disminuir la deserción estudiantil

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
De acuerdo	1	12,5	25,0
Medianamente de acuerdo	3	37,5	75,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

En primer lugar, de la tabla 6 es posible observar que tres de los cuatro docentes participantes, estuvieron de acuerdo con relación al mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes gracias al apoyo del software. En segundo lugar hay un consenso en relación con el aumento motivacional que se alcanzó en los estudiantes del curso, a partir de la utilización del paquete informático (en la tabla 7, se evidencia como todos los profesores manifestaron estar “*de acuerdo*” o “*muy de acuerdo*” con este punto). Como un tercer aspecto, cabe recalcar en la tabla 8, que los docentes manifestaron en su mayoría estar muy de acuerdo con el mejoramiento de la mediación pedagógica, al facilitar el software la explicación de conceptos. De la tabla 9, se infiere una posición intermedia en términos de si el software contribuyó o no a disminuir la deserción estudiantil. Bajo esta perspectiva, se concluye que los docentes tuvieron una

experiencia previa positiva en la utilización de programas informáticos, para apoyar los procesos de la enseñanza y el aprendizaje.

La percepción de los ocho profesores de la cátedra, con relación al mejoramiento del curso Matemática III para Informática al utilizar el software *Mathematica*, se pudo inferir mediante las siguientes tablas con medidas de tendencia central y de dispersión:

Tabla 10: El rendimiento académico de los estudiantes es bueno

N	8
Media	2,7500
Moda	3,00
Desviación Estándar	0,4629
Mínimo	2,00
Máximo	3,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

De la tabla 10 se concluye que al menos seis de los docentes, indicaron en la escala de medición estar “*medianamente de acuerdo*”, al considerar que el rendimiento académico de los estudiantes era bueno, gracias al apoyo del software *Mathematica*. Se observa en la moda como la respuesta de mayor frecuencia fue “*medianamente de acuerdo*”, lo cuál refleja una posición intermedia de los profesores y profesoras a este respecto.

Tabla 11: La motivación hacia la materia aumenta gracias a la utilización del software

N	8
Media	2,5000
Moda	2,00
Desviación Estándar	0,5345
Mínimo	2,00
Máximo	3,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

En la tabla 11 se observa, gracias a los valores máximo y mínimo, cómo las respuestas de los docentes se ubicaron únicamente en dos opciones; “*de acuerdo*” o “*medianamente de acuerdo*”, prevaleciendo el “*de acuerdo*” (por el valor de la moda). Por esta razón y al observar el valor de

la media poblacional, se concluye que efectivamente los docentes sí consideraron la existencia de un aumento en la motivación hacia la materia, mediado por el uso del paquete *Mathematica*.

Tabla 12: El programa *Mathematica* facilita la explicación de conceptos

N	8
Media	2,8750
Moda	3,00
Desviación Estándar	0,6409
Mínimo	2,00
Máximo	4,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

De la tabla 12 se puede concluir que los docentes tienen una percepción intermedia, al evaluar si el software *Mathematica* facilita o no la explicación de conceptos. La media poblacional y la desviación estándar, indican que la mayor parte de los docentes marcaron la opción “*medianamente de acuerdo*”. Solamente un docente contestó esta interrogante en desacuerdo y al responder esta elección mediante la pregunta abierta número 31, se logró identificar que sus razones se centraban en aspectos netamente administrativos, tales como: la ausencia de un horario para asistir al laboratorio de cómputo con sus estudiantes y la garantía de poder contar con el software debidamente instalado en el equipo del laboratorio.

Del análisis de las tablas 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, se concluye que los profesores y profesoras de la cátedra del curso Matemática III para Informática, sí aceptaron la utilización del software *Mathematica* como un apoyo en su labor docente, puesto que tuvieron una percepción positiva respecto al impacto del software *Mathematica* u otros paquetes, en el mejoramiento de los procesos de la enseñanza y el aprendizaje. Este aspecto fue fundamental, pues garantizó previamente un ambiente positivo con relación a la aceptación del MEC que se elaboró mediante este proyecto. También una posible justificación de este hecho, obedece a las edades de los participantes, quienes por ser un grupo de profesionales relativamente jóvenes, presentaron una tendencia generacional de mayor tolerancia hacia el uso de la computadora.

5.7 Carencia de Recursos Didácticos y Computacionales para Apoyar la Docencia Asistida por Computadora en la Escuela de Matemática de la UNA

Las carencias que se evidenciaron en la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional, hacen referencia a la existencia o no de: guías didácticas con ejemplos y ejercicios, guías de trabajo con laboratorios predefinidos para cada sesión, laboratorios de cómputo debidamente equipados, software acorde con las necesidades educativas de los estudiantes y capacitación en el uso de las herramientas informáticas. En el instrumento, los profesores con experiencias previas en la utilización de software en otros cursos, respondieron a estas interrogantes marcando una única opción de respuesta en la escala de medida: muy de acuerdo (1), de acuerdo (2), medianamente de acuerdo (3), en desacuerdo (4) y muy en desacuerdo (5).

Frente a los dos primeros factores muy relacionados entre sí; carencia de una guía didáctica con ejemplos y ejercicios y carencia de una guía de trabajo con laboratorios predefinidos, los profesores en el instrumento aplicado (ver anexo 1, preguntas 11 y 12), marcaron en su totalidad las opciones: “*muy de acuerdo*” al referirse a la ausencia de guías de laboratorio para cada sesión, y “*muy de acuerdo*” y “*de acuerdo*” al referirse a la carencia de guías didácticas (ver las tablas 13 y 14). Esto permite concluir que existe una clara deficiencia en estos dos aspectos, al implementar cursos de matemática asistidos por computadora en la Escuela de Matemática de la UNA.

Tabla 13: Carencia de una guía de trabajo con laboratorios predefinidos para cada sesión

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Muy de acuerdo	4	50,0	100,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Tabla 14: Carencia de una guía didáctica con ejemplos y ejercicios

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Muy de acuerdo	3	37,5	75,0
De acuerdo	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso

Matemática III para Informática

Los profesores encuestados mantuvieron una posición intermedia, con relación a considerar inadecuados los laboratorios de cómputo utilizados para realizar su labor docente. Al observar la media poblacional obtenida de un 2,5 y la moda igual a tres (ver la tabla 15) se concluye que la mayor parte de los profesores opinaron que hay medianamente una carencia en este sentido.

Tabla 15: Carencia de un laboratorio adecuadamente equipado

N	4
Media	2,5000
Moda	3,00
Desviación Estándar	1,0000
Mínimo	1,00
Máximo	3,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Ante la carencia de software acorde con las necesidades educativas de los estudiantes, las respuestas de los participantes se circunscribieron únicamente en dos opciones; “*en desacuerdo*” y “*muy en desacuerdo*”. La tabla de frecuencias 16 muestra cómo tres profesores encuestados estuvieron en desacuerdo y uno muy en desacuerdo. Bajo esta perspectiva, este elemento no se considera una carencia de la Escuela de Matemática de la UNA.

Tabla 16: Carencia de un software más acorde con las necesidades educativas de los estudiantes

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
En desacuerdo	3	37,5	75,0
Muy en desacuerdo	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Como un último aspecto, la capacitación en el uso de herramientas informáticas para aprovechar más las potencialidades de cálculo y programación en la enseñanza, sí se considera una carencia de la Escuela de Matemática de la UNA. Los resultados arrojados en la encuesta, que se muestran en la tabla 17, indican una media poblacional de 1,75, con una desviación estándar pequeña, al

ser la moda dos y el valor mínimo y máximo uno y dos respectivamente, se ratifica que las únicas opciones de respuesta marcadas por los docentes fueron “*muy de acuerdo*” o “*de acuerdo*”.

Tabla 17: Carencia de capacitación para aprovechar más las potencialidades del programa

N	4
Media	1,7500
Moda	2,00
Desviación Estándar	0,5000
Mínimo	1,00
Máximo	2,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

De las tablas 13, 14, 15, 16 y 17 se justifica, para términos de la aplicación práctica de tecnología educativa desarrollada con este proyecto, la incorporación de una guía didáctica con ejemplos resueltos en *Mathematica* y ejercicios por computadora, además de posibles laboratorios a desarrollar con los estudiantes del curso Matemática III para Informática. También se destaca la percepción que tuvieron los docentes de esta cátedra, al considerar los procesos de capacitación en la Escuela de Matemática de la UNA, como una carencia, bajo esta perspectiva, se reafirma la importancia de haber desarrollado este proyecto, puesto que el MEC resultante es un recurso que le posibilitará a los docentes, capacitarse con el objetivo de lograr el máximo aprovechamiento de las distintas potencialidades brindadas por *Mathematica*, para apoyar la labor docente en un curso de álgebra lineal.

5.8 Orientación y Desarrollo del Curso Matemática III para Informática Utilizando el Software *Mathematica*

Para responder a la pregunta ¿Cómo es posible mejorar la orientación y desarrollo del curso Matemática III apoyado con *Mathematica*?, se solicitó a los docentes encuestados indicar en la escala de medición: muy de acuerdo (1), de acuerdo (2), medianamente de acuerdo (3), en desacuerdo (4) y muy en desacuerdo (5), si los requerimientos: un laboratorio de cómputo mejor equipado, listas de ejercicios por computadora más adecuadas, archivos de datos ejemplificando tareas y un material educativo computarizado que apoye la mediación pedagógica utilizando las

potencialidades de cálculo y programación de *Mathematica*, podrían contribuir o no con el mejoramiento del curso en los factores anteriormente señalados.

Ante el primer requerimiento; un laboratorio de cómputo mejor equipado, en la tabla 18 se observa que la media poblacional y la moda son iguales a tres, este factor indica que la mitad de los profesores encuestados no consideraron necesario un laboratorio de cómputo mejor equipado. Un resultado muy similar al obtenido en la tabla 15 de la subsección 3.4.5.

Tabla 18: Se requiere un laboratorio de cómputo mejor equipado

N	8
Media	3,0000
Moda	3,00
Desviación Estándar	1,1952
Mínimo	1,00
Máximo	5,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Con respecto al requerimiento listas de ejercicios por computadora más adecuadas, los docentes marcaron únicamente las opciones “*muy de acuerdo*” o “*de acuerdo*” (observe la tabla 19), este factor evidencia la ausencia clara de una guía didáctica que contenga ejemplos y ejercicios por computadora más adecuados a un curso de álgebra lineal. La conclusión se ve reforzada, al analizar la respuesta de los docentes ante la pregunta; ¿La guía didáctica que se le entregó al iniciar el ciclo lectivo le parece un material suficiente o insuficiente? (a los profesores del curso Matemática III se les entregó al inicio del presente ciclo lectivo, una guía didáctica con ejercicios y ejemplos resueltos en *Mathematica*, con la finalidad de orientar su labor docente), los resultados indicaron una frecuencia de siete profesores catalogando la guía como un material insuficiente y un profesor como un material suficiente (ver la tabla 20). La ausencia de listas de ejercicios por computadora es un elemento también característico de otros cursos asistidos mediante el uso de paquetes informáticos, al consultar a los profesores con experiencias previas en el uso de software en otros cursos, se les preguntó si habían utilizado listas de ejercicios por computadora, la mayor parte de ellos respondió “*rara vez*” o “*nunca*” (consulte la tabla 21).

Tabla 19: Se necesitan listas de ejercicios por computadora más adecuadas

	Frecuencia	Porcentaje
Muy de acuerdo	4	50,0
De acuerdo	4	50,0
Total	8	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Tabla 20: La guía didáctica que se le entregó para orientar su labor docente en el curso Matemática III para Informática, le parece un material suficiente o insuficiente

	Frecuencia	Porcentaje
Suficiente	1	12,5
Insuficiente	7	87,5
Total	8	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Tabla 21: Se utilizaron listas de ejercicios por computadora en otros cursos

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Frecuentemente	1	12,5	25,0
Rara vez	2	25,0	50,0
Nunca	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Frente al requerimiento destacado en la pregunta número 23 del instrumento; archivos de datos ejemplificando tareas, la media poblacional de 1,5, una desviación estándar pequeña, un valor mínimo de uno y un valor máximo de dos (observe la tabla 22), indicaron un consenso sobre la existencia real de esta necesidad. Por ende, en el material educativo computarizado que se desarrolló con este proyecto, fue indispensable incluir archivos con ejercicios resueltos utilizando *Mathematica*, para cada una de las unidades temáticas del curso Matemática III. También es importante señalar, que los docentes con experiencias previas en otros cursos al utilizar software como apoyo didáctico para la enseñanza, manifestaron ante la pregunta ¿Se utilizaron archivos de datos?, la respuesta “nunca” o “rara vez” (ver tabla 23), de tal forma que este factor es una carencia característica de la Escuela de Matemática de la UNA, que se solventó en el material educativo computarizado desarrollado.

Tabla 22: Se requieren archivos de datos ejemplificando tareas

N	8
Media	1,5000
Moda	1,00
Desviación Estándar	0,5345
Mínimo	1,00
Máximo	2,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Tabla 23: Se utilizaron archivos de datos ejemplificando tareas en otros cursos

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Rara vez	3	37,5	75,0
Nunca	1	12,5	25,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso
Matemática III para Informática

Finalmente las respuestas ante el requerimiento señalado en la pregunta número 24 del instrumento; “ayudaría un material educativo computarizado que apoye la mediación del curso Matemática III utilizando el software *Mathematica*”, tuvo una importante confirmación de las proyecciones iniciales de este proyecto, efectivamente los docentes consideraron necesario, casi en un 100%, el diseño del material educativo computarizado que se desarrolló mediante la presente propuesta. Al observar la tabla de frecuencias 24, se evidencia que 7 profesores y profesoras del curso Matemática III para Informática, estuvieron “*muy de acuerdo*” con que la implementación de este material les ayudaría en la mediación del curso apoyado con *Mathematica* y únicamente un docente opinó estar “*de acuerdo*” con lo anterior. Desde este punto de vista, queda demostrado a juicio de los docentes de la cátedra del curso Matemática III, la importancia de haber desarrollado el proyecto de aplicación práctica de tecnología educativa aquí propuesto. También es importante señalar que los materiales educativos computarizados en la Escuela de Matemática de la UNA, son escasos, todos los profesores con experiencias previas en la utilización de software en otros cursos, respondieron que “*nunca*” se utilizaron MEC’s para mediar pedagógicamente su labor profesional (observe la tabla 25), lo cual demuestra la innovación que se alcanzó mediante el desarrollo del MEC resultante de este proyecto.

Tabla 24: Ayudaría un material educativo computarizado que apoye la mediación del curso Matemática III, utilizando el software *Mathematica*

	Frecuencia	Porcentaje
Muy de acuerdo	7	87,5
De acuerdo	1	12,5
Total	8	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Tabla 25: Se utilizó un material educativo computarizado complementario al software en otros cursos

	Frecuencia	Porcentaje	Valor Porcentual
Nunca	4	50,0	100,0
Total	4	50,0	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

5.9 Requerimientos de un Material Educativo Computarizado para Apoyar la Mediación del Curso Matemática III para Informática Utilizando *Mathematica*

Con relación a los elementos que se podrían incluir en un MEC cuyo propósito es apoyar la mediación pedagógica del curso Matemática III para Informática, utilizando el software *Mathematica*, se preguntó a los profesores de la cátedra del curso si sería recomendable incluir los siguientes tres elementos: añadir al material una guía didáctica fácil de consultar a partir de una navegación flexible, agregar un módulo que permita construir pruebas y prácticas para cada una de las unidades temáticas del curso e incluir un módulo de vídeos demostrativos por unidad temática, que muestren al docente cómo realizar tareas de cálculo y programación utilizando *Mathematica*. El objetivo de la pregunta fue determinar el nivel de conformidad de los participantes con relación a cada uno de los aspectos anteriormente señalados, recurriendo para ello, a la escala de medición: muy de acuerdo (1), de acuerdo (2), medianamente de acuerdo (3), en desacuerdo (4) y muy en desacuerdo (5).

Respecto al primer requerimiento, los profesores encuestados manifestaron casi en su totalidad, estar “*muy de acuerdo*” en incluir una guía didáctica con ejercicios resueltos en *Mathematica*, que sea fácil de consultar. En la tabla número 26, se observa que la media poblacional dio como

resultado un valor muy cercano a uno, con una desviación estándar pequeña y siendo uno el dato más frecuente (ver la moda). Lo anterior evidencia cómo los profesores del curso Matemática III, sienten la necesidad de contar con una guía que les permita orientar mejor su labor educativa al utilizar el software *Mathematica*, un aspecto que quedó también ratificado, en los resultados de la tabla 20, donde los docentes catalogan como insuficiente la guía didáctica que se les entregó al iniciar el presente período lectivo 2005.

Como conclusión de los resultados obtenidos podemos indicar que los docentes de la cátedra del curso Matemática III, consideraron que la guía didáctica es una necesidad y al mismo tiempo un requerimiento fundamental, para desarrollar los contenidos del curso apoyado con *Mathematica*.

Tabla 26: Sería recomendable añadir una guía didáctica con ejercicios resueltos en *Mathematica* por temas, fácil de consultar a partir de una navegación flexible

N	8
Media	1,1250
Moda	1,00
Desviación Estándar	0,3536
Mínimo	1,00
Máximo	2,00

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Ante el segundo requerimiento; agregar un módulo para la construcción de pruebas y prácticas, los docentes respondieron estar “*muy de acuerdo*” y “*de acuerdo*”. Como lo muestra la tabla 27, la frecuencia de respuestas fue de 6 y dos respectivamente. Lo anterior permite concluir, que los docentes del curso Matemática III, consideraron necesario agregar este elemento al material educativo computarizado.

Tabla 27: Sería recomendable agregar un módulo que le permita construir pruebas y prácticas para cada una de las unidades temáticas del curso

	Frecuencia	Porcentaje
Muy de acuerdo	6	75,0
De acuerdo	2	25,0
Total	8	100,0

Fuente: Cuestionario de los profesores del curso Matemática III para Informática

Finalmente los docentes de la cátedra del curso Matemática III, respondieron ante el requerimiento; un módulo con vídeos demostrativos, de forma positiva. La tabla número 28, proporciona la media poblacional con un valor de 1,125 y una desviación estándar de 0,3536, al ser el valor mínimo 1 y el valor máximo 2, significa que las únicas opciones de respuesta marcadas por los profesores y profesoras fue “*muy de acuerdo*” y “*de acuerdo*”, prevaleciendo el “*muy de acuerdo*” al observar la moda.

Tabla 28: Debería incluirse un módulo de vídeos por unidad temática, que le muestren cómo realizar tareas de cálculo y programación utilizando *Mathematica*

N	8
Media	1,1250
Moda	1,00
Desviación Estándar	0,3536
Mínimo	1,00
Máximo	2,00

Como una última conclusión, se infiere que los tres requerimientos consultados a los docentes de la cátedra del curso Matemática III para Informática en el I ciclo lectivo 2005, fueron recomendados para ser incluidos en la aplicación práctica de tecnología educativa, que se desarrolló con este proyecto.

6. Conclusiones

MAT-3 es una solución ante el problema detectado en la Escuela de Matemática de la UNA, frente a la necesidad de contar con un material educativo que apoye la mediación pedagógica del curso Matemática III apoyado con *Mathematica*. Este proyecto de aplicación práctica de tecnología educativa, es un complemento del esfuerzo que está haciendo la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, por actualizar el currículum del plan de estudios en esta unidad académica.

Se ha presentado un multimedia que le ayudará al profesor del curso Matemática III para Informática a capacitarse en el uso adecuado de *Mathematica* como herramienta de cálculo y programación, para la enseñanza aprendizaje del álgebra lineal. El trabajo cobra un carácter innovador por la inexistencia a nivel nacional de un MEC similar y su aporte es fundamental para contribuir con la transformación pedagógica que requiere la Escuela de Informática de la

Universidad Nacional, al incorporar la informática educativa en el currículum de la formación matemática de sus estudiantes.

7. Referencias Bibliográficas

Apostol, T. (1985). *Calculus*. México: Reverté.

Arce, C. (2001). *Ejercicios Resueltos y Exámenes de Álgebra Lineal*. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Arce, C. (2004, agosto 1). *Materiales para los Cursos MA0429 y MA0275*. [En línea].
<<http://maltsev.emate.ucr.ac.cr/~carce/>> [2005, febrero 7].

Barrantes, H. (1993). *Elementos de Álgebra Lineal*. Costa Rica: UNED.

E, Checa y Márquez, A. (2001). *Álgebra Lineal Numérica: Teoría y Práctica con Mathematica*. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Guadamuz, L. y Vega, L. (1988). *Categorías de Análisis y Marco General de Evaluación para “Software” Educativo*. San José: EUNA.

Hill, R. (1997). *Álgebra Lineal Elemental con Aplicaciones*. México: Prentice-Hall.

Hough, D. (1997). *Mathematics with Maple*. New York: Addison-Wesley.

Kolman, B. (1999). *Álgebra Lineal con Aplicaciones y Matlab*. México: Pearson.

Lehmann, M. (1992). *Exploring Calculus with Mathematics*. New York: Addison-Wesley.

Squires, D. y McDougall, A. (1994). *Cómo Elegir y Utilizar Software Educativo*. Madrid: Morata.

