

Uso de *Wolfram Mathematica* como apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática discreta

Enrique Vílchez Quesada
Escuela de Informática
Universidad Nacional de Costa Rica
enrique.vilchez.quesada@una.cr

Resumen: el trabajo constituye un estudio descriptivo para analizar una metodología asistida por computadora implementada en un curso de matemática discreta. El estudio se realizó sobre una muestra de ochenta y cinco estudiantes de la materia *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática*, la cual forma parte del plan de estudios de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). El objetivo de la investigación se sustentó principalmente en identificar las debilidades y fortalezas de la propuesta didáctica desarrollada, sobre el uso del conocido software comercial *Mathematica*. La justificación de esta pesquisa se fundamentó en una necesidad diagnóstica con la intención primaria de mejorar la metodología adoptada desde el año 2012.

Palabras clave: software, *Wolfram*, matemática, discreta, educación.

Introducción

La matemática discreta constituye un área de conocimiento esencial en la formación de los futuros profesionales en Ingeniería en Sistemas de Información o Ciencias de la Computación. Recientemente comienza a demandar un nivel de significancia cada vez más preponderante en los planes de estudio. Martín y Cuenca (2002) a este respecto afirman que “la matemática discreta, que ha sido un campo de “segunda fila” dentro de las matemáticas, se ha convertido en un instrumento básico para el desarrollo de la ciencia de la computación y de la biología moderna” (p. 198). Lo anterior refleja un reto inexorable, exigiendo cambios sólidos en el marco de acción curricular de las instituciones de educación a nivel medio superior.

El uso de la tecnología con fines didácticos en este sentido, aproxima escenarios donde la teoría matemática en el rumbo de la resolución de problemas representables a través de modelos no continuos, cobra vida mediante el diseño de animaciones o el abordaje de ejercicios complejos cercanos a situaciones de la vida real. En la Escuela de Informática de la Universidad Nacional de Costa Rica, se ha tomado conciencia sobre esta necesidad palpable, cuya penetración se manifiesta a través de la consigna de cambio, contraída por ciertos grupos de profesores con el objetivo de modificar sus metodologías clásicas en el proceso educativo. Particularmente, en la cátedra del curso *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática*, los esfuerzos se han circunscrito en la incorporación de software y lenguajes de programación que muestran al estudiantado, herramientas para desarrollar formas de razonamiento, reconocimiento de patrones y una mayor comprensión conceptual.

Desde el año 2012, se ha venido innovando a través del empleo del conocido software comercial *Wolfram Mathematica*, hacia la búsqueda de una oferta educativa que entra en concordancia con la formación de competencias. Una competencia es entendida en este contexto, como la capacidad de poder reaccionar de manera eficaz ante una determinada tarea, mediada por el conocimiento disciplinario, pero sin limitarse

a él (Montoro, Morales y Valenzuela, 2014). En esta dirección, el software *Mathematica* se ha visualizado en el curso *EIF-203*, como una plataforma de generación de experiencias educativas donde el alumno tenga la posibilidad de jugar con el contenido matemático discreto y así mismo, ofrezca opciones de visualización y manipulación de objetos.

En este proceso de transformación, los desafíos asumidos contrastan con las limitaciones aprendidas en el duro camino de la mutabilidad, hacia un entorno educativo de naturaleza más experimental. El trabajo aquí expuesto, representa un continuo de este conjunto de experiencias, con la intención de analizar las fortalezas y debilidades de la metodología asistida por computadora empleada desde el año 2012, hasta su evolución actual. Los resultados de esta investigación de carácter descriptivo, resultan indispensables para organizar una serie de engranajes hacia el perfeccionamiento de la didáctica utilizada y servir de base en el desarrollo de un paquete de software con fines educativos, específicamente, en el dominio de la matemática discreta.

Educación basada en competencias, modelación matemática y uso de tecnología

La educación con un enfoque apoyado en el desarrollo de competencias, responde a un mercado laboral cada vez más competitivo y globalizado de este siglo XXI, donde el profesional no solamente debe poseer una clara potestad sobre su ámbito de conocimiento, sino también, un cúmulo de habilidades que le permitan integrarlo a la resolución de problemas en un tiempo de respuesta óptimo. Osorio, López y Valenzuela (2014) conceptualizan las competencias como “una confluencia de habilidades, conocimientos, experiencias y capacidades, afectividad y voluntad para realizar -en este caso- la profesión con calidad y excelencia”. (p. 20). Con frecuencia, se suele dar prioridad al perfeccionamiento de las competencias básicas, supeditadas con la comunicación, la matemática y el adecuado uso de las tecnológicas contemporáneas (Osorio, López y Valenzuela, 2014).

La cuantía que se le ha otorgado en el campo educativo a la apropiada utilización de las tecnologías de la información y comunicación (comúnmente llamadas “TIC”), no es una casualidad. Se reconoce en ellas un alto valor dado su impacto en la potenciación de las competencias disciplinarias y sus interacciones con el razonamiento, lo cual a su vez, tiene una fuerte incidencia sobre la capacidad del individuo para trascender de la comprensión teórica al acto de la interpretación, análisis y solución. Desde luego, esta concurrencia no obedece a las tecnologías de una forma per se, se relaciona con la habilidad del docente para facilitar espacios de aprendizaje con estas características (Montoro, Morales y Valenzuela, 2014).

A este respecto, en educación matemática la metodología por “modelación” aparece actualmente como una clara alternativa de los docentes ante la necesidad de formar estudiantes aptos en la resolución de problemas vinculados con la carrera que cursan. Rodríguez (2012) apuntala su significación a que “se pretende que el alumno a partir de una situación real y que a través del establecimiento de un modelo matemático (en nuestro caso, una ecuación diferencial, una gráfica o incluso una tabla numérica) pueda dar respuesta a una problemática determinada” (p. 24). El tejido del aprendizaje se concibe bajo esta perspectiva, como el resultado de una epifanía teórico-práctica hacia la consecución de un objetivo común. Alcanzar este objetivo demanda no solamente una conquista conceptual, sino el hecho de contar con las herramientas tecnológicas necesarias, que en conjunto faciliten una metamorfosis de resultados físicos o concretos a la construcción de un modelo abstracto o matemático (Rodríguez, 2010). En el seno de la materia *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática*, la incorporación del uso de software como medio de aprendizaje, ha intentado oxigenar una metodología cercana a la modelación.

La complejidad de un tratamiento didáctico donde se reconozca al alumno como un ser social *informívoro* (Valerio y Valenzuela, 2011) o consumidor constante de información y su realidad en las instituciones educativas orientadas en muchos casos a promover una movilidad cognitiva de la teoría a la práctica, insta a los docentes universitarios hacia a la innovación. La cátedra del curso *EIF-203*, reconoce las pautas marcadas por estas tendencias y sus repercusiones fundamentales en la formación del estudiantado. Tal y como lo argumentan Rodríguez y Quiroz (2014) “la enseñanza de las matemáticas tiene como una meta importante el preparar ciudadanos críticos los cuales desarrollen las competencias adecuadas que permitan identificar y resolver problemas en cualquier contexto” (p. 1). En correspondencia con estas premisas, la educación en el ámbito de la matemática discreta se idealiza en este trabajo, como un insumo hacia la construcción de modelos y la exposición de situaciones de aprendizaje más integradoras, dentro de una cultura de uso y reforzamiento de competencias.

El diagnóstico un recurso de mejoramiento en las instituciones educativas

Diagnosticar la efectividad de un proceso en cualquier institución u organización se trasluce en una clara intencionalidad de mejora. En el ámbito educativo puede orientarse al área administrativa o eventualmente al quehacer académico que se realiza dentro del aula. En cualquier caso, el tratamiento de la información recolectada por lo general, se orienta a definir un conjunto de acciones en el marco de un planeamiento apegado a objetivos concretos. De acuerdo con Sobrado (2005) el diagnóstico “se caracteriza por realizar un proceso sistemático de recogida constante de información, de valoración y toma de decisiones respecto a una persona o grupo de ellas” (p. 86).

En la investigación compartida en el presente documento, se adhiere a la intencionalidad diagnóstica como un recurso sustancial para mejorar una metodología asistida por computadora que se comenzó a implementar desde el año 2012. La definición de un conjunto de juicios de mérito en este plano didáctico se transpuso en la práctica docente, ante la balanza exigida por las aspiraciones iniciales dentro de la cátedra, en contraposición con las limitaciones o necesidades nacientes del ejercicio profesional. Se reconoce de forma explícita, que la evaluación en las instituciones educativas no es una tarea sencilla, al encontrarse impregnada de valores sociales y creencias, tal y como lo proponen Valenzuela, Ramírez y Alfaro (2011) “hace falta generar una nueva cultura de la evaluación, lo que implica tener valores socialmente compartidos, dar cuenta de nuestras responsabilidades y afrontarlas; es decir, estar abiertos y promover que se evalúe el producto de nuestros compromisos” (p. 47).

El diagnóstico educativo constituye un acto de autoevaluación de eficiencia interna, que cronológicamente, debería tener una huella histórica en el aprendizaje de los estudiantes (Bolívar, 2006). En cuanto al uso de tecnología con fines educativos y específicamente la utilización del software *Wolfram Mathematica* para el curso *EIF-203*, se ha pretendido con este estudio evidenciar su impacto didáctico en una tradición escolar que demanda esclarecer sus alcances y limitaciones.

Experiencias previas en el curso *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática*

La emancipación del modelo educativo tradicional que había personificado los procesos de aprendizaje del curso *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática* en la Universidad Nacional de Costa Rica, inició su primera fase transitoria en el segundo semestre de año 2012. En aquella ocasión, a través de la experimentación de aula, se tomó un grupo piloto con la intención de probar el uso de una estrategia asistida por computadora.

El software elegido fue *Wolfram Mathematica* por su alto potencial en el área de la matemática discreta y la compra institucional realizada por la UNA sobre la licencia de este programa. Con esmero se diseñaron clases tipo laboratorio dando al estudiante la oportunidad de visualizar conceptos y construir conjeturas (Vílchez y González, 2014). Se obtuvieron resultados positivos en cuanto al acercamiento de la población estudiantil en la resolución de problemas y aparecieron nuevos retos ante un cambio pionero con resistencias ocultas.

En la búsqueda implacable de soluciones y el convencimiento creado por el deseo hacia la innovación, se escribió un libro titulado *Estructuras discretas con Mathematica* (Vílchez, 2015), cuyas primeras versiones fueron depuradas en la docencia durante los años 2013 y 2014. El texto aborda la teoría y la práctica del curso *EIF-203* con un enfoque asistido por computadora. Presenta ejemplos muy bien seleccionados en los principales tópicos de la matemática discreta, bajo una óptica refrescante que combina el uso de software y el abordaje clásico de la teoría.

Durante el año 2015, se instauró una transformación más sustancial en la metodología del curso *EIF-203*, al estar publicada la obra *Estructuras discretas con Mathematica* y al reconocerse por parte de la administración de la Escuela de Informática de la UNA, la necesidad de impartir esta materia en un laboratorio. Las condiciones ya estaban creadas en un nuevo ecosistema educativo. Pese a ello, algunos docentes de la cátedra incluyendo el autor de esta propuesta, comenzaron a sobrellevar dificultades recurrentes relacionadas con el tiempo disponible, las demandas cognitivas de la materia y aparentes dificultades sintácticas y semánticas alrededor del software. El diagnóstico aquí elaborado, erige una respuesta y un punto de anclaje a estas contrariedades, con la intención primaria de repensar pedagógicamente la praxis formativa.

Diagnóstico de una metodología asistida por computadora en el curso *EIF-203*

El estudio realizado y expuesto con el presente trabajo constituye un diagnóstico sobre una muestra de ochenta y cinco estudiantes de la materia *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática*, quienes habiendo recibido el curso con una metodología basada en el uso del software comercial *Mathematica*, brindaron información pertinente sobre las características de la metodología, sus ventajas y oportunidades de mejora. La investigación fue de carácter descriptivo a través de la aplicación de un cuestionario validado mediante el coeficiente alfa de *Cronbach* y el uso del programa estadístico *SPSS*.

Los alumnos se encontraban distribuidos en cuatro grupos distintos de la Sede Central en la Universidad Nacional de Costa Rica. Se les impartió la materia con un enfoque asistido por computadora y al finalizar el semestre, se administró un cuestionario para recoger sus percepciones en cuanto a las características del curso y la utilidad del software *Mathematica* en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Con relación a la muestra de los participantes: 54 fueron de género masculino y 31 de género femenino, 35.3% poseían entre 17 y 19 años de edad, 56.5% entre 20 y 23 años y 8.2% entre 24 y 27 años. Además, un 72.9% tenían una carga académica completa con 12 o más créditos matriculados. Un aspecto importante lo demarca el nivel de repitencia escolar manifestado en el cuestionario, solamente 24 alumnos estaban llevando el curso por primera vez, es decir, la mayor parte de ellos gozaba de algún conocimiento previo con respecto a los contenidos abordados.

Características del curso EIF-203

Con el objetivo de valorar las características intrínsecas de esta materia, se consideraron las siguientes variables: nivel de dificultad, si es un curso interesante, relevancia con respecto a la carrera, bases previas del estudiante y ejes temáticos de naturaleza abstracta. La tabla 1 resume los resultados obtenidos.

Tabla 1: Característica del curso EIF-203

SINGULARIDADES DEL CURSO EIF-203	1. Muy de acuerdo	2. De acuerdo	3. Medianamente de acuerdo	4. En desacuerdo	5. Muy en desacuerdo
Lo considero un curso difícil.	12.9%	35.3%	42.4%	8.2%	1.2%
El curso es interesante.	28.2%	48.2%	21.2%	1.2%	1.2%
Es un curso importante dentro de mi formación profesional.	25.9%	40%	29.4%	3.5%	1.2%
Mis bases previas en matemáticas son las adecuadas.	8.2%	32.9%	42.4%	15.3%	1.2%
Los contenidos son abstractos.	21.2%	37.6%	25.9%	14.1%	1.2%

Fuente: Cuestionario dirigido a los estudiantes del curso EIF-203, período lectivo 2015

De acuerdo con los porcentajes mostrados hay una fuerte tendencia de considerar el curso como una materia difícil, pese a ello, 76.4% de los participantes opinaron que los contenidos son interesantes y un 65.9% los perciben de importancia para el contexto de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Este último porcentaje denota a nivel del profesorado, que aún no se ha logrado plasmar una oferta de curso donde el estudiante pueda vincular de una manera más directa los temas de matemática discreta vistos en clase, con su área de desarrollo profesional. El factor devela una componente muy importante pues demandará a futuro el replanteamiento de experiencias de aprendizaje que así lo permitan.

Por otra parte, se puede intuir que los alumnos catalogan en su mayoría la matemática discreta como abstracta y se consideran medianamente aptos en cuanto a sus conocimientos matemáticos previos. A este respecto, si el curso EIF-203 es caracterizado así, el reto en este sentido se circunscribe en la creación de herramientas tecnológicas (dentro del software *Mathematica*) mediante las cuales se puedan volver tangibles los conceptos o propiedades más difíciles de explicar o visualizar cognitivamente.

Percepción sobre el uso del software *Mathematica* en el curso EIF-203

La tabla 2 presenta los resultados porcentuales derivados del análisis del instrumento aplicado.

Tabla 2: Percepción sobre el uso del software *Mathematica*

FORTALEZAS DEBILIDADES	Y 1.	2.	3.	4.	5.
	Muy de acuerdo	De acuerdo	Medianamente de acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
<i>Mathematica</i> es útil para el curso.	32.9%	28.2%	29.4%	7.1%	2.4%
<i>Mathematica</i> facilita la visualización de conceptos y propiedades.	40%	22.4%	30.6%	5.9%	1.2%
<i>Mathematica</i> permite resolver problemas.	51.8	35.3	5.9	3.5	3.5
El uso de software facilita el aprendizaje.	29.4%	28.2	30.2%	7.1%	4.7%
Es la primera vez que llevo un curso asistido por computadora.	15.3%	14.1%	15.3%	15.3	40%
El uso de software considero que mejora la enseñanza.	20%	30.6%	38.8%	8.2%	2.4%
<i>Mathematica</i> es una herramienta adecuada para el curso.	25.9%	20%	48.2%	4.7%	1.2%
Le agrada el uso software.	22.4%	24.7%	35.3%	4.7%	12.9%
Preferiría una metodología tradicional en este curso.	14.1%	11.8%	37.6%	20%	16.5%

Fuente: Cuestionario dirigido a los estudiantes del curso EIF-203, período lectivo 2015

Lo anterior exterioriza ventajas sobre el uso del software *Mathematica* y la metodología madurada a la fecha en la cátedra del curso EIF-203. Algunas de ellas son:

- El software se considera útil.
- Facilita la visualización de conceptos y propiedades.
- Se resuelven problemas con mayor facilidad.
- Mejora el aprendizaje.

En las respuestas indicadas por los alumnos participantes es fundamental reconocer desde un punto de vista diagnóstico que no hay una certeza en el mejoramiento de los procesos de aprendizaje, ni en la

efectividad del uso del software para apoyar las áreas de contenido de la materia *EIF-203*. Muchos estudiantes están parcialmente de acuerdo en preferir una metodología tradicional, aunque en su mayoría les agrada el uso de software. Si bien es cierto en la muestra hay un 29.4% de alumnos neófitos en cuanto al empleo de una metodología asistida por computadora, estas oportunidades de mejoramiento apuntan a buscar mecanismos que trasciendan el umbral de usar tecnología con fines educativos, donde ésta se vuelva transparente a la población objetivo.

En el cuestionario suministrado a los estudiantes, se consultó también, mediante dos preguntas abiertas las fortalezas y debilidades sobre el uso de software en el curso *EIF-203*. La tabla 3 muestra las categorías encontradas.

Tabla 3: Fortalezas y debilidades

Fortalezas	Debilidades
Minimiza esfuerzo hecho a mano	Falta de conocimiento previo en cuanto al uso del software
Repuestas eficientes	Falta de tiempo para la comprensión
Facilita procedimientos	Mayor práctica de uso de software
Se aplica a temas abstractos	Se requiere un manual

Fuente: Cuestionario dirigido a los estudiantes del curso EIF-203, período lectivo 2015

Los docentes de la cátedra del curso *EIF-203* compartimos la percepción del estudiantado respecto a la ausencia de tiempo durante un semestre, para lograr profundizar el uso de software y brindar introducciones técnicas más adecuadas.

Conclusiones

La metodología asistida por computadora que inicio en el año 2012 para el curso *EIF-203 Estructuras Discretas para Informática* ha evolucionado durante sus años de implementación gracias al esfuerzo conjunto en la elaboración de planeamientos y material didáctico, además de distintos recursos de apoyo. Pese a ello, las intenciones de crear situaciones de aprendizaje orientadas al desarrollo por competencias y a construir ambientes próximos a las necesidades de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la UNA, aún no se han logrado consolidar.

Las dificultades en este contexto entre el tiempo disponible de clase, las bases previas de la población estudiantil y las características sintácticas y semánticas del software *Mathematica*, están exigiendo acciones concretas. En el marco de las posibilidades de solución, se ha analizado y justificando la creación de un paquete de software que facilite un avance efectivo y genere las condiciones oportunas en un curso de naturaleza instrumental, al dotar herramientas de consulta directa de resultados y generación de animaciones conceptuales. Esta será la próxima etapa de transformación curricular dentro de la cátedra del curso *EIF-203* en la Escuela de Informática de la UNA.

Referencias bibliográficas

- Bolívar, A. (2006). Evaluación institucional: entre el rendimiento de cuentas y la mejora interna. *Revista Gestión en Educación*, 9(1), 37-60.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Martín, G. y Cuenca, B. (2002). Importancia de la matemática discreta en el desarrollo de la biología y la bioinformática. En L., Saénz (Comp.), *Memorias del IX Congreso Nacional de Informática Médica*, 193-198. Valencia, España: Sociedad Española de Informática de la Salud.
- Montoro, J., Morales, G. y Valenzuela, J. (2014). Competencias para el uso de tecnologías de la información y la comunicación en docentes de una escuela normal privada. *Revista Virtualis*, 1(9), 20-33.
- Murillo, J. (2004). Un marco comprensivo de mejora de la eficiencia escolar. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 9(21), 319-359.
- Osorio, M., López, G. y Valenzuela, J. (2014). Profesionales éticamente competentes. *Revista Polisemia*, 1(17), 18-39.
- Rodríguez, R. y Quiroz, S. (2014). Modelación y uso de tecnología en un curso de ecuaciones diferenciales. *Revista de la Asociación Mexicana de Investigadores del Uso de Tecnología*, 1(1), 1-9.
- Rodríguez, R. (2012). Modelación y uso de tecnología *TI-Nspire CX CAS* en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. *Revista Innovaciones Educativas*, 1(1), 24-26.
- Rodríguez, R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 13(4), 191-210.
- Sobrado, L. (2005). El diagnóstico educativo en contextos sociales y profesionales. *Revista Investigación Educativa*, 23(1), 85-112.
- Valenzuela, J., Ramírez, M. y Alfaro, J. (2011). Cultura de evaluación en instituciones educativas: comprensión de indicadores, competencias y valores subyacentes. *Revista Perfiles Educativos*, 33(131), 42-63.
- Valerio, G. y Valenzuela, J. (2011). Redes sociales y estudiantes universitarios: del nativo digital al informívoro saludable. *Revista El Profesional de la Información*, 20(6), 667-670.
- Vílchez, E. (2015). *Estructuras discretas con Mathematica*. México: Alfaomega.
- Vílchez, E. y González, E. (2014). Percepción estudiantil sobre una metodología asistida por computadora en las áreas cognitivas del álgebra lineal y la matemática discreta. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 14(1), 1-16.