

UN CURSO DE MATEMÁTICAS CON MATLAB PARA ALUMNOS DE GRADO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Eje 4: Implementación y uso de TIC en el aula

Leonardo Gualano^a ; Erika R. Porten^a , Andrés O. Porta^{a,b}

^a IIB-INTECH, Chascomús, Universidad Nacional de San Martín;

^b .MACN-Conicet, Buenos Aires, Argentina

leo.gualano@yahoo.com.ar

Palabras claves: MATLAB, MODELADO, CIENCIAS BIOLÓGICAS, MATEMÁTICAS, PROGRAMACIÓN

RESUMEN

A pesar de que los recursos informáticos son de uso habitual en las ciencias biológicas, los cursos de grado de matemáticas para estudiantes de estas ciencias se centran, muchas veces, en la realización de cálculos manuales y no aprovechan la capacidad que brindan el uso de software científico para extender las capacidades de cálculo. Se presenta en este trabajo el plan y algunos ejemplos de tareas de un curso para estudiantes de grado de la Ingeniería en Agrobiotecnología del IIB-INTECH, UNSAM. Para modelar problemas de origen biológico, el curso hace un uso intensivo de las herramientas que brinda el programa MATLAB para resolver ecuaciones diferenciales por métodos simbólicos y numéricos. A pesar de la dificultad inicial que representa el aprendizaje del lenguaje interpretado del programa, los alumnos aprenden rápidamente el uso de la herramienta y valoran fuertemente tanto la flexibilidad del MATLAB para estudiar problemas de diferente índole, como su posible aplicación en el mercado laboral.

INTRODUCCIÓN

El uso de modelos matemáticos aplicados a sistemas biológicos, sobre todo los basados en ecuaciones diferenciales, en cursos de grado y posgrado, es cada vez más frecuente (García Roselló, et al., 1998; Hein y Salett Biembengut, 2006; Gualano et al., 2017). De esta manera los estudiantes adquieren la habilidad de interpretar, resolver y desarrollar modelos con aplicaciones en áreas de la Biología y las Ciencias Naturales en general.

Por otra parte, a pesar de que los recursos informáticos son de uso habitual, los cursos de grado de matemáticas para estudiantes de estas ciencias se centran, muchas veces, en la realización de cálculos manuales. En este sentido, muchos docentes se han preocupado por implementar en el aula el uso de software científico para extender las capacidades de cálculo (Candelas Herías y Sánchez Moreno, 2005; Vílchez Quesada, 2007). En este contexto, MATLAB se presenta como un software que exhibe grandes ventajas para el trabajo de modelación matemática de diferentes problemas biológicos (Shampine & Reichelt, 1997; Shampine & Thompson, 2001). Tiene la ventaja de ser un programa avanzado, y los alumnos se percatan rápidamente de sus ventajas con respecto a softwares educativos, que tienen una aplicación muy limitada fuera del aula.

Nosotros hemos propuesto un curso de modelado de sistemas biológicos, mediante el uso del software MATLAB orientado a estudiantes de grado y posgrado. La duración de la materia fue de 40 horas. Esta asignatura se dictó durante el mes de noviembre de 2016 en el Instituto de Investigaciones Biotecnológicas – Instituto Tecnológico Chascomús (IIB-INTECH). Sus destinatarios fueron un grupo de estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería en Agrobiotecnología de la Universidad Nacional de San Martín, y la materia fue elegida por los mismos como una de las materias optativas de la carrera. Cabe destacar que, en líneas generales, los alumnos no tenían conocimientos previos de manejo de lenguajes de programación. Sin embargo, la mayoría de los temas teóricos de matemática cubiertos por la presente materia, fueron abordados en el curso de Tópicos de Matemática, del primer año de la carrera (en estas Jornadas se estará presentando el trabajo *Matemáticas en Agrobiotecnología*; Baragatti et al., 2017), lo cual supuso una ventaja para concentrar los esfuerzos en aprender MATLAB.

En este trabajo, explicaremos la experiencia del curso, detallando las dificultades con las que nos encontramos y algunos de los ejercicios realizados por los alumnos, así como también determinados resultados obtenidos por los estudiantes.

OBJETIVOS

El objetivo del curso fue que el alumno adquiriera el manejo básico de los métodos simbólicos y numéricos para resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) implementados en MATLAB, con los que pudiera abordar los problemas que usan dichas ecuaciones en las distintas disciplinas que cada alumno desarrolle.

ACCIONES REALIZADAS – EJECUCIÓN DEL CURSO

La modalidad de la materia requirió un número pequeño de estudiantes a fin de que los docentes pudieran interactuar con los mismos, por lo cual se estableció un cupo máximo de 10 alumnos, realizándose efectivamente con un total de 6. Los bloques temáticos cubiertos en la asignatura fueron: sintaxis básica de MATLAB, operaciones con vectores y matrices, gráficos, cálculos simbólicos en MATLAB, EDO, métodos cualitativos y numéricos, ejemplos de modelado de sistemas biológicos, sistemas de EDO lineales, clasificación de sistemas lineares planares, estabilidad, métodos cualitativos, sistemas de EDO no lineales, modelos de Lotka-Volterra de presa depredador y competencia, teorema de Hartman-Grobman. Cada uno de estos temas dispuso de una serie de ejercicios que cumplieron el objetivo de ilustrar y ejemplificar la forma de usar MATLAB para resolver tales problemas.

En un principio, los estudiantes se fueron familiarizando con el uso del lenguaje, mediante la resolución de operaciones básicas. Fue muy importante para el desarrollo del curso que los alumnos pudieran aprender a usar las sentencias básicas de control, tales como “*for*” o “*while*”. El formato básico consistió en la exposición de ejemplos elementales por parte de los docentes sobre los cuales los alumnos desarrollaban scripts para resolver los problemas propuestos. Se presentan a continuación tres ejemplos que suponemos representativos del enfoque del curso.

Ejemplo 1:

Se presentaron ecuaciones en diferencias en el contexto de crecimiento poblacional a tiempo discreto. Como ejemplo de análisis de una ecuación de orden 2, se mostró un script que implementa el cálculo de término n -ésimo de la serie de Fibonacci. A continuación se propuso a los estudiantes hallar el tamaño de la población que resultaría luego de 17 generaciones siguiendo el modelo de crecimiento:

$$u_{n+2} = u_{n+1} + 2u_n \text{ con } u_1 = u_0 = 1$$

También se les preguntó acerca del tiempo transcurrido hasta que la población alcanzara los 300.000 individuos y cuál sería el tamaño de población mínimo que superara esa cifra.

La figura 1 muestra las sentencias que los alumnos desarrollaron para hallar las respuestas a las preguntas antedichas.

```

1      a=1
2      b=1
3      for n=3:17
4          c=b+2*a;
5          a=b;
6          b=c;
7      end
8      c
9      Clear all
10     a=1;
11     b=1;
12     n=3;
13     c=0;
14     while c < 300000
15         c=b+2*a;
16         a=b;
17         b=c;
18         n=n+1;
19     end
20     n-1
21     c

```

Figura 1

Remarcaremos el uso de sentencias que son básicas, particularmente el uso de los “loops”. A pesar de la dificultad inicial que representó el aprendizaje de la lógica y la sintaxis del lenguaje usados en el programa, los estudiantes aprendieron rápidamente su uso. Los alumnos valoraron fuertemente la posibilidad de poder utilizar recursiones como un método experimental para estudiar problemas a tiempo discreto.

Ejemplo 2. Implementación del método de Euler

Para introducir el estudio de ecuaciones diferenciales se utilizaron, en una primera instancia, funciones del Symbolic Toolbox de MATLAB®. De esta manera los alumnos pudieron percibir las EDO como un lenguaje que permite analizar procesos dinámicos a tiempo continuo, sin que medie la interferencia que supone la dificultad de resolver la EDO en cuestión. A continuación, se introdujeron una serie de métodos cualitativos y finalmente los métodos numéricos. Debido a su simplicidad y la facilidad de su implementación, se inició esta sección con el método de Euler. Para ello, se mostró la idea gráfica del método, luego un ejemplo numérico y finalmente una implementación. A continuación, se propuso a los alumnos que resolvieran el problema del siguiente enunciado:

Dado el siguiente PVI:

$$y' = t^2 - y + 2$$

$$y(0) = 5$$

- a) Usar el método de Euler (implementándolo en una función .m) para obtener una solución aproximada en el intervalo $[0,2]$ utilizando un paso h como input.
- b) Comparar, para diferentes pasos, la bondad de la aproximación obtenida comparando con la solución exacta mediante los gráficos correspondientes.

Ejemplo 3

Se introdujo la herramienta `ode45()` para resolución de ecuaciones diferenciales en MATLAB®, haciendo algunas breves consideraciones de los métodos de Runge-Kutta y su relación con el método de Euler. Se resolvieron algunos ejercicios de EDO preliminares con los que el alumno pudo adquirir competencias básicas. Luego se analizó un ejemplo del modelo de competencia inter-específica de Lotka-Volterra, basado en un sistema de EDO para 2 especies compitiendo por un mismo recurso (situación que los alumnos habían estudiado previamente en otros cursos). La figura 2 es un gráfico de MATLAB obtenido por los estudiantes, para el modelo de Lotka-Volterra en el que se diagramaron diferentes condiciones iniciales y además se superpuso las líneas del campo de direcciones. Gracias al uso de MATLAB, se comprobaron los equilibrios del sistema y se visualizó de manera práctica la estabilidad/inestabilidad de los mismos.

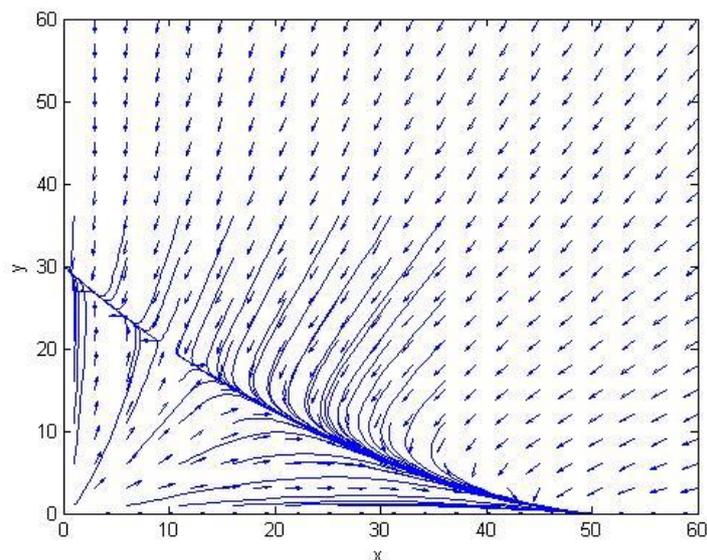


Figura 2

CONCLUSIONES

Existen diversos grupos de docentes interesados en darle a la enseñanza de la matemática una mirada innovadora, que supere los obstáculos preconcebidos por los alumnos sobre la materia (Márquez y Cárdenas, 2008; Montañez et al., 2017). Este curso fue concebido con la idea de fortalecer los conocimientos de los alumnos sobre los modelos usados en Ciencias Naturales y Biológicas, desestimando el uso de softwares pedagógicos que puedan resultar limitados a la hora de ejercer la profesión científica elegida. Finalizando la materia, pudimos observar cómo los estudiantes valoraban el programa MATLAB como una herramienta que pudieran usar para modelos matemáticos de sus trabajos. El uso del lenguaje simbólico y los métodos numéricos que utiliza para resolver ecuaciones, resultaron ser una ventaja. Por otro lado, el uso de un lenguaje de programación matemático, promovió la participación activa de los estudiantes en las clases, resultando en una experiencia superadora.

BIBLIOGRAFÍA

Baragatti E, Gualano L, Graieb A, Andrini L. Matemáticas en Agrobiotecnología. 1ras Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 2017.

Candelas Herías FA y Sánchez Moreno J. Recursos didácticos basados en internet para el apoyo a la enseñanza de materias del área de ingeniería de sistemas y automática. RIAI, 1697-7912 Vol 2. pp 93-101, 2005.

García Roselló E, Barciela Fernández R, Fernández Suárez E. Un Ambiente de Aprendizaje Basado en Software para la Enseñanza de Modelos Matemáticos en Ecología: Model-Lab. Revista de Enseñanza y Tecnología, Ciudad Real, p. 36-42, 1998.

Gualano L, Graieb A, Baragatti E, Andrini L. Matemáticas y crecimiento bacteriano: un trabajo de laboratorio para el aprendizaje significativo. 1ras Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 2017.

Hein N y Salett Biembengut M. Modelaje matemático como método de investigación en clases de matemáticas. V Festival Internacional de Matemática, 2006.

Márquez DA y Cárdenas OO. Implementación de un Laboratorio Virtual para la enseñanza de Controladores PID. Información Tecnológica, Vol. 19(3), 75-78, 2008, doi:10.1612/inf.tecnol.3884it.07

Montañez T, González C, García M, Escalante M. Cálculo Diferencial con Aprendizaje por Proyecto empleando MATLAB y Robots LEGO NXT. 2017.

Vílchez Quesada E. Sistemas expertos para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en la educación superior. Cuadernos de investigación y formación en educación matemática. 2007, Año 2, Número 3, pp. 45-67.

Shampine LF, Reichelt MW. The MATLAB ODE suite. SIAM J. Sci. Comput, Vol 19 N° 1 pp 1-22, 1997.

Shampine LF, Thompson S. Solving DDEs in MATLAB. Applied Numerical Mathematics 37, pp 441–458, 2001.