

Reestructuración del dictado de materias de Matemática en las carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Biotecnología

Itovich R. Griselda, PhD¹, Laiglecia J.I., PhD^{1,2}

¹Universidad Nacional de Río Negro, Escuela de Producción,
Tecnología y Medio Ambiente, Río Negro, Argentina,

²CIT Río Negro, Río Negro, Argentina.

*Corresponding author: gitovich@unrn.edu.ar

Resumen. Este trabajo se basa en una primera experiencia académica sobre el dictado de las materias del ciclo superior de matemáticas complementado con el uso y programación en la plataforma OCTAVE. Fue puesta en práctica para las carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Nacional de Río Negro durante los años 2019-2020.

Palabras Claves. Matemática Superior. Cálculo Multivariado. Métodos Numéricos. OCTAVE. Aprendizaje Virtual en Ingeniería

1 Introducción

Esta adecuación de los contenidos de matemática y la incorporación de elementos de programación en el entorno OCTAVE surge a partir de las observaciones realizadas por los pares evaluadores en la acreditación de la carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Nacional de Río Negro en el año 2018. El dictado de las dos materias de Matemática del ciclo superior (que están en el 2do. año del plan de la carrera referida) se comparte con alumnos de Ingeniería en Alimentos. Durante los primeros diez años de la creación de esta última carrera, se dictaron dichas materias en la forma tradicional, una referida a Cálculo Multivariado y la restante referida específicamente a la temática de Ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.

2 Cambios realizados

Los cambios propuestos en el dictado de las dos materias apuntan a satisfacer requerimientos de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) en Argentina con el fin de nivelar los contenidos de la disciplina con los de carreras análogas de otras universidades nacionales. El principal desafío fue diseñar ambas materias de manera que conjuguen todos los conceptos de Cálculo Multivariado, Ecuaciones Diferenciales y Métodos Numéricos de forma tal que se aborden

con una herramienta de programación donde se desarrollan los cálculos y post-procesamiento de datos necesarios con el fin de que obtengan una visión temprana sobre el alcance de la aplicación de estas herramientas informáticas, que además serán útiles en su futura actividad profesional como en otras asignaturas posteriores de la carrera, tanto sean orientadas al cálculo numérico como las de laboratorio. Bajo esta óptica, la currícula íntegra de estas dos materias, que se dictan en cuatrimestres consecutivos y tienen cargas horarias semanales de 6 hs (A. Cálculo Multivariado) y 4 hs (B. Métodos Numéricos), respectivamente, fue desarrollada en su totalidad pero además adecuada y complementada con el uso de OCTAVE [1] y programación en dicha plataforma. Cabe señalar que por tratarse de un *software* libre, se dispone de tutoriales muy completos en Internet.

A continuación, en los apartados que siguen se mencionan los temas abordados en cada una de las materias (A y B), cómo se fue acoplando la utilización de una herramienta de programación a lo largo de todo el cursado (C. Herramientas de programación), y finalmente, los desafíos y readecuaciones que se hicieron para afrontar las dificultades que la pandemia por SARS-CoV-2 (COVID-19) originó en el cursado presencial habitual de las materias originando el dictado virtual de las mismas (D. De la presencialidad a la virtualidad). Por último, se presentan algunas conclusiones.

A- Cálculo multivariado

El programa de la materia fue diseñado para contener los temas tradicionales de un curso de análisis matemático referido a funciones de varias variables, partiendo un afianzamiento con la geometría del espacio, con las superficies más reconocidas, las operaciones vectoriales más utilizadas para tener una métrica y calcular así distancias y ángulos, y reconocer en ese entorno las ecuaciones de rectas y de los planos. Posteriormente se abordaron los siguientes tópicos: representación de funciones en el espacio, límite y continuidad de funciones de dos o más variables. Una vez finalizados estos contenidos, se desarrolló todo lo referido a la noción de derivadas parciales, diferenciabilidad y aproximaciones de funciones, para concluir este capítulo con problemas de optimización sin y con restricciones. A continuación, se introdujeron conceptos de integración múltiple, incluyendo los cambios de coordenadas más usuales. Este último tema posibilitó el desarrollo de la última unidad de la materia que se refiere a Cálculo Vectorial, que incluye campos vectoriales, integrales de línea y teorema fundamental y de Green, nociones de rotacional y divergencia, superficies paramétricas, integrales de superficie y los teoremas de Stokes y de la divergencia. La referencia bibliográfica básica fue sustentada mediante la utilización del libro de Stewart [2]. Una selección de ejercicios de cada unidad temática fue sugerida para la práctica de los nuevos contenidos.

B- Métodos numéricos

Partiendo de una introducción al análisis del error se analizaron las aproximaciones de valores funcionales empleando las series de Taylor, se introdujo la derivación numé-

rica para evaluar la medida del error cometida con las distintas expresiones que se emplean y también se calcularon aproximaciones de raíces por el método de Newton, entre otros. En segundo lugar y referido a problemas de trabajo con matrices, se estudiaron distintos métodos de resolución de sistemas lineales incluyendo los que usan la descomposición LU, Gauss-Seydel y Jacobi, apuntando al trabajo con sistemas de grandes dimensiones. Un capítulo especial fue dedicado al de aproximación de funciones, considerado regresión lineal y polinómica, polinomios de interpolación de Lagrange y splines cúbicos y además polinomios trigonométricos para el caso de funciones periódicas. En cuanto a ecuaciones diferenciales ordinarias se vieron los métodos más representativos en cuanto a la resolución numérica, como Euler y Runge-Kutta, mientras que se trabajó la resolución exacta por medio de la Transformada de Laplace, que es un tema requerido especialmente para el dictado de las materias de control del ciclo superior de las carreras involucradas. Además se consideraron ecuaciones en derivadas parciales elementales y, por un lado su resolución exacta por medio de separación de variables y los métodos clásicos que emplean series de Fourier y numéricamente aproximando las derivadas con diferencias finitas. La bibliografía básica y clásica adoptada para el dictado de esta materia es el libro de Chapra y Canale [3]. Dada las limitaciones horarias de clase, hay cuestiones temáticas que debieron verse solo abreviadamente o a nivel informativo.

C- Herramientas de programación

De manera simultánea con el desarrollo de los conceptos de Cálculo Multivariado (A) se elaboró un programa de introducción a la programación, donde se abordaron los conceptos de especificación de un problema, generación de un algoritmo, escritura del código e implementación de esquemas depuración de códigos (*debugging*) mediante la trazabilidad de los mismos. Se introdujeron los conceptos básicos de las herramientas de programación como son las sentencias secuenciales, ramificación, lazos y los esquemas de programación modular (funciones).

El esquema de aprendizaje de cada uno de estos temas mencionados se realizó en distintas etapas mediante trabajos prácticos que conectaban gradualmente los temas abordados de Cálculo Multivariado; donde los alumnos incorporaron la sintaxis y semántica utilizada por la plataforma utilizada (OCTAVE), los comandos básicos, clasificación de variables, asignaciones, operaciones matemáticas y manipulación de expresiones y polinomios. A partir de la utilización de los comandos básicos de programación se pudieron realizar operaciones básicas de suma, resta, multiplicación y potencia de vectores y matrices y también se desarrollaron algoritmos que van desde la extracción de submatrices hasta la verificación de propiedades matemáticas. La evaluación de estos trabajos prácticos (tps) se efectuó a partir del envío electrónico por parte de cada uno de los alumnos, de un informe para cada trabajo práctico, incluyendo archivos de tipo *script*, que contenían los comandos necesarios para la resolución de cada ejercicio.

En relación con los contenidos anteriores, desde OCTAVE, en primer lugar se hizo especial énfasis en lo referido a graficación de funciones y trazado de curvas en

dos y tres dimensiones, en particular rectas y planos. Esto permitió representar curvas de nivel y trazas de funciones y también de superficies cuádricas en el espacio. Además, se consiguió visualizar la noción de derivadas parciales y posteriormente los planos tangentes a una superficie diferenciable. La representación de superficies en el espacio tridimensional resultó muy útil para la visualización de dominios de integración y para las aplicaciones de integrales triples. Resulta muy interesante la representación de superficies paramétricas empleando OCTAVE, reconociendo en ellas las típicas curvas reticulares en las imágenes que se obtienen.

Sobre los contenidos abordados en la materia de Métodos Numéricos (B), se observa que los conocimientos sobre la plataforma OCTAVE representan actualmente un alto porcentaje de la materia, puesto que todos los temas mencionados en el apartado, fueron programados y resueltos en ese entorno. Dentro de los ejemplos analizados, se consideraron problemas específicos de aplicación tanto en la industria de Alimentos como en Biotecnología.

Puntualmente, los problemas de ajustes de diferentes curvas de polinomios fueron planteados como problemas de optimización tanto en la plataforma OCTAVE como en EXCEL, donde los alumnos se familiarizaron con los diferentes *solvers* y problemas específicos de la optimización como son los valores iniciales, funciones objetivos, tolerancias de convergencias, entre otros.

De esta manera, debemos destacar que las herramientas computacionales permitieron incorporar y resolver cuestiones de cálculo que no sería posible de abordarlas de otra manera, complementando en forma muy eficaz el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

D- De la presencialidad a la virtualidad

Forzados por el contexto de la pandemia mundial por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) nos vimos obligados a recurrir a herramientas virtuales para poder disponer de un ambiente donde los estudiantes y docentes pudiéramos abordar los conceptos y temas propuestos en los planes de las materias mencionados. Todo esto implicó: para los docentes proponer y realizar en tiempo real un cambio rotundo en los aspectos didácticos y pedagógicos acostumbrados para presentar estas materias y para los alumnos un gran esfuerzo de adaptación a la nueva metodología. En esta situación, la conectividad y los sistemas informáticos jugaron un rol fundamental.

Desde la Universidad de Río Negro se cuenta con un entorno virtual que es la plataforma PEMTIC, donde están alojadas sus aulas virtuales. En años anteriores a 2020, el sitio de las materias en consideración en esta plataforma fue utilizado estrictamente como repositorio para la bibliografía y los trabajos prácticos de las mismas y para la comunicación con los alumnos fuera de los horarios de clase mediante el uso de un foro. Esta situación se transformó completamente ante la virtualidad del dictado de las materias impuesta por las circunstancias ya conocidas. Las clases de las materias y las consultas fueron instrumentadas mediante la utilización de la plataforma *Meet* desarrollada por Google, disponible desde la cuenta GSuite de la Universidad, la cual no solo soporta multiusuarios en línea sino que también permite grabar las exposiciones

y realizar presentaciones a todos los participantes mediante la opción de compartir pantalla. En este sentido, los alumnos podían consultar sus dudas y mostrar sus resoluciones al resto de la clase, generando un ambiente más colaborativo que el que se encuentra generalmente en las clases presenciales. Del mismo modo, al concluir las clases teóricas se podían evacuar dudas sobre las presentaciones realizadas ya grabadas, y además, si era necesario se generaba nuevo material con aclaraciones particulares que también era compartido con los alumnos mediante archivos digitales subidos al repositorio del aula. Las clases grabadas se compartían mediante un enlace desde Google Drive después de la finalización de cada clase. Es importante destacar que el dictado de las materias no solo estuvo modificado y adecuado por los docentes mediante el estudio de las herramientas computacionales disponibles, sino que también fue fundamental contar con el soporte a la docencia en la utilización de herramientas tecnopedagógicas. Este sustento fue fundamental para la mejora de la educación a distancia, donde el conocimiento de dichas plataformas educativas facilita al docente la creación de puntos de encuentro para ejecutar las "nuevas" prácticas docentes que se necesitaban en este nuevo contexto y donde también se dispone de un foro de consultas en el que participan docentes de la Universidad y personal profesional preparado para abordar los inconvenientes que pudieran surgir y para promover la utilización de las herramientas disponibles y de las que se han ido incorporando en el último tiempo.

Respecto a las evaluaciones de los estudiantes resultó una cuestión compleja, por cuanto se quiso sostener el formato de evaluación con desarrollo por parte de los alumnos. Dado que estos podían disponer al momento de la evaluación de todo el material dictado en clase, la bibliografía e Internet, entre otras fuentes, las evaluaciones se realizaron conformando distintos grupos de alumnos, elegidos con algún criterio de acuerdo con el desempeño observado durante las clases. Es importante mencionar que las tareas de evaluación fueron ajustadas para ser aplicadas en ambas materias en grupos de estudiantes menores a 15 (quince) alumnos. Dentro de las actividades de evaluación se encontraba el formato *Tarea*, que se encuentra entre las actividades del aula virtual de la plataforma Moodle de la Universidad. La idea de las evaluaciones en cuanto a la parte matemática, apuntaba a resolver ejercicios que no se abordaran mecánicamente, dado que hoy se dispone de *softwares* que resuelven inmediatamente gran parte de los ejercicios tradicionales, solo con un poco de habilidad, y además que demostraran fehacientemente la comprensión de definiciones y expresiones y aplicarán otros resultados teóricos de un modo no automático. De esta forma se evaluaron contenidos por medio de varias tareas, algunas de las cuales tenían el rango de parciales.

Un hecho para destacar dentro de la Plataforma PEMTIC es la incorporación reciente de la herramienta H5P, que permite intervenir presentaciones y videos, entre otras actividades que pueden plantearse a partir de la misma. Esto significa que se puede volver interactivo un recurso de la materia, donde el alumno se limitaba hasta este momento a ver y/o escuchar. De esta forma, con el mismo material empleado en las clases teóricas se pueden generar nuevas actividades como autoevaluaciones, evaluaciones y proponer nuevos desafíos. Ya se realizaron algunos ensayos con esta herramienta H5P interviniendo videos en la materia de Cálculo Multivariado. Se espe-

ra incorporar esta herramienta en las presentaciones de la materia Métodos Numéricos donde se desarrollan los contenidos, a modo de cierre de cada una de las clases semanales, durante el segundo cuatrimestre 2020.

Otra actividad planificada con los alumnos fueron las presentaciones grupales de a dos o a lo sumo tres alumnos. Esta actividad también fue evaluable, donde cada grupo designó un representante encargado de comunicar dudas y preguntas a los profesores. Los temas abordados en las presentaciones estaban relacionados completamente con la utilización de la plataforma OCTAVE y, en algunos casos particulares, sobre otras herramientas de presentación utilizadas que no eran de conocimiento general de los alumnos tanto de Power Point como Prezi. La cantidad de exposiciones realizadas en las dos materias demuestra una sustancial mejora de los estudiantes en el desarrollo de habilidades orales, de expresión y de organización, generando un gran impacto en la motivación y formación de los estudiantes en una etapa temprana de la carrera.

Cabe destacar que todas estas pautas mencionadas son de aplicación en cursos con una cantidad de alumnos no demasiado grande, por lo que cursos numerosos deberían readaptar los ítems mencionados, principalmente en las evaluaciones y exposiciones.

3 Conclusiones

Las adaptaciones del dictado de las materias de Cálculo Multivariado y Métodos Numéricos y los cambios realizados a nivel de curricular y metodológicos, permitieron dar curso a todas las observaciones realizadas por los evaluadores de CONEAU, en el proceso de acreditación de la carrera de Ingeniería en Biotecnología. La experiencia del dictado presencial de ambas materias en 2019 pudo ser mejorada pese al contexto de virtualidad durante 2020. Las razones que encontramos para justificar estos logros son:

1. Ampliación de las metas en el dictado de la materia de Cálculo Multivariado (A) con la incorporación de contenidos y tareas específicas que hacen al uso y programación en OCTAVE. De no haberse realizado esta tarea durante el primer cuatrimestre, resultaría inalcanzable cumplir los objetivos de implementación de algoritmos en toda la temática de la materia de Métodos Numéricos (B), que se dicta en el segundo cuatrimestre.

2. Mejor organización y aprovechamiento del horario de clases. Se destinó un tiempo a las clases teóricas y otro tiempo de consultas generales. Además, durante el desarrollo de las dos materias y clase a clase, se designaron alumnos para preparar y exponer ejercicios seleccionados de los trabajos prácticos, en la clase siguiente. Esto constituyó también en una actividad individual evaluable y además esto último dinamizó, sobre todo, las clases virtuales, haciendo explícita la actividad y participación oral en clase de todos los estudiantes.

3. Mantener un canal de comunicación permanente con los alumnos.

Por otra parte, entendemos también que la mejoría realizada en el dictado tiene un efecto positivo en el alumnado por cuanto además de los contenidos mínimos que requiere el dictado de estas materias, se ha estimulado el desarrollo de otras destrezas

como son la escritura de informes, la oralidad, la preparación del material para exposiciones con el manejo de herramientas diversas a elección y también el trabajo grupal.

En cuanto al impacto de estas modificaciones en el dictado de ambas materias dentro la carrera, cabe destacar tres aspectos distintivos:

1. Al concluir el ciclo anual, los estudiantes que participaron activamente de este dictado 2020 manejan un conjunto de herramientas especialmente útiles de cara al cursado de materias más complejas que deberán enfrentar en su carrera a partir del próximo año. Esto redundará en beneficio del dictado, objetivos y profundidad de desarrollo de tales materias, dado que la preparación de base del alumnado ha mejorado.
2. Alumnos de esta cohorte, que ya han aprobado o promocionado estas materias son los únicos estudiantes regulares de la carrera en condiciones de desempeñarse en las mismas como ayudantes alumnos y ya han sido convocados a tal fin para el año próximo.
3. Como tarea adicional, se diseñaron actividades para enlazar los contenidos de Matemática de materias anteriores, donde los estudiantes presentaron a sus pares de primer año la metodología de trabajo que enfrentarán en las materias de Matemática de segundo año de sus carreras y además compartieron con ellos la resolución de problemas concretos y que les eran familiares, explicando en forma completa el modo de abordarlos dentro de la plataforma OCTAVE.

Agradecimientos

G.R.I agradece a la Universidad Nacional de Río Negro en virtud del subsidio otorgado a través del PI - 40A806 (2019)

Referencias

1. Página oficial de la plataforma OCTAVE: <https://www.gnu.org/software/octave/>
2. J. Stewart, *Cálculo de Varias Variables: Trascendentes Tempranas*, 7ma. Ed., México: Cengage Learning, 2012.
3. S. C. Chapra y R. P. Canale, *Métodos Numéricos para Ingenieros*, 5ta. Ed., México: McGraw-Hill, 2006.