

Descubriendo el enfoque formativo de la evaluación en un Curso de Matemáticas para estudiantes de Bioingeniería

Understanding formative assessment in a mathematics course for Bioengineering students

Carrere, L. C.
Miyara, A.
Ravera, E.
Escher, L.
Lapyckyj, I.
Pita, G.
Perassi, M.
Añino, M. M.

Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina)

Carrere, L. C.
Miyara, A.
Ravera, E.
Escher, L.
Lapyckyj, I.
Pita, G.
Perassi, M.
Añino, M. M.

Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina)

Resumen

Este trabajo describe cómo la evaluación formativa fue introducida en un curso de matemáticas para futuros bioingenieros. Este cambio se desarrolló en el contexto de una indagación enmarcada en los principios metodológicos de una Investigación Acción Participativa. Como resultado de la indagación el sistema tradicional de evaluación basado en exámenes parciales, evaluaciones finales y trabajos de laboratorio fue reemplazado

Abstract

This paper describes how formative assessment was introduced into a bioengineering mathematics course. This change was carried out within a Participatory Action Research project and involved a shift from an assessment system based on midterm tests, final exams and laboratory assignments to a new system which emphasizes debate, feedback and student participation. In this new assessment approach the students

por un nuevo sistema que incorpora nuevas actividades enfatizando el debate, la retroalimentación y la participación de los estudiantes. En este nuevo sistema se solicita a los estudiantes completar informes escritos y presentarlos oralmente en la clase, dando lugar a un intercambio enriquecido por la combinación de la evaluación entre pares, la autoevaluación y la evaluación del docente. Por otro lado también se les propone realizar entregas de borradores de los trabajos de laboratorio para recibir retroalimentación del docente, y en otra instancia de autoevaluación, se les presentan listas de cotejo y cuestionarios para reflexionar sobre su desempeño en el curso. Los primeros resultados de este nuevo sistema son alentadores, porque no sólo muestran mejoras en el desempeño de los alumnos, sino que también permiten observar un cambio de actitud beneficioso tanto en los alumnos como en los docentes.

Palabras clave: educación matemática, evaluación formativa, investigación acción participativa.

complete written reports and present them orally in class, giving rise to a rich exchange in which peer assessment, self-assessment and teacher assessment are combined. They are also asked to submit drafts for their laboratory assignments so as to receive teacher feedback; and in a further instance of self-assessment, they are asked to complete checklists and questionnaires on their performance in the course. The first results of this new system are encouraging as student performance has considerably improved and, furthermore, a healthy change of attitude has been observed in both students and teachers.

Key words: mathematics education, formative assessment, participatory action research.

Introducción

La evaluación de los aprendizajes en carreras de ingeniería es un aspecto central a considerar si se pretende mejorar la formación del futuro profesional (Zabalza, 2013). Numerosas investigaciones indican que los sistemas de evaluación implementados por los docentes influyen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes (Biggs, 2011; Brown, 2003; Hassan, 2011). En estas investigaciones se ha encontrado que la evaluación incide en las estrategias de aprendizaje que los alumnos despliegan y en los contenidos que aprenden. La evaluación puede promover en el estudiante un enfoque profundo o superficial del estudio. En el primer caso tratará de integrar los aspectos teóricos y prácticos del curso tratando de establecer relaciones y construir significados mientras que si adopta un enfoque superficial seleccionará fragmentos de información que tratará de reproducir en los exámenes y pasar el curso. En el contexto de la disciplina matemática los tradicionales test dan cuenta de los logros y errores cometidos por los estudiantes y poco informan sobre lo que acontece en el proceso de aprendizaje.

Reconocer la complejidad e importancia del tema fue el punto de partida para este estudio enmarcado en los principios metodológicos de una Investigación Acción

Participativa. El mismo se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FI -UNER) en la cual se imparte la carrera de Bioingeniería. El plan de estudio está estructurado en dos ciclos, el primero se desarrolla en los tres primeros años y comprende, cursos de Matemática, Física, Química, Biología y Tecnologías Básicas; mientras que el segundo, de dos años y medio de duración, se focaliza en las Tecnologías Biomédicas y otros aspectos de la formación profesional.

En el proyecto participan todos los docentes de las asignaturas Cálculo Vectorial y Ecuaciones Diferenciales incluyendo alumnos avanzados de la carrera mencionada que están comenzado su carrera docente. Están acompañados por una docente del Departamento Humanidades e Idiomas y la Asesora Pedagógica de la institución. El grupo es interdisciplinario formado por profesores de Matemática, ingenieros con distintas especialidades, una Licenciada en Ciencias de la Educación y una Licenciada en Lenguas Moderna y Literatura, lo que permite abordar el problema de la evaluación en cursos de matemática desde diferentes disciplinas y desde diferentes perspectivas con investigadores que lo estudian desde el interior de la cátedra pero también desde el asesoramiento y la mirada externa.

Con respecto a la metodología del proceso investigativo, éste se estructura en ciclos, contando cada uno con las siguientes fases: Diagnóstico y reflexión inicial, Revisión del marco conceptual, Planificación de una innovación, Implementación, Recolección de datos que proporcionan información relevante y Análisis de los resultados (Case, 2011; McKernan, 2013). Se espera obtener una mayor comprensión de este proceso con el objetivo de diseñar e incorporar nuevas formas consensuadas de evaluación que potencien su función formativa.

En las siguientes secciones se expresan los interrogantes que guiaron la investigación, el marco teórico que orientó el diseño de la innovación, las actividades implementadas en el curso de Ecuaciones Diferenciales y los primeros resultados.

Diagnóstico inicial y preguntas de investigación

La FI-UNER, como institución educativa, tiene una doble misión: *formar* a sus estudiantes en el área de las ciencias básicas y las tecnologías aplicadas a la salud y *acreditar* que al finalizar sus estudios estén capacitados para desenvolverse competentemente en el ámbito de la bioingeniería. El sentido de la evaluación de los aprendizajes en este contexto queda determinado por esta doble función: por una parte, la función de certificación de unos logros de aprendizajes necesarios para encarar la labor profesional y, por otra, la función formativa para favorecer dichos aprendizajes.

La evaluación en los cursos de matemática, tradicionalmente se ha llevado a cabo mediante *evaluaciones parciales* (dos o tres a lo largo del curso cuando se ha concluido el desarrollo de algún eje temático) y *exámenes finales* al completarse el curso. Se realizó un análisis de las mismas, y se extrajeron las siguientes características sobresalientes de esta forma de evaluar: se emite un juicio sobre lo realizado por el estudiante en dichas instancias particulares, el diseño de los cuestionarios no siempre permite observar las habilidades y logros que se quieren evaluar, se afecta directamente al alumno (quien aprobará el curso o deberá presentarse nuevamente en otra convocatoria), el examen brinda a los estudiantes y a los docentes una información “tardía” de los errores, se cumple con la función de

acreditar una parte o el curso completo, entre otras. Aparece entonces una evaluación disfuncional, desequilibrada en la que los aspectos formativos aparecen diluidos.

En este contexto surge un conjunto de interrogantes que originaron las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué formas de evaluación contribuyen al proceso de aprendizaje de los estudiantes de matemática en Bioingeniería? ¿Cómo el docente puede ayudar al estudiante a detectar sus errores y debilidades hasta lograr paulatinamente una mayor autonomía y confianza en sus criterios? ¿Es posible crear escenarios con el estudiante como protagonista principal donde los errores surjan, se reconozcan, se compartan, se analicen, sin que esto genere temores?

Marco teórico de referencia

En una investigación con estas características el marco conceptual de referencia resulta de la discusión conjunta de los participantes. Por lo tanto se vuelve a él, se cambia y se reconstruye a lo largo del proceso. Sin embargo es necesario delinear algunas perspectivas que orienten la reflexión, la indagación y la generación de propuestas.

El sentido concedido a la evaluación en el campo educativo ha ido variando a lo largo del tiempo, moldeado por situaciones sociales, económicas, políticas y también por los avances científicos y tecnológicos. En los años 60 Michael Scriven introduce un nuevo lenguaje y distingue entre “evaluación formativa” y “evaluación sumativa”. Scriven (1967; en Wiliam, 2014) se refirió a la evaluación de programas educativos. Estableció la diferencia entre la información que se usa para introducir mejoras en un programa que aún se encuentra en desarrollo permitiendo una “evaluación formativa” del mismo, y la que se utiliza para valorar el resultado final (evaluación sumativa). Sadler resalta que la información que brinda un proceso de evaluación formativa, no sólo es útil para el profesor, y entonces incorpora a los estudiantes como destinatarios claves de la misma (Sadler, 1989 en Wiliam, 2014).

El informe más influyente y más ampliamente citado sobre la evaluación formativa ha sido la revisión realizada por Paul Black y Dylan Wiliam (1998). El trabajo de estos autores abarca 250 publicaciones y proporciona lineamientos que facilitan la aplicación práctica de la evaluación formativa. En su reseña, Black y Wiliam (1998) definieron la evaluación formativa como: “aquella que abarca todas las actividades llevadas a cabo por los docentes, y/o por sus estudiantes, las cuales proveen información para ser usada como retroalimentación para modificar las actividades de enseñanza y de aprendizaje en las que están involucrados”(p.7).

Otros autores (Broadfoot *et al.*, 2002) encontraron que la mejora del aprendizaje a través de la evaluación formativa dependía de cinco factores claves: la provisión de una retroalimentación efectiva a los estudiantes; la participación activa de los mismos en el propio proceso de aprendizaje; el ajuste de la enseñanza a partir de los resultados de la evaluación; el reconocimiento de la influencia que tiene la evaluación sobre la motivación y la autoestima de los alumnos y de estos factores en el aprendizaje; y la necesidad de los alumnos de ser capaces de evaluarse a sí mismos y comprender cómo mejorar. Estos educadores propusieron el uso del término “evaluación para el aprendizaje” para referirse

a la evaluación que respalda el proceso de aprendizaje, en oposición al término “evaluación del aprendizaje” que sólo valora resultados.

Desde esta perspectiva la retroalimentación es el núcleo del proceso, entendiendo que la misma tiene un sentido formativo cuando provee al estudiante información relacionada con su desempeño, con el objetivo de mejorarlo (Diefes-Dux *et al.*, 2012). El origen del concepto de retroalimentación proviene del campo de la ingeniería, donde se lo entiende como aquellas “informaciones que circulan, de un punto a otro, y a modo de estímulos producen efectos sobre los elementos que componen dicho circuito, y pueden, de este modo, modificar los resultados de un sistema e incluso el sistema mismo” (Anijovich, 2010:130).

La retroalimentación supone instancias de devolución a los estudiantes de los trabajos que ellos han realizado e incluye la comunicación de las valoraciones que los docentes realizan de esos trabajos. Puede realizarse de manera individual, grupal o colectiva, en formato escrito u oral, concretarse en instancias más o menos formalizadas, y su inclusión dentro de las actividades áulicas es muy importante. Además, para que tenga impacto positivo en el aprendizaje, la retroalimentación debe ser relevante y responder a las necesidades de los alumnos (Hattie y Temperley, 2007, en Anijovich, 2010). “Si la retroalimentación permite detectar fortalezas y debilidades, obtener orientaciones y generar espacios sistemáticos para el intercambio de percepciones, experiencias y saberes, contribuirá a rediseñar cursos de acción, desarrollar aprendizajes más profundos y desempeños más eficaces” (Anijovich, 2010:145)

En este marco también cobran un alto protagonismo las actividades que suponen autoevaluación y evaluación entre pares, ya que ellas aportan al objetivo último que es la retroalimentación.

De todo lo anterior se deriva que la evaluación es un proceso estrechamente relacionado con la enseñanza y por ello es necesario relacionar las estrategias didácticas y las actividades propuestas a los alumnos con los objetivos del curso. Un modelo interesante se puede encontrar en el trabajo de Biggs, y que el autor ha denominado “*alineamiento constructivo*”. Esencialmente, este modelo consiste en realizar un diseño del curso a través del cual se logre alinear los objetivos curriculares, las actividades de enseñanza, las de aprendizaje y la evaluación (Biggs, 2011).

Es fundamental entonces considerar los criterios de evaluación utilizados los cuales son la especificación de los objetivos de la evaluación (Barbier, 1999) y orientan los juicios de valor que realizan los docentes sobre las tareas de los estudiantes. Al ser elaborados y explicitados previamente a los alumnos, los criterios no sólo transparentan el lugar desde el cual se llevan a cabo las valoraciones sino que además, permiten el mejoramiento de las producciones (Litwin, 1998). A ello aportan, por ejemplo, los asistentes de evaluación tales como rúbricas y listas de cotejo, que permiten juzgar el desempeño en relación con criterios bien definidos, en vez de juzgar a un estudiante comparándolo con otros (Shepard, 2006). Son escalas de evaluación del desempeño de los estudiantes centradas en aspectos cualitativos, y aunque es posible incluir puntuaciones numéricas, las rúbricas suponen una evaluación basada en un amplio rango de criterios más que en una calificación (Díaz Barriga, 2005).

Este cambio de concepción respecto de la evaluación de los aprendizajes trae aparejados además un cambio respecto del rol docente, de la clase como espacio de formación y de los errores propios del proceso de aprendizaje. Es fundamental que el docente genere las condiciones para que los errores aparezcan y se trabajen en la clase, y en este sentido el error “deja de ser un elemento de castigo o de penalización para convertirse en factor de aprendizaje en la medida en que nos revela la naturaleza de las representaciones o de las estrategias elaboradas por el alumno” para comprender o estudiar un contenido (Álvarez Méndez, 2003:107).

A partir de estas bases conceptuales se comenzó a trabajar introduciendo cambios paulatinos en la planificación de la asignatura que condujeron a un nuevo plan de evaluación.

Diseño del plan de evaluación formativa

La asignatura Ecuaciones Diferenciales es una asignatura de 8 horas semanales y se dicta en el segundo cuatrimestre en el segundo año de la carrera. Los contenidos mínimos de acuerdo al plan de estudio 2008 comprenden: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, (EDO). Sistemas de EDO lineales. Ecuaciones y sistemas de EDO no lineales. Series de Fourier. Ecuaciones en Derivadas Parciales. Estos contenidos están especificados en el plan de estudios 2008 de la carrera.

El plan de evaluación original

El plan de evaluación original se inscribe en una concepción sumativa. Al finalizar el curso el alumno alcanza una de las siguientes condiciones: regular, promocionado o libre. El alumno regular puede cursar las asignaturas correlativas, pero debe rendir un examen final para obtener la aprobación de la materia. El estudiante promocionado ha obtenido la aprobación de la materia sin examen final y el alumno libre debe tomar de nuevo el curso para continuar la carrera. Los requisitos para obtener la regularidad o la promoción se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Plan de evaluación original (concepción sumativa, vigente hasta el año 2008).

Instrumentos de evaluación centrados en el alumno	Características	Dos requisitos para Regularizar	Dos requisitos para Promocionar
Dos Evaluaciones Parciales	Presencial Tiempo asignado: máximo tres horas Escrito Individual Teórico - Práctico Ejercicios a desarrollar con lápiz papel Sin apoyo bibliográfico Sin apoyo tecnológico (calculadoras científicas o gráficas)	Promedio mínimo en las evaluaciones parciales para regularizar: 50 puntos sobre un total de 100 puntos	Promedio mínimo en las evaluaciones parciales para promocionar: 80 puntos sobre un total de 100 puntos.
Dos Trabajos Prácticos de Laboratorio	No presencial Tiempo asignado: cuatro semanas Informe escrito Grupal Problemas integradores a resolver con apoyo informático y consulta bibliográfica.	Promedio mínimo en los Trabajos de Laboratorio para regularizar: 50 puntos sobre un total de 100 puntos.	Promedio mínimo para regularizar: 80 puntos sobre un total de 100 puntos.
Asistencia a clase no obligatoria: Teoría, Coloquio, Práctica, Consultas Individuales			

Bases para el diseño de un nuevo plan

A partir de la construcción del marco teórico se establecieron las siguientes bases para elaborar un nuevo plan de evaluación:

- Alinear las estrategias didácticas con las metas de aprendizaje incorporando en las clases los aspectos formativos de la evaluación.
- Diseñar actividades que:
 1. Permitan al alumno participar y comprometerse con su proceso de aprendizaje.
 2. Brinden producciones de los estudiantes que generen información y evidencias de su proceso de aprendizaje.
 3. Incluyan la retroalimentación y reorientación necesaria de manera que cada alumno pueda alcanzar la meta de aprendizaje.

En la siguiente sección se describe el plan de evaluación implementado en la asignatura Ecuaciones Diferenciales a partir del ciclo 2013. El mismo es el resultado de sucesivos cambios y modificaciones que se iniciaron paulatinamente a partir del ciclo 2009.

La planificación del curso: los criterios de evaluación

A partir del análisis de las incumbencias profesionales y de la inserción de la asignatura en la carrera se plantea la meta formativa del curso. Se espera que el estudiante logre: comprender los conceptos y métodos relacionados con las ecuaciones diferenciales, desarrollar las habilidades matemáticas necesarias para resolver problemas trabajando con modelos matemáticos de fenómenos vinculados a otras disciplinas relacionadas con la Bioingeniería, incrementar su autonomía, mejorar su capacidad de trabajar con otros y comunicar las decisiones tomadas, los procedimientos y el análisis de los resultados.

El curso se organiza considerando los diferentes aspectos involucrados en la resolución de problemas y a partir de allí surgen los criterios de evaluación. Al iniciar el curso en una clase especial que hemos denominado “clase inaugural” se presentan los contenidos del curso, se destaca la importancia de los mismos en la carrera, se explica la metodología de trabajo y de evaluación. Los criterios de evaluación se presentan posteriormente acompañando las actividades de autoevaluación planificadas, especialmente aquellas que no son presenciales y se proponen a través del campus virtual.

La planificación del curso: las actividades propuestas y la evaluación formativa

Los contenidos se estructuraron en unidades didácticas y se organizó una secuencia de clases semanales en el siguiente orden: una clase de teoría (2 h), una clase de coloquio (2 h), una clase de actividades prácticas (2 h) y una clase de Taller (2 h). En las mismas se desarrollan actividades a través de las cuales el docente paulatinamente cede su rol protagónico y el estudiante va adquiriendo gradualmente autonomía.

En ese contexto la evaluación comenzó a incorporarse con fines formativos en variadas situaciones didácticas y con diferentes protagonistas:

1. La evaluación formativa en el contexto de las clases de teoría y coloquio

Reformulamos esta clase disminuyendo los tiempos de exposición para dar lugar al diálogo. Al planificarla incorporamos “*preguntas clave*” que permiten explorar los conceptos previos de los alumnos relacionados con los objetivos propuestos y necesarios para abordar los nuevos. Para el coloquio pensamos “*preguntas que despierten nuevas preguntas*” en los estudiantes favoreciendo así la actividad compartida entre docentes y alumnos en torno a demostraciones y ejemplos y también la retroalimentación del proceso de aprendizaje. En la clase de teoría se presenta una “*Guía semanal*” que contiene los objetivos de la Unidad Didáctica, las actividades de la semana y la bibliografía.

2. La evaluación formativa en el contexto de las clases de práctica

Se cambió la dinámica de las clases prácticas. La misma gira alrededor de un “*Informe Escrito*” realizado por los estudiantes trabajando en grupo antes de la clase práctica. Para esta actividad el alumno cuenta con una guía de cuatro problemas relacionados con los conceptos y ejemplos vistos previamente en clase de teoría y coloquio. Para resolver estos ejercicios los estudiantes no necesitan calculadora, son seleccionados de manera que su realización promueva la vinculación de los nuevos conceptos con los previamente conocidos, haciendo énfasis en la aplicación de los mismos en diferentes situaciones prácticas y en la demostración de propiedades.

En la misma guía se brindan algunas indicaciones: anotar el enunciado, extraer del mismo los datos o información dada, especificar el objetivo o meta, expresar la estrategia de solución incluyendo los cálculos y los aspectos teóricos empleados para llegar a la misma o mostrar el intento realizado para encontrarla aunque no lo logre. Sobre este último aspecto es necesario aclarar que no se exige llegar a un resultado ni obtener una respuesta correcta. El eje de la actividad para el alumno no se centra en expresar un conjunto de cálculos que conducen a un resultado sino en la explicación y justificación que cada grupo brinda sobre el procedimiento realizado aunque sea incompleto. Se solicita que realicen el esfuerzo de justificar cada paso tratando de establecer conexiones entre los cálculos realizados y los conceptos teóricos o propiedades que los sustentan y también que intenten expresar las dudas que van surgiendo en este proceso y que no pueden salvar en la discusión grupal.

De esta manera el estudiante lee los enunciados antes de la clase, intenta encontrar soluciones con sus compañeros de grupo, anota preguntas y dudas elaborando así su *Informe Escrito*. El mismo brinda información valiosa para detectar errores, los cuales no son sancionados sino, antes bien, bienvenidos y analizados como una oportunidad para poder identificar los obstáculos al aprendizaje. Sobre este material se trabaja y debate en la clase práctica dando lugar a tres instancias de evaluación formativa:

- El grupo que expone recibe las opiniones de sus compañeros (Evaluación entre pares) y también del Profesor, quien trata de crear el clima adecuado en el aula para que las dudas se expresen sin temor y los errores surjan.

- Los estudiantes que observan realizan una autoevaluación confrontando sus propios desarrollos y resultados con las conclusiones del debate, marcando en sus hojas de trabajo los errores, aciertos y aclaraciones.
- Al finalizar la clase el profesor lleva consigo los informes con el objetivo de realizar una revisión general, preparar un registro de las dificultades, hacer sugerencias y marcar aspectos no observados durante la autoevaluación. Posteriormente devuelve el trabajo con la retroalimentación en forma escrita.

A estas clases concurren 20 alumnos (7 u 8 grupos) y están coordinadas por un Jefe de Trabajos Prácticos quien trabaja junto a un Docente Auxiliar. Se lleva un registro que permite determinar cuántos informes fueron presentados por cada alumno a lo largo del curso y también determinar la frecuencia de participación en los debates. Los informes no están asociados a una nota o calificación de esta manera los errores no están penalizados y se puede trabajar con y a partir de ellos. Se pretende cambiar la cultura del aula de manera que en la misma trabajen estudiantes y docentes en función de las metas de aprendizaje. Para regularizar y promocionar la asignatura se incorpora así un requisito más: presentar el 80% de los informes requeridos en el curso y estar presente en el 80% de los debates.

3. La evaluación formativa en el contexto de las clases de Taller

Los talleres se desarrollan en el Laboratorio de Computación. En la clase se realizan distintas actividades que incorporan el uso del software en la resolución de problemas integradores. En ocasiones se realizan actividades experimentales compartidas con docentes de otras asignaturas que permiten explorar sistemas mecánicos o eléctricos modelizados matemáticamente por Ecuaciones Diferenciales y relacionados con la tecnología biomédica .. A partir de estas situaciones se proponen dos tareas grupales no presenciales denominadas Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL). Para la realización de los mismos cuentan con un tiempo promedio de cuatro semanas y el acompañamiento del docente.

Las actividades que se desarrollan en la clase de Taller incorporan la evaluación formativa, a través de dos instancias:

- En cada Taller concurren entre 25 y 30 alumnos los cuales trabajan en grupos de dos o tres integrantes. Las actividades que allí se realizan se encuentran a cargo de dos docentes quienes luego de presentar la actividad del día recorren los diferentes puestos de trabajo guiando y atendiendo las consultas de cada grupo. Se produce así una retroalimentación informal en tiempo real. Los docentes establecen un diálogo y a través del mismo tratan de comprender las dificultades del estudiante brindando sugerencias y diferentes alternativas para que el alumno pueda llegar por sí mismo a encontrar la respuesta. El profesor alienta el uso inteligente del software indicando las distintas opciones que brinda la herramienta informática. Mediante preguntas orienta al estudiante de manera que a través del trabajo con el software aplique los conceptos teóricos en diferentes situaciones estableciendo conexiones entre los mismos. Esta actividad presencial es preparatoria para la elaboración del TPL.

- A través de la plataforma Moodle se realiza una retroalimentación formal. Una vez que los docentes han propuesto los enunciados de los problemas del TPL se habilita un espacio en el campus, de manera que cada grupo puede optar por enviar un trabajo borrador indicando las dudas y obstáculos que ha encontrado. El docente, a través de la plataforma realiza una retroalimentación escrita el docente proporcionando información sobre errores evitando presentar explícitamente la respuesta correcta. El profesor puede sugerir al grupo que revise alguna de las etapas del proceso de solución, desde el análisis de los datos del problema, los procedimientos seleccionados, las hipótesis consideradas, la simulación computacional, los cálculos; orienta mediante preguntas o ejemplos, alienta al estudiante a realizar procesos de verificación y a analizar la coherencia de los resultados; también puede solicitar ampliar una justificación o interpretación.

4 La autoevaluación y los criterios de evaluación

A través de la plataforma virtual se ofrecen diferentes oportunidades para que nuestros alumnos autoevalúen sus producciones. Para realizar esta actividad deben comprender los criterios de evaluación y al trabajar con ellos adquieran experiencia y capacidad para considerar su propio desempeño, identificando sus fortalezas y debilidades de manera que puedan orientar mejor su estudio y lograr mayor autonomía.

Para la implementación de esta actividad se han utilizado dos instrumentos: la *lista de cotejo con escala de graduación* y los *cuestionarios de autoevaluación*. Las *listas de cotejo con escala de graduación* consisten en un listado o conjunto de aspectos que deben ser juzgados por el estudiante de acuerdo a una escala que le permite identificar el grado hasta el cual ha desarrollado una habilidad o actitud necesaria para alcanzar las metas de aprendizaje.

En el campus de Ecuaciones Diferenciales se presentaron estas listas con dos objetivos diferentes que denominamos Listas Tipo I y Listas Tipo II. Las Listas Tipo I enumeran los aspectos a considerar al resolver problemas aplicando Ecuaciones Diferenciales: análisis de la información, modelización, procedimiento y análisis del resultado. Para cada aspecto se establecieron tres niveles, por ejemplo en el ítem correspondiente al *análisis del resultado* puede seleccionar una de las siguientes opciones: (1) “Realicé un análisis completo del resultado incluyendo las gráficas necesarias, algún método de verificación y la interpretación en el contexto del problema”, (2) “Realicé un análisis incompleto”, (3) “No intenté realizar un análisis del Resultado”. Las Listas Tipo II enumeran habilidades matemáticas específicas de una unidad didáctica del curso e incluyen cuatro niveles en la escala de graduación, por ejemplo en el ítem correspondiente al análisis cualitativo de los sistemas autónomos, se expresa una habilidad específica: “Aplico el concepto de campo vectorial para bosquejar el retrato de fase de un sistema autónomo” y el estudiante selecciona una de las siguientes opciones: (1) Muy Bien, (2) Bien, (3) Regular, (4) Necesito revisar el tema. Al final de la Lista el estudiante dispone de un espacio para expresar dudas y comentarios.

En algunos temas se han incorporado en el campus virtual de la asignatura, y aprovechando las herramientas de la plataforma Moodle, *cuestionarios de autoevaluación*. Los mismos proponen ejercicios los cuales constan de un enunciado y cuatro opciones de las cuales sólo una es la respuesta correcta. El estudiante debe

seleccionar una respuesta y al finalizar recibe una retroalimentación que le indica que ha contestado correctamente o le brinda sugerencias para encontrar el error.

5 La evaluación formativa en el contexto de las actividades previas a las evaluaciones parciales

En el cronograma de trabajo incluido en la planificación de cátedra se prevén actividades de repaso previas a la evaluación parcial que se organizan a partir de la información obtenida en los Informes Escritos, en las autoevaluaciones y a partir de las observaciones realizadas por los docentes.

En estas instancias se propone a los estudiantes que resuelvan la evaluación parcial correspondiente al curso del año anterior y se les presentan los criterios de evaluación que elaboraron los docentes a través de una rúbrica. Dicha rúbrica tiene un formato de tabla de doble entrada: en la primera columna se describen las Dimensiones a considerar: Comprensión del problema, Proceso de Solución, Análisis de los Resultados, Comunicación del proceso y los resultados. En el encabezado de las tres columnas siguientes se indica la valoración: Bien, Regular, Insuficiente. En la intersección de filas y columnas se expresan los criterios correspondientes a cada dimensión y valoración. En una cuarta columna el estudiante expresa su propio juicio de valor de acuerdo a los criterios expresados para cada dimensión, realizando una autoevaluación previa a las evaluaciones parciales.

6 La evaluación formativa en el contexto de las actividades posteriores a las evaluaciones parciales

Luego de las evaluaciones parciales el equipo de cátedra realiza un trabajo con los errores observados, categorizándolos y analizando los más frecuentes. Se ha trabajado con las siguientes categorías: Errores asociados al análisis del enunciado del problema, Errores en el razonamiento (en la secuencia lógica del procedimiento), Errores conceptuales y o metodológicos relacionados con los temas propios de la asignatura, Errores asociados a la falta de verificación, Errores asociados al lenguaje matemático y su vinculación con otras ciencias, Errores Técnicos (errores de cálculo algebraico básico o relacionados con conceptos previos). A partir de esta información se realizan dos actividades:

- La devolución de las evaluaciones parciales en una clase en la que se encuentran presentes todos los profesores que han participado en la corrección. De esta manera, cada alumno puede leer la retroalimentación escrita en su evaluación y además consultar personalmente con el profesor que ha realizado la corrección.
- Los docentes exponen en la clase una síntesis del análisis global de los errores encontrados y también de los aciertos.

De esta manera las actividades planificadas han incorporado la retroalimentación del docente, la autoevaluación del alumno y el trabajo con los pares conformando una trama estructurada por los contenidos, las metas de aprendizaje planteadas a partir de las incumbencias profesionales del bioingeniero y el tiempo disponible (14 semanas).

Resultados

Como resultado de este proceso de Investigación–Acción se han considerado cambios desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo, y se plantearon las siguientes categorías de análisis:

1. Cambios reconocidos por los docentes

En el marco del proceso de investigación los docentes reconocieron los siguientes cambios cualitativos en cuanto a su práctica diaria:

- Elaboración, comunicación e incorporación en la clase de los criterios de evaluación.
- Observación del desarrollo de las habilidades y estrategias matemáticas que los estudiantes aplican a través de las evidencias encontradas en sus exposiciones orales, informes escritos y borradores.
- Búsqueda de diferentes modalidades retroalimentación para realizar en los Informes Escritos y en los TPL.
- Registro fotográfico de sucesos acaecidos en las clases prácticas durante las exposiciones en el pizarrón y socialización de los mismos con otros docentes.
- Abordaje de los errores en clase de manera tal que los estudiantes expongan sus ideas erróneas sin correr el riesgo de desprestigiarse y obtener una nota baja.
- Análisis de resultados de las autoevaluaciones y errores que surgen en las evaluaciones formales para diseñar nuevos materiales que aclaren conceptos y retroalimenten a los estudiantes.
- Elaboración de rúbricas para la evaluación y comunicación de éstas a los estudiantes.
- Revisión continua de la propia práctica docente.
- Utilización del campus virtual en pos de la retroalimentación permanente.

2. Cambios observados en la actividad del estudiante

Al comenzar el curso los estudiantes muestran un gran interés por conocer el sistema de evaluación de la cátedra. Realizan preguntas sobre las exigencias para regularizar o promocionar la asignatura. De acuerdo al plan original (Tabla 1) estas exigencias se limitaban a dos evaluaciones parciales y dos TPL.

Antes de implementar la dimensión formativa se observaban en los estudiantes tres comportamientos distintos: una minoría de interesados y motivados que concurrían a las clases y consultas, participaban, hacían preguntas, y mostraban estudiar en profundidad; un segundo grupo mayoritario de alumnos que concurrían a las clases pero no participaban, tomaban nota y poco se podía saber sobre su proceso de aprendizaje; y un tercer grupo que sólo concurría a las evaluaciones parciales y en ocasiones realizaba

algunas consultas sobre exámenes anteriores. Con este sistema de evaluación, y este comportamiento estudiantil, el porcentaje histórico promedio de alumnos regulares era del 56%.

A partir de incorporar la dimensión formativa, se han observado cambios en el comportamiento académico de los alumnos. Los mismos han sido analizados y clasificados según las siguientes categorías:

2.1. Cambios observados en los estudiantes en el marco de actividades obligatorias

- Realización del Informe Escrito sin esperar una calificación de su evaluación.
- Esfuerzo por explicar el procedimiento de resolución de un ejercicio en lugar de priorizar la respuesta.
- Exposición en el pizarrón para debatir ideas y dudas en lugar de “pasar a dar la lección”.
- Respeto por las exposiciones orales de pares con actitud crítica.
- Socialización de errores, con profesores y compañeros, en los Informes Escritos y borradores.

2.2 Cambios observados en los estudiantes en el marco de actividades aptativas

- Realización de un trabajo reflexivo a través de las autoevaluaciones.
- Utilización del espacio virtual para comunicarse con el docente y recibir la retroalimentación.
- Colaboración en la organización de las clases de repaso, planteando dudas y sugerencias en el campus.

En la Tabla 2 se muestran los resultados cuantitativos que evidencian los cambios mencionados. Se observa una mayor participación en los borradores en comparación con las actividades de autoevaluación, siendo la diferencia entre estos la retroalimentación del docente.

Tabla 2. Alumnos que participaron Actividades Optativas.

Actividades	Lista de cotejo			Cuestionario		Borradores del TPL	
	L1	L2	L3	C1	C2	TPL1	TPL2
2013	83%	41%	37%	52%	39%	75%	69%
2014	70%	62%	53%	64%	47%	76%	85%

3. Impacto en el rendimiento académico de los alumnos

Por otro lado también se ha analizado el impacto global que tuvo el plan de evaluación formativo en el rendimiento académico de los alumnos, representado en la obtención por parte de los mismos de las condiciones de regular, promocional y libre. En cada año este porcentaje se ha calculado sobre el total de alumnos inscriptos en el curso los cuales cumplen con las condiciones que exige el plan de estudios de la carrera.

En la Figura 1 puede observarse que, a partir de la incorporación gradual de la dimensión formativa de la evaluación, el porcentaje de alumnos que deberían repetir el curso (libres) ha disminuido gradualmente. En el período 2009 - 2012 se implementó el informe escrito, el debate en clase y la retroalimentación informal en clase, en los cursos 2013 y 2014 se formalizó la retroalimentación formal escrita del docente, la autoevaluación y la evaluación entre pares según se describió en los párrafos anteriores logrando una nueva reducción en el porcentaje de alumnos libres.

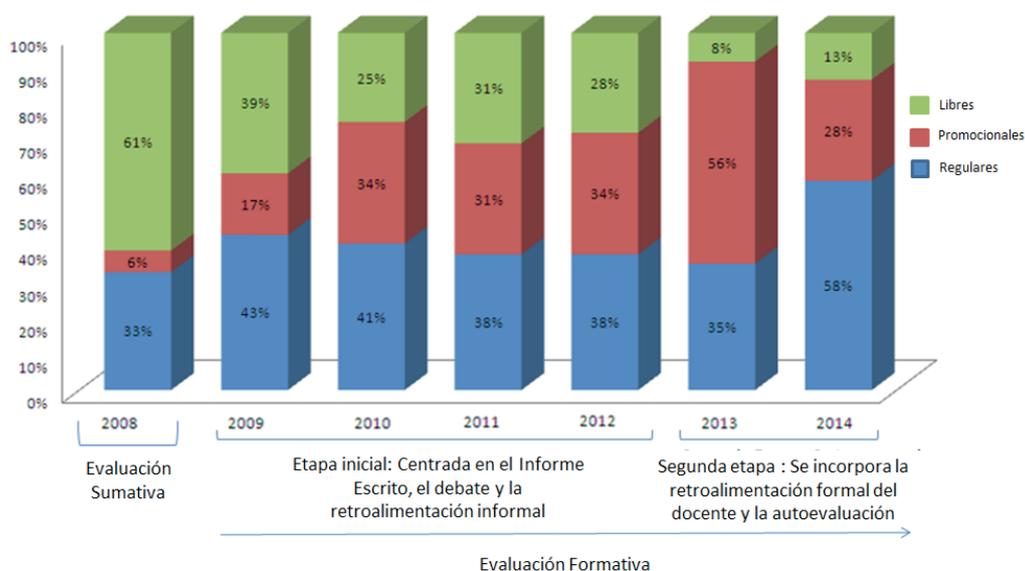


Figura 1. Evolución de la cantidad de alumnos regulares, promocionados y libres según las etapas de la implementación del plan de evaluación formativa.

En el curso del año 2015 el 90% de los estudiantes alcanzó la condición de alumno regular, y el 59% aprobó el curso por promoción directa. Después de las tres mesas de evaluaciones finales inmediatas siguientes a la finalización del curso, este porcentaje aumentó al 79%. Antes del inicio del ciclo lectivo 2016, de acuerdo al calendario académico, los alumnos disponen de otras tres mesas examinadoras. Como se muestra en la Figura 2, posterior a esta nueva instancia de evaluación se observó que el 92% de los alumnos de la cohorte 2015 aprobó el curso. Se destaca en este análisis, que el 2% corresponde a los alumnos libres que aprobaron el examen especial para esta condición.

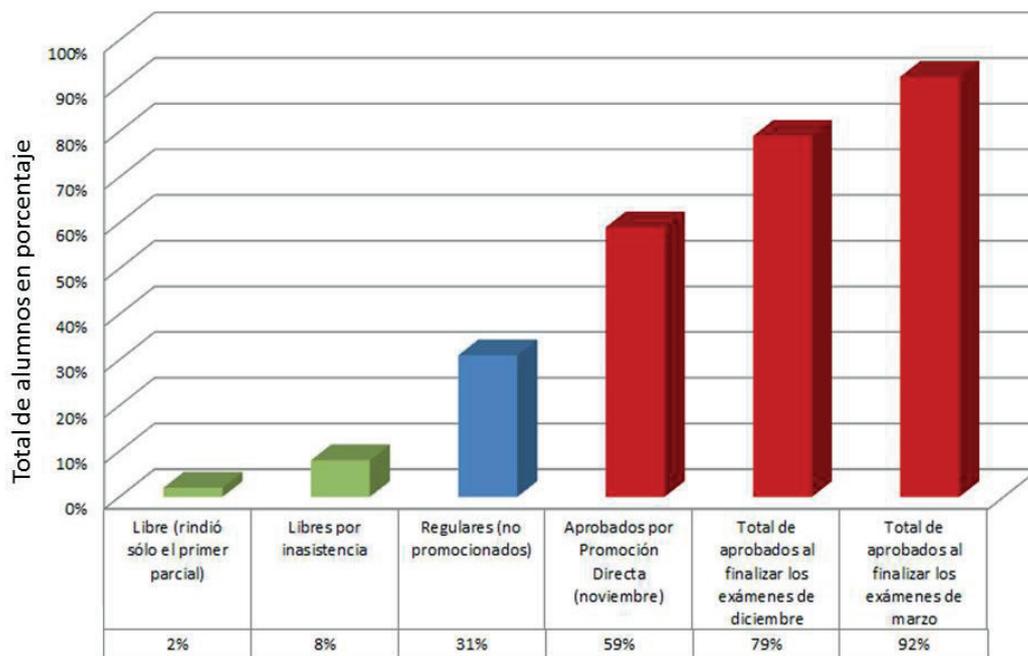


Figura 2. Porcentaje de aprobación de los alumnos de la cohorte 2015 antes del inicio del ciclo lectivo 2016.

Conclusiones

A partir de esta Investigación Acción se ha iniciado un proceso de cambio en la manera de pensar la evaluación, no ha sido sencillo modificar las tradiciones que impregnan la evaluación de la matemática en carreras de ingeniería, vencer estas resistencias ha sido posible a través de un trabajo colaborativo sostenido en el tiempo.

Este proyecto ha permitido incluir espacios de reflexión en torno a los aprendizajes logrados, a la enseñanza que los posibilitó y a los mecanismos de evaluación que se emplearon; recuperar dichas reflexiones como elementos de retroalimentación y propuestas para la mejora. Sin embargo queda mucho por hacer, actualmente el grupo está revisando las evaluaciones parciales y finales, la construcción de las rúbricas, y cómo mejorar los niveles de participación de los estudiantes en la evaluación de manera que estas experiencias propicien la formación de un Bioingeniero crítico capacitado para evaluar sus conocimientos y emprender nuevos caminos formativos a lo largo de su vida.

Finalmente, es válido resaltar que la experiencia descrita y analizada en el presente trabajo, se ha desarrollado en el contexto de un proyecto de investigación avalado por la institución, en la cual no es habitual que se lleven a cabo investigaciones educativas, en general, y menos aún basadas en los principios metodológicos de la investigación-acción. En este sentido, esta experiencia no sólo supuso modificaciones en cuanto a las prácticas y concepciones de los docentes participantes, sino también ha impactado en la comunidad académica, la cual ha mostrado interés por la misma, valorándola positivamente.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Méndez, J. M. (2003). *La evaluación a examen*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores.
- Anijovich, R. (Comp.) (2010). *La evaluación significativa*. Buenos Aires: Paidós.
- Barbier, J. M. (1999). *Prácticas de formación: evaluación y análisis*. Buenos Aires: Novedades Educativas.
- Biggs, J. y Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. McGraw-Hill Education (UK).
- Black, P. y Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Broadfoot, P. M., Daugherty, R., Gardner, J., Harlen, W., James, M. y Stobart, G. (2002). *Assessment for learning: 10 principles*. Cambridge, UK: University of Cambridge School of Education.
- Brown, S. A. y Glasner, A. (Eds.). (2003). *Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques*. Narcea Ediciones.
- Case, J. M. y Light, G. (2011). Emerging research methodologies in engineering education research. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 186-210. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00008.x>
- Díaz Barriga, F. (2005). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw Hill.
- Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., Hjalmarson, M. A. y Cardella, M. E. (2012). A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375-406. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00054.x>
- Hassan, O. A. (2011). Learning theories and assessment methodologies: an engineering educational perspective. *European Journal of Engineering Education*, 36(4), 327-339. <https://doi.org/10.1080/03043797.2011.591486>
- Jarero Kumul, M., Aparicio Landa, E. y Sosa Moguel, L. (2013). Pruebas escritas como estrategia de evaluación de aprendizajes matemáticos. Un estudio de caso a nivel superior. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(2), 213-243. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1623>
- Litwin, E. (1998). La evaluación: campo de controversias y paradojas o un nuevo lugar para la buena enseñanza. En Camilloni, A, Celman. S. Litwin, E. y Palau, M.: *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Paidós.
- McKernan, J. (2013). *Curriculum action research: A handbook of methods and resources for the reflective practitioner*. Routledge
- Shepard, L. A. (2006). La evaluación en el aula. En Brenan, R. L. (ed.), *Educational Measurement*, 4ª. Edición. ACE/Praeger Westport, 623-646.

William, D. (2014). Formative assessment and contingency in the regulation of learning processes. In *Annual Meeting of American Educational Research Association*, Philadelphia, PA.

Zabalza, M. A. (2013). Formar ingenieros para el siglo XXI. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 11(extra.), 9-12. <https://doi.org/10.4995/redu.2013.5544>

Artículo concluido el 06 de julio de 2016

Carrere, L. C. , Miyara, A., Ravera, E., Escher, L. , Lopyckyj, I., Pita, G. y Añino, M. M. (2017). Descubriendo el enfoque formativo de la evaluación en un Curso de Matemáticas para estudiantes de Bioingeniería. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 15(1), 325-343.

<https://doi.org/10.4995/redu.2017.6334>

Lucía Carolina Carrere

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

carrerecarolina@bioingenieria.edu.ar

Bioingeniera y Magister en Ingeniería Biomédica. Profesora Adjunta de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER). Docente del departamento Matemática de la FIUNER. Integrante del Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la FIUNER. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Alberto Miyara

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

alberto.miyara@gmail.com

Ingeniero Químico. Profesor Adjunto de la Facultad Nacional de Rosario. Docente del departamento Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Emiliano Ravera

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

emilianoravera@bioingenieria.edu.ar

Bioingeniero y Doctor en Ingeniería. Docente del departamento de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Leandro Escher

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

lgescher@bioingenieria.edu.ar

Bioingeniero. Profesor Adjunto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER). Docente del departamento de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Iván Lapyckyj

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

lapy_ar@yahoo.com.ar

Docente del departamento de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Gustavo Pita

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

gdpita@bioingenieria.edu.ar

Profesor de Matemática. Profesor Adjunto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER). Docente del departamento de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Integrante del Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la FIUNER. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

Marisol Perassi

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

mperassi@bioingenieria.edu.ar

Profesor de Matemática. Profesor Adjunto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (FIUNER). Docente del departamento de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos. Integrante del Grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la FIUNER. Realiza actividades de investigación en el área de Educación Matemática.

María Magdalena Añino

Universidad Nacional de Entre Ríos

Facultad de Ingeniería

mmanino@bioingenieria.edu.ar

Ingeniera Electricista egresada de la Universidad Tecnológica Nacional y Magister en Informática aplicada a la Ingeniería. Ha desarrollado su actividad docente en el

Departamento Matemática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos desde 1985 hasta su jubilación en 2016. Fue directora de proyectos de investigación en el área de Educación Matemática en dicha institución durante el período 2008-2016.