Escribir para aprender en ingeniería. Una lente que hace visible el pensamiento matemático

Diana Waigandt*
Carolina Carrere**
Marisol Perassi***
María Magdalena Añino****

Resumen

Los desarrollos teóricos en los cursos de matemática para ingeniería históricamente estuvieron separados de las aplicaciones prácticas tanto en las actividades de enseñanza y aprendizaje como en las de evaluación. Las experiencias docentes y las nuevas teorías del aprendizaje nos muestran que se requiere

* Profesora de francés e inglés, licenciada en Lenguas Modernas y Literatura. Magíster en Teaching English as a Foreign Language. Profesora titular de inglés de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Fiuner). Docente del Departamento de Humanidades e Idiomas de la misma universidad. Integrante del grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la Fiuner. Realiza actividades de investigación en la enseñanza de la escritura a través del currículum y en la enseñanza de lenguas extranjeras para fines específicos.
Correo electrónico: dwaigandt@ingenieria.uner.edu.ar

** Bioingeniera y magíster en Ingeniería Biomédica. Profesora adjunta de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Fiuner). Docente del Departamento de Matemática de la misma universidad. 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.
Correo electrónico: ccarrere@ingenieria.uner.edu.ar

*** Licenciada y magíster en Educación. Profesora asociada de Comprensión Lectora y Producción Escrita de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Fiuner). Docente del Departamento de Humanidades e Idiomas de la misma universidad. Integrante del grupo de Investigación y Desarrollo en Enseñanza de la Ingeniería de la Fiuner. Asesora Pedagógica de la misma universidad. Realiza actividades de investigación en el área de enseñanza de la ingeniería.
Correo electrónico: mperassi@ingenieria.uner.edu.ar

**** Ingeniera electricista egresada de la Universidad Tecnológica Nacional. Magíster en Informática Aplicada a la Ingeniería. Desarrolló su actividad docente en el Departamento de 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.
Correo electrónico: maena764@yahoo.com.ar

 DOI: https://doi.org/10.37514/int-b.2019.0421.2.15

más que escuchar una definición en una clase y luego utilizarla operacionalmente en otra para que el concepto definido logre anclarse y vincularse a otros conocimientos para estar disponible cuando el estudiante necesite resolver una situación problemática nueva. Perkins (1997) advierte que la finalidad de la educación es la comprensión y el uso activo del conocimiento. Asimismo, las nuevas teorías elaboradas desde la psicología y pedagogía sugieren que necesitamos generar un modelo pedagógico en el cual el aprendizaje promueva el desarrollo del pensamiento crítico, para que los alumnos aprendan reflexionando sobre lo que aprenden. En este sentido, desde una propuesta de investigación-acción, intentamos guiar a los alumnos para que desarrollen actividades de reflexión y análisis vinculadas con el contenido que están aprendiendo. Es aquí donde la escritura aparece como la lente adecuada para observar este proceso y retroalimentarlo. El objetivo de este trabajo es describir una experiencia desarrollada en la asignatura Cálculo Vectorial de la carrera de Bioingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos y mostrar su impacto en los aprendizajes. A través de la evaluación formativa y de la realización de trabajos escritos que incluyen la resolución de problemas, se busca que los estudiantes aprendan a relacionar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas y estimular el pensamiento reflexivo.

Palabras clave: investigación-acción, resolución de problemas, escribir a través del currículum, evaluación formativa, matemática en ingeniería

Abstract

Theoretical developments in math courses for engineering have generally been separated from practical applications, both in class and during assessment. Teaching experiences and new learning theories have shown that it takes more than listening to a definition in a class and then using it operationally in another for the new concept to be anchored to previous knowledge and to be available when the student needs it to solve a new problematic situation. Perkins (1997) put forward that the purpose of education is understanding and the active use of knowledge. Furthermore, new theories developed in the fields of psychology and pedagogy suggest that we need to generate a pedagogical framework in which learning promotes the development of critical thinking, in which students learn by reflecting on what they learn. In this sense, within an Action-Research project we guide students to perform a variety of reflection and analysis activities related to the content they are learning. In this context, writing appears as a lens through which this process can be observed, allowing feedback. This paper

describes an experience developed in the subject "Vector Calculus" taught to future Bioengineers at the National University of Entre Ríos. Through formative assessment and the accomplishment of written tasks that include the resolution of problems, we expect the students to relate theoretical concepts to practical applications while stimulating reflective thought.

Keywords: action-research, formative assessment, mathematics for engineering, problem solving, writing across the curriculum

Introducción

Durante las últimas décadas, se ha producido un proceso de masificación del ingreso a la educación superior en Latinoamérica. Sin embargo, ello no ha implicado necesariamente una democratización del derecho a la educación superior (Ezcurra, 2011a, 2011b; Miranda, 2013, 2015). Para contrarrestar los altos índices de deserción en los primeros años, y como resultado de los trabajos pioneros de Arnoux (1998) y Carlino (2003), en Argentina se han multiplicado las iniciativas que buscan facilitar el proceso de enculturación de los estudiantes en las prácticas letradas científico-académicas (Natale y Stagnaro, 2013; Waigandt, Noceti y Zapata, 2016). Además, en consonancia con las premisas del movimiento Escribir a través del Currículum (Bazerman *et al.*, 2016), se han llevado a cabo investigaciones sobre aquellos procesos de enseñanza que facilitan el acceso al saber producido por las disciplinas para que los estudiantes puedan apropiarse de sus formas de leer y escribir típicas. En este sentido, se han estudiado los modos en que escribir y leer se incluyen en diversas asignaturas de distintas carreras de la educación superior y de la escuela secundaria (Alfie, 2016; Carlino, 2009, 2014; Cartolari y Carlino, 2016; Venazco, 2014), y se han identificado dos modalidades de trabajo con la lectura y la escritura: una "periférica" (intervención docente antes y después de las tareas) y otra "entrelazada" (intervención docente durante las clases, enlazando los saberes que se enseñan con situaciones de escritura acerca de ellos). Se han distinguido, a su vez, dos variantes sutiles de esta última: a) la lectura y la escritura como herramientas para ayudar a aprender conceptos disciplinares y b) el abordaje de formas de leer y escribir especializadas, propias de una disciplina o del estudio de una disciplina, como objetos de enseñanza. Estas dos variantes constituyen polos de un continuo, en el cual puede aparecer uno de ellos enfatizado, sin anular al otro (Carlino, 2017).

En los siguientes apartados describiremos los cambios metodológicos que se han ido implementando en un curso de Cálculo Vectorial (CV) en la

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (Fiuner), que involucra la escritura como protagonista en el proceso de enseñanza y de aprendizaje (Añino *et al*., 2009, 2010b, 2012, 2013).

Enseñanza de la matemática en ingeniería: pasado y presente

Generalmente, los cursos de matemática para ingeniería se han desarrollado siguiendo los postulados del *modelo educativo transmisivo, lineal–secuencial* (García-Retana, 2014). Este enfoque, centrado en el profesor, consistía en clases teóricas expositivas, seguidas de coloquios que buscaban la participación del estudiante pero que, generalmente, terminaban siendo otra clase de teoría. Cuando llegaba la clase práctica, los alumnos poco recordaban, así que el profesor exponía el esperado "repaso de conceptos teóricos", síntesis que facilitaba un rápido encuentro con conceptos y métodos sin demostraciones. Luego, era usual el desarrollo de los "ejercicios tipo" y "ejemplos". Lamentablemente, estas prácticas docentes promovían la inasistencia a las clases teóricas.

Hacia el final de la clase práctica, los alumnos tenían la oportunidad de enfrentarse a un enunciado de un ejercicio o problema. Los docentes observábamos sus miradas a la hoja en blanco o a la pizarra vacía hasta que alguien releía el enunciado, revisaba los apuntes, hojeaba el texto o escuchaba a un compañero que había indicado el camino para comenzar a escribir. Esos momentos, escasos y valiosos, en los que los estudiantes se acercaban a los procedimientos y a los conceptos que los fundamentan, en los que la escritura mostraba el recorrido por el que iban circulando sus ideas, se diluían cuando se acercaba la finalización de la clase y el docente debía hacer el cierre correspondiente. Entonces, las miradas volvían a la pizarra, ahora escrita por el docente. El profesor era testigo del abandono del sendero personal para retomar la seguridad de una ruta trazada por expertos, y aquellos trazos propios generalmente se borraban o tachaban para "copiar lo correcto".

Así se trabajaba semanalmente para cumplir con el cronograma que marcaba el desarrollo de los contenidos, dentro del calendario académico que delimitaba el curso. Pero en ese devenir, la escritura, que en general permanecía en los apuntes de los estudiantes, constituía un registro de lo escrito por el profesor que poco reflejaba la producción de los alumnos. Cuando llegaban las evaluaciones, el estudiante se acercaba y preguntaba: "¿por qué el profesor ha escrito esto?, no lo entiendo". Por otra parte, una vez realizado

el examen, el profesor se encontraba, quizás por primera vez, con la escritura que cada estudiante había realizado para intentar demostrar que sabía resolver el ejercicio propuesto. En el mejor de los casos, solía haber una instancia oral en la que el alumno explicaba lo que en el lenguaje escrito aparecía de una manera imprecisa. Luego venía la decisión de los docentes (aprueba o no aprueba) y la reflexión del estudiante limitada a "me faltaron cinco puntos" y la del profesor: "debería estudiar más".

Con el tiempo, los planes de estudio en carreras de ingeniería sufrieron modificaciones y los cursos de matemática se reestructuraron en un formato cuatrimestral con disminución de su carga horaria. Aquel fue un momento clave en la institución para revisar la inserción y el sentido de los cursos de matemática en el nuevo diseño curricular y para pensar en metodologías alternativas. Los interrogantes que surgieron motivaron el inicio de dos procesos de investigación-acción: el primero centrado en la búsqueda de estrategias didácticas que facilitaran la participación activa del estudiante y el segundo enfocado en la evaluación. En estos procesos, a través de ciclos reflexivos de investigación y acciones implementadas, se ha valorado la función epistémica de la escritura, es decir, una escritura más vinculada con la comprensión de conceptos, procedimientos y métodos del cálculo vectorial (CV), que con la reproducción de cálculos mecánicos a partir de la información brindada por textos y docentes.

En los apartados siguientes describiremos cómo, en el marco de un proyecto de investigación-acción participativa, encontramos una articulación entre el *enfoque de resolución de problemas* como propuesta didáctica para facilitar la comprensión y aplicación de los conceptos del CV, la *escritura* como medio para aprender esta disciplina y el *sentido formativo de la evaluación*. También describiremos cómo, a partir de esta triple perspectiva, se diseñaron diferentes actividades centradas en los trabajos escritos por los estudiantes.

Marco de referencia

Matemática e ingeniería: resolución de problemas

El marco conceptual se elaboró a partir de un intenso trabajo en seminarios de revisión bibliográfica y discusión, en los cuales participó el equipo interdisciplinario conformado por docentes-investigadores del Departamento

de Matemática, del Departamento de Humanidades e Idiomas y la asesora pedagógica de la Fiuner (Añino *et al*., 2010a).

La revisión del concepto de ingeniería y las incumbencias profesionales de los bioingenieros permitieron repensar la inserción de la asignatura Cálculo Vectorial en el plan de estudios. De este análisis resaltamos la definición recomendada por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (Confedi), de la República Argentina, que rescata el rol central de la matemática en esta profesión: "Ingeniería es la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea (…) en beneficio de la humanidad" (Sobrevila, 2001, p. 4). Adicionalmente, de la "Declaración de Valparaíso" (Confedi, 2014) destacamos las siguientes competencias genéricas de egreso: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; comunicarse con efectividad y aprender en forma continua y autónoma. En este sentido, Jóver (2003) sostiene que la *resolución de problemas* es "un postulado básico" que soporta y orienta buena parte de las decisiones curriculares en las carreras de ingeniería.

La carrera de Bioingeniería fue creada en la Fiuner para "dar soluciones a la problemática del ámbito de la salud", mediante la aplicación de modernos métodos tecnológicos. El perfil profesional del egresado describe la sólida formación analítica y la visión crítica de nuestros profesionales que les permite *interpretar* y *resolver problemas* guiados por la ética profesional, el respeto a la vida humana y el cuidado del medio ambiente.

En este marco, entendemos que los cursos de matemática, en los primeros años de las carreras de ingeniería, deberían diseñarse de manera que el estudiante adquiera y desarrolle las competencias necesarias para su inclusión en la vida universitaria y garantice su avance regular en la carrera, a través de una articulación adecuada con las restantes disciplinas y su futura inserción en la labor profesional.

Concordamos con Niss y Højgaard (2011), quienes sugieren que una competencia matemática capacita para actuar adecuadamente en situaciones que impliquen cierto tipo de desafío matemático. El autor describe ocho competencias matemáticas básicas: a) pensar matemáticamente, b) plantear y resolver problemas matemáticos, c) modelizar matemáticamente, d) argumentar matemáticamente, e) representar entidades matemáticas (situaciones y objetos), f) utilizar los símbolos matemáticos, g) comunicarse con la matemática y comunicar sobre la matemática y h) utilizar ayudas y herramientas (incluyendo las nuevas tecnologías).

En cuanto a la noción de problema matemático, Niss y Højgaard (2011) aclaran que no es "una noción absoluta" sino "relativa a la persona frente al problema" (p. 55). De manera similar, para Schoenfeld (1985, 1992), la palabra problema designa una tarea que resulta difícil para quien está tratando de resolverla. A su vez, Charnay (1994) sostiene que un problema puede verse como una terna situación-alumno-entorno: el problema se da solo si el alumno percibe una dificultad. En ese sentido, lo que es un problema para un estudiante, no necesariamente lo es para otro.

Aceptando entonces que la competencia para *resolver problemas* orienta la planificación del curso de CV para futuros ingenieros, fue necesario pensar en actividades que vinculasen la teoría con la práctica, promoviendo la comprensión de los conceptos y los métodos matemáticos necesarios para trabajar con modelos matemáticos que ayudasen a entender la realidad y promovieran su transformación mediante la resolución de problemas.

La evaluación con un sentido formativo

En el contexto iberoamericano, las metas de la educación matemática en carreras de ingeniería han cambiado. Así, han surgido diferentes enfoques y experiencias tales como la "matemática en contexto" (Trejo, Camarena y Trejo, 2013) y otras que involucran procesos de autoevaluación y el uso de nuevas tecnologías (Gallo, Pire y Gómez, 2008). En Argentina, la Universidad Nacional de la Plata ha adoptado una metodología teórico-práctica para los cursos de matemática, sin clasificar las actividades en estas dos categorías (Pauletich, Río y Costa, 2016).

A su vez, hoy se cuenta con nuevas aproximaciones sobre cómo aprenden los alumnos. En este sentido, Perkins (1997) advierte que la finalidad de la educación es la comprensión y el uso activo del conocimiento. Asimismo, las nuevas teorías elaboradas desde la psicología y la pedagogía sugieren que necesitamos generar un modelo pedagógico en el cual el proceso de enseñanza-aprendizaje promueva el desarrollo del pensamiento crítico, para que los alumnos aprendan reflexionando sobre lo que aprenden. Según Biggs (2006), la evaluación es uno de los factores que influyen en el enfoque superficial o profundo que adoptará el estudiante para realizar una actividad, condicionando el proceso de aprendizaje y sus resultados.

En nuestro contexto, generalmente se realizan cambios en las estrategias didácticas, pero la propuesta evaluativa permanece inalterada. Sin embargo, y en concordancia con la mirada de Álvarez-Méndez (2003), si se iniciasen los cambios predispuestos a poner a la evaluación al servicio del aprendizaje,

naturalmente surgiría la necesidad de reorganizar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Desde esta perspectiva, es necesario repensar la evaluación como un proceso articulado con las metas del curso y el proceso de enseñanza y de aprendizaje, que incluya la aplicación de instrumentos y la asignación de notas, pero que no se reduzca meramente a constatar resultados. De esa manera se concebiría a la evaluación ya no como un acto aislado, sino como un proceso con sentido formativo.

Según Sadler (1989), la evaluación es formativa cuando permite al estudiante y al docente observar el proceso de aprendizaje para conocer qué y cómo se desarrolla, las dificultades que aparecen y su naturaleza. De esta manera, ambos obtienen información útil para encaminar los esfuerzos hacia las metas del curso. Al mismo tiempo, quien enseña podrá tomar decisiones fundamentadas para efectuar los cambios didácticos necesarios.

En este mismo sentido, 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, que proveen información para ser usada como retroalimentación para modificar las actividades de enseñanza y de aprendizaje en las que están involucrados" (p. 7). A su vez, Broadfoot *et al.* (2002) sugieren que la mejora del aprendizaje a través de la evaluación formativa depende de cinco factores claves: la provisión de una *retroalimentación efectiva*, la *participación activa de los estudiantes* 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, los cuales a su vez intervienen en el aprendizaje y la necesidad de los alumnos de ser capaces de evaluarse a sí mismos y comprender cómo mejorar.

Si la evaluación es un recurso indispensable para el perfeccionamiento de los dos procesos que nos interesan: la enseñanza y el aprendizaje del CV en un contexto de resolución de problemas, la retroalimentación aparece como un factor clave y necesita de un espacio y de un medio a través del cual materializarse de manera efectiva. Cabe recordar entonces que en ingeniería los estudiantes deben dar cuenta, en diferentes ocasiones, de la lógica considerada al proponer la solución de un problema, presentar en forma escrita los principios teóricos o conceptos que se tuvieron en cuenta al realizar un diseño, el razonamiento que los motivó y fundamentar sus decisiones. Además, si consideramos que la matemática es una disciplina con un lenguaje propio a través del cual se expresa su estructura lógica y los conceptos y métodos que se ponen en juego para definir, interpretar y resolver un problema,

resulta natural diseñar actividades de escritura que permitan retroalimentar el proceso. De esta manera, la escritura se usa como instrumento de reflexión, como herramienta para ayudar a aprender conceptos disciplinares y como un recurso valioso para organizar el pensamiento de los estudiantes.

La escritura como un medio para aprender la disciplina matemática

La escritura no solo es un medio de comunicación, sino que supone análisis y transformación de lo que se conoce. De allí su función epistémica, la cual remite a la potencialidad que tiene para favorecer los aprendizajes, en tanto que al escribir ponemos en marcha determinados procesos, como la puesta en relación de los conocimientos previos con lo nuevo que se quiere comunicar. Estos procesos no siempre ocurren sin la mediación de la escritura (Carlino, 2005; Serrano, 2014).

Para aprender ciencias en general, y matemática en particular, es imprescindible aprender a escribirlas. En el proceso de escritura las ideas se clarifican, se estructuran mejor y se interiorizan (Sanmartí, 2007). Escribir también permite reflexionar sobre el propio pensamiento, ya que lo pensado se convierte en una representación externa manipulable y revisable una vez escrito (Olson, 1994). En este sentido, se puede concebir la escritura como un instrumento de representación, reelaboración y desarrollo del propio pensamiento y, al mismo tiempo, "como un instrumento potencialmente poderoso para la toma de conciencia y la autorregulación intelectual" (Miras, 2000, p. 67).

Así como la resolución de problemas se considera desde siempre como actividad del ingeniero en diferentes textos y documentos, la escritura "siempre ha estado presente a través del currículum" (Bazerman *et al.,* 2016). El movimiento Escribir a través del Currículum destaca este aspecto inevitable de escribir para aprender. Señala, además, que las producciones escritas de los estudiantes brindan la oportunidad de mejorar, de realizar una retroalimentación, apoyo y guía con la finalidad de avanzar en el conocimiento disciplinar. A su vez, propone diferentes formas de incrementar las oportunidades de los estudiantes para escribir de forma productiva en varios momentos de los cursos, no solo en los exámenes o la toma de apuntes.

De esta manera, y gracias a las ricas discusiones del equipo interdisciplinario, quedan definidos los tres vértices del marco conceptual formando un triángulo de lados flexibles, dinámicamente articulados a través de procesos de comunicación, retroalimentación, reflexión y análisis (figura 1).

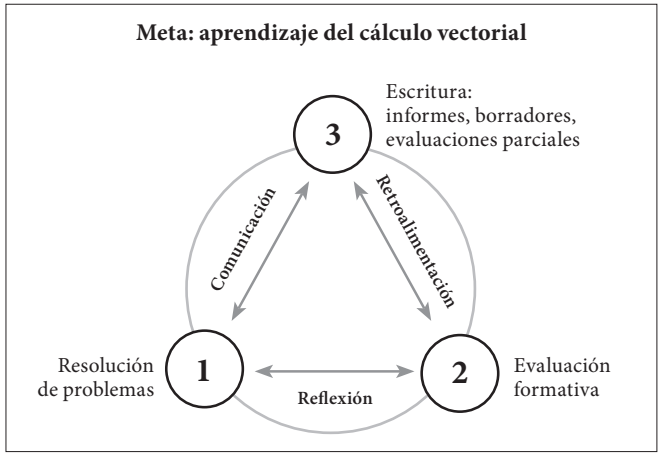


Figura 1. Incorporación de la escritura con un sentido epistémico para lograr el aprendizaje en la asignatura CV

Fuente: elaboración propia

La escritura en nuestra propuesta didáctica. Datos y resultados

Las siguientes experiencias se desarrollaron en el curso de CV correspondiente al segundo año de la carrera de Bioingeniería. La cohorte 2016 tuvo 33 inscritos.

En nuestra propuesta pedagógica (figura 2) se presentan al comienzo los objetivos del curso. A través de un taller inicial los docentes comparten esta información con los estudiantes. El curso se diseña de manera que cada estudiante identifique la brecha entre su situación inicial y los objetivos propuestos.

Para los docentes es necesario contar con información para lograr una retroalimentación adecuada y realizar ajustes en la enseñanza y el aprendizaje. Así, los trabajos escritos por los alumnos juegan un rol central. Desde el comienzo, la escritura aparece como una actividad que permite al docente observar los saberes previos y seguir el razonamiento de los estudiantes.

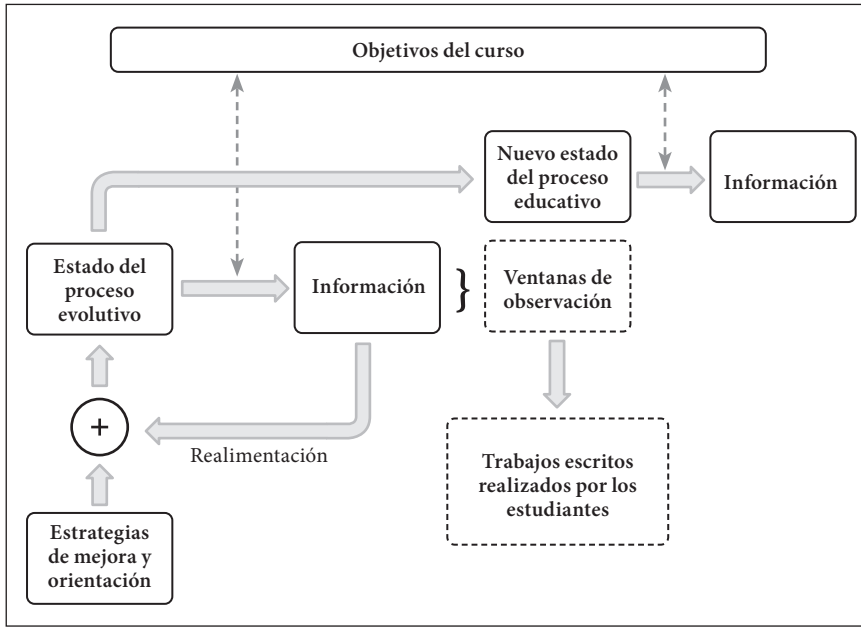


Figura 2. Evaluación formativa en el curso de CV

Fuente: elaboración propia

Escribir para reflexionar sobre la resolución de problemas

Al inicio del período académico 2016, se realizó una clase inaugural para presentar el curso de CV a los estudiantes inscritos. El equipo docente preparó un material para abrir el diálogo y responder a las inquietudes de los alumnos, ¿qué aprenderemos?, ¿cuál es la importancia de la asignatura en nuestra formación?

Se ilustró el rol central de la resolución de problemas en ingeniería y, en esta oportunidad, en lugar de contestar el interrogante ¿cómo debo presentar la resolución del problema propuesto?, se llevó a cabo una actividad conjunta (estudiantes y el plantel docente), buscando una respuesta construida con consenso participativo.

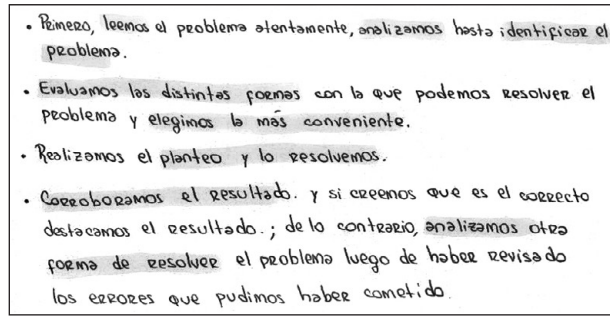
La actividad fue planificada con el formato de taller, por ser una modalidad de trabajo que se caracteriza por la realización de una tarea en común. En esta acción, todos los participantes construyeron socialmente conocimientos y desarrollaron habilidades, a partir de sus propias experiencias. Desde esta perspectiva, se presentó a los estudiantes un interrogante: "¿Cuál es el

procedimiento que siguen al resolver un ejercicio o un problema matemático con lápiz y papel?"

Con el fin de organizar la participación de los estudiantes presentes, se formaron libremente once grupos de cinco o seis integrantes y se les indicó que elaboraran una respuesta escrita a la pregunta mencionada. Se asignó un tiempo de veinte minutos a la discusión grupal y, para orientar el trabajo, se les sugirió que tuvieran en cuenta la experiencia personal en la resolución de problemas realizados en cursos de matemática. Además, se indicó que la respuesta debía expresar un procedimiento general, ordenado y detallado, como si fuera una secuencia de indicaciones brindadas a un amigo inexperto.

A continuación, se realizó una puesta en común considerando todas las producciones, con el objetivo de generar una construcción colectiva. Para ello se utilizó un proyector de opacos, de esta forma toda la clase observó los trabajos escritos. En la figura 3 se muestran ejemplos de las producciones de los alumnos. Se fueron leyendo las respuestas, al tiempo que un docente las escribía en el pizarrón. Esta escritura se organizó con base en las etapas de resolución de problemas que en general realizan los expertos, los cuales aparecen en los textos clásicos de Pólya (1957) y Schoenfeld (1985) y que se mencionan también en los documentos del Confedi (2014).

Ejemplo 1



Ejemplo 2

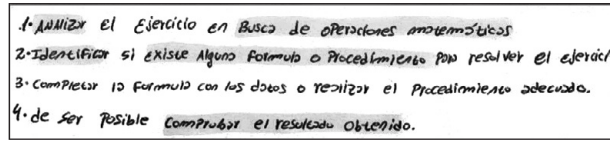


Figura 3. Ejemplo de la producción escrita de los alumnos en el taller

Fuente: elaboración propia a partir de las producciones de los estudiantes

Como resultado de la puesta en común, se obtuvo una producción colectiva escrita en la pizarra, que evidenció los pasos propuestos por los alumnos,

los cuales se compararon con los indicadores que los expertos brindan para identificar el cumplimiento adecuado de cada etapa.

Como producto de esta actividad se consideraron una serie de aspectos y se completaron los pasos que no emergieron de la producción de los alumnos, haciéndoles notar su importancia. Así se consolidó un listado consensuado de etapas y actividades generales:

- *Análisis del problema planteado* (A1): identificar correctamente la incógnita, objetivo o meta. Organizar los datos. Verificar que son consistentes con el problema planteado. Identificar las variables.
- *Planteamiento teórico* (A2): relacionar el problema con conceptos teóricos pertinentes, considerando todas las condiciones o hipótesis. Si corresponde, realizar un esquema gráfico o representación geométrica clara y adecuada.
- *Selección de estrategias* (A3): a partir del planteo teórico realizado, definir la estrategia de solución. Considerar los diferentes métodos y elegir el más conveniente. Seleccionar la estrategia adecuada expresando una justificación completa.
- *Resolución* (A4): seguir una secuencia lógica de resolución planificada. Desarrollar la solución paso a paso, usar la notación matemática adecuada y expresar la justificación teórica cuando se aplica una propiedad o teorema.
- *Cálculo de la solución* (A5): realizar todos los cálculos correctamente y aplicar las reglas y propiedades que corresponden. Obtener y expresar el resultado correcto.
- *Interpretación del resultado* (A6): vincular el resultado con la meta, el contexto del problema y las predicciones realizadas. Brindar una interpretación. Verificar la coherencia analizando los aspectos del resultado que estén a su alcance.
- *Comunicación* (A7): utilizar el lenguaje matemático, expresar con precisión, claridad y notación correcta su razonamiento y cada una de las etapas de la resolución.
- *Representación gráfica* (A8): ilustrar el razonamiento con gráficas claras en el espacio adecuado, indicando el sistema de referencia, nombrando los ejes coordenados, referenciando las coordenadas de puntos importantes y vinculando las gráficas con las ecuaciones correspondientes.

A través del diálogo, se destacó la utilidad de considerar dichas etapas en los trabajos escritos propuestos en la asignatura. Se acordó su aplicación como herramientas que ayudan a regular y controlar el proceso que realizamos al resolver un problema.

De ese modo, se llegó al siguiente acuerdo: los docentes elaborarían los criterios de evaluación a partir de las etapas e indicadores consensuados y los estudiantes los tendrían en cuenta al realizar las actividades formativas propuestas en los informes semanales, los trabajos prácticos de laboratorio y también en las evaluaciones parciales al terminar un módulo o al finalizar el curso.

Escribir un informe y luego reflexionar en la clase de práctica

Semanalmente se realizó una clase centrada en la discusión de ejercicios y problemas. La reflexión se llevó a cabo sobre una producción escrita que se denominó *informe semanal*, elaborada previamente por pequeños grupos de alumnos. El informe consiste en la realización de tres o cuatro ejercicios, pero tiene ciertas características que lo diferencian de un trabajo práctico ordinario.

En primer lugar, no se lo evalúa con una nota, no se penaliza el error, no se exige que se presente completo y con el resultado correcto. Las consignas promueven el análisis de los datos y, a través de preguntas, se orienta al estudiante para que transite por las distintas etapas que componen el proceso de resolución de cada ejercicio o problema, justificando cada paso con conceptos teóricos o propiedades.

Durante la resolución, el estudiante observa sus dificultades, que deben incorporarse al informe para ser compartidas durante el intercambio de ideas en la clase práctica. El informe escrito es personal y consta de soluciones, o intentos de soluciones, y las dudas e interrogantes que surgieron, las cuales se comparten en la discusión en el aula.

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 los errores y confusiones se expresen sin temor. Además, los estudiantes realizan una autoevaluación confrontando sus propios desarrollos y resultados con las conclusiones del debate, marcando en sus hojas de trabajo 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 dificultades, hacer sugerencias y marcar aspectos no observados durante la autoevaluación. Posteriormente, devuelve el trabajo que ha pasado por tres instancias de evaluación formativa. Esta modalidad de enseñanza "entrelazada" (Carlino, 2017)

permite entretejer, en el transcurso de las clases, los saberes que se enseñan con las situaciones de escritura acerca de ellos. A su vez, la interacción con y entre los estudiantes opera como herramienta para trabajar los conceptos disciplinares, en este caso los aspectos de la resolución de problemas.

Como resultado de estas actividades de revisión, se ha elaborado una base de errores frecuentes detectados antes de las evaluaciones parciales para diseñar, a partir de ellos, las clases de repaso que permiten volver a pensar sobre los contenidos.

El impacto en el aprendizaje observado a través de las evaluaciones escritas

Al finalizar el curso, el alumno alcanza una de las siguientes condiciones: regular, promovido o libre. El alumno regular es aquel que obtiene un promedio mínimo de 50 puntos sobre 100 entre las dos evaluaciones parciales escritas individualmente. El alumno que alcanza esta condición puede cursar las asignaturas correlativas, pero debe rendir un examen final para obtener la aprobación de la materia. El estudiante promovido es el que logra un promedio mínimo de 80 puntos entre las dos evaluaciones parciales, y obtiene la aprobación de la materia sin examen final. Los alumnos pueden realizar una evaluación de recuperación de saberes de alguno de los parciales para alcanzar las condiciones mencionadas. Los alumnos que no cumplen con los requisitos anteriores se consideran libres y deben tomar de nuevo el curso. Al finalizar la asignatura de CV del año 2016, el 21 % de los alumnos logró promover la asignatura y el 60 % de los alumnos alcanzó la condición de regular.

Para valorar el impacto del taller, se realizó un estudio de los resultados de las evaluaciones parciales y los recuperatorios al finalizar el curso. La figura 4 muestra en porcentaje el desempeño de los alumnos promovidos y regulares en los aspectos consensuados en el taller sobre resolución de problemas. Cada categoría se obtuvo a partir de la relación (RN) entre la nota obtenida y la nota máxima correspondiente a cada aspecto: De este modo, de acuerdo al valor de RN se asignó muy bueno (MB) a los valores que estuvieron entre 0,8 y 1; bueno (B) a los que se encontraron entre 0,6 y 0,79; regular (R) para los valores comprendidos en el intervalo 0,45 a 0,59; e insuficiente (I) a los que resultaron menores a 0,44.

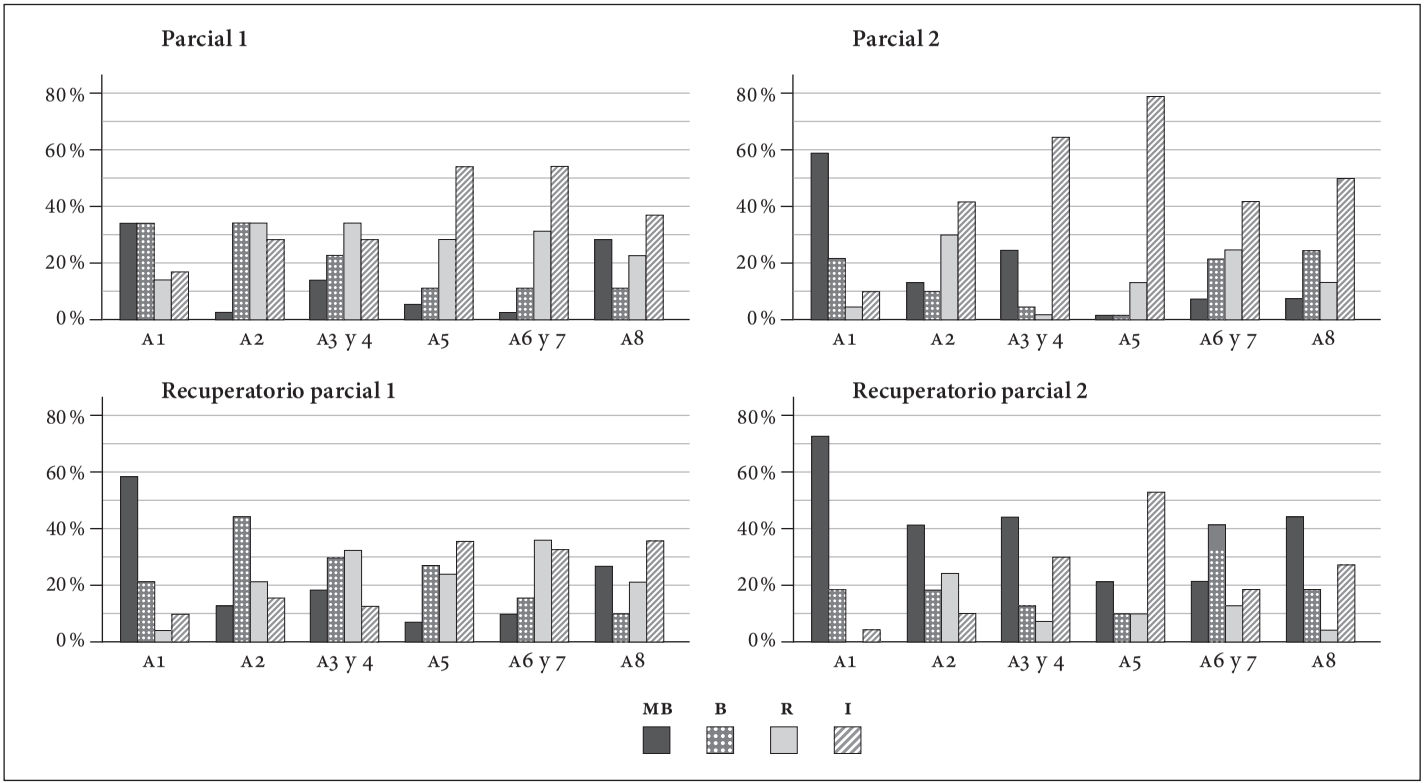


Figura 4. Análisis de los resultados de las evaluaciones parciales por aspecto de la resolución de problemas

Fuente: elaboración propia

A partir de la comparación de cada evaluación parcial con el recuperatorio correspondiente se observa una evolución del desempeño en todos los aspectos, evidenciada en el aumento del porcentaje de alumnos que lograron la categoría MB. Lo anterior podría sugerir una mejora en el aprendizaje y en el desarrollo de la competencia de resolución de problemas, como resultado de la integración de actividades de escritura al servicio del aprendizaje de la disciplina.

Conclusiones

En este trabajo hemos descrito los cambios metodológicos que se han ido implementando en un curso de CV para futuros ingenieros. En el marco de un proyecto de investigación-acción participativa, se puso en marcha una articulación entre un enfoque de resolución de problemas como propuesta didáctica para facilitar la comprensión y utilización de los conceptos del CV, la escritura como medio para aprender esta disciplina y el sentido formativo de la evaluación. También describimos cómo, a partir de esta perspectiva, se diseñaron diferentes actividades centradas en los trabajos escritos por los estudiantes.

Esta modalidad de enseñanza "entrelazada" de la escritura (Carlino, 2017) facilitó que en el transcurso de las clases los estudiantes enlazaran los saberes propios del CV y de la resolución de problemas en ingeniería, que eran objeto de enseñanza, con situaciones de escritura (informes semanales) acerca de esos saberes. A su vez, la utilización de la escritura y de la interacción con y entre los estudiantes como herramienta para ayudar a aprender conceptos disciplinares (cfr. Narváez-Cardona, 2016) nos permitieron entender cómo cada estudiante aborda un problema propuesto según su estilo cognitivo. Asimismo, nos ha dado la oportunidad de promover procesos de revisión, de coordinar la escritura con otros registros de representación y de propiciar procesos metacognitivos. En este sentido, las evaluaciones escritas parciales y finales muestran una mejora en las habilidades de los estudiantes para expresar sus pensamientos y el razonamiento seguido para resolver los problemas propuestos, situación que se traduce en su rendimiento académico, ya que comprobamos un salto positivo en el porcentaje de alumnos que regularizaron el curso, pasando de un promedio histórico del 56 % a un 74 % en el curso de 2016.

Además, entendemos que llevar adelante la evaluación del proceso de aprendizaje desde un enfoque formativo, a través de tareas de escritura,

impactó positivamente en la dinámica de las clases, ya que favoreció la discusión sobre lo previamente escrito en los informes y animó a los estudiantes a participar activamente, entablando conversaciones sobre matemática con el profesor y con sus pares. Esta situación se tradujo en mejoras paulatinas en sus actitudes y en el lenguaje oral y escrito utilizado. También se observaron cambios cualitativos en el compromiso de los estudiantes al realizar los informes escritos cuya recompensa no era la nota, ya que, a partir del cambio introducido, debían explicar el procedimiento de resolución de un problema en lugar de tratar de conseguir la respuesta correcta. Esto los llevó a trabajar con honestidad académica y a compartir sus dudas y errores con profesores y compañeros.

El proceso deliberado de tratar que los estudiantes transformen sus conocimientos para volverse partícipes y puedan ejercer esta práctica letrada propia del mundo de la matemática ha transformado las clases de CV en espacios de reflexión en torno a los trabajos escritos realizados por los alumnos, y ha generado una mirada crítica de los docentes sobre las estrategias de enseñanza empleadas. De esta manera, las acciones y los resultados de la experiencia nos han brindado conocimientos que aportan a la discusión sobre dónde han de tener lugar las tareas de escritura, a cargo de quién o quiénes deben estar, cómo implementarlas y con qué fines. En este sentido, entendemos que para garantizar la enculturación de nuestros estudiantes en las prácticas letradas científico-académicas, la lectura y la escritura deben integrarse al servicio del aprendizaje de las disciplinas, a través de experiencias auténticas de escritura dentro de la cultura académica en la que participan los estudiantes. Estas experiencias se potencian a través del uso contextualizado de la escritura en modalidad "entrelazada" (Carlino, 2017), porque permite involucrar activamente a los estudiantes durante las clases. En el caso de CV, nuestros estudiantes aprendieron, a través de la realización de informes semanales escritos, a resolver problemas matemáticos y pudieron acceder al saber elaborado por expertos, de la mano de profesores de la disciplina que formaban parte de un equipo interdisciplinario que trabajó colaborativamente en la elaboración de esta propuesta que pretende aportar al debate acerca de qué significa y de qué manera ocuparse de la escritura en las disciplinas de la educación superior.

Referencias

Alfie, L. (2016). *Lectura y escritura en la enseñanza de la biología en el nivel superior. Prácticas potencialmente epistémicas* (Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Álvarez-Méndez, J. M. (2003). *La evaluación a examen. Ensayos críticos*. Madrid: Miño y Dávila Editores.

Añino, M. M., Merino, G., Miyara, A., Perassi, M., Ravera, E., Pita, G., y Waigandt, D. (2013). Early error detection: an action-research experience teaching vector calculus. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *45*(3), 378-395.

Añino, M. M., Ravera, E., Waigandt, D., Miyara, A., Pita, G., y Perassi, M. (2009). Creando un espacio de investigación educativa en una facultad de ingeniería. *Memorias del III Congreso Nacional de Educación. Construcciones y perspectivas. Miradas desde y hacia América Latina*, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.

Añino, M. M., Ravera, E., Waigandt, D., Miyara, A., Pita, G., y Perassi, M. (2012). Mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en Bioingeniería: Un desafío asumido desde la investigación-acción. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, (21), 35-45.

Añino, M. M., Ravera, E., Waigandt, D., Miyara, A., Pita, G., y Perassi, M. (2010a). Interdisciplinarity: Perspectives for the design of didactic strategies in engineering. Proceedings of Turkey's vision 2023 conference series (pp. 123-128).

Añino, M. M., Waigandt, D. M., Perassi, M., Pita, G., Miyara, A., Klimovsky, E., y Canavelli, J. C. (2010b). Action Research: A way to generate new approaches to teaching mathematics in Bioengineering. IEEE *Educon 2010 Conference* (1385-1390). IEEE.

Arnoux, E. (1998). *Talleres de lectura y escritura*. Buenos Aires: Eudeba.

Bazerman, C., Little, J., Bethel, L., Chavkin, T., Fouquette, D., y Garufis, J. (2016). *Escribir a través del Currículum. Una guía de referencia*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

Biggs, G. S. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario* (2.ª edición). Madrid: Narcea.

Black, P., y Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy, and Practice*, *5*(1).

Broadfoot, P. M., Daugherty, R., Gardner, J., Harlen, W., James, M., y Stobart, G. (2002). *Assessment for learning: 10 principles*. Cambridge: University of Cambridge School of Education.

Carlino, P. (2003). Alfabetización académica: Un cambio necesario, algunas alternativas posibles. *Educere, Revista Venezolana de Educación*, *6*(20), pp. 409- 420.

Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Carlino, P. (2009). Desarrollo profesional de docentes para leer y escribir a través del curriculum. En Carlino, P. y Martínez, S. (coords.). *La lectura y la escritura, un problema asunto de todos*. Neuquén: Universidad Nacional del Comahue.

Carlino, P. (2014). Se aprende muy diferente una materia si se lee y escribe sobre sus temas. En Serrano, S. y Mostacero, R. (eds.). *La escritura académica en Venezuela: investigación, reflexión y propuestas* (pp. 27-47). Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.

Carlino, P. (2017). Dos variantes de la alfabetización académica cuando se entrelazan la lectura y la escritura en las materias. *Signo y Pensamiento*, *36*(71), 16-32. https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp36-71.dvaa

Cartolari, M., y Carlino, P. (2016). Hacerle lugar o no a la lectura en aulas del nivel superior: experiencias contrastantes en dos materias de un Profesorado en Historia. En G. Bañales Faz, M. Castelló y N. Vega (eds.), *Enseñar a leer y escribir en la educación superior. Propuestas educativas basadas en la investigación*. México: SM México.

Charnay, R. (1994). Aprender (por medio de) la resolución de problemas. En C. Parra e I. Sais (eds.), *Didáctica de matemáticas. Aportes y reflexiones* (pp. 51- 64).

Confedi. (2014). "Declaración de Valparaíso" sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. Mar del Plata: Universidad Fasta Ediciones.

Ezcurra, A. M. (2011a). Abandono estudiantil en educación superior. Hipótesis y conceptos. En N. Gluz (ed.), *Admisión a la universidad y selectividad social. Cuando la democratización es más que un problema de "ingresos"* (pp. 23-62). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

Ezcurra, A. M. (2011b). Masificación y enseñanza superior: una inclusión excluyente. Algunas hipótesis y conceptos claves. En N. Fernández Lamarra y M. Costa de Paula (comp.), *La democratización de la Educación Superior en América Latina. Límites y posibilidades*. Buenos Aires: Eduntref.

Gallo, M. J., Pire, A., y Gómez, S. (2008). Competencias relacionadas con las matemáticas en el marco de la convergencia europea. En I. Lozano y F. Pastor (coords.), *VI Jornades d'Investigació en Docencia Universitaria: la construcció col·legiada del model docent universitari del segle* XXI. Alicante: Universidad de Alicante.

García-Retana, J. A. (2014). Ingeniería, matemáticas y competencias. *Actualidades Investigativas en Educación*, *14*(1), 294-322. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-47032014000100014&lng=en&tlng=es

Jóver, M. L. (2003). La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, *4*(6), 81-86.

Miranda, E. M. (2013). Políticas de inclusión en la educación superior en Argentina (2003-2012). *VII Encuentro Nacional y* IV *Latinoamericano: La Universidad como Objeto de Investigación*. San Luis: Universidad Nacional de San Luis.

Miranda, E. M. (2015). *Democratización de la Educación Superior. Una mirada desde el* MERCOSUR. *A cuatrocientos años de la universidad en la región*. Unquillo: Narvaja Editor.

Miras, M. (2000). La escritura reflexiva. Aprender a escribir y aprender acerca de lo que se escribe. *Infancia y Aprendizaje*, *89*, 65-80.

Narváez-Cardona, E. (2016). Latin-American writing initiatives in engineering from spanish-speaking countries. *Ilha do Desterro. A Journal of English Language, Literatures in English and Cultural Studies*, *69*(3), 223-248. Recuperado de https://periodicos.ufsc.br/index.php/desterro/article/view/2175-8026.2016v69n3p223

Natale, L., y Stagnaro, D. (2013). Desarrollo de habilidades de lectura y escritura en la trayectoria académica del ingeniero: la experiencia de un programa desafiante e innovador. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, *2*(3), 45-52.

Niss, M., y Højgaard, T. (2011). *Competencies and mathematical learning. Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*. Roskilde: Roskilde University.

Olson, D. (1994). *El mundo sobre el papel. El impacto de la lectura y la escritura sobre la estructura del conocimiento*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Pauletich, F., Río, L. S. D., y Costa, V. A. (2016). Desarrollo de la competencia modelización matemática en un curso de cálculo integral. *II Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*.

Perkins, D. (1997). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona: Editorial Gedisa.

Pólya, G. (1957). *How to Solve lt*. Princeton: Princeton University Press.

Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional science*, *18*(2), 119-144.

Sanmartí, N. (2007). *Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Madrid: MEC.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Amsterdam: Elsevier.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. En D. Grouws (ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). Nueva York: Macmillan.

Serrano, S. (2014). The reading, the writing and the thinking: An epistemic function and its pedagogical implications. *Lenguaje*, *42*(1), 97-124.

Sobrevila, A. (2001). *Estudio del vocablo Ingeniería* (informe para Confedi). Recuperado de https://web.fceia.unr.edu.ar/images/PDF/Vocablo.pdf

Trejo, E. T., Camarena, P. C., y Trejo, N. T. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: una propuesta metodológica. REDU. *Revista de Docencia Universitaria*, *11*, 397-424.

Venazco, I. (2014). *Justificar y argumentar por escrito en matemática del nivel medio. Revisiones y reflexiones en situación de examen* (Tesis de maestría inédita Flacso-UAM, Argentina). Recuperado de https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxpbnRlZ3JhbnRlc2dpY2VvbGVtfGd4OjRhYjc1NTZlYTFmZWUyZjI

Waigandt, D., Noceti, A., y Zapata, M. (2016). Engineering the future: Teaching reading and writing at the Universidad Nacional de Entre Ríos. *Ilha do Desterro. A Journal of English Language, Literatures in English and Cultural Studies*, *69*(3), 173-188. Recuperado de https://periodicos.ufsc.br/index.php/desterro/article/view/2175-8026.2016v69n3p173